

Sebastian Hünemeyer

**Entwicklung einer Systematik zum
vorausschauenden und datengestützten
Spezifizieren von Anzeige- und Bedien-
konzepten in der Frühen Phase im Modell der
SGE – Systemgenerationsentwicklung**

Development of a systematic approach for the
foresighted and data-driven development of display
and operating concepts in the early phase in the
model of SGE – System Generation Engineering

Band 177

Systeme ■ Methoden ■ Prozesse

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

Sebastian Hünemeyer

Entwicklung einer Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung

Development of a systematic approach for the foresighted and data-driven development of display and operating concepts in the early phase in the model of SGE – System Generation Engineering

Band 177

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

Copyright: IPEK - Institut für Produktentwicklung, 2024
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft
Alle Rechte vorbehalten

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

ISSN 1615-8113

Entwicklung einer Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
von der KIT-Fakultät für Maschinenbau des
Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

angenommene

DISSERTATION

von

M.Sc. Sebastian Hünemeyer

Tag der mündlichen Prüfung:	29.08.2024
Hauptreferent:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Korreferent:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nikola Bursac

Vorwort der Herausgeber

Wissen ist einer der entscheidenden Faktoren in den Volkswirtschaften unserer Zeit. Der Unternehmenserfolg wird mehr denn je davon abhängen, wie schnell ein Unternehmen neues Wissen aufnehmen, zugänglich machen und verwerten kann. Die Aufgabe eines Universitätsinstitutes ist es, hier einen wesentlichen Beitrag zu leisten. In den Forschungsarbeiten wird ständig Wissen generiert. Dieses kann aber nur wirksam und für die Gemeinschaft nutzbar werden, wenn es in geeigneter Form kommuniziert wird. Diese Schriftenreihe dient seit mehr als 20 Jahren als eine Plattform zum Transfer und macht damit das Wissenspotenzial aus aktuellen Forschungsarbeiten am IPEK - Institut für Produktentwicklung Karlsruhe* am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) verfügbar. Die Forschung des IPEK ist dabei strukturiert in die Kategorien Systeme, Methoden und Prozesse, um so der Komplexität heutiger Produktentwicklung ganzheitlich gerecht zu werden. Erst die Verknüpfung dieser drei Kategorien ermöglicht die Synthese innovativer Systeme durch Nutzung neuester Methoden und Prozesse. Gleichzeitig werden durch die Systemsynthese die erforschten neuen Methoden und Prozesse validiert und deren Mehrwert für die Praxis abgesichert. Dieses Forschungskonzept prägt nicht nur das IPEK-Leitbild, sondern auch den Charakter dieser Schriftenreihe, da immer alle drei Kategorien und deren Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Jeder Band setzt hier individuelle Schwerpunkte und adressiert dabei folgende Forschungsgebiete des IPEK:

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

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

Albert Albers und Sven Matthiesen

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

Vorwort zu Band 177

„Wir können nicht mit den Methoden des 20. Jahrhunderts die Produktentwicklung des 21. Jahrhunderts gestalten“. Diese Feststellung begründet sich aus der zunehmenden Komplexität, Kompliziertheit und Vernetztheit unserer Produkte. Ausgehend von den mechanischen Lösungen im Maschinen- und Fahrzeugbau, die nach und nach elektrifiziert wurden, über die mechatronischen Lösungen, hin zu den cyber-physischen Lösungen, sind die Produkte im Fahrzeug- und Maschinenbau in ihrer Leistungsfähigkeit, aber auch in Bezug auf das Kundenerlebnis immer weiter gesteigert worden. Wird dann noch berücksichtigt, dass heute im Wesentlichen in allen Bereichen gesättigte Käufermärkte vorliegen, bei denen der Kunde aus einer globalen Produktpalette sein Produkt – oder im Fahrzeugbau sein Fahrzeug – aussuchen und konfigurieren kann, ist völlig klar, dass unter solchen Randbedingungen des Wettbewerbs ein permanenter Zwang zu Invention und Innovation in allen Unternehmen vorliegt.

Produkte werden in Generationen entwickelt. Diese Feststellung, die im SGE – Modell der Systemgenerationsentwicklung auch formalisiert und abgebildet wird, ist eine wichtige Grundlage für neue Ansätze für Produktentwicklungsprozesse auf der Basis der Nutzung der Methoden des Systems Engineering und der Systemtheorie. Die SGE -Systemgenerationsentwicklung zeigt auf, dass in vielen Bereichen, gerade auch im Fahrzeugbau, typischerweise zwei bis drei Fahrzeuggenerationen gleichzeitig in der Entwicklung sind. Hier muss in der Frühen Phase unter den Randbedingungen der dann noch unsicheren zukünftigen Entwicklungen, bezogen auf die Kundenbedürfnisse und -geschmäcker, aber auch die gesellschaftlichen und gesetzlichen Randbedingungen, die Lösungssynthese erfolgen. Dabei kommt im Fahrzeugbau zunehmend dem Thema Interieur eine große Bedeutung zu. Die Fahrzeuge von heute sind in vielen Bereichen der Nutzung schon jetzt ein „third place of Living“, bei dem der Kunde eine umfangreiche Erlebnisumgebung erwartet. Diese, in einer sehr frühen Phase bereits zu definieren und zu gestalten, ist eine große Herausforderung. Hier durch strukturierte Nutzung der Methoden der Karlsruher Schule für Produktentwicklung – KaSPro – Lösungsansätze als Metamodell für eine Systematik zu erstellen, hat sich Herr Dr.-Ing Sebastian Hünemeyer in seiner Dissertation zur Aufgabe gestellt. In einer sehr strukturierten und gut begründeten Forschung hat er eine Systematik als Teil der KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung erarbeitet, die sowohl einen wichtigen Beitrag zur Forschung auf dem Gebiet des Advanced System Engineering leistet als auch konkret für die Praxis in den Unternehmen nutzbare Lösungen für die Herausforderungen der Produktentwicklung leistet.

August, 2024

Albert Albers

Kurzfassung

In modernen Fahrzeugen tragen Anzeige- und Bediensysteme erheblich zu einem positiven und markenprägenden Anwendererlebnis (engl.: User Experience, kurz UX) und somit schlussendlich zur wahrgenommenen Produktqualität bei. In Zeiten immer neuer und komplexer werdenden Produktfunktionen ermöglichen Anzeige- und Bediensysteme die fehlerfreie, effiziente aber auch Spaß bringende Interaktion mit diesen Funktionen. Entwicklungsmethoden müssen daher umso mehr einen menschenzentrierten Ursprung haben, um die potentiellen Kunden und Anwender bestmöglich bei der Konzeptionierung dieser Systeme zu berücksichtigen.

Fahrzeugentwickelnde stehen in der frühen Entwicklungsphase jedoch häufig vor der Herausforderung, dass entwickelte Konzepte aus Gründen der Geheimhaltung sowie finanziell angespannter Projekte vor der Markteinführung kaum mit Kunden und Anwendern erprobt und evaluiert werden können. Dieser Umstand führt zu einer erhöhten Marktunsicherheit infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an zukünftige Fahrzeuggenerationen. Unternehmen laufen infolgedessen Gefahr, „am Markt vorbei“ zu entwickeln.

Um den genannten Herausforderungen zu begegnen, werden in dieser Arbeit zwei Werkzeuge zur Reduktion von Marktunsicherheiten bei der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten für eine neue Systemgeneration vorgestellt, die auf den modelltheoretischen und methodischen Grundlagen der KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung basieren: Durch eine zielgerichtete Trendanalyse kann der zukünftige Lösungsraum ausgeleuchtet und somit die Unsicherheit bzgl. zukünftiger Anforderungen besser beherrschbar gemacht werden (1). Das Werkzeug zur Triangulation von qualitativen und quantitativen Produktnutzungsdaten (2) ermöglicht die Analyse des gegenwärtigen Nutzungsverhaltens von Kunden und Anwendern. In beiden Analysen werden gezielt ausgewählte Referenzen genutzt, um die Unsicherheit in der Produktentwicklung weiter zu senken. Vervollständigt wird die Systematik durch eine Dokumentationsvorlage für ein spezifiziertes Anzeige- und Bedienkonzept, das in den folgenden Entwicklungsphasen als initiales Systemmodell zur technischen Realisierung und evaluierenden Validierung dient. Ein Vorschlag zur Zusammensetzung eines Entwicklungsteams adressiert die Vorteile interdisziplinärer Produktentwicklung. Die Resultate aus drei Fallstudien weisen auf die effektive Anwendbarkeit sowie den Erfolgsbeitrag der entwickelten Systematik hin. Insbesondere in Bezug auf die Reduktion von Marktunsicherheiten konnten in den Fallstudien erste Erfolge im Zusammenhang mit der Anwendung der Systematik erzielt werden.

Abstract

In modern vehicles, display and operating systems play a significant role in creating a positive and brand-defining user experience (UX) and thus ultimately enhance the perceived quality of the product. As product functions become increasingly complex and new, display and operating systems enable flawless, efficient, and fun interactions with these functions. Consequently, development methods have to be even more human-centric to best take potential customers and users into account when designing these systems.

However, in the early development phase, vehicle developers are often faced with the challenge of being hardly able to test and evaluate developed concepts with customers and users prior to market launch for reasons of secrecy as well as financially strained projects. This circumstance leads to increased market uncertainty as a result of unclear usage requirements of customers and users for future vehicle generations. As a result, companies are at risk of developing "past the market".

In order to meet the above-mentioned challenges, this thesis presents two tools for reducing market uncertainties in the development of display and operating concepts for a new system generation, based on the model-theoretical and methodological principles of KaSPro - Karlsruhe School for Product Development: Through targeted trend analysis, the future solution space can be illuminated and thus the uncertainty regarding future requirements can be better managed (1). The tool for triangulation of qualitative and quantitative product usage data (2) enables the analysis of the current usage behavior of customers and users. In both analyses, selectively chosen references are used to further reduce uncertainty in product development. The approach is completed by a documentation template for a specified display and operating concept, which serves as an initial system model for technical realization and evaluative validation in the subsequent development phases. A suggestion for the composition of a development team addresses the advantages of interdisciplinary product development. The results from three case studies indicate the effective applicability as well as the contribution to the success of the developed approach. Especially with regard to the reduction of market uncertainties, first achievements could be made in the case studies in conjunction with the application of the approach.

Danksagung

Diese Forschungsarbeit ist im Rahmen einer Forschungs Kooperation zwischen dem IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG entstanden. Während dieser Zeit konnte ich einerseits als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und andererseits als Entwicklungsingenieur für automobile Anzeige- und Bedienkonzepte die Produktentwicklung aus verschiedenen Perspektiven erlernen und erforschen. An dieser Stelle möchte ich meinen aufrichtigen Dank an meine Wegbereiter und -begleiter, Freunde, Familie und Förderer richten.

Meinem Doktorvater, Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers, danke ich außerordentlich für die Betreuung meiner Arbeit, die wissenschaftlichen Impulse und das Vertrauen, die Forschung am Modell der SGE mitgestalten zu dürfen. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nikola Bursac danke ich für die Übernahme des Korreferats und die wertvollen Anregungen zur Finalisierung meiner Promotion. Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze bedanke ich mich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und die reibungslose Moderation der Prüfung.

Herrn Oliver Fritz danke ich für die Möglichkeit, diese Forschungsarbeit im hitzigen Projektalltag bei der Porsche AG mit dem benötigten Freiraum erstellen zu können. Zudem für die professionelle Zusammenarbeit und die wertvollen Impulse zu meiner fachlichen wie persönlichen Weiterentwicklung. Herrn Dr.-Ing. Christoph Mühlbauer danke ich für die Übernahme der fachlichen Betreuung bei der Porsche AG. Herrn Fabian Klausmann danke ich für die stetige Erdung und wertvollen Hinweise zum Übertrag der Forschung in die Praxis. Dem Team der Forschungsgruppe EMM gebührt mein tiefer Dank für alle erkenntnisreichen fachlichen Diskussionen im Rahmen meiner Forschung. Hervorheben möchte ich die Herren Dr.-Ing. Joshua Fahl, Tobias Hirschter, Dr.-Ing. Simon Rapp, Steffen Wagenmann und Alexander Kubin. Gleichermaßen möchte ich allen Abschlussarbeitern danken, die ich betreuen durfte.

Abschließend möchte ich besonderen Dank an meine Familie und Freunde richten, die oft auf mich verzichten mussten, aber mich dennoch immer durch willkommene Abwechslung, unermüdlichen Zuspruch und die ein oder andere Korrektur dieser Arbeit unterstützt haben. Meiner Freundin Michèle danke ich für den unschätzbaren Support und die vielen schönen Momente des Ausgleichs gegen Ende der Ausarbeitung. Ohne Euch wäre diese Arbeit so nicht möglich gewesen!

August, 2024

Sebastian Hünemeyer

„A user interface is like a joke. If you have to explain it, it's not that good.”
Martin LeBlanc

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Abstract	iii
Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xxiii
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Fokus der Arbeit	2
1.2 Aufbau der Arbeit.....	4
2 Grundlagen und Stand der Forschung	7
2.1 Systemtheoretisches Verständnis der Produktentstehung	7
2.1.1 Allgemeine Modell- und Systemtheorie.....	8
2.1.2 Technische Produkte und Systeme	11
2.1.3 Produkte und Varianten im Verbund des Produktportfolios.....	12
2.1.4 Produktentstehungs- und Produktentwicklungsprozesse	15
2.1.5 Zwischenfazit	21
2.2 Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers	22
2.2.1 Innovationsverständnis und Produktprofil.....	22
2.2.2 Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung.....	24
2.2.3 Die Frühe Phase im Modell der SGE	27
2.2.4 Nomenklatur von System- und Entwicklungsgenerationen	29
2.2.5 Zwischenfazit	31
2.3 Wahrnehmen und Erleben interaktiver Systeme.....	31
2.3.1 Grundlagen und Abgrenzung interaktiver Systeme	32
2.3.2 Eigenschaften und Merkmale interaktiver Systeme.....	34
2.3.3 Utility, Usability und User Experience interaktiver Systeme	36
2.3.4 Perspektiven auf den UX-Begriff aus Sicht der Forschung und Unternehmenspraxis.....	38
2.3.5 Zwischenfazit	40
2.4 Vorausschauende und datengestützte Produktentwicklung.....	40
2.4.1 Grundlagen und Verständnis zu Wissen und Unsicherheit in der Produktentwicklung	41
2.4.2 Ansätze zur Vorausschau und Zukunftsraumanalyse in der Frühen Phase.....	43
2.4.3 Datenanalytik in der Konzeptentwicklung von Anzeige- und Bediensystemen.....	44

2.4.4	Frühe Validierung zur Wissensgenerierung und Sicherstellung der Markttauglichkeit interaktiver Systeme	48
2.4.5	Zwischenfazit	50
2.5	Fazit	51
3	Zielsetzung und Vorgehensweise	53
3.1	Forschungsbedarf und Forschungshypothese	53
3.2	Forschungsfragen	56
3.3	Forschungsvorgehen und Struktur der Arbeit	57
3.3.1	Forschungsvorgehen anhand der Design Research Methodology	57
3.3.2	Empirische und Literatur-basierte Forschungsmethoden	60
3.4	Untersuchungsumgebungen in den einzelnen Stadien der DRM	61
3.4.1	Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG	61
3.4.2	Volkswagen AG	63
3.4.3	Live Lab ProVIL – Produktentwicklung im Virtuellen Ideenlabor	63
4	Empirische Untersuchungen zum Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase.....	65
4.1	Vorstudie zur Identifikation von UX-Handlungsfeldern in der Frühen Phase	66
4.1.1	Studiendesign	66
4.1.2	Studienergebnisse	67
4.1.3	Handlungsbedarf	71
4.2	Prozessanalyse zum Spezifizieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten	73
4.2.1	Studiendesign	74
4.2.2	Studienergebnisse	74
4.2.3	Handlungsbedarf	82
4.3	Expertenumfrage zu Herausforderungen und Potentialen in der Automobilentwicklung.....	83
4.3.1	Studiendesign	83
4.3.2	Studienergebnisse	85
4.3.3	Handlungsbedarf	92
4.4	Untersuchung zum Status Quo und Potentialen bei der datengestützten Konzeptsynthese	93
4.4.1	Studiendesign	94
4.4.2	Studienergebnisse	95
4.4.3	Handlungsbedarf	102
4.5	Fazit: Zielsystem der Systematik.....	104

5	Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE	109
5.1	Referenzprozessmodell für das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten.....	111
5.1.1	Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ definieren.....	113
5.1.2	Nutzungsanforderungen ableiten	121
5.1.3	Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren	128
5.1.4	Anzeige- und Bedienkonzepte vergleichen und auswählen	135
5.1.5	Anzeige- und Bedienkonzepte auf Chancen & Risiken untersuchen ..	137
5.1.6	Serienentwicklung vorbereiten	139
5.1.7	Nachbereiten und Lernen	146
5.2	Fazit: Unterstützungsevaluation	147
6	Evaluation der Systematik	149
6.1	Fallstudie in der Konzeptentwicklung in der Automobilindustrie	150
6.1.1	Studiendesign.....	151
6.1.2	Studienergebnisse.....	153
6.2	Cognitive Walkthrough mit UX-Experten aus der Automobilentwicklung.....	161
6.2.1	Studiendesign.....	162
6.2.2	Studienergebnisse.....	163
6.3	Transferanwendung ausgewählter Umfänge der Systematik im Live-Lab ProVIL.....	165
6.3.1	Studiendesign.....	166
6.3.2	Studienergebnisse.....	167
6.4	Fazit: Ergebnis- und Erkenntnisdiskussion.....	170
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	175
7.1	Zusammenfassung.....	175
7.2	Ausblick	182
7.2.1	Ergebnistransfer und Weiterentwicklung der Systematik.....	182
7.2.2	Weiterführende und anknüpfende Forschungsarbeiten.....	187
	Literaturverzeichnis.....	I
	Glossar	XXXV
	Anhang	XXXIX
	A1: Konzeptdokumentation und Handlungssystem.....	XXXIX
	A2: Vorgehen zur Analyse von Trends	XLII
	A3: Mathematische Grundlagen zur Messung von Unsicherheiten in der DS II.....	XLIII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Links: Walzentacho im Citroën CX von 1974 (oben) und die digitale Instrumententafel im Opel Kadett GSi von 1985 (unten). Digitale Instrumente haben sich im Markt erst 30-40 Jahre später im Audi TT (rechts) durchgesetzt.....	1
Abbildung 1.2:	Einordnung der Zielstellung dieser Arbeit in der Schnittmenge relevanter Forschungsfelder, in Anlehnung an Blessing & Chakrabarti (2009, S.66).....	3
Abbildung 1.3:	Aufbau und Kapitelstruktur der vorliegenden Arbeit	5
Abbildung 2.1:	Merkmale des Modellbegriffs nach Stachowiak (1973).....	8
Abbildung 2.2:	Hierarchisches, struktureles und funktionales Systemkonzept nach Ropohl (2009, S. 76)	10
Abbildung 2.3:	Hierarchiebezeichnungen eines Produktprogramms in Anlehnung an Meyer, Hemkentokrax, Koldewey et al. (2022)	14
Abbildung 2.4:	Soziotechnisches System der Produktentstehung (links) (Ropohl, 2009, S.44).....	14
Abbildung 2.5:	Erweitertes ZHO-Modell nach Albers, Lohmeyer & Ebel (2011, S.257).....	15
Abbildung 2.6:	Übersicht ausgewählter Prozessmodelle und Ansätze (Darstellung in Anlehnung an Reinemann, 2020)	16
Abbildung 2.7:	Ablauf der Problemlösungsmethodik SPALTEN nach Albers et al. (2005)	17
Abbildung 2.8:	Aktivitäten des User-Centered-Design (UCD) Prozesses (ISO 9241-210, 2019).....	18
Abbildung 2.9:	Stage-Gate-Ansatz nach Cooper (Cooper, 1994, S.5)	19
Abbildung 2.10:	Integriertes Produktentstehungsmodell iPeM nach Albers, Braun & Muschik (2010), Abb. angelehnt an Albers, Reiß, Bursac & Richter (2016, S. 104)	20
Abbildung 2.11:	Innovationsverständnis nach Albers, zit. nach Albers, Heimicke, Hirschter et al. (2018).....	23
Abbildung 2.12:	Die 12 Module des Produktprofils nach Albers, Heimicke, Walter et al. (2018)	24

Abbildung 2.13:	Referenzsystemverständnis am Beispiel der Automobilentwicklung nach Albers, Rapp, Spadinger et al. (2019), zitiert nach Hirschter (vorr. 2024)	26
Abbildung 2.14:	Zusammenhang von System- und Entwicklungsgenerationen im Produktportfolio eines Automobilherstellers (in Anlehnung an Albers, Haug, Heitger et al., 2019; Albers, Fahl et al., 2020, S. 671) ..	30
Abbildung 2.15:	Soziotechnisches System d. Produktverwendung (rechts) (Ropohl, 2009, S.44)	31
Abbildung 2.16:	Eigene Darstellung eines interaktiven Systems nach Maeng, Lim et al. (2012), ergänzt um Ropohl (2009) und Albers, Fahl et al. (2020) ..	33
Abbildung 2.17:	Beschreibungslogik der Grundbausteine einer Produktfunktion nach Albers, Fahl, Hirschter et al. (2020)	34
Abbildung 2.18:	Klassifizierung von Eigenschaften nach Ehrlenspiel & Meerkamm (2013, S. 31)	35
Abbildung 2.19:	Zusammenhang der Begriffe Utility, Usability und User Experience in Anlehnung an Weichert, Quint & Bartel (2018), ergänzt um ISO 9241-210 (2019).....	37
Abbildung 2.20:	Unterschiede zwischen Forschung und Unternehmen in der UX-Arbeit: durch die Fokussierung auf Theorien, Modelle und Rahmenwerke zur Erklärung des Phänomens entsteht häufig eine Diskrepanz und reduzierte Transferierbarkeit (Darstellung übersetzt in Anlehnung an Väänänen-Vainio-Mattila, 2008).....	38
Abbildung 2.21:	Zusammenfassung der drei Perspektiven auf UX gemäß Roto, Law et al. (2011), ergänzt um weitere Literaturhinweise (eigene Darstellung)	39
Abbildung 2.22:	Messung von Unsicherheit in Organisationen nach Wittmann (1959) und Galbraith (1973) in der vorliegenden Arbeit (eigene Darstellung)	42
Abbildung 2.23:	Vierstufiges Vorgehen zur Trendanalyse nach Gausemeier et al. (2019).....	44
Abbildung 2.24:	Data Mining innerhalb des generischen Prozesses der Wissensgenerierung aus Datenbanken nach Fayyad et al. (1996)	45
Abbildung 2.25:	CRISP-DM Prozessmodell zur Datenanalyse nach Chapman et al. (2000).....	46

Abbildung 2.26:	Beschreibung der drei Arten zur Datentriangulation nach Thurmond (2001)	47
Abbildung 2.27:	Validierung im sozio-technischen System der Produktentstehung nach Albers, Behrendt, Klingler et al. (2016, S. 545)	49
Abbildung 3.1:	Mögliche Projekttypen in der Produktentwicklungsforschung nach Blessing & Chakrabarti (2009) und Zuordnung dieser Arbeit zu Projekttyp 5	58
Abbildung 3.2:	Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit auf Basis der DRM	59
Abbildung 3.3:	Integrated Design Support Development Modell nach Marxen (2014) für die vorliegende Arbeit: Auf Basis des Zielsystems der Systematik wurden Projektierung, empirische Untersuchung und die Gestaltung der Unterstützung umfassend behandelt – im Phasenmodell zeigt sich die iterative Ausführung.....	61
Abbildung 3.4:	Betrachtungsfokus der Konzeptentwicklung in der Aufbauorganisation des Entwicklungsressorts der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG in Anlehnung an Braess & Seiffert (2013, S. 1135), zit. nach Fahl (2021)	62
Abbildung 3.5:	Referenzprozess des Live-Lab ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT.....	64
Abbildung 4.1:	Übersicht der empirischen Analysen in der Deskriptiven Studie I	65
Abbildung 4.2:	Charakterisierung der verbleibenden Stichprobe (n=10) für die Interviewstudie.....	67
Abbildung 4.3:	Häufigkeitsverteilung zum Einsatz von User Research Methoden (n=10)	70
Abbildung 4.4:	Häufigkeitsverteilung zum Einsatz von Kreativitäts- und Entwicklungsmethoden (n=10).....	71
Abbildung 4.5:	Vier aus den Interviews abgeleitete UX-Handlungsfelder für die Mechatroniksystementwicklung, zu denen die folgenden Analysen punktuelle Tiefe liefern	72
Abbildung 4.6:	Produktlinien-übergreifender Einsatzplan der Systemgenerationen $SG_i^{a,p,v}$ inkl. Überführung der Produktlinien-übergreifenden $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die ersteinsetzende Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p_1,v}$	76
Abbildung 4.7:	Interne und externe Einflussfaktoren auf das Anzeige- und Bediensystem	79

Abbildung 4.8:	Beeinflussung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ durch technische Restriktionen des Subsystems Elektronikarchitektur oder Vorgaben des SW-Frameworks	81
Abbildung 4.9:	Relative Häufigkeitsverteilung der Berufserfahrung und der Berufsbezeichnung der Stichprobe	84
Abbildung 4.10:	Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Strategische Potentiale" (n=45).....	85
Abbildung 4.11:	Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Analyse von Referenzprodukten" (n=45)	86
Abbildung 4.12:	Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Konzeptbegriff und Konzeptanforderungen" (n=45).....	88
Abbildung 4.13:	Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Potential für methodische Unterstützung" (n=45)	91
Abbildung 4.14:	Vorgehen, Suchstrings und Anzahl der analysierten Publikationen für die Literaturanalyse zur datengestützten Produktentwicklung in dieser Studie	94
Abbildung 4.15:	Edge-Bundling Chart zu Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Erhebung, Analyse und Verwendung von Produktnutzungsdaten	96
Abbildung 4.16:	Die vier empirischen Studien in der DS I	105
Abbildung 5.1:	Die nachfolgend vorgestellten Kernbestandteile der entwickelten Systematik.....	110
Abbildung 5.2:	Referenzprozessmodell für das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten ..	111
Abbildung 5.3:	Modellierung des entwickelten Referenzprozesses im iPeM.....	112
Abbildung 5.4:	Problemlösungsteam für die erste Phase – <i>Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ definieren</i>	113
Abbildung 5.5:	Ergebnis der Stufe 1 <i>Trends analysieren</i> : Dokumentation der Trends in Steckbriefen und Einstufung im Rahmen der dreistufigen Bewertung (Auszug).....	114
Abbildung 5.6:	Dokumentation Ergebnis Stufe 2 <i>Referenzsystemelemente analysieren</i>	116
Abbildung 5.7:	Ergebnis der Stufen 3 & 4 <i>Kunden- und Anwendernutzen modellieren</i> und <i>Strategische Positionierung ableiten</i> : Exemplarischer Steckbrief, Seite 2.....	117

Abbildung 5.8:	Exemplarischer Steckbrief für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ (Auszug).....	118
Abbildung 5.9:	Exemplarische initiale Produktprofile zur Strukturierung der Entwicklung	119
Abbildung 5.10:	Zusammenfassung der ersten Phase – <i>Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ definieren</i>	120
Abbildung 5.11:	PLT für die zweite Phase – <i>Nutzungsanforderungen ableiten</i> : für die Datenanalyse wurden Datenwissenschaftler und Qualitätsexperten hinzugezogen	121
Abbildung 5.12:	Konkretisierung des Produktprofils zur Identifikation von RSE relevanter Anwendungsfälle sowie zur Definition des Nutzenbündels	122
Abbildung 5.13:	Beschreibung der identifizierten Referenzelemente anhand von UX- und Usability-Eigenschaften (Auszug).....	123
Abbildung 5.14:	Erhebung offener Konzeptfragen im PLT und Operationalisierung der Datenerhebung zur Beantwortung der offenen Konzeptfragen (Hünemeyer, Bauer, Wagenmann et al., 2023)	124
Abbildung 5.15:	Generieren von Informationen zur Beantwortung der offenen Konzeptfragen durch Triangulation und Interpretation der Ergebnisse für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ (Hünemeyer, Bauer, Wagenmann et al., 2023).....	125
Abbildung 5.16:	Modellierung priorisierter Anwendungsfälle und jeweils definierter Nutzungsanforderungen an das Anzeige- und Bedienkonzept der $SG_{n+1}^{a,p,v}$	126
Abbildung 5.17:	Zusammenfassung der zweiten Phase – <i>Nutzungsanforderungen ableiten</i>	127
Abbildung 5.18:	PLT für die dritte Phase – <i>Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren</i> : die Arbeit der Datenwissenschaftler ist abgeschlossen, ein Experte für Gesetze und Vorschriften bringt entsprechende Anforderungen ein	128
Abbildung 5.19:	Ableiten von Variationsbedarfen für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ aus den vorangegangenen Analysen der ersten beiden Phasen des Referenzprozesses.....	129
Abbildung 5.20:	Modelldarstellung der teamübergreifend festgelegten Interieurtopologie inkl. der Benutzungsschnittstellen für die erste Sitzreihe.....	131

Abbildung 5.21:	Modelldarstellung des Interaktionsablaufs über die definierten Benutzungsschnittstellen für die priorisierten Anwendungsfälle (Auszug)	133
Abbildung 5.22:	Auszug der Modellierung des Anzeige- und Bedienkonzepts für die exemplarische Produktfunktion „Schubrekuperation“ für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$	134
Abbildung 5.23:	Zusammenfassung der dritten Phase – <i>Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren</i>	135
Abbildung 5.24:	PLT für die Phase – <i>Anzeige- und Bedienkonzepte vergleichen und auswählen</i> durch Kunden- und Anwender-nahe Fachleute verschiedener Ressorts	136
Abbildung 5.25:	Bewertung der drei Lösungsvarianten anhand der projektspezifischen und -übergreifenden Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ sowie anhand von Kriterien nach ISO 9241	137
Abbildung 5.26:	PLT für die fünfte Phase – <i>Anzeige- und Bedienkonzept auf Chancen und Risiken untersuchen</i> : zu detaillierten technischen SWOT-Analyse werden weitere Fachleute aus den realisierenden Fachbereichen hinzugezogen.....	138
Abbildung 5.27:	Exemplarische SWOT-Analyse für die Konzeptvariante 1 (V1).....	139
Abbildung 5.28:	PLT für die sechste Phase – <i>Serienentwicklung vorbereiten</i> : zur Durchführung der Konzeptevaluation wird ein Validierungsingenieur hinzugezogen	140
Abbildung 5.29:	Validierungskonfiguration für das vorliegende Bsp. basierend auf dem IPEK-XiL-Framework adaptiert nach Albers, Reinemann, Fahl und Hirscher (2019)	142
Abbildung 5.30:	Projektplan zur Überführung der übergreifenden Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die Projektschiene der ersteinsetzenden Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p_6,v}$	144
Abbildung 5.31:	Zusammenfassung der Phasen 4-6	145
Abbildung 5.32:	Die drei Bestandteile der entwickelten Systematik in der Präskriptiven Studie (PS) zur Unterstützung der Produktentwickelnden bei der Problemlösung.....	147
Abbildung 6.1:	Übersicht der Evaluationsstudien in der Deskriptiven Studie II (DS II)	149

Abbildung 6.2:	Anwendungsbeispiel der Porsche Fahr- und Performance-Funktionen inkl. geplanter funktionaler Variationsanteile und neuer Produktfunktionen	151
Abbildung 6.3:	Verortung der Erfolgsbewertung zur Unsicherheitsreduktion in der Frühen Phase der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ im Referenzprozess der entwickelten Systematik	152
Abbildung 6.4:	Auszug der Modellierung des Anzeige- und Bedienkonzepts für die Produktfunktion zur Analyse von Rundstreckenfahrten der $SG_{n+1}^{a,p,v}$	154
Abbildung 6.5:	Planung der Konzeptvalidierung als Ergebnis der sechsten Phase <i>Serienentwicklung vorbereiten</i> für das Anwendungsbeispiel (Auszug).....	155
Abbildung 6.6:	Überführung des Anzeige- und Bedienkonzepts der übergreifenden Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die ersteinsetzende Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p,v}$ (Auszug).....	157
Abbildung 6.7:	Qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags der entwickelten Systematik durch die Kernteam-Mitglieder des Entwicklungsteams (n=3)	158
Abbildung 6.8:	Kurvenverlauf des Evidenz-Score (ES) im Entwicklungsprojekt der neuen SG in Relation zu den nicht/teilweise/voll beantworteten Fragen.....	160
Abbildung 6.9:	Interpretation der Fokuspunkte ES_1 (globales Minimum), ES_4 (globales Maximum) und ES_6 (Projektabschluss) im Kurvenverlauf des Evidenz-Score (ES)	161
Abbildung 6.10:	Ausgewählte Umfänge der Systematik und zugehörige Beispielaufgaben im Rahmen des Cognitive Walkthrough	162
Abbildung 6.11:	Qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags der entwickelten Systematik durch ausgewählte UX-Fachleute aus der Automobilindustrie (n=11)	164
Abbildung 6.12:	Qualitative Bewertung der Anwendbarkeit der entwickelten Systematik durch ausgewählte UX-Fachleute aus der Automobilindustrie (n=11)	165
Abbildung 6.13:	Ablauf Live-Lab ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor 2022	166

Abbildung 6.14:	Anwendung ausgewählter Teile der Systematik im Prozessmodell des Live-Lab ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor 2022	167
Abbildung 6.15:	Qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags der angewendeten Auszüge der entwickelten Systematik durch die Studierenden im Live-Lab (n=12).....	168
Abbildung 6.16:	Qualitative Bewertung der Anwendbarkeit der angewendeten Auszüge der entwickelten Systematik durch die Studierenden im Live-Lab (n=12).....	169
Abbildung 6.17:	Die drei Studien zur Anwendbarkeits- und initialen Erfolgsevaluation der entwickelten Systematik in der Deskriptiven Studie II (DS II).....	170
Abbildung 7.1:	Übersicht der empirischen Analysen in der Deskriptiven Studie I ...	177
Abbildung 7.2:	Die drei Bestandteile der entwickelten Systematik in der Präskriptiven Studie (PS) zur Unterstützung der Produktentwickelnden bei der Problemlösung.....	179
Abbildung 7.3:	Übersicht der Evaluationsstudien in der Deskriptiven Studie II (DS II).....	181
Abbildung 7.4:	App-Interface zur Unterstützung der Trendanalyse (Theilmann, 2022).....	183
Abbildung 7.5:	Entwicklung und Bewertung der Trendapp in einer Vor- sowie einer Beta-Studie vor dem finalen Releasezeitpunkt durch Experten (Theilmann, 2022).....	184
Abbildung 7.6:	Sichten und Ebenen mechatronischer Systeme (rechts), verknüpft mit den Grundlagen der SGE (Albers, Fahl, Hirscher et al, 2021; zit. nach Fahl, 2022)	185
Abbildung 7.7:	Verknüpfung von Datenpunkten mit verschiedenen Ebenen mechatronischer Systeme zur skalierbaren Integration von Felddaten in die Produktentwicklung	186
Abbildung 7.8:	Drei zentrale Herausforderungen beim SE-basierten Spezifizieren von Zielen und Anforderungen nach Kubin et al. (2022)	188
Abbildung 7.9:	Zeitaufwand für die Analyse von Use Cases (Wagenmann et al., 2022)	189

Abbildung A1:	Vorlage zur Strukturierung der Modellierung von Anzeige- und Bedienkonzepten (angelehnt an Albers, Hünemeyer, Pfaff et al., vsl. 2023)	XL
Abbildung A2:	Zusammensetzung des Problemlösungsteams zur Definition von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase	XLI
Abbildung A3:	Vierstufiges Vorgehen zur Analyse von Trends mit dem Ziel der Ableitung einer strategischen Positionierung je Trend für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$	XLII
Abbildung A4:	Bewertung der Qualität der erhobenen Informationen zu den jeweiligen Zeitpunkten im Projekt für die vom Konzeptteam gestellten offenen Fragen	XLV

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Ansätze zur Abgrenzung der Frühen Phase nach Bursac (2016) und Albers, Rapp, Birk et al. (2017), zitiert nach Bursac (2016, S. 44)	27
Tabelle 4.1:	Ziele zur Unterstützungsleistung der Systematik	106
Tabelle 4.2:	Ziele zum Erfolgsbeitrag der zu entwickelnden Systematik.....	107
Tabelle 4.3:	Ziele zur Anwendbarkeit der zu entwickelnden Systematik	108
Tabelle 5.1:	Zuordnung der einzelnen Elemente der Systematik zu den Unterstützungszielen der Deskriptiven Studie I (DS I)	148

1 Einleitung und Motivation

In der Automobilindustrie stehen Anzeige- und Bediensysteme im Fahrzeug-Innenraum seit jeher im Fokus innovativer Schaffenskraft. Manchmal werden diese sogar zu markenprägenden Elementen, die über viele Produktgenerationen hinweg fester Bestandteil der Produktgestalt sind: Fahrzeuge der Porsche AG sind z.B. durch eine klare Fahrerzentrierung gekennzeichnet – das Kombiinstrument ist aufgrund seiner Bedeutung im Motorsport in jedem Fahrzeug der höchste Punkt in der Instrumententafel (Electrive, 2019).

Das Bsp. der Anzeigeeinstrumente zeigt anschaulich, welchen Einfluss der Trend der Digitalisierung auf die Automobilindustrie hat: seit einigen Jahren wird diese Anzeigeschnittstelle hauptsächlich in digitaler Ausführung angeboten – zumeist bereits in der Grundausstattung. Ein Blick in die Historie verrät jedoch, dass diese technische Neuerung mehrere Anläufe benötigt hat, um durch entsprechenden Markterfolg zu einer Innovation im Automobilbau zu werden (vgl. Abbildung 1.1):



Abbildung 1.1: Links: Walzentacho im Citroën CX von 1974 (oben) und die digitale Instrumententafel im Opel Kadett GSi von 1985 (unten). Digitale Instrumente haben sich im Markt erst 30-40 Jahre später im Audi TT (rechts) durchgesetzt.

Citroën überraschte 1974 bei der Markteinführung des Modells CX die Fachpresse mit einem sog. "Walzentacho" hinter einem Lupenglas anstelle des klassischen Rundinstruments. In der nächsten Produktgeneration wurde mangels Markterfolgs und infolge kritischer journalistischer Artikel bereits wieder das bekannte Rundinstrument verbaut. Ähnliches ist Opel widerfahren: 1985 wurde der Kadett GSi mit einem LCD-Tacho veröffentlicht – Anfang der 1990er wurde auch dieses System wieder aus dem Markt genommen. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die

Kunden noch nicht bereit waren für die Abkehr von klassischen Rundinstrumenten. Erst das *Virtual Cockpit* im Audi TT in der 3. Produktgeneration von 2014 konnte einen Markterfolg für eine digitale Instrumententafel nach- und somit nach Schumpeter (1939) eine Innovation vorweisen – auch wenn weder die Idee noch die Technologie zu diesem Zeitpunkt technisch neu waren.

Gegenwärtig dominieren die Trends der fortschreitenden Digitalisierung sowie das Hochautomatisierte bzw. Autonome Fahren die Entwicklungsabteilungen der Fahrzeughersteller. Einige Hersteller zeigen bereits heute Konzeptfahrzeuge, in denen das Lenkrad vollständig weggeklappt werden kann und teilweise das zentrale Display auf die doppelte Größe ausfährt. Gleichzeitig sind zahlreiche Experten der Ansicht, dass noch viele Jahre vergehen werden, bis vollautonome Fahrfunktionen marktreif sind (Roos & Sigmann, 2020). Entwickelnde müssen also sorgfältig die Bedürfnissituation für zukünftige Anzeige- und Bediensysteme evaluieren, bevor sie zur konkreten Konzeptionierung übergehen, um nicht in die gleiche „Innovationsfalle“ zu tappen wie Citroën und Opel in den 1970er und 1980er Jahren. Dabei gilt es insbesondere, die aktive Nutzung von Referenzen systematisch in den Entwicklungsprozess einfließen zu lassen. Auch wenn zwischen den oben gezeigten Beispielen mehrere Jahrzehnte Automobilgeschichte liegen, so konnte Audi bei der Entwicklung des *Virtual Cockpit* zu einem gewissen Grad auf den Vorarbeiten von Citroën und Opel aufbauen. Zumindest wussten die Entwickelnden, dass eine umfassende Analyse der Bedürfnissituation der eigentlichen Entwicklungstätigkeit vorausgehen muss, um Kunden- und Anwenderwünsche gezielt zu erfüllen.

1.1 Fokus der Arbeit

Der beschriebene Umstand wirft für Forschende die Fragestellung auf, wie Methoden und Werkzeuge zu gestalten sind, um Entwickelnde bestmöglich bei der Gestaltung zukünftiger Anzeige- und Bediensysteme mit hohem Innovationspotential zu unterstützen. Die vorliegende Arbeit untersucht das **vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten für interaktive Produkte** (vgl. Abbildung 1.2). Die Produkteigenschaften zur Wahrnehmung, zum Erleben und zur Bewertung von Anzeige- und Bedienkonzepten von modernen Fahrzeugen sind dabei verglichen mit der Längs- oder Querdynamik schwieriger objektivierbar und werden zwischen einzelnen Kunden¹ und Anwendern häufig unterschiedlich eingestuft. In der Entwicklungspraxis der Automobilindustrie werden

¹ Soweit im Rahmen der Arbeit die männliche oder weibliche Form gewählt wird, sind selbstverständlich jeweils beide Geschlechter gemeint.

derartige Produktziele in Anforderungen und (messbare) korrespondierende Ausprägungen übersetzt, um den gewünschten Zielzustand des Produkts zu beschreiben und auf Erfüllung zu testen. Daher besteht häufig eine hohe Unsicherheit in Bezug auf Anforderungen von Kunden und Anwendern an die zu entwickelnden Systeme. Gleichzeitig ist das Anzeige- und Bedienkonzept maßgeblich für den Markterfolg eines Fahrzeugs. Konzepte werden in der Produktentwicklung insbesondere in der sog. „frühen Phase“ festgelegt, in der Produktentwickelnde prozessual bedingt einen vergleichsweise hohen Gestaltungsspielraum haben. Saucken, Michailidou & Lindemann (2013) stellen jedoch fest, dass insbesondere diese frühe Phase im Kontext interaktiver Anzeige- und Bediensysteme unzureichend methodisch unterstützt ist. Die vorliegende Arbeit soll in diesem Spannungsfeld einen systematischen Ansatz zur Unterstützung von Produktentwickelnden bereitstellen, um Anzeige- und Bedienkonzepte für zukünftige Fahrzeuge kunden- und anwenderzentriert zu definieren.



Abbildung 1.2: Einordnung der Zielstellung dieser Arbeit in der Schnittmenge relevanter Forschungsfelder, in Anlehnung an Blessing & Chakrabarti (2009, S.66)

Das **Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers** liefert den modelltheoretischen und methodischen Rahmen dieser Arbeit (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015; Albers & Rapp, 2022). Im Kern stehen dabei die Hypothesen, dass jedes Produktentwicklungsprojekt stets von einem Referenzsystem ausgeht

und neue Systemgenerationen durch Variation von Elementen aus diesem Referenzsystem entstehen. Die Forschungsaktivitäten zu diesem Denkmodell verfolgen das geeinte Ziel, Produktentwickelnde verschiedener Industrien bei der Planung und Entwicklung neuer technischer Produkte und Systeme methodisch zu unterstützen. Diese Arbeit im Spezifischen soll Produktentwickelnden in der Automobilindustrie helfen, Anzeige- und Bedienkonzepte systematisch vorausschauend für zukünftige Produktgenerationen zu planen. Zudem soll diese Arbeit einen Leitfaden dafür bereitstellen, wie objektive Kundendaten von Fahrzeugen aus dem Feld in Kombination mit qualitativen Kundenmeinungen für die Entwicklung nutzbar gemacht werden können. So sollen "Bauchgefühl" und Erfahrung von Produktentwickelnden um statistische Daten ergänzt werden.

Zum besseren Verständnis des in der Entwicklung befindlichen Systems werden zudem relevante Grundlagen aus dem Forschungsfeld um **User Experience bzw. Mensch-Maschine-Interaktion** einbezogen. Entwickelnde in der Automobilindustrie sehen sich – insbesondere in der frühen Phase – mit einem mehrjährigen Produktentwicklungsprozess konfrontiert. Zum Zeitpunkt der Initiierung eines neuen Projekts, der gleichermaßen den Anfang der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung darstellt, liegen teilweise noch bis zu sechs Jahre zwischen dem Beginn der Entwicklungstätigkeiten und dem Produktionsstart. Dies erfordert eine gewisse Weitsicht und robuste Strategie in der Produktplanung, die sich bis in die frühe Konzeptphase erstreckt. Daher werden zudem entsprechende Aspekte des Forschungsfelds der **strategischen Produktplanung** analysiert.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in sieben Kapitel untergliedert (vgl. Abbildung 1.3). Dieser wird nachfolgend kurz beschrieben, beginnend mit dem nächsten Kapitel. Gegenstand von **Kapitel 2** sind theoretische Grundlagen und der gegenwärtige Stand der Forschung aus den relevanten Forschungsfeldern. Einleitend dazu erfolgt eine Einführung in die System- und Modelltheorie im Kontext der Produktentwicklung. Darauf aufbauend wird das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers erläutert. Anschließend erfolgt eine detaillierte Betrachtung der Charakteristika interaktiver Produkte. Neben einer begrifflichen Abgrenzung werden ferner Grundlagen zur Kunden- und Anwenderinteraktion mit technischen Systemen dargelegt – in der internationalen Forschungscommunity wird dies häufig als User Experience bezeichnet. Abschließend werden Grundlagen und etablierte Methoden der vorausschauenden und datengestützten Produktentwicklung eingeführt.

Aufbauend auf dem Stand der Forschung werden in **Kapitel 3** die Zielsetzung und Vorgehensweise in dieser Arbeit erläutert. Ausgehend von der aggregierten Forschungslücke wird die Forschungshypothese abgeleitet, die in den folgenden Kapiteln durch die Beantwortung von Forschungsfragen untersucht wird. In **Kapitel 4** werden die Ergebnisse aus vier empirischen Studien zur Detaillierung der Problemstellung erläutert. Für jede Studie werden Studiendesign, Studienergebnisse sowie resultierender Handlungsbedarf einzeln dargelegt. Basierend darauf werden messbare Ziele an die Systematik definiert.

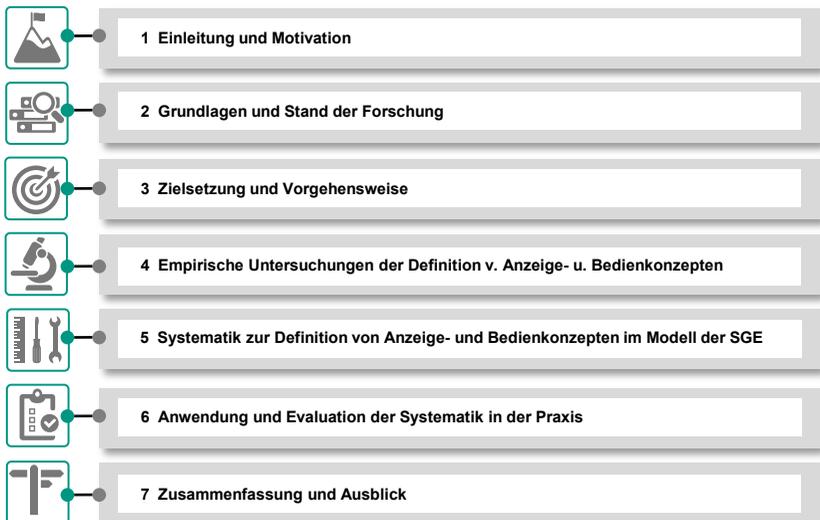


Abbildung 1.3: Aufbau und Kapitelstruktur der vorliegenden Arbeit

Unter Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse und der daraus abgeleiteten Ziele wird in **Kapitel 5** die entwickelte Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE beschrieben. In **Kapitel 6** werden diese Bestandteile anhand der definierten Ziele bewertet und die Forschungshypothese auf ihre Erfüllung durch die Systematik untersucht. Drei Einzelstudien liefern ein initiales Bild zum Erfolgsbeitrag und zur Anwendbarkeit der Systematik. Für jede der drei Studien werden Studiendesign und -ergebnisse gesondert erläutert. Die Ergebnis- und Erkenntnisdiskussion bildet den Abschluss dieses Kapitels und leitet zum Ausblick und zum weiteren Forschungsbedarf über, die Gegenstand von **Kapitel 7** sind.

2 Grundlagen und Stand der Forschung

Kern dieses Kapitels ist gemäß der Design Research Methodology (DRM) nach Blessing & Chakrabarti (2009) die Klärung des Forschungsgegenstands. Daraus werden im anschließenden Kapitel 3 die Forschungslücke sowie die Zielsetzung dieser Arbeit abgeleitet. In Abschnitt 2.1 wird die Produktentwicklung zunächst aus systemtheoretischer Perspektive betrachtet. Gegenstand des Abschnitts 2.2 ist die Einführung in das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers. Anschließend werden die Grundlagen zum Wahrnehmen und Erleben interaktiver Produkte in Abschnitt 2.3 erläutert, der fragmentierte Grundlagen aus der Norm DIN ISO 9241 sowie Grundlagen zu Eigenschaften technischer Systeme verknüpft. Zudem liefert dieser Abschnitt eine begriffliche Einordnung zum Anzeige- und Bedienkonzept. Abschnitt 2.4 umfasst relevante technische und methodische Grundlagen zur vorausschauenden und datengestützten Produktentwicklung.

2.1 Systemtheoretisches Verständnis der Produktentstehung

Produktentwicklung als eine Aktivität innerhalb eines Unternehmens verfolgt das übergeordnete Ziel, funktionsfähige, produzierbare und vermarktungsfähige Produkte zu generieren (Ponn & Lindemann, 2011). Als Basis für die Geschäftstätigkeit kommt ihr folglich eine besondere Bedeutung für den fortwährenden Erfolg am Markt zu (Akcali & Sismanoglu, 2015; Mueller-Oerlinghausen & Sauder, 2003). Aus dem Blickwinkel der Aufbauorganisation eines Unternehmens konzentrieren sich die Verantwortlichkeiten im Entwicklungsressort, jedoch werden aufgrund zahlreicher Schnittstellen zu anderen Organisationseinheiten zunehmend interdisziplinäre Entwicklungsteams eingesetzt (Ehrlenspiel, 2009). Produktentwicklung wird von zahlreichen unternehmensexternen Faktoren beeinflusst (Albers & Gausemeier, 2012). Diese Faktoren entspringen unterschiedlichen Kontextebenen inner- bzw. außerhalb des Unternehmens (Organisation, Projekt, Individuum bzw. dem mikro- und makroökonomischen Umfeld). Zudem können sich deren Ausprägungen im Verlauf des Betrachtungszeitraums verändern (VDI 2221-2:2019-11, 2019). Daher bedarf es einer systemischen Betrachtung technischer Produkte und der Produktentwicklungsaufgabe. Formalisierte Modelle unterstützen Problemlösungsteams in der Produktentwicklung, komplexe interaktive technische Systeme zu strukturieren. Dies erlaubt eine systemische Eingrenzung des Anzeige- und Bediensystems und der in der Entwicklung erstellten Beschreibungsmodelle dazu. Grundlage dafür liefert die

allgemeine Modell- und Systemtheorie (vgl. Abschnitt 2.1.1). Den Übertrag der Begriffsauffassung auf technische Produktsysteme, unter die auch automobiltechnische Erzeugnisse fallen, liefert Abschnitt 2.1.2. Die Gruppierung von Produktlinien und -varianten in gesamtunternehmerischen Produktportfolios erläutert Abschnitt 2.1.3. In der Entwicklungspraxis weit verbreitet ist die Anwendung von Prozessmodellen, die Gegenstand von Abschnitt 2.1.4 sind.

2.1.1 Allgemeine Modell- und Systemtheorie

Das gegenwärtig in der Forschungscommunity etablierte Verständnis des Modellbegriffs geht maßgeblich auf Stachowiak (1973) zurück. Dieser nutzt Modelle zur eingängigen Darstellung komplexer realer Phänomene mittels vereinfachter und pragmatischer Abbilder. In der **allgemeinen Modelltheorie** verdeutlicht Stachowiak (1973) den Modellbegriff über drei Merkmale (vgl. Abbildung 1.2):

- Das *Abbildungsmerkmal*, wonach Modelle Abbildungen von Originalen darstellen, „die selbst wieder Modelle sein können“ (Stachowiak, 1973, S.131).
- Das *Verkürzungsmerkmal*, wonach ein Modell nicht alle Merkmale eines Originals umfasst und auf die Umfänge reduziert wird, „die den jeweiligen Modellerschaffern und/oder Modellbenutzern relevant scheinen“ (Stachowiak, 1973, S. 132).
- Das *Pragmatische Merkmal*, wonach Modelle einen festgelegten Zweck erfüllen, der „modellbenutzende[n] Subjekte[n]“ (Stachowiak, 1973, S.132) dient, von den erschaffenden Personen festgelegt wird und an einen spezifischen Zeitpunkt sowie begleitende Aktivitäten geknüpft ist.

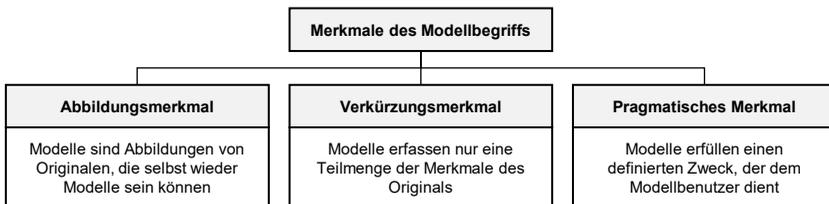


Abbildung 2.1: Merkmale des Modellbegriffs nach Stachowiak (1973)

Daran anknüpfend betonen Keuth (1978) und Klaus (1961), dass durch die Nutzung von Modellen neue Erkenntnisse generiert und unvollständige Aspekte der Realität erklärt und prognostiziert werden können. Lohmeyer (2013) weist den Menschen bzgl. des Verkürzungsmerkmals die Aktivitäten *Modellbildung* und *Modellnutzung* zu. Menschen nehmen das Original wahr und fokussieren diejenigen Elemente, die

für sie besonders wichtig sind. Auf Basis dieser Relevanzbewertung bilden Modellerschaffende ein verkürztes Abbild der Realität – das Modell selbst. Das explizierte Modell kann als Hilfsmittel zur Kommunikation genutzt werden, um individuelle Sichtweisen zu verdeutlichen und mentale Modelle von Modellerschaffenden und -nutzenden anzunähern (Birkhofer & Jänsch, 2003; Lohmeyer, 2013). Oftmals entstehen „eine enorme Anzahl, zum Teil grundverschiedener Produktmodelle“ (Lohmeyer, 2013, S. 19), die „für gewöhnlich isoliert voneinander gebildet und genutzt“ (Lohmeyer, 2013, S.19) werden.

Die **allgemeine Systemtheorie** liefert einen Denkansatz, der „Axiome, Ableitungen und Regeln für die korrekte Bildung von Modellen umfasst“ (Ropohl, 2005, S.27), um derartige Phänomene ganzheitlich unter Einbezug der Vernetzung und Wechselwirkungen ihrer Einzelteile zu verstehen (Bertalanffy, 1969). Ein zentrales Theorem der allgemeinen Systemtheorie besagt, dass sich ein System nicht allein durch die Summe seiner einzelnen Elemente beschreiben lässt und folglich auch die Eigenschaften eines Systems nicht allein durch die Eigenschaften dieser Elemente erklärbar sind. Die Beziehungen und Vernetzungen der Elemente untereinander sind zur Systembeschreibung unabdingbar (Küppers & Krohn, 1992). Ropohl (2009) versteht ein System als ein „Modell einer Ganzheit, das a) Beziehungen zwischen Attributen (Inputs, Outputs, Zuständen etc.) aufweist, die b) aus miteinander verknüpften Teilen bzw. Subsystemen besteht, und die c) von ihrer Umgebung bzw. von einem Supersystem abgegrenzt wird“ (Ropohl, 2009, S.77)¹. Er stellt ferner fest, dass im Kern alle praxisnahen Ansätze „ihre Objekte als systemhafte Ganzheiten auffassen und, korrespondierend hierzu, auch ganzheitlich konzipierte Arbeitsgruppen dafür einsetzen, in denen Generalisten und Spezialisten aus verschiedenen Fachgebieten miteinander kooperieren“ (Ropohl, 2009, S. 74). Zur Beschreibung der unterschiedlichen Betrachtungsweisen von Systemen unterscheidet Ropohl (2009) drei unterschiedliche Konzepte: das *hierarchische*, *strukturelle* und *funktionale Systemkonzept* (vgl. Abbildung 2.2).

Das *hierarchische Systemkonzept* versteht ein System als Verbund mehrerer untergeordneter *Subsysteme*, die selbst wiederum Teil eines übergeordneten Supersystems sein können (Ropohl, 2009). Das *strukturelle Systemkonzept* entlehnt sich dem etymologischen Ursprung des Systembegriffs, wonach ein System als ein „zergliedertes Ganzes“ aufzufassen ist (Oerding, 2009). Im Rahmen einer Systemanalyse müssen neben den einzelnen Systemelementen gleichermaßen die Relationen zwischen den Elementen betrachtet werden, da die Vielfalt der möglichen Netzwerke der Systemelemente in vollständig unterschiedlichen Eigenschaften des Systems

¹ Breunig (2017) liefert eine Übersicht weiterer Systemdefinitionen.

resultieren kann. Dementsprechend wird die Struktur eines Systems durch die Gesamtheit aller Elemente und Relationen gebildet (Frank et al., 2009). Das *funktionale Systemkonzept* stellt das auf die Umwelt gerichtete Systemverhalten in den Mittelpunkt (Ropohl, 2009). Das System steht diesem Konzept folgend in ständiger Interaktion² mit seiner jeweiligen Umgebung. Diese nimmt die Funktion des Systems lediglich über definierte Zustände zwischen den Eingangs- (Input) und Ausgangsgrößen (Output) wahr (Pahl et al., 2007). Die durch Systementwickelnde festgelegte Systemgrenze ist in allen drei Sichtweisen von entscheidender Bedeutung, weil diese die Systemelemente von dessen Umgebung trennt und so den Betrachtungsumfang festlegt (Göpfert, 1998). Es gilt zu beachten, dass dadurch der Informationsgehalt eines Systemmodells und dessen Erstellungsaufwand maßgeblich beeinflusst werden (Eggert, 2010; Töllner, 2010).

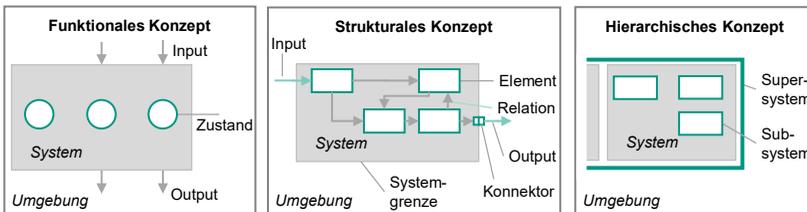


Abbildung 2.2: Hierarchisches, struktureles und funktionales Systemkonzept nach Ropohl (2009, S. 76)

Ein System kann allgemein somit durch die Attribute der Offenheit, Zweckorientierung, Dynamik und der künstlichen Entstehung beschrieben werden (Ropohl, 2009). Die allgemeine Systemtheorie besitzt zwar eine disziplinübergreifende Gültigkeit, einzelne Systeme lassen sich dennoch spezifischen Disziplinen zuordnen (Pulm, 2004). Die dargelegte abstrakte Beschreibung von Systemen soll im Folgenden auf automobiltechnische Systeme übertragen werden. Dies erlaubt den Zugang zu dem (technischen) Produktbegriff.

² Eine detaillierte Übersicht und Einordnung des Begriffs im Kontext dieser Arbeit liefern die Abschnitte 2.1.2 und 2.2. An dieser Stelle sei auf die Definition von Aughagen (2022) verwiesen, der Interaktion (engl.: interaction) als Synonym zum deutschen Wort *Wechselwirkung*, das als „Zusammenspiel von zwei (oder mehr) Merkmalen, Größen, Variablen, Konstrukten, Personen oder Verhaltensweisen“ auffasst.

2.1.2 Technische Produkte und Systeme

Technische Systeme als materielle Erzeugnisse ingenieurwissenschaftlicher Tätigkeiten werden in der Produktentwicklungsforschung auch als technische *Produktsysteme* oder vereinfacht technische *Produkte* bezeichnet (Ehrlenspiel, 2009). Ein Produkt stellt eine nutzenstiftende Einheit dar, die zur Befriedigung von Bedürfnissen oder Wünschen am Markt angeboten wird (Maune, 2002; Kotler et al., 2015; Albers, Gladysz, Heitger et al., 2016; Albers, Heimicke, Walter et al., 2018)³. Zur Gegenständlichkeit von Produkten liefert die Literatur unterschiedliche Resultate (Sabisch, 1991). Lingau (1994) hat den *substanziellen Produktbegriff* geprägt. Demzufolge sind Produkte ausschließlich Sachgüter, die für eine Verwertung am Absatzmarkt vorgesehen sind. Gembrys (1998) versteht Produkte als rein materielle Angebotsbestandteile von produzierenden Unternehmen. Heina (1999) erweitert den auf Sachleistungen beschränkten Produktbegriff um damit verbundene Dienstleistungen⁴. Letztere beschreiben immaterielle Produkte, die „im engen Verbund zwischen Anbieter und Kunde erstellt werden“ (Kotler & Bliemel, 2001; Steiner, 2007). Gausemeier et al. (2018) leiten daraus den abstrahierten Begriff der Marktleistung ab. Auch die VDI-Richtlinie 2221 (2019, S. 8) definiert Produkte als „Erzeugnis oder Leistung materieller wie immaterieller Art“. Albers, Basedow et al. (2020) folgend kann ein Geschäftsmodell ebenso Teil des Produkts oder sogar das Produkt selbst sein. Fahrzeuge als technisch-materielle Erzeugnisse stehen im Fokus dieser Arbeit und grenzen folglich den Produktbegriff für den weiteren Verlauf darauf ein.

Die technologische Entwicklung in der Automobilindustrie führt von rein mechanischen Systemen über die integrierte Betrachtung von **mechatronischen Systemen** hin zu sog. *cyber-physischen Systemen* mit integrierter Kognition, Kommunikations- und Netzwerkfähigkeit (Strube, 1998, Albers & Gausemeier, 2011). *Mechatronische Systeme* stellen in ihrer Grundstruktur eine spezielle Art des integrierten Entwurfs und der Fertigung technischer Systeme dar (Harashima et al., 1996). Diese entstehen durch das Zusammenwirken der Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik (Schweitzer, 1989; VDI-Richtlinie 2206:004-06). Folglich ermöglicht erst die Integration von mechanischen und elektronischen Hardware- und informationsverarbeitenden Softwareelementen ein funktionsfähiges mechatronisches System (Isermann, 2008). Wilke (2000) attribuiert realen technischen Systemen eine oftmals **hohe Systemkomplexität**. Patzak (1982) erklärt die strukturelle Komplexität eines

³ Eine Übersicht zu weiteren Definitionen liefert Bruhn & Hadwich (2006).

⁴ Für dieses Verständnis des Produktbegriffs sind ferner die Bezeichnungen hybrides Produkt (Korell & Ganz, 2000; Spath & Demuß, 2006) sowie hybrides Leistungsbündel (Engelhardt et al., 1993; Meier et al., 2005) geläufig.

Systems mit der Varietät (Vielfalt der Systemelemente) und der Konnektivität (Vielfalt der Relationen unter den Systemelementen). Bliss (2000) folgert, dass neben der Anzahl der Systemelemente auch die Verschiedenheit, die Dynamik und die Veränderlichkeit der Systemelemente entscheidend sind. Ulrich und Probst (1995) ergänzen das Ausmaß der systemischen Dynamik als entscheidenden Faktor zur Beurteilung der Komplexität. Sie definieren Dynamik als die „Fähigkeit eines Systems, in einer gegebenen Zeitspanne eine große Anzahl von verschiedenen Zuständen annehmen zu können“ (Ulrich & Probst, 1995, S. 58). Am Beispiel des Automobils zeigt sich, dass eine hohe Komplexität mittlerweile die Regel ist (Ponn & Lindemann, 2011). Dies spiegelt sich Bliss (2000) folgend in einer hohen Anzahl und Varianz von Bauteilen und -gruppen der betrachteten Produkte sowie deren Schnittstellen untereinander und zu „optionalen Einheiten“ wider (z.B. mit dem Produkt interagierende Menschen). Sabisch (1991, S. 36) stellt heraus, dass Produkte stets „der Lösung eines ganz bestimmten Problems“ dienen. Unternehmen streben dabei die optimale Problemlösung unter Einbezug aller Anforderungen von Kunden, Anwendern und dem Unternehmen selbst an (Albers, Heimicke, Walter et al., 2018). Dies geht in der Praxis mit der zielgerichteten Anpassung von Produkten im Rahmen der Variantenbildung einher (Peglow, Powelske, Birk et al., 2017). Gängige unternehmerische Praxis ist zudem die Besetzung verschiedener strategischer Marktsegmente durch Anbieten mehrerer Produktlinien (Gausemeier & Plass, 2014). In der Literatur wird die dadurch auftretende Kombinatorik sowie deren Handhabung gesamtheitlich dem Produktportfolio zugeordnet (Sekolec, 2005).

2.1.3 Produkte und Varianten im Verbund des Produktportfolios

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (1976, S. 179) definiert eine Variante als „Abart einer Grundausführung“, das Deutsche Institut für Normung als Systeme „ähnlicher Form oder Funktion mit einem in der Regel hohen Anteil identischer Gruppen oder Teile“ (DIN199-1). Meyer, Hemkentokrax, Koldewey et al. (2022) stellen in einer Interviewstudie fest, diese Unterscheidung begrifflich unpräzise ist, und schlagen die Unterscheidung in **Subsysteme** vor – dadurch kann zudem die Beziehung zum übergeordneten System beschrieben werden. **Produktvarianten** unterscheiden sich „gegenüber einem Referenzprodukt durch mindestens eine Komponente und/oder die Ausprägung eines Merkmals“ und begründen dadurch ihre Wahrnehmbarkeit durch Kunden (Kesper, 2012, S.22). Auch Peglow et al. (2017, S. 3) setzen

eine Produktvariante in Bezug zu ihrem sogenannten Varianten-Referenzprodukt⁵, von dem sie sich „durch eine differente Ausprägung der charakterisierenden Merkmale abgrenzt, um individuellen Kunden- und Marktanforderungen gerecht zu werden“. Subsysteme können in mehreren Produktvarianten verwendet werden, jedoch müssen sich Produktvarianten durch mindestens ein Subsystem unterscheiden⁶ (Meyer, Hemkentokrax, Koldewey et al., 2022). In der Automobilindustrie hat sich ferner das Synonym „Derivat“ etabliert (Renner, 2007).

Produktvarianten mit physischen Gemeinsamkeiten lassen sich wiederum zu **Produktfamilien** zusammenfassen. Zu planerischen Zwecken können mehrere Produktfamilien mit vergleichbaren Anwendungsbereichen und Funktionsprinzipien zu einer **Produktlinie** gebündelt werden (Jonas, 2014; Gebhardt et al., 2016). Fahl, Hirschter, Kamp et al. (2019, S.5) definieren eine Produktlinie als „Gruppe technischer Produkte des Produktportfolios, die jeweils eine zusammenhängende Menge von konsekutiven Produktgenerationen beschreibt [...]“.

Göpfert (2009, S. 86f.) ordnet Produktlinien, die sich „gemeinsame Technologien (Komponenten und Funktionen) teilen und ähnliche Marktsegmente bedienen“, dem **Produktprogramm** zu. Jonas & Krause (2012) unterscheiden davon den Begriff Produktionsprogramm. Das Produktionsprogramm beschreibt die Teilmenge des Produktprogramms, die das Unternehmen selbst herstellt. Diese wird innerhalb des Produktprogramms durch sog. Handelswaren ergänzt, die das Unternehmen zukaufte oder ohne substantielle technische Anpassungen vertreibt (Rupp, 1988; Jonas & Krause, 2012; Gebhardt et al., 2016). Im alltäglichen Sprachgebrauch hat sich der Begriff **Produktportfolio** neben der Bezeichnung Produktprogramm durchgesetzt (Renner, 2007). Schicker & Strassl (2019, S. 4) definieren das Produktportfolio als die „vollständige Zusammenstellung aller von einem Unternehmen (oder einer strategischen Geschäftseinheit) geplanten, angebotenen sowie abgekündigten Produkte“. Fahl, Hirschter, Kamp et al. (2019, S.5) ergänzen zudem die „in der Entwicklung befindlichen Varianten“ der Produkte und Systeme. Die Relationen in den verschiedenen Hierarchie-Ebenen des Produktportfolios zeigt Abbildung 2.3.

⁵ Eine umfassende Übersicht zum Verständnis von Referenzen in der Produktentwicklung stellt Albers mit dem Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung bereit. Dies ist Gegenstand von Abschnitt 2.2.2.

⁶ Dies kann entweder durch Hinzufügen oder Entfernen eines Subsystems erreicht werden (z.B. ergänzende Funktionen in einer anderen Produktvariante). Ebenso kann eine andere Variante dieses Subsystems eingesetzt werden (z.B. ein Antrieb höherer Leistungsklasse in einer leistungsstarken Produktvariante) (Meyer, Hemkentokrax, Koldewey et al., 2022).

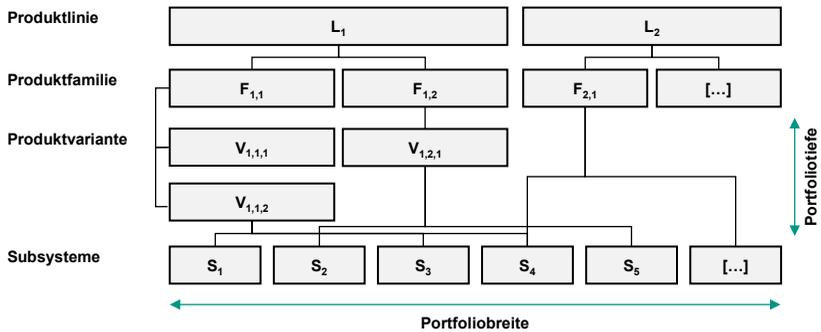


Abbildung 2.3: Hierarchiebezeichnungen eines Produktprogramms in Anlehnung an Meyer, Hemkentokrax, Koldewey et al. (2022)

Produkte sind im Rahmen der Produktentwicklung so zu gestalten, dass diese als einzigartig und nicht durch Wettbewerbsprodukte austauschbar wahrgenommen werden (Müller-Hagedorn & Natter, 2011). Albers (2011) betont, der Mensch stehe stets im Mittelpunkt der Produktentstehung. Der Produktbegriff ist daher um die Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit den Menschen im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung zu ergänzen. Ropohl (2009) klassifiziert diese als sog. *soziotechnische Systeme* und unterscheidet dabei zwei Arten: innerhalb des soziotechnischen Systems der Produktentstehung agiert der Mensch in der Rolle des Entwickelnden, innerhalb des soziotechnischen Systems der Verwendung in der Rolle des Kunden oder Anwenders des technischen Systems. Bevor Produkte jedoch verwendet werden können, müssen sie zunächst entwickelt werden. Gemäß dieser Chronologie erfolgt zunächst die prozessuale Betrachtung des soziotechnischen Systems der Produktentstehung (vgl. Abbildung 2.4).

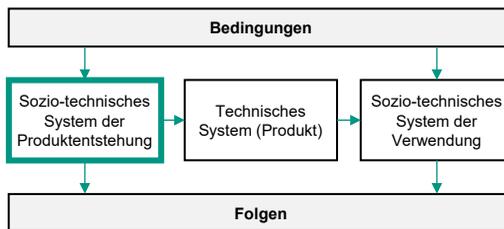


Abbildung 2.4: Soziotechnisches System der Produktentstehung (links) (Ropohl, 2009, S.44)

2.1.4 Produktentstehungs- und Produktentwicklungsprozesse

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur methodischen Produktentwicklung insbesondere in der Automobilindustrie leisten. Albers (2010) stellt heraus, dass jeder Produktentstehungsprozess einzigartig ist. Ropohl (2009) betont im Kontext der Systemtheorie die Rolle des Handlungssystems, das z.B. i.F.v. Menschen oder Organisationen spezifische Handlungen durchführt (Ropohl, 1975; Ropohl, 2009). Das Handlungssystem wird durch das Zielsystem und das Objektsystem ergänzt (Ropohl, 1975). Albers & Braun (2011b, S.16) leiten daraus für das sog. ZHO-Modell ab, dass die „Produktentstehung als die Transformation eines (anfangs vagen) Zielsystems in ein konkretes Objektsystem durch ein Handlungssystem“ beschrieben werden kann (vgl. Abbildung 2.5).

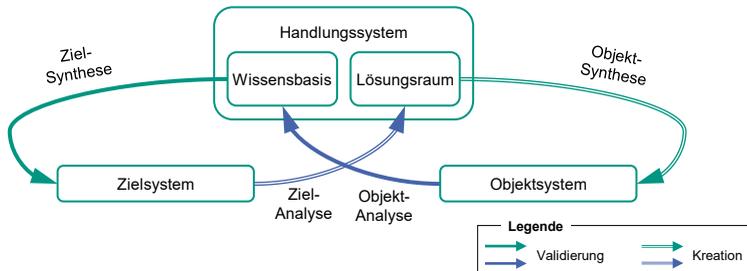


Abbildung 2.5: Erweitertes ZHO-Modell nach Albers, Lohmeyer & Ebel (2011, S.257)

Das **Zielsystem** umfasst dabei „alle relevanten Ziele, deren Wechselwirkungen und Randbedingungen, die für die Entwicklung des richtigen Produkts erforderlich sind“ (Ebel, 2015, S. 18) (vgl. auch Albers & Braun, 2011a). Meboldt (2008) stellt fest, dass die einzelnen Elemente des Zielsystems zu Beginn der Entwicklungsprozesses oftmals noch lösungsoffen formuliert sind und erst im Verlauf des Entwicklungsprozesses konkretisiert werden. Ein *Ziel* i.e.S. liefert die „bewusste gedankliche Vorwegnahme eines zukünftigen Soll-Zustands, der gemeinsam vereinbart und durch aktives Handeln angestrebt oder vermieden wird“ (Lohmeyer, 2013, S. 61). Ponn & Lindemann (2011) bezeichnen konkretisierte Ziele in Form messbarer Merkmalsausprägungen als *Anforderungen*. Albers, Klingler & Ebel (2013) folgend können Anforderungen zudem aus *Randbedingungen* abgeleitet werden. Diese liegen meist nicht im Verantwortungsbereich des Entwicklungsteams und sind durch Einschränkungen aus dem Umfeld der Entwicklung gekennzeichnet (Lohmeyer, 2013). Albers, Klingler et al. (2013) arbeiten heraus, dass Ziele (über den PEP hinweg konstant) den Bedarf beschreiben, was mit dem Produkt erreicht werden soll, wohingegen Anforderungen beschreiben, was ein Produkt können soll (z.B. durch die um Wertebereiche ergänzte Konkretisierung der Ziele). Ziele liefern die Begründung der Funktionsweise

und Gestaltausprägung von Objekten (Lohmeyer, 2013). Das **Objektsystem** enthält „alle Dokumente und Artefakte, die als Teillösungen während des Entstehungsprozesses anfallen“ (Albers & Braun, 2011b, S. 16). Technische Zeichnungen, virtuelle Modelle und Prototypen werden ebenfalls dem Objektsystem zugerechnet (Albers & Braun, 2011a). Das **Handlungssystem** beinhaltet alle zur Erstellung von Ziel- und Objektsystem erforderlichen Aktivitäten, Methoden, Prozesse und Ressourcen.

Das erweiterte ZHO-Modell betont die zentrale Rolle des Menschen im soziotechnischen System der Produktentwicklung auf graphische Weise. Albers, Heimicke, Spadinger et al. (2019, S. 8) präzisieren: „Der Mensch steht im Mittelpunkt der Produktentstehung“. Sie leiten daraus die Notwendigkeit zur Anpassung von Prozessen und Methoden an menschliche Kreativität, Kompetenzen, Bedarfe und kognitive Fähigkeiten ab (Albers, Heimicke, Spadinger et al., 2019). Um die individuellen Charakteristika von realen Produktentwicklungsprozessen mit der geforderten Mensch-zentrierung und Anpassbarkeit in Deckung zu bringen, hat die Produktentwicklungsforschung eine Vielzahl von Prozessmodellen in unterschiedlichen Abstraktionsgraden hervorgebracht (vgl. Abbildung 2.6). Da Prozessmodelle dem Modellgedanken folgend lediglich vereinfachte Abbildungen von Prozessen in Unternehmen darstellen, wird aus jeder Kategorie nachfolgend dasjenige Modell mit der größten Schnittmenge zur Problemstellung dieser Arbeit vorgestellt.

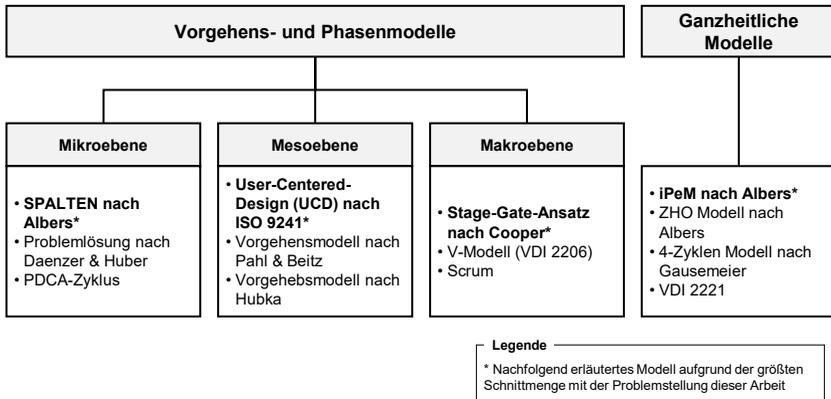


Abbildung 2.6: Übersicht ausgewählter Prozessmodelle und Ansätze (Darstellung in Anlehnung an Reinemann, 2020)

Problemlösungsmethode SPALTEN

Albers, Burkardt, Meboldt & Saak (2005) verstehen die Entwicklung und Konstruktion von Produkten als eine Abfolge beliebig vieler Problemsituationen. In diesem

Zusammenhang lässt sich ein Problem als eine Barriere charakterisieren, die einen unerwünschten Ausgangs- bzw. Ist-Zustand vom erwünschten End- bzw. Soll-Zustand trennt (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013). Diese Barriere gilt es durch Aktivitäten zu überwinden, obgleich zuweilen weder der Ist- oder Soll-Zustand noch die zur Problemlösung verfügbaren Ressourcen bekannt sind. Zur Unterstützung der systematischen Problemlösung schlagen Albers, Burkardt, Meboldt & Saak (2005) die Problemlösungsmethodik SPALTEN vor. Hinter dem Akronym verbergen sich die nacheinander von einem Problemlösungsteam (PLT) zu durchlaufenden Aktivitäten (vgl. Abbildung 2.7). Die Zusammensetzung des PLT kann während des Durchlaufens nach jeder Aktivität an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden (Albers, Reiß, Bursac & Breitschuh, 2016). Weiterhin gilt, dass zu Anfang grundsätzlich eine Situationsanalyse sowie eine Problemeingrenzung durchzuführen sind. Jedoch müssen die Aktivitäten nicht zwingend in der beschriebenen Abfolge durchlaufen werden; Iterationsschleifen sind im Einklang mit realen Entwicklungsprozessen möglich⁷. Einzelne Problemlösungsaktivitäten können wiederum einen eigenen Durchlauf der SPALTEN-Methodik hervorrufen. Diesen Umstand bezeichnen Albers, Braun & Muschik (2010) als fraktalen Charakter.

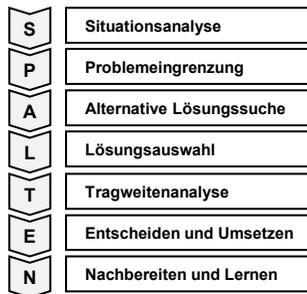


Abbildung 2.7: Ablauf der Problemlösungsmethodik SPALTEN nach Albers et al. (2005)

User-Centered-Design (UCD) nach ISO9241-210

User-Centered-Design (UCD) ist ein multidisziplinärer Entwicklungsansatz, der insbesondere den Anspruch erhebt, Kunden und Anwender in jeder Phase einzubeziehen, um deren Anforderungen besser zu verstehen und berücksichtigen zu können. Das zugehörige Prozessmodell wurde in ISO 9241-210 (2019) definiert und umfasst vier Phasen (vgl. Abbildung 2.8).

⁷ Bsp. und Begründungen für Iterationen liefern Wynn, Eckert & Clarkson (2007).

In einem ersten Analyseschritt wird der Nutzungskontext des Produktes definiert. Dabei wird empfohlen, bestehende Probleme von Kunden und Anwendern zu identifizieren, um den Zweck des Produktes zu klären. Aus den Erkenntnissen dieser Analysen können Entwickelnde allgemeine Produktziele und Anforderungen ableiten. Anschließend werden mehrere Lösungen konzipiert und mit Hilfe von Prototypen initial umgesetzt. In der nachfolgenden Evaluation werden die erarbeiteten Ergebnisse getestet, überarbeitet und angepasst. Für die Integration der Kunden und Anwender in jeder Phase wird der bedarfsbezogene Einsatz von entsprechenden Methoden empfohlen. Auch bei diesem Prozessmodell ist ein iterativer Verlauf gängige Praxis (Knothe, Hofmann und Blessmann 2021). Auch wenn der UCD-Prozess nicht davor schützt, dass die Nutzerzentrierung im PEP durch zu starken Fokus auf technische Neuerungen verloren geht, verbessert dieser das Verständnis der Aktivitäten von Entwickelnden in interdisziplinären Entwicklungsteams (Saucken, Michailidou und Lindemann 2013).

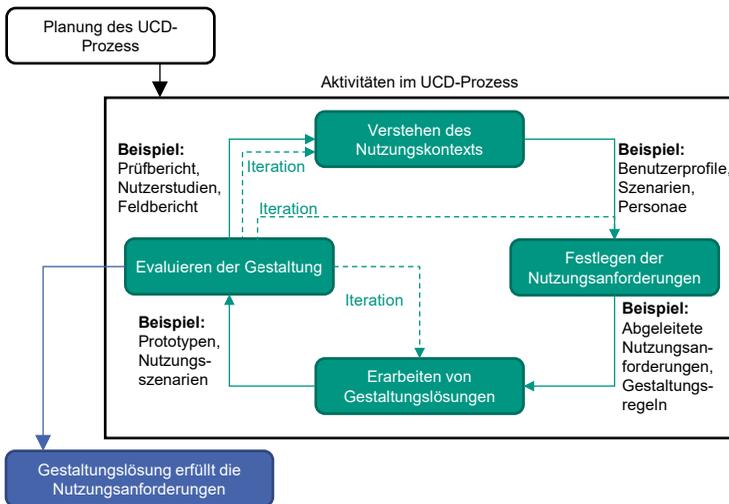


Abbildung 2.8: Aktivitäten des User-Centered-Design (UCD) Prozesses (ISO 9241-210, 2019)

Stage-Gate-Ansatz in der Automobilindustrie

Der Stage-Gate-Ansatz fällt unter die sog. Vorgehens- und Phasenmodelle, die aufgrund ihrer inhaltlich und zeitlich abtrennbaren Arbeitsschritte und der damit einhergehenden einfachen Strukturierung des Produktentwicklungsprozesses (PEP) weite Verbreitung erfahren (Lindemann, 2009). Der Ansatz geht auf Cooper (1994) zurück

und bildet in ca. 70% aller Unternehmen den prozessualen Rahmen der Produktentwicklung (Steinhauser & Zehle, 2010). Das Prozessmodell untergliedert den Entwicklungsprozess in konsekutive Phasen (engl. *stages*), die durch Meilensteine (engl. *gates*) getrennt sind (vgl. Abbildung 2.9).

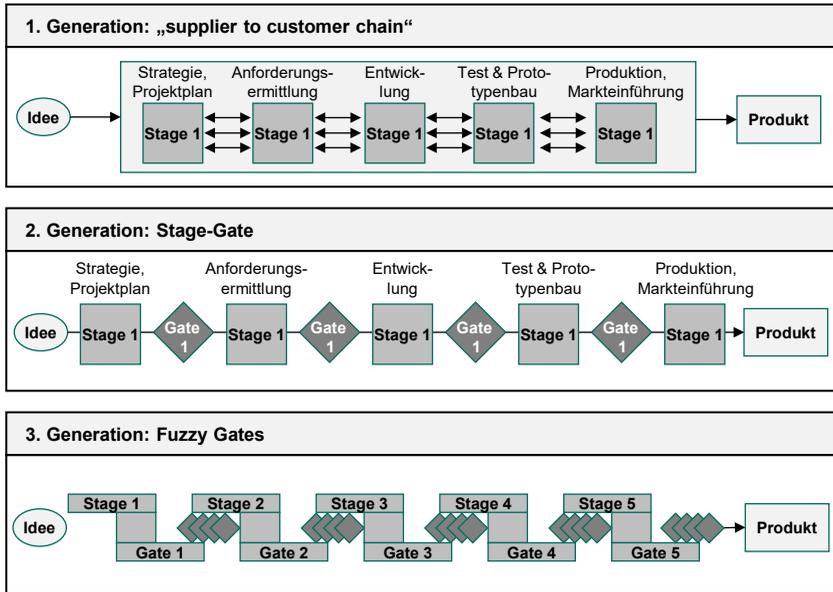


Abbildung 2.9: Stage-Gate-Ansatz nach Cooper (Cooper, 1994, S.5)

Der Ansatz kann in drei unterschiedliche Generationen unterteilt werden: in der *ersten Generation* („Supplier to Customer“) erfolgt der Übergang in die folgende Phase nur, wenn alle definierten technischen Kriterien zum Stichtag erfüllt sind. Cooper selbst bemängelt, dass damit eine signifikante Zeitverzögerung im Entwicklungsprojekt einhergehen kann und durch die exponierte Betrachtung technischer Aspekte u.U. weitere erfolgsentscheidende Faktoren übersehen werden. Daher verstärkt er in der *zweiten Generation* die Berücksichtigung nicht-technischer, marktorientierter Aspekte zu den einzelnen Meilensteinen. In der *dritten Generation* der „Fuzzy Gates“ wird dem Entwicklungsteam zudem die Möglichkeit eingeräumt, einzelne Phasen überlappen zu lassen. Dies bietet das Potential zur Zeitersparnis verglichen mit einem streng konsekutiven Ablauf (Cooper, 1994). Eine Anpassung an den PEP von Automobilherstellern liefern Heißing, 2011, Braess et al., 2013, Schulz, 2014 sowie Rudert & Trumpfheller, 2015.

Integriertes Produktentstehungsmodell iPeM

Das integrierte Produktentstehungsmodell iPeM geht auf Albers zurück und fällt in die Kategorie der ganzheitlichen Modelle der Produktentstehung (Albers & Braun, 2011a). Das iPeM bietet sowohl eine managementorientierte als auch operative Sicht auf die Produktentstehung und verknüpft von der Mikro- bis zur Makroebene mehrere Auflösungsgrade eines Produktentstehungsprozesses. Klingler (2016) betont den Vorteil, dass sich im iPeM sowohl Iterationen als auch sequenziell verlaufende Prozessphasen gleichermaßen abbilden lassen. Die Grundlagen zum erweiterten ZHO-Modell, insbesondere die Beschreibung von Produktentstehung als Überführung eines Zielsystems in ein Objektsystem durch das Handlungssystem, liefern die Eckpfeiler des iPeM (vgl. Abbildung 2.10).

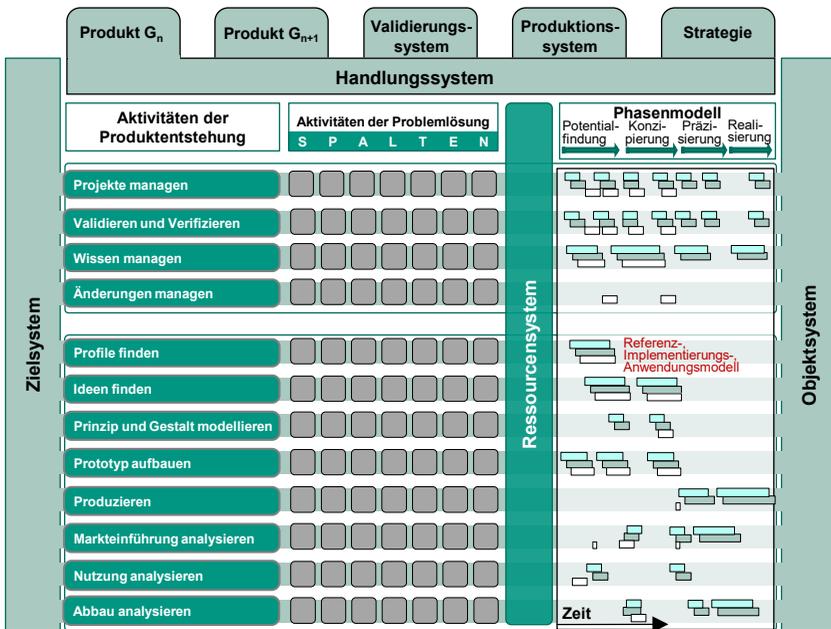


Abbildung 2.10: Integriertes Produktentstehungsmodell iPeM nach Albers, Braun & Muschik (2010), Abb. angelehnt an Albers, Reiß, Bursac & Richter (2016, S. 104)

Der statische Teil des Handlungssystems setzt sich aus der sog. Aktivitätenmatrix zusammen, die durch die Aktivitäten der Produktentstehung (Makroaktivitäten) sowie die Aktivitäten der Problemlösung nach SPALTEN (Mikroaktivitäten) aufgebaut

ist. Die Aktivitäten der Produktentstehung lassen sich wiederum in die beiden Cluster Basis-Aktivitäten (die obersten vier Zeilen) und Kern-Aktivitäten (die unteren acht Zeilen) aufteilen. Beide Cluster beschreiben unterschiedliche Handlungsfelder der Produktentstehung aus der Perspektive von Entwickelnden. Im Unterschied zu vielen anderen Modellen ist ihre zeitliche Reihenfolge im iPeM jedoch nicht vorgegeben. Die Basis-Aktivitäten werden lediglich unterstützend zu den Kern-Aktivitäten durchgeführt und können daher nicht allein existieren. Weiterhin ist das Ressourcensystem Gegenstand des statischen Teils, das alle notwendigen Ressourcen zur Durchführung der Aktivitäten beinhaltet. Komplettiert wird das Handlungssystem durch das dynamische Phasenmodell, das zwischen einem Referenz-, Implementierungs- und Anwendungsmodell unterscheidet. Im Referenzmodell können wiederkehrende Prozesse basierend auf Erfahrungen abgebildet werden, um eine Orientierung für die konkrete Planung des Implementierungsmodells zu geben. Das Anwendungsmodell dient der Beschreibung des tatsächlichen Projektes. Die Aktivitäten-basierte Betrachtung der Produktentstehung ermöglicht die Abbildung von individualisierten realen Produktentstehungsprozessen, da der eigentliche Prozess (des jeweiligen Projekts) im dynamischen Teil des Modells abgebildet wird. (Albers & Braun, 2011a; Albers, Reiß, Bursac & Richter, 2016; Reiß, 2018)

Häufig befinden sich mehrere Produktgenerationen gleichzeitig in der Entwicklung (G_n, G_{n+1}, \dots). Zudem ist die Entwicklung einer Produktgeneration in der Praxis an die Entwicklung des zugehörigen Validierungs- und Produktionssystems gekoppelt. Auch die Produktstrategie als wesentlicher Impulsgeber ist damit verknüpft. Das iPeM begegnet diesen Zusammenhängen mit verschiedenen sog. Layern (die Tabs am oberen Rand des Modells). Jeder Layer beinhaltet einen eigenen Entwicklungsprozess mit einem unterschiedlichen Objektsystem als Ergebnis. Das Ziel- und Ressourcensystem ist übergreifend gültig (Albers, Reiß, Bursac & Richter, 2016).

2.1.5 Zwischenfazit

Ziel dieser Arbeit ist die Unterstützung von Produktentwickelnden bei der Erstellung von Modellen zu Anzeige- und Bedienkonzepten als verkürztes Abbild der realen Interaktion zwischen dem technischen System Fahrzeug und Kunden bzw. Anwendern. Die systemimmanente Komplexität, im vorliegenden Fall weiter verstärkt durch die Produktlinien-übergreifende Betrachtung, kann durch ein systemisches Produkt- und Prozessverständnis sowie den Einsatz unterstützender Prozessmodelle für Entwickelnde handhabbar gemacht werden. Im Zentrum stehen dabei die Grundlagen des ZHO-Modells, wonach ein anfangs vages Zielsystem in einem iterativen Vorgehen durch ein Handlungssystem in ein konkretes Objektsystem überführt wird. Dies

enthält das gegenständliche Modell des Anzeige- und Bedienkonzepts inkl. der explizierten Ziele, Anforderungen und Randbedingungen des Entwicklungsvorhabens. Sowohl Ziel- als auch Objektsystem werden im Projektverlauf kontinuierlich weiterentwickelt. Aufbauend auf dieser theoretischen Beschreibung werden die Phänomene der Produktentstehung nachfolgend aus Sicht der Praxis erläutert. Den Rahmen liefert das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers.

2.2 Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers

Ein wesentliches unternehmerisches Erfolgskriterium zur Sicherstellung einer fortwährenden Wettbewerbsfähigkeit ist das Hervorbringen von Innovationen (Steiner, 2007). Erfolgsentscheidend für den späteren Markterfolg von innovativen Produktideen ist die anfängliche Erhebung der Bedürfnissituation am Markt (Albers, Heimicke, Hirschter et al., 2018). In Abschnitt 2.2.1 wird daher zunächst das dieser Arbeit zugrundeliegende Innovationsverständnis herausgearbeitet und das Produktprofil als Rahmenwerk zur Charakterisierung einer Marktleistung vorgestellt. Im gegenwärtigen wissenschaftlichen Diskurs werden im Zusammenhang mit Innovationen häufig gänzliche Neuentwicklungen technischer Systeme fokussiert (häufig auch als sog. „Whitepaper-“ oder „Greenfield-Entwicklung“ bezeichnet). Diese treten in der Entwicklungspraxis jedoch selten auf – vielmehr werden technische Systeme über Generationen hinweg weiterentwickelt und so an veränderte Bedarfe und Randbedingungen angepasst (Albers, 1991; Eckert, Alink & Albers, 2010). Beide Phänomene inkl. deren Unterschiede in der Entwicklungspraxis sind im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers anschaulich beschrieben, das in Abschnitt 2.2.2 eingeführt wird. Der prozessuale Fokus dieser Arbeit liegt in der Frühen Phase der Produktentwicklung, daher ist die Einordnung zum Begriffsverständnis im Modell der SGE Gegenstand des Abschnitts 2.2.3. Abschließend wird die Nomenklatur von konsekutiven System- und Entwicklungsgenerationen in Abschnitt 2.2.4 erläutert.

2.2.1 Innovationsverständnis und Produktprofil

Das dieser Arbeit zugrundeliegende Verständnis zum Begriff der **Innovation** geht im Wesentlichen auf Schumpeter (1939) zurück. Dieser definiert eine Innovation als eine erfolgreich am Markt eingeführte **Invention**. Die Klassifizierung einer technischen Neuerung als Innovation ist darüber untrennbar mit der Erfüllung bzw. dem Übertreffen von Anforderungen und Bedürfnissen von Kunden und Anwendern verknüpft (Albers, Heimicke, Hirschter et al., 2018). Nur, weil ein technisches System

"neu" ist, führt dies nicht auch automatisch zu Markterfolg. Dem Zielsystem kommt dabei eine besondere Bedeutung in der frühen Phase zu (Hirschter, Heitger, Haug et al., 2018). Albers, Heimicke, Hirschter et al. (2018) fassen die entstehende Kaskade wie in Abbildung 2.11 gezeigt zusammen: ausgehend von der Identifikation der Bedürfnissituation mittels lösungsoffener Produktprofile werden technische Lösungsideen in eine Invention übersetzt. Durch die zielgerichtete **Markteinführung** wird die Diffusion erst möglich, wodurch diesem Schritt bei der Sicherung des Markterfolgs ebenfalls eine entscheidende Bedeutung zukommt.

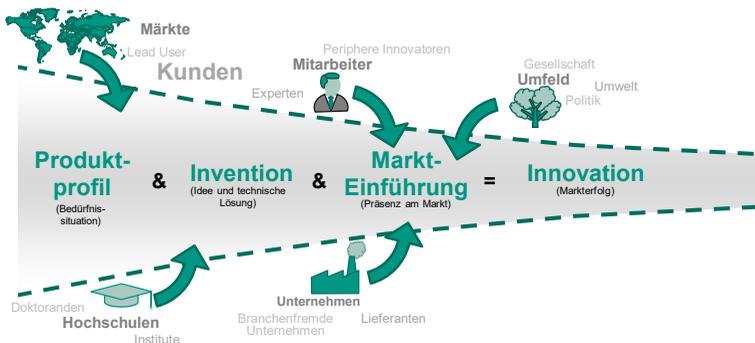


Abbildung 2.11: Innovationsverständnis nach Albers, zit. nach Albers, Heimicke, Hirschter et al. (2018)

Durch die umfassende Erhebung der Bedürfnissituation am Markt lässt sich das Innovationspotential eines Entwicklungsprojekts nachhaltig steigern. Die Modellierung des angestrebten Kunden-, Anwender- und Anbieternutzens im Kontext der Zielsystembildung erfolgt im **Produktprofil** (vgl. Abbildung 2.12) (Albers, Gladysz, Heitger et al., 2016; Albers, Heimicke, Walter et al., 2018).

Das Modell in Form eines modularen Steckbriefs beschreibt in 12 dedizierten Modulen das zu entwickelnde Produkt, den angestrebten Nutzen für Kunden, Anwender und Anbieter sowie regulatorische Einschränkungen und weitere Randbedingungen für die Produktentwicklung. Dabei definiert das Produktprofil zwar den zulässigen Lösungsraum für die Produktentwicklung, gibt die konkrete technische Lösung jedoch nicht explizit vor. Dadurch bietet das Produktprofil den Vorteil, dass es bereits sehr früh in einem Entwicklungsprojekt erstellt werden und als Ausgangspunkt zur Ausrichtung der Entwicklungsaktivitäten herangezogen werden kann. Zudem ermöglicht die Explikation die Identifikation von Zielkonflikten, die durch das Entwicklungsteam aufgelöst werden müssen. Trotzdem behält das Produktprofil auch im Verlauf des Entwicklungsprozesses seine Relevanz, da die Modellierung

des angestrebten Nutzenbündels so der kontinuierlichen Validierung zugänglich gemacht wird. Einerseits müssen Entwickelnde die modellierten Produktprofile selbst z.B. in Interviews mit Kunden und Anwendern validieren und priorisieren. Andererseits kann das Produktprofil auch als Grundlage bei der Validierung z.B. erster virtueller oder gemischt physisch-virtueller Prototypen oder grafischer Modelle eingesetzt werden. (Albers, Heimicke, Walter et al., 2018)

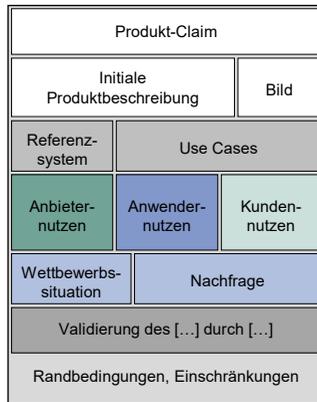


Abbildung 2.12: Die 12 Module des Produktprofils nach Albers, Heimicke, Walter et al. (2018)

Die systematische Entwicklung von Produktprofilen ist ein entscheidender Erfolgsfaktor in der frühen Phase von Produktentwicklungsprozessen. Die Einführung in entscheidende Charakteristika der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

2.2.2 Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung

Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers ist ein Erklärmodell für Phänomene der Entwicklung sowie ein Beschreibungs- und Steuerungsmodell des Entwicklungsprozesses technischer Systeme (inkl. Systemsynthese- und Analyseprozess) (Albers & Rapp, 2022). Der Ursprung liegt im Forschungsfeld der Produktentwicklung – in bestehenden Forschungsarbeiten wird daher häufig die Bezeichnung „Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung“ verwendet (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015). Das Modell der PGE fußt teilweise auf bestehenden fragmentierten Erkenntnissen mehrerer Grundlagenwerke der klassischen Konstruktionsmethodik (z.B. Pahl, Beitz et al., 2007; Deubzer & Lindemann, 2009; Eckert, Alink & Albers, 2010; Ehrlenspiel & Meerkamm, 2017) und verknüpft diese

zu neuen Erkenntnissen (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015). Die Bezeichnung wurde weiterentwickelt, um die einfache Anwendbarkeit auf und Gültigkeit für verschiedene Arten technischer Systeme sicherzustellen (Albers, Rapp, Birk & Bursac, 2017; Albers & Rapp, 2022). Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung beschreibt die Entwicklung neuer soziotechnischer Systeme mittels zweier grundlegender Hypothesen, die in der Formel 1 münden:

- Jedes Entwicklungsvorhaben eines neuen technischen Systems der Generation G_n basiert stets auf einem Referenzsystem R_n (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015; Albers, Rapp, Spadinger et al., 2019).
- Basierend auf R_n wird jedes zu entwickelnde System durch systematische Kombination der drei Variationsarten von Subsystemen – Übernahmevariation $\ddot{U}V_n$, Ausprägungsvariation AV_n und Prinzipvariation PV_n – entwickelt (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015; Albers, Rapp, Fahl et al., 2020).

$$R_n \xrightarrow{V} G_n = \ddot{U}V_n \cup AV_n \cup PV_n \quad (1)$$

Das Referenzsystem als Basis zur Entwicklung neuer Systemgenerationen „ist ein System, dessen Elemente bereits existierenden oder bereits geplanten sozio-technischen Systemen und der zugehörigen Dokumentation entstammen und Grundlage und Ausgangspunkt der Entwicklung der neuen Produktgeneration sind“ (Albers, Rapp, Spadinger et al., 2019, S. 8). Es kann folglich – aber nicht ausschließlich oder notwendigerweise – aus Vorgängerprodukten des Unternehmens, Produkten bzw. Teilen dieser Produkte von Wettbewerbern, Teilproduktmodellen und Produktdokumentationen bestehen (Albers & Rapp, 2022) (vgl. Abbildung 2.13) ⁸.

Das Referenzsystem wird durch die Entwickelnden mit dem Ziel synthetisiert, ausgewählte Referenzen als Ausgangspunkt für die Entwicklung ihres angestrebten technischen Systems zu nutzen. Folglich ist sowohl die Identifikation als auch die Analyse und gezielte Auswahl potenzieller Subsysteme des Referenzsystems eine zentrale Aufgabe in einem Entwicklungsprojekt (Albers & Rapp, 2022)⁹. Der Sonderfall der Entwicklung einer G_1 zeigt, dass im Referenzsystem nicht zwangsläufig bestehende physische Subsysteme mit einer definierten Systemarchitektur vorhanden sein müssen (Albers, Ebertz et al., 2020).

⁸ Referenzelemente müssen nicht zwangsläufig am Markt verfügbaren Produkten entspringen, sondern können z.B. auch aus Forschungsprojekten stammen, deren Subsysteme nicht am Markt verfügbar sind (Albers & Rapp, 2022).

⁹ Weitere Beispiele zur Veranschaulichung liefern Albers, Ebertz, Rapp et al. (2020) und Albers & Rapp (2022).

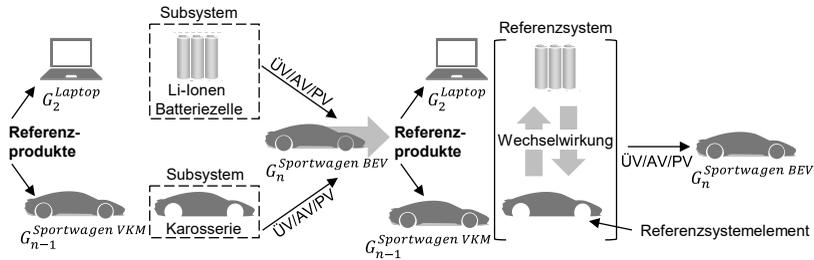


Abbildung 2.13: Referenzsystemverständnis am Beispiel der Automobilentwicklung nach Albers, Rapp, Spadinger et al. (2019), zitiert nach Hirschter (vgl. 2024)

Die ausgewählten RSE werden durch mindestens eine der drei Variationsarten in die zu entwickelnde Systemgeneration überführt (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015; Albers, Rapp, Fahl et al., 2020, vereinfacht nach Albers & Rapp, 2022):

- **Übernahmevariation (ÜV)** ist eine Aktivität zur Entwicklung eines Subsystems einer neuen Systemgeneration, bei der das zugrundeliegende Subsystem aus dem Referenzsystem übernommen wird und Anpassungen nur an den Schnittstellen des Subsystems zur Systemintegration vorgenommen werden.
- **Ausprägungsva-riation (AV)** ist eine Aktivität zur Entwicklung eines Subsystems einer neuen Systemgeneration, bei der das zugrundeliegende Lösungsprinzip des Subsystems aus dem Referenzsystem mitsamt aller inhärenter Elemente und Verknüpfungen übernommen wird, aber dessen Eigenschaften mindestens teilweise verändert werden.
- **Prinzipvariation (PV)** ist eine Aktivität zur Entwicklung eines Subsystems einer neuen Systemgeneration, bei der das zugrundeliegende Lösungsprinzip des Subsystems aus dem Referenzsystem durch Hinzufügen und/oder Entfernen inhärenter Elemente und Verknüpfungen verändert wird. Eine Prinzipvariation (PV) geht immer mit einer Ausprägungsva-riation (AV) einher.

Weitere Beispiele zur Erläuterung sowie eine mathematische Berechnungs- und Abbildungsfunktion der geschilderten Zusammenhänge inkl. weiterführender Literaturhinweise liefern Albers & Rapp (2022). In der Produktentwicklung kommt den frühen Prozessphasen häufig eine besondere Bedeutung zu. In diesen werden maßgebliche Weichen für den späteren Produkterfolg gestellt werden (insb. durch die initiale Planung von Variationsanteilen oder die Auswahl von ersten Referenzsystemelementen) (Cooper & Kleinschmidt, 1993). Gleichzeitig wird die „Frühe Phase“ als Phase mit hoher Unsicherheit wahrgenommen (Verwon, 2005). Nachfolgend wird der Stand der Forschung zur Frühen Phase im Erklärmodell der SGE für die Problemstellung dieser Arbeit eingeordnet.

2.2.3 Die Frühe Phase im Modell der SGE

In der Frühen Phase werden erste (Produkt-) Ziele eines Entwicklungsprojektes wie zu realisierende Eigenschaften und Funktionen festgelegt (Heitger, 2019). Dennoch stellen Wheelwright & Clark (1995) in dieser Phase ein geringes Maß an Aufmerksamkeit und Einflussnahme durch das Top-Management von Unternehmen fest. Verworn & Herstatt (2007) messen der Frühen Phase eine gewisse Hebelwirkung auf anschließende Prozessphasen bei, die sich Albers, Rapp, Birk et al. (2007) folgend insbesondere in Prozess- und Produkteigenschaften wie Entwicklungszeit und -kosten sowie Produktqualität manifestiert. Die hohe zu beobachtende Unsicherheit zeigt sich insbesondere in Bezug auf die Erhebung von Kunden- und Anwenderbedürfnissen (Verworn, 2005). Grabowski & Geiger (1997) präzisieren in dem sog. *Paradox der Produktentwicklung*, dass der Möglichkeit zur Einflussnahme auf Prozess- und Produkteigenschaften in der Frühen Phase die fehlende Möglichkeit zur Evaluation von getroffenen Entscheidungen entgegensteht; diese Beobachtung kehrt sich in späteren Prozessphasen um. Ein Beispiel dafür ist die Möglichkeit zur Kostenbeeinflussung und -beurteilung im Entwicklungsprozess (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013). Bursac (2016) fasst in einer umfassenden Literaturanalyse in der Produktentwicklungsforschung verbreitete Definitionen zur Frühen Phase zusammen (vgl. Tabelle 2.1). Weit verbreitet ist die Abgrenzung der Frühen Phase von den folgenden Phasen durch eine sog. „Go/No-Go- Entscheidung“, in der über die eigentliche Durchführung des Produktentwicklungsprojekts entschieden wird (Khurana & Rosenthal, 1998; Koen, Ajamian, Burkart et al., 2001). Demnach wird dadurch der Übergang zu einem formalisierten und strukturierten Prozess unter gesteigertem Ressourceneinsatz eingeleitet (Albers, Rapp, Birk et al., 2017; Koen, Ajamian, Burkart et al., 2001).

Tabelle 2.1: Ansätze zur Abgrenzung der Frühen Phase nach Bursac (2016) und Albers, Rapp, Birk et al. (2017), zitiert nach Bursac (2016, S. 44)

Autor	Spezifikum	Visualisierung
Khurana & Rosenthal, 1998	Finanzierung und Start der Produktentwicklung auf Basis einer „Go / No-Go“ Entscheidung	
Koen, et al., 2011	Alle Aktivitäten vor dem Beginn des formalen u. strukturierten Produktentwicklungsprozesses	
Jetter, 2005	Brücke zwischen der strategischen Produktplanung und der Produktentwicklung	
Muschik, 2011	Zeitraum von der Projektinitiation bis zur Formulierung einer ersten Produktspezifikation	

Eine umfassende Literaturrecherche von Verwon & Herstatt (2007, S. 13) liefert weitere Charakteristika früher Entwicklungsphasen:

- Hohe Auswirkung auf den weiteren Prozess und das Ergebnis bei gleichzeitig geringem Strukturierungs- und Formalisierungsgrad,
- Hohe (marktliche) Unsicherheit,
- Geringe Unterstützung und Aufmerksamkeit durch das Topmanagement,
- Informelle Kommunikation & unklare Schnittstellen zwischen Funktionsbereichen,
- Hoher Anteil impliziten Wissens durch geringen Dokumentationsgrad.

Albers, Rapp, Birk et al. (2017, S.4) konkretisieren die oftmals vage formulierten Beschreibungen in der Definition zur Frühen Phase im Modell der PGE¹⁰ und liefern eine klare zeitliche und prozessuale Abgrenzung:

„Die Frühe Phase der Produktgenerationsentwicklung ist eine Phase im Entwicklungsprozess einer neuen Produktgeneration, die mit der Initiierung eines Projektes beginnt und mit einer bewerteten technischen Lösung endet, die das initiale Zielsystem hinsichtlich seiner wesentlichen Elemente abdeckt. Die zur technischen Lösung gehörende Produktspezifikation als Teil des Zielsystems enthält u.a. Informationen bzgl. der verwendeten Technologien und Subsysteme sowie deren Übernahme- u. Neuentwicklungsanteile. Sie ermöglicht eine valide Bewertung des zu entwickelnden technischen Systems hinsichtlich der relevanten Parameter wie beispielsweise der Produzierbarkeit, der notwendigen Ressourcen sowie des technischen und ökonomischen Risikos.“

Albers, Hünemeyer et al. (2023) identifizieren das durch die entsprechende Gremienstruktur freigegebene und modellierte Systemkonzept als verkörperten Abschluss der Frühen Phase im Modell der SGE¹¹. Der Konzeptbegriff wird in der Forschungscommunity gleichermaßen kontrovers diskutiert, was in einer Vielzahl von Begriffsdefinition mündet (vgl. u.a. Ponn & Lindemann, 2011; VDI-Norm 2221, 2019; Bender & Gericke, 2021)¹². Den konsequenten Bezug zu den Grundprinzipien des Modells

¹⁰ Die in Abschnitt 2.2.2 erläuterte Weiterentwicklung des Erklärmodells der PGE zur SGE lässt sich gleichsam auf die prozessuale Abgrenzung der Frühen Phase anwenden (vgl. Albers, Hünemeyer et al., 2023).

¹¹ Im Folgenden wird aus Gründen der Lesbarkeit die Bezeichnung Frühe Phase anstelle der konkreteren Bezeichnung Frühe Phase im Modell der SGE verwendet.

¹² Eine Übersicht zu weiteren Definitionen liefern Albers, Hünemeyer, Pfaff et al. (2023).

der SGE – Systemgenerationsentwicklung, allen voran das Verständnis um die Bedeutung von Referenzsystemelementen für die Konzeptarbeit, lässt ein Großteil der Begriffsdefinitionen vermissen. Albers, Hünemeyer et al. (2023, S. 2695 – 2704) präzisieren daher die Begriffsauffassung wie folgt:

„Ein Systemkonzept im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung ist ein Konzept eines technischen Systems, das die aus dem Produktprofil abgeleiteten Ziele und Anforderungen an ein System sowie die Systemarchitektur und die zugehörigen Referenzsystemelemente und Variationsanteile unter Berücksichtigung der Randbedingungen definiert und der Validierung zugänglich macht.“

Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers unterstützt Entwickelnde bei der Planung und Steuerung von Entwicklungsvorhaben (Albers & Rapp, 2022). Die Entwicklungsaktivitäten zielen dabei darauf ab, marktfähige Systeme zu entwickeln. Die Aufplanung innerhalb des Produktportfolios (vgl. Abschnitt 2.1.2) erfolgt durch konsekutive Systemgenerationen. Diese zeitliche Relation gilt gleichermaßen für Entwicklungsgenerationen, die innerhalb des Entwicklungsprozesses eines Systems aufgebaut werden (Albers, Bursac & Rapp, 2016). Dieser Zusammenhang wird im folgenden Abschnitt erläutert.

2.2.4 Nomenklatur von System- und Entwicklungsgenerationen

Die portfolio-inhärenten Verflechtungen von am Markt angebotenen Systemgenerationen und den zur Reifegradsteuerung genutzten Entwicklungsgenerationen lassen sich anhand automobiltechnischer Erzeugnisse anschaulich darstellen (vgl. Abbildung 2.14)¹³.

Die aufeinanderfolgenden Systemgenerationen werden über die Variable G_i dargestellt, wobei $i \in \mathbb{N}$. Über die Indizes a (Anbieter), p (Produktlinie) und v (Variante) kann die Systemgeneration eindeutig identifiziert werden. Für das Beispiel der 8. Generation des Porsche 911 Targa 4 ergibt sich die Bezeichnung $G_8^{\text{Porsche,911,Targa 4}}$. Die Generation, die als nächstes in den Markt eingeführt wird, erhält den Index G_n , folglich bezeichnet G_{n-1} diejenige Produktgeneration, die gegenwärtig am Markt an-

¹³ Das vorliegende Beispiel zeigt Systemgenerationen auf der Systemebene Gesamtfahrzeug bzw. Gesamtprodukt. Die erläuterten Phänomene gelten auch für (Teil-)Systeme tieferer Systemebenen (z.B. ein Anzeige- und Bediensystem).

geboten wird. Ferner können sich auch Produktgenerationen bereits in der Entwicklung befinden, deren Markteinführung (ME) noch weiter in der Zukunft befindet (z.B. G_{n+1}, G_{n+2}, \dots). (Albers, Fahl et al., 2020)

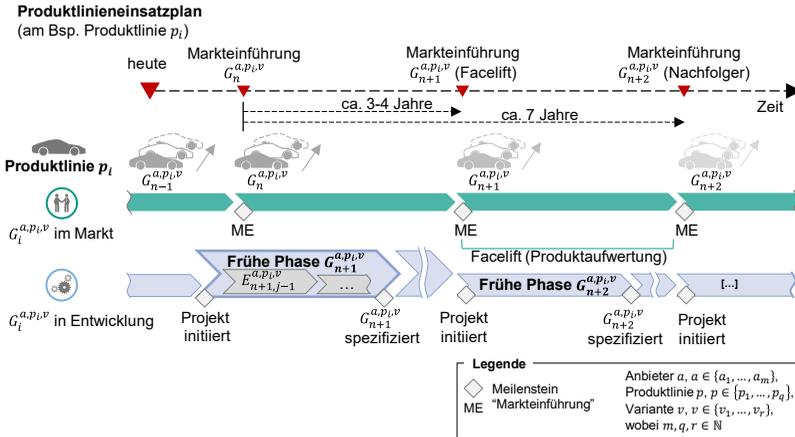


Abbildung 2.14: Zusammenhang von System- und Entwicklungsgenerationen im Produktportfolio eines Automobilherstellers (in Anlehnung an Albers, Haug, Heitger et al., 2019; Albers, Fahl et al., 2020, S. 671)

Eine besondere, wenngleich in der Entwicklungspraxis seltene Rolle, nimmt ein Entwicklungsvorhaben für eine G_1 ein, die nach Albers, Ebertz et al. (2020) und Albers in Yan (2020) immer dann gegeben ist, wenn „ein Entwicklungspfad [...] völlig neu begonnen [wird] und keine Vorgänger-Generation als Referenz vorhanden ist“. Die Indizierung von Entwicklungsgenerationen (E) erfolgt analog. Diese werden in der Praxis häufig zur Reifegradsteuerung und Strukturierung im Rahmen der Entwicklung eingesetzt (Albers, Haug, Heitger et al., 2019). Um die Zugehörigkeit zur entsprechenden Systemgeneration (hier: G_{n+1}) zu verdeutlichen, erhalten alle Entwicklungsgenerationen zunächst den festen Index $E_{n+1,j}$. Der Laufindex j schlüsselt die entsprechende Entwicklungsgeneration auf. So bezeichnet $E_{n+1,j}$ die gegenwärtig aufzubauende, $E_{n+1,j-1}$ die letzte bereits aufgebaute und $E_{n+1,j+1}$ die nächste noch aufzubauende Entwicklungsgeneration. (Albers, Fahl et al., 2020)

2.2.5 Zwischenfazit

Die wissenschaftlichen Grundlagen zum Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung zeigen, dass auch bereits früh in der Entstehung neuer Systeme Referenzen für Produktentwickelnde zur Verfügung stehen. Diese Referenzen können dabei sowohl für das Zielsystem (z.B. i.F.v. Anforderungen vergleichbarer Projekte), das Handlungssystem (z.B. i.F.v. Entwicklungsmethoden) als auch für das Objektsystem (z.B. i.F.v. produzierten Prototypen) vorliegen. Referenzen können zudem helfen, mit der beschriebenen Unsicherheit besser umzugehen. Durch die systematische Analyse der Bedürfnissituation am Markt leistet das Produktprofil als Rahmenwerk einen entscheidenden Beitrag zur Kunden- und Anwenderzentrierung bereits in der Frühen Phase. Auf Basis dessen kann anschließend ein Systemkonzept entwickelt werden, das diese Bedürfnissituation gezielt adressiert und somit gesteigertes Innovationspotential besitzt.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung von Konzepten für Anzeige- und Bediensysteme (i.S.e. Subsystems des Gesamtsystems Fahrzeug). Diese ermöglichen Kunden und Anwendern, mit den Funktionen des (Gesamt-) Systems zu interagieren bzw. das Gesamtsystem im Alltag zu verwenden. Im Folgenden wird daher das durch Ropohl (2009) begründete sozio-technische System der Verwendung näher beschrieben (vgl. Abbildung 2.15).

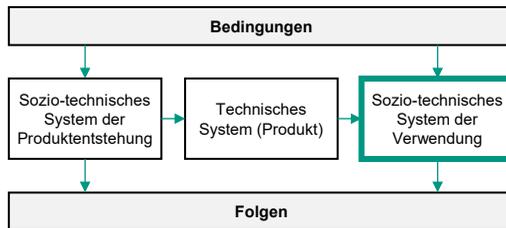


Abbildung 2.15: Sozio-technisches System d. Produktverwendung (rechts) (Ropohl, 2009, S.44)

2.3 Wahrnehmen und Erleben interaktiver Systeme

Interaktive Produkte und Systeme sind nicht zuletzt infolge der beschleunigten Digitalisierung in den vergangenen Jahren zu einem festen Bestandteil des alltäglichen Lebens vieler Menschen geworden (Diefenbach & Hassenzahl, 2017). In Abschnitt 2.3.1 werden diese daher begrifflich für den weiteren Verlauf dieser Arbeit eingegrenzt. In Abschnitt 2.3.2 wird diese Begriffsauffassung um das Verständnis

von Eigenschaften interaktiver Systeme aus Sicht der Produktentwicklung ergänzt. Die letzten beiden Abschnitte schaffen ein Verständnis für die Wahrnehmung und Bewertung von Kunden und Anwendern, die sich bei Verwendung des interaktiven Systems einstellt. Dazu werden in Abschnitt 2.3.3 zunächst die in der Literatur etablierten Begriffe Utility (dt.: Nützlichkeit), Usability (dt.: Gebrauchstauglichkeit) sowie User Experience, kurz UX (dt.: Nutzer- bzw. Anwendererlebnis) interaktiver Systeme eingeführt. Abschnitt 2.3.4 stellt die Begriffe aus den Perspektiven der Wissenschaft und der Entwicklungspraxis gegenüber.

2.3.1 Grundlagen und Abgrenzung interaktiver Systeme

Ein Kernaspekt des Systemdenkens ist, die Einzelteile zusammen mit ihren Verflechtungen und Relationen zu anderen Elementen zu behandeln (Ropohl, 2009). Vor diesem Hintergrund betonen Feldhusen et al. (2013) die zunehmende Relevanz von Informationsflüssen als relationale Beziehungen. Diese Informationsbeziehung kann z.B. zu weiteren informationsverarbeitenden Einheiten bestehen, die selbst Teil mechatronischer Systeme sein können. Daraus kann wiederum ein sog. System-of-Systems entstehen, dessen Bestandteile einerseits unabhängig voneinander agieren können, andererseits in ihrem übergreifenden Systemverbund eine völlig neue Marktleistung ermöglichen (eine umfassende Diskussion dazu liefert Fahl, 2022). Yogasara (2014) grenzt Produkte und Systeme mit dieser rein technisch motivierten Informationsbeziehung von Produkten und Systemen mit einer Informationsbeziehung zu Kunden oder Anwendern ab. Maeng et al. (2012) und Hassenzahl (2006) sprechen dabei im Kontext des soziotechnischen Systems der Verwendung auch von sog. **interaktiven Produkten**. Gemäß DIN EN ISO 9241-210 (2011, S. 6) bestehen interaktive Produkte aus einer „Kombination von Hardware, Software und/oder Dienstleistungen, die Eingaben von einem (einer) Benutzer(in) empfängt und Ausgaben zu einem (einer) Benutzer(in) übermittelt.“ Ein- und Ausgabe erfolgen dabei über eine sog. **Benutzungsschnittstelle**¹⁴, die selbst Teil des Produkts ist (Maeng et al., 2012) (vgl. Abbildung 2.16).

Benutzungsschnittstellen sind dabei diejenigen Produktbestandteile in Hardware und Software, „die Informationen und Steuerelemente zur Verfügung stellen, die für

¹⁴ In der einschlägigen deutsch- und englischsprachigen Literatur finden sich ferner die synonym gebrauchten Begriffe Mensch-Maschine-Interface (MMI), Man-Machine-Interface oder Human-Machine-Interface (HMI). Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird aufgrund der sprachlichen Klarheit der Begriff Benutzungsschnittstelle verwendet. Eine Aufstellung der Begriffe liefern Schmid & Maier (2017).

den Benutzer notwendig sind, um eine bestimmte Arbeitsaufgabe¹⁵ mit dem interaktiven System zu erledigen“ (DIN EN ISO 9241-110:2006). Schmid & Maier (2017) unterscheiden Benutzungsschnittstellen verschiedener physikalischer Prinzipien in sog. Stellteile zur Eingabe von Informationen sowie Anzeiger zur Ausgabe von Informationen. Bullinger (1994) hebt die Interaktion mit den Funktionen des technischen Systems hervor.

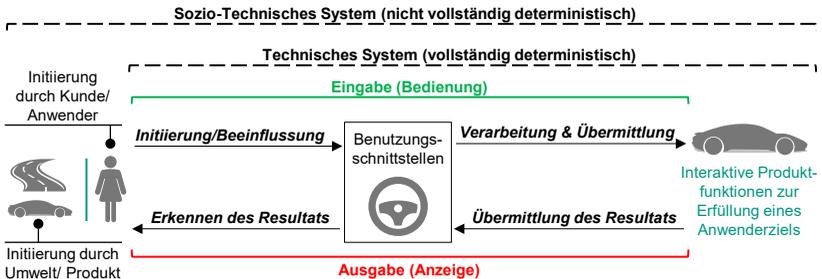


Abbildung 2.16: Eigene Darstellung eines interaktiven Systems nach Maeng, Lim et al. (2012), ergänzt um Ropohl (2009) und Albers, Fahl et al. (2020)¹⁶

Dies zeigt, dass Benutzungsschnittstellen kein Selbstzweck sind, sondern die Interaktion mit den interaktiven **Produktfunktionen** des Gesamtsystems ermöglichen. Albers, Fahl, Hirschter et al. (2020) verstehen unter einer Produktfunktion eine „Funktion eines technischen Systems, anhand der sich eine lösungsoffene Wirkbeziehung des Gesamtproduktes zwischen einer Menge von initiiierenden Ereignissen und resultierenden Ergebnissen sowie den (inhärenten) Zuständen aus u.a. Kunden-, Anwender und Anbietersicht in einem definierten Kontext beschreiben lässt“ (Fahl, 2022, S. 171) (vgl. Abbildung 2.17).

¹⁵ Die Arbeitsaufgabe kann im Sinne dieser Arbeit als Fahraufgabe zusammengefasst werden, die sich in die sog. Primär-, Sekundär- und Tertiäraufgabe unterteilen lässt (Bubb, 2003; Timpe, 2006).

¹⁶ Das ausgewählte Modell präzisiert den Sachverhalt für die Problemstellung dieser Arbeit am besten, stellt jedoch nicht das einzige Modell dar. Weitere Modelle liefern Schmidtke 1993; Kolrep et al., 2002 sowie Schifferstein & Hekkert (2007).

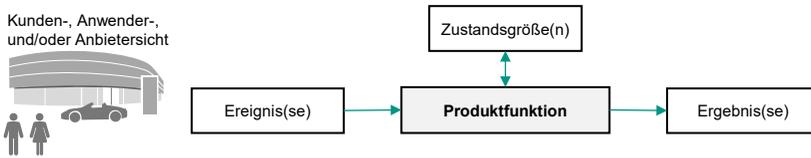


Abbildung 2.17: Beschreibungslogik der Grundbausteine einer Produktfunktion nach Albers, Fahl, Hirschter et al. (2020)

In einer hierarchischen Systembetrachtung (vgl. Abschnitt 2.1.1) stellt ein Anzeige- und Bediensystem ein Subsystem des Gesamtsystems dar. Folglich kann ein **Anzeige- und Bedienkonzept** als Teilmenge eines Systemkonzepts aufgefasst werden (vgl. die Definition zum Systemkonzept in Abschnitt 2.2.3). Eine Definition im Einklang mit den Grundlagen der SGE – Systemgenerationsentwicklung (vgl. Abschnitt 2.2.3) liefern Albers, Hünemeyer, Pfaff et al. (2023):

„Ein Anzeige- und Bedienkonzept [...] ist ein Systemkonzept für ein Anzeige- und Bediensystem, das die Anordnung der Benutzungsschnittstellen zueinander und deren inhärente Logik zur Ein- und Ausgabe von Informationen bei der Interaktion mit einer Produktfunktion technisch lösungsoffen und aus Sicht von Kunden und Anwendern beschreibt. Unter Einbezug des Kunden-, Anwender und Anbieternutzens werden dabei die initialen Variationsanteile für priorisierte Anwendungsfälle der betrachteten Produktfunktionen definiert.“

Schröer (2013) zufolge entsteht der gesamte Nutzen interaktiver Produkte erst bei zusammenhängender Betrachtung der (Produkt-) Funktionen und der Benutzungsschnittstellen in einem soziotechnischen System. Homburg (2017, S. 557) identifiziert das dem Produkt zugrundeliegende „Bündel von Eigenschaften, das auf die Schaffung von Kundennutzen (jedweder Art) abzielt“ als entscheidend zur Beschreibung der beabsichtigten Wahrnehmung des Produkts durch potentielle Kunden. Der Eigenschaftsbegriff ist daher Gegenstand des folgenden Abschnitts.

2.3.2 Eigenschaften und Merkmale interaktiver Systeme

Eigenschaften und Merkmale als Basis für die Anforderungsspezifikation stellen in der Literatur etablierte Werkzeuge zur frühzeitigen Integration von Bedürfnissen der späteren Kunden und Anwender dar (Ponn & Lindemann, 2011; Wiedemann, 2014). Herrmann (1998, S. 138) versteht unter einer Eigenschaft „das einem Ding eigene,

sein Wesen ausmachende, ihm zugehörige und nur durch Abstraktion Herauslösbare“. Schubert (1991) bleibt konkreter und definiert eine Eigenschaft als ein objektiv bewertbares Element der Gestaltung, das die Beschaffenheit eines Systems repräsentiert und durch Produktentwickelnde beeinflussbar ist. Steiner (2007) schreibt Eigenschaften wie Formsprache oder Farben den Zweck zu, als Beurteilungskriterien dem Vergleich ähnlicher Produkte zu dienen. Hubka (1984) versteht Eigenschaften als charakterisierende Merkmale eines Systems. Ehrlenspiel & Meerkamm (2013, S. 30) subsumieren unter dem Eigenschaftsbegriff „alles, was durch Beobachtungen, Messergebnisse, allgemein akzeptierte Aussagen usw. von einem Gegenstand festgestellt werden kann“. Sie unterscheiden ferner Eigenschaften zur Beschaffenheit, Funktionserfüllung und Relation (zwischen einem System und dessen Umwelt) (vgl. Abbildung 2.18).

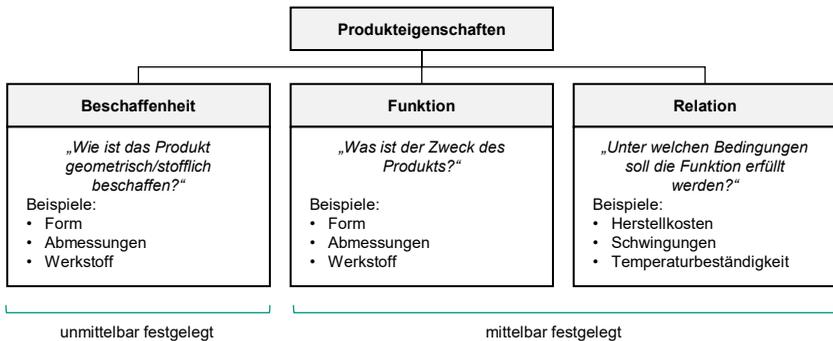


Abbildung 2.18: Klassifizierung von Eigenschaften nach Ehrlenspiel & Meerkamm (2013, S. 31)

Zur eindeutigen Begriffsabgrenzung in der KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung haben Albers, Heitger, Haug et al. (2018) die Teilmenge der *kunden-erlebbaren Produkteigenschaften* eingeführt, durch die das beabsichtigte Sollverhalten eines technischen Systems aus Sicht von Kunden und Anwendern in lösungsoffener Weise beschrieben ist¹⁷. Hirschter (vgl. 2024) folgend sind lediglich die jeweiligen Merkmale und Ausprägungen der Eigenschaften durch Entwickelnde festlegbar. Dem Gedanken Steiners (2007) zur Beurteilungsfunktion von Eigenschaften folgend präzisiert er ferner, eine Merkmalsausprägung sei eine quantitativ oder qualitativ feststellbare Größe und könne dadurch ähnliche Produkte subjektiv, zum Teil objektiviert, miteinander vergleichbar machen (Hirschter, vsl. 2024). Zingel

¹⁷ Ein detailliertes Vorgehen zur Definition und initialen Bewertung von Produkteigenschaften für die automobilen Produktentwicklung liefert Heitger (2019).

(2013, S. 147) definiert ein Merkmal als „Attribut eines Strukturelements eines technischen Systems (z.B. Datenformat, Interfaceart, Form, Lage, Stoff)“, das durch den Produktentwickelnden festgelegt wird.

Für diese Arbeit sind die Produkteigenschaften zur Beschreibung der Anzeige- und Bedienvorgänge bei der Interaktion mit einer interaktiven Produktfunktion relevant. Aus der Systemergonomie sind im Laufe der Jahre die international gebrauchten Begriffe *Utility* (dt.: Nützlichkeit), *Usability* (dt.: Gebrauchstauglichkeit) und *User Experience* (kurz UX, dt.: Nutzer- bzw. Anwendererlebnis) entstanden (Hassenzahl & Tractinsky, 2006; Law, Roto et al., 2009; ISO 9241-210, 2019). Diese werden im folgenden Absatz näher beleuchtet.

2.3.3 Utility, Usability und User Experience interaktiver Systeme

Kundenerlebbare Produkteigenschaften werden in der Produktentwicklung zur Beschreibung der Produktdifferenzierung im Markt und innerhalb des eigenen Portfolios verwendet (Albers, Heitger, Haug et al., 2018). Abel, Blume et al. (2016) und Bengler (2017) stellen fest, dass Unternehmen in der Automobilindustrie immer häufiger Anzeige- und Bediensysteme als markenprägendes und -differenzierendes System betonen. Entwickelnde von Anzeige- und Bediensystemen verfolgen daher das Ziel, diese Systeme so leistungsfähig, intuitiv und Freude-stiftend wie möglich zu gestalten (Dasbeck & Engel, 2021). Der Entwicklungsfokus unterliegt dabei einem starken Wandel (Rao, 2017): In früheren Generationen waren die Produkteigenschaften für Anzeige- und Bediensysteme häufig auf minimale Ablenkung ausgelegt. In gegenwärtig im Markt befindlichen Generationen ist die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten stark angestiegen, um ein umfassendes und personalisiertes Fahrerlebnis zu erzeugen (Rao, 2017). Zur Spezifikation und Bewertung der entsprechenden Produkteigenschaften haben sich in der internationalen Forschungscommunity die drei Begriffe *Utility*, *Usability* und *User Experience* etabliert (Weichert, Quint & Bartel, 2018) (vgl. Abbildung 2.19).

Interaktive Systeme müssen dabei vielschichtigen Anforderungen gerecht werden. Die Basis ist die entsprechende **Utility** (dt.: Nützlichkeit bzw. Funktionalität) des Systems, die durch das prinzipielle Vorhandensein von Funktionen erzielt wird und somit festlegt, inwieweit Kunden und Anwender das System für den angedachten Zweck nutzen können (Gualtieri, 2009). Produkte und Systeme mit einer hohen Anzahl an Produktfunktionen können eine hohe *Utility* und somit einen hohen funktionalen Nutzen, aber gleichzeitig eine geringe **Usability** aufweisen (Diefenbach & Hassenzahl, 2017). *Usability* ist in der DIN EN-ISO 9241-210 (2011, S. 15) definiert als „das Ausmaß, in dem ein System, ein Produkt oder eine Dienstleistung durch

bestimmte Benutzer genutzt werden kann, um in einem bestimmten Nutzungskontext bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen“. Der Nutzungskontext setzt sich dabei aus unterschiedlichen „technischen, physischen, kulturellen, organisatorischen und sozialen Umgebungen“ zusammen, „in denen ein System [...] genutzt wird“ (DIN EN-ISO 9241-210, 2011, S. 22 f.). Effektivität steht hierbei für die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der ein Kunde bzw. Anwender die angepeilten Ziele während der Interaktion erreicht. Effizienz setzt das Ergebnis in Relation zu den eingesetzten Ressourcen (DIN EN-ISO 9241-210, 2011).¹⁸

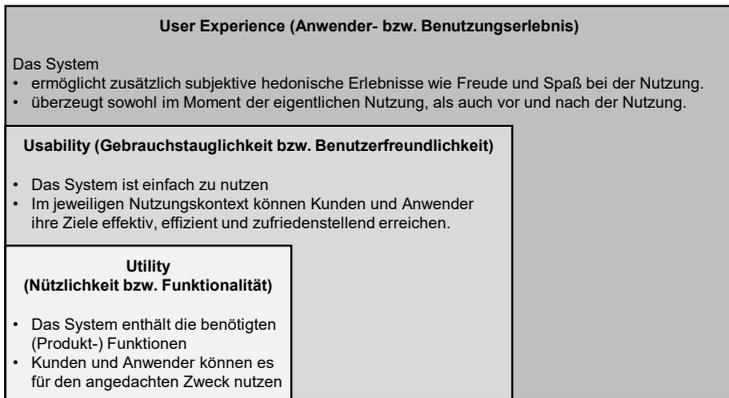


Abbildung 2.19: Zusammenhang der Begriffe Utility, Usability und User Experience in Anlehnung an Weichert, Quint & Bartel (2018), ergänzt um ISO 9241-210 (2019)

Der weiter gefasste Begriff **User Experience** (kurz UX, dt.: Anwender- oder Nutzererlebnis¹⁹) umfasst alle Wahrnehmungen und Reaktionen einer Person, die sich aus der erwarteten oder tatsächlichen Nutzung eines Systems ergeben (Law, Roto et al., 2009; ISO 9241-210, 2019). UX erweitert folglich den auf pragmatische Qualitätsaspekte fokussierten Begriff der Usability um hedonische – über die reine Aufgabenerfüllung hinausgehende – Faktoren (Hassenzahl, 2006; Poitschke, 2011; Diefenbach & Hassenzahl, 2017). Weiterhin schließt der Begriff UX sämtliche Wahrnehmungen und Reaktionen der Kunden und Anwender ein, die sowohl vor, während als auch nach der eigentlichen Nutzung auftreten (ISO 9241-210, 2019). UX ist folglich ein zeitlich dynamisches Phänomen (Gkouskos, Pettersson et al., 2015).

¹⁸ Usability kann je nach Entwicklungsfokus ferner auch um die Konzepte der *Suitability* und *Controllability* ergänzt werden (vgl. DIN-EN ISO 17287, 2003).

¹⁹ In der Literatur hat sich der Gebrauch der Abkürzung UX weitgehend etabliert und wird daher auch für den weiteren Verlauf der Arbeit gebraucht.

Frühere Erfahrungen können Erwartungen (z.B. an die Produktnutzung) erzeugen, die sich äquivalent zu Wahrnehmungen von Kunden und Anwendern bei wiederholter Produkt- bzw. Systemnutzung ändern können (Roto, 2009; Saucken et al., 2013)²⁰. In der Theorie steht diesen Gedanken folgend das Gesamterlebnis von Kunden und Anwendern im Fokus, das sich aus der Summe aller Interaktionen mit dem Produkt bzw. System, dem Unternehmen selbst sowie potenziell ergänzenden Services ergibt (Richter & Flückiger, 2013; Saucken et al., 2013). Hassenzahl (2008) unterstreicht die Gestaltung eines Erlebnisses als wichtigstes Ziel von Unternehmen, das Produkt ist demzufolge lediglich das notwendige Hilfsmittel²¹. In der Entwicklungspraxis liegt der Fokus von UX-Fachleuten häufig auf der Gestaltung von technischen Systemen, woraus eine Diskrepanz zwischen Forschung und Industrie resultiert (Väänänen-Vainio-Mattila, 2008) (vgl. Abbildung 2.20).

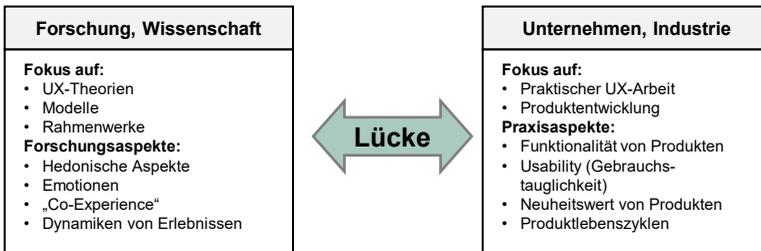


Abbildung 2.20: Unterschiede zwischen Forschung und Unternehmen in der UX-Arbeit: durch die Fokussierung auf Theorien, Modelle und Rahmenwerke zur Erklärung des Phänomens entstehen häufig eine Diskrepanz und reduzierte Transferierbarkeit (Darstellung übersetzt in Anlehnung an Väänänen-Vainio-Mattila, 2008)

2.3.4 Perspektiven auf den UX-Begriff aus Sicht der Forschung und Unternehmenspraxis

Roto, Law et al. (2011) unterscheiden drei Perspektiven auf den UX Begriff: die Perspektive des Forschungsfelds, die zur Beschreibung des Phänomens User Experience sowie die der anwendungsnahen Entwicklungspraxis. Eine Zusammenfassung zeigt Abbildung 2.21.

²⁰ Eine Diskussion zur Zeitlichkeit von UX liefern Vermeeren et al. (2011).

²¹ Ein Beispiel ist der Marketing-Slogan des Motorradherstellers Harley Davidson: „We sell your dream, the bike is for free.“ (Kopeter, 2018).

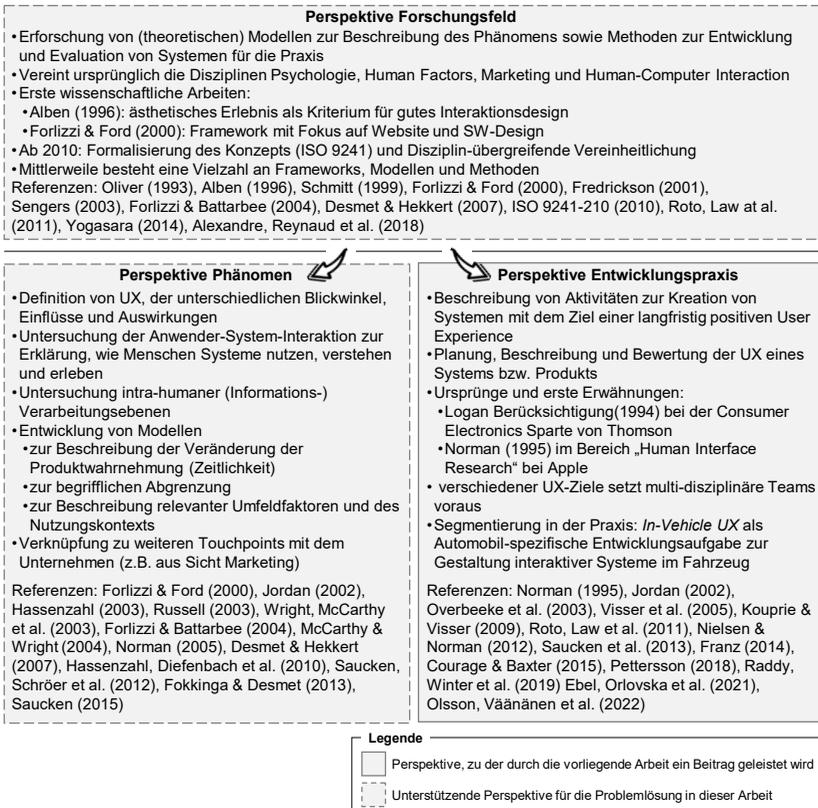


Abbildung 2.21: Zusammenfassung der drei Perspektiven auf UX gemäß Roto, Law et al. (2011), ergänzt um weitere Literaturhinweise (eigene Darstellung)

Auch Michailidou (2017) greift diese Unterteilung auf. Die Perspektive des Phänomens UX beinhaltet die Entwicklung von erklärenden Definitionen und Modellen. Die Perspektive der Entwicklungspraxis umfasst die Beschreibung von Entwicklungsaktivitäten, um bereits in der Frühen Phase das spätere Produkterlebnis aus Sicht von Kunden und Anwendern bestmöglich zu verbessern. Die Perspektive Forschungsfeld betrachtet UX aus Sicht der Grundlagenforschung, aus der wiederum Forschungsarbeiten mit Fokus auf das Phänomen oder die praktische Anwendung hervorgehen. Für die vorliegende Arbeit ist die Perspektive der Entwicklungspraxis maßgebend. Die Forschungsperspektive liefert die theoretischen Grundlagen sowie in Forschungsprojekten entwickelte Methoden; die Perspektive des Phänomens er-

möglicht durch zahlreiche Modelldarstellungen die präzise Beschreibung des Ansatzpunkts der Systematik. Die für die Entwicklungspraxis entwickelten Rahmenwerke und Methoden lassen sich den systemtheoretischen Grundlagen der Produktentwicklung gemäß Ropohl (1975) und Albers, Lohmeyer & Ebel (2011) in die beiden Pfade Kreation und Validierung untergliedern (vgl. Abschnitt 2.1.4).

2.3.5 Zwischenfazit

Die vorliegende Arbeit greift das Segment der *In-Vehicle UX* (vgl. Pettersson, 2018; Ebel, Orlovska et al., 2021) auf. Aus dem Blickwinkel von Produktentwickelnden fokussiert dieses Segment die Interaktion zwischen Fahrzeugführenden, Passagieren sowie den interaktiven Produktfunktionen des Fahrzeugs (Kun, Boll et al., 2016; Pettersson & Ju, 2017). Positive User Experience interaktiver Systeme zur Anzeige und Bedienung von Produktfunktionen im Fahrzeug wird durch holistische Fokussierung auf die vom Markt geforderte Utility (i.S. interaktiver Produktfunktionen) und Usability (i.S. gebrauchstauglicher Benutzungsschnittstellen zur Interaktion mit den Produktfunktionen) gefördert (Poitschke, 2011; Roto & Rautava, 2008). Das Anzeige- und Bedienkonzept fungiert dabei als Medium zur Kommunikation zwischen dem technischen System Fahrzeug und dem sozialen System Mensch (i.S.v. Kunden und Anwendern). Durch Berücksichtigung von menschenzentrierten Gestaltungsregeln beim Spezifizieren von Produkteigenschaften und bei der Zielbildung in der Frühen Phase kann die Entwicklungsarbeit eine positive User Experience fördern. Zahlreiche Autoren weisen in diesem Zusammenhang auf häufig unklare Bedürfnisse von Kunden und Anwendern hin (Souder et al., 1998; Herstatt et al., 2006; Cao et al., 2008; Verworn, 2009). Dieses Wissensdefizit kann zu einer unvollständigen Konzeptspezifikation führen, da Produktentwickelnde die Anwenderperspektive häufig nur unzureichend einnehmen (Bavendiek, Koch et al., 2021). Ebel, Orlovska et al. (2021) betonen die Bedeutung der Datenwissenschaften zur Unsicherheitsreduktion. Albers, Bursac, Marthaler et al. (2018) identifizieren zusätzlich Aktivitäten zur Zukunftsvorausschau als essenziell, um zukunftsfähige Produkte zu entwickeln. Beide Dimensionen sind Gegenstand des folgenden Abschnitts.

2.4 Vorausschauende und datengestützte Produktentwicklung

Die Integration von Aktivitäten zur Vorausschau sowie von Produktnutzungsdaten in die Planung und Entwicklung neuer Systemgenerationen eröffnet Unternehmen das Potential, die Wissensbasis von Produktentwickelnden (vgl. Abschnitt 2.1.4) zu erhöhen und gezielte Handlungsoptionen abzuleiten (Tyssen, Schneider et al.,

2012; Zhang, Brown et al., 2016). In Abschnitt 2.4.1 werden daher zunächst die theoretischen Grundlagen zu Wissen und Unsicherheit in der Produktentwicklung dargelegt. Darauf aufbauend folgt jeweils eine Analyse zu Ansätzen der Vorausschau in Abschnitt 2.4.2 sowie zur Datenanalytik in Abschnitt 2.4.3. Albers (2010) betont zudem die Validierung als zentrale, wissensgenerierende Aktivität in der Produktentwicklung. Die frühe und kontinuierliche Validierung ist folglich Gegenstand von Abschnitt 2.4.4.

2.4.1 Grundlagen und Verständnis zu Wissen und Unsicherheit in der Produktentwicklung

Wissen ist „die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Personen zur Lösung von Problemen einsetzen“ (North, 2011, S. 37). Der Prozess der Wissensgenerierung in der Produktentstehung findet im Handlungssystem statt (vgl. Abschnitt 2.1.4) (Albers & Braun, 2011b). Neben der Generierung wird der Verbreitung und Anwendung von Wissen eine entscheidende Rolle in der Produktentwicklung zuteil (Albers & Braun, 2011b). Es gilt dabei zu beachten, dass Wissen an dessen jeweiligen Träger (z.B. eine Ingenieurin) gebunden ist (Albers & Braun, 2011b). Durch gezieltes Deuten des Wissens durch die Wissensträger auf Basis kognitiver Fähigkeiten und Erfahrungen wird Wissen nutzbar gemacht (Meboldt, 2008). Ferner kann zwischen explizitem und implizitem Wissen unterschieden werden (Seiffert & Rainer, 2008; Albers & Braun, 2011b): explizites Wissen liegt in kodifizierten Artefakten vor (z.B. Dokumenten, Modellen etc.), implizites Wissen bauen Wissensträger unbewusst im Laufe der Zeit über Erfahrungen auf. Dies zeigt den wesentlichen Unterschied in der Praxis: explizites Wissen kann geteilt und weitergegeben werden, wohingegen implizites Wissen zunächst expliziert werden muss.

Unsicherheit wird in der Literatur in diesem Zusammenhang als Differenz aus benötigtem und vorhandenem Wissen verstanden (Galbraith, 1973). Ein hoher Grad an Unsicherheit ist charakteristisch für komplexe Produktentstehungsprozesse allgemein und insbesondere für die Frühe Phase (Verworn & Herstatt, 2007; Albers, Rapp, Birk et al., 2017). Jeschke, Jakobs & Dröge (2013) stellen zudem heraus, dass Produktentwickelnde aufgrund mangelnder Verfügbarkeit objektiver Informationen häufig auf subjektive Annahmen zurückgreifen müssen, die ggf. im Verlauf des Prozesses falsifiziert werden können. Dies kann zu zahlreichen Änderungsschleifen während der Produktentwicklung führen (Ebel, 2015). Reichwald, Meyer et al. (2007) unterscheiden zwischen technologischer Unsicherheit (fehlendes Wissen bzgl. der technischen Lösung und deren Produzierbarkeit) und **marktlicher Unsicherheit**. Letztere entsteht u.a. durch fehlendes Wissen der Produktentwickelnden um Bedürfnisse und Anforderungen von Kunden und Anwendern

(Zimmermann, Kempf et al., 2021). Die Anwendung der theoretischen Grundlagen zur Messung von Unsicherheit in Organisationen ist in Abbildung 2.22 visualisiert (vgl. Wittmann, 1959 und Galbraith, 1973).

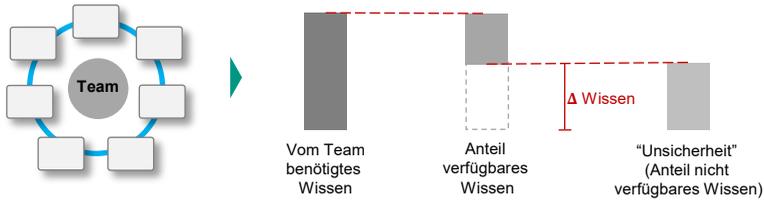


Abbildung 2.22: Messung von Unsicherheit in Organisationen nach Wittmann (1959) und Galbraith (1973) in der vorliegenden Arbeit (eigene Darstellung)

Diese Wissenslücken können zu Definitionslücken in der Konzeptbeschreibung führen (Earl, Johnson & Eckert, 2005; McMagnus & Hastings, 2005). Der Umstand, dass zwar einerseits zum Schließen von Wissenslücken vorab Definitionen notwendig sind, andererseits das Schließen von Definitionslücken wiederum spezifisches Wissen voraussetzt, führt zum Unsicherheitsdilemma (Albers, Lohmeyer & Ebel, 2011). Muschik (2011) folgert, dass Unsicherheit einen Zustand mit mehreren möglichen Ergebnissen darstellt, der entweder reduzierbar oder nicht reduzierbar ist. Auch Earl, Johnson & Eckert (2005) weisen auf die Unterteilung in bekannte Unsicherheiten (known uncertainties) und unbekannte Unsicherheiten (unknown uncertainties) hin. In Abhängigkeit dessen können Unternehmen im Umgang mit Unsicherheiten zwischen zwei Strategien wählen (Neufville, de Weck et al., 2004): die symptombezogene Strategie des Systemschutzes fokussiert die Reduktion der Auswirkungen von Unsicherheit auf ein System. Die zweite Strategie adressiert die Herausforderung in ihren Ursachen. Durch Erhebung problemrelevanter Wissens zur Schließung der Wissenslücken wird Unsicherheit ursächlich reduziert (Ebel, 2015). Dies erfordert flexible Produktentwicklungsprozesse, die ein iteratives Vorgehen beim Spezifizieren von Konzepten zulassen (Lindemann & Lorenz, 2008).

Liegt die Markteinführung des Systems noch weiter in der Zukunft (z.B. bei der Entwicklung einer Generation G_{n+1} oder G_{n+2}) kann sich die wahrgenommene Marktunsicherheit in der Zielbildung und der Konzeptentwicklung in der Frühen Phase durch die zeitliche Dimension weiter erhöhen. Saucken et al. (2013) identifizieren die Ableitung von Kunden- und Anwenderbedürfnissen aus einer systematischen Analyse des zukünftigen Produktumfelds als erfolgsentscheidend. Um der wachsenden Unsicherheit zu begegnen, können Produktentwickelnde auf Ansätze der Vorausschau zurückgreifen (Bursac, 2016).

2.4.2 Ansätze zur Vorausschau und Zukunftsraumanalyse in der Frühen Phase

Albers & Gausemeier (2012, S. 17) identifizieren „eine vorausschauende und systemorientierte Produktentstehung“ als „Basis für den Innovationserfolg“ in der Zukunft. Gausemeier & Plass (2014, S.21) verstehen Vorausschau im gesamtunternehmerischen Kontext als "Ebene der Unternehmensführung", bei der "es um das systematische Ausleuchten des Zukunftsraums mit dem Ziel" geht, "zukünftige Chancen (Erfolgs- bzw. Nutzenpotentiale) aufzuspüren und auch Bedrohungen für das etablierte Geschäft von heute zu erkennen". Meyer-Schwickerath (2014) sowie Marthaler (2021) grenzen davon diejenigen Vorausschauaktivitäten ab, die gezielt im Rahmen des Produktentstehungsprozesses durchgeführt werden. Diese sollen Produktentwickelnde dabei unterstützen, Entwicklungspotentiale frühzeitig durch Zukunftswissen zu identifizieren und zu priorisieren. Dadurch soll der Fokus auf "Suchfelder für Produktprofile mit hohem Innovationspotential" (Marthaler, 2021, S. 39) gerichtet werden, um einen Entwicklungsvorsprung gegenüber dem Wettbewerb zu erzielen (Gausemeier, Dumitrescu et al., 2019).

Fink & Siebe (2016) unterscheiden drei Instrumente zur Vorausschau in Abhängigkeit der betrachteten Frist: Bei kurzfristigen Fragestellungen mit operativem Fokus empfehlen sie den Einsatz von Prognosen. Trends sind bei mittelfristigen Fragestellungen mit taktischem Fokus das Werkzeug der Wahl und Szenarien kommen bei langfristigen Fragestellungen mit strategischem Fokus zum Einsatz²². Mittels **Prognosen** lassen sich vergangene und gegenwärtige quantitative Werte in die Zukunft linear fortschreiben. Diese werden mit größerem Betrachtungshorizont unzuverlässig und eignen sich daher lediglich für die Ableitung operativer Handlungsempfehlungen (Fink & Siebe, 2016). Mittels **Szenarien** hingegen können alternative zukünftige Projektionen verschiedener Schlüsselfaktoren erzeugt werden (Gausemeier & Plass, 2014). Szenarien eignen sich daher zur Beschreibung langfristiger, multipler Zukunftswelten²³. **Trends** ermöglichen Aussagen über die mittelfristige Zukunft durch Analyse möglicher Entwicklungsrichtungen (Fink & Siebe, 2016). Albers & Matthiesen (1998) identifizieren Trends als relevant für die Identifikation Erfolg versprechender Produktmerkmale. Kotler & Bliemel (2006) konkretisieren, dass Produkte mit hoher Wahrscheinlichkeit am Markt erfolgreich sind, wenn sie die gegenwärtig wichtigsten Trends aufgreifen. Popcorn & Marigold (1999) ergänzen die unterschiedliche Langlebigkeit von Trends und weisen darauf hin, dass diese oft

²² Marthaler, Orsolani Uhlig et al. (2019) stellen eine Entscheidungshilfe zur problemspezifischen Auswahl des richtigen Werkzeugs bereit.

²³ Ein Vorgehen zur Vorausschau mittels Szenariotechnik liefern Gausemeier et al. (2019), ein Vorgehen zur Prognose mittels Roadmapping liefert Fahl (2022).

über verschiedene Märkte und Verbraucheraktivitäten hinweg beobachtet werden können. Horx (1998) differenziert zudem in Abhängigkeit der gültigen Halbwertszeit zwischen Mega-, Konsumenten- und Branchentrends. Megatrends besitzen in der Regel globalen Einfluss, Konsumententrends adressieren häufig Marketing- und Produktkonzepte und Branchentrends vorwiegend Technologien und einzelne Branchenaspekte (Krause & Gebhardt, 2018). Gausemeier et al. (2019) charakterisieren die Analyse von Trends als vergleichsweise gering formalisierten Prozess mit einer Vielzahl an Freiheitsgraden. Sie stellen einen vierstufigen Ansatz bereit, der die Identifikation und Beschreibung, die Bewertung und Einstufung, die Identifikation von Chancen, Bedrohungen sowie die Ableitung von Handlungsoptionen umfasst (vgl. Abbildung 2.23).

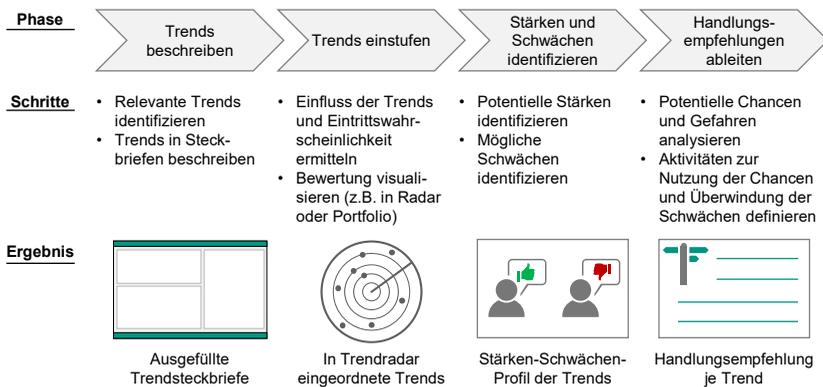


Abbildung 2.23: Vierstufiges Vorgehen zur Trendanalyse nach Gausemeier et al. (2019)

Durch gezielte Vorausschau können zukünftige Strömungen im Markt und sich verändernde Bedürfnisse und Anforderungen von Kunden und Anwendern erkannt werden. Ebel, Orlovska et al. (2021) weisen zudem auf die Bedeutung von Produktnutzungsdaten in der Produktentwicklung hin, um neben zukünftigen Anforderungen auch das gegenwärtige Nutzungsverhalten von Kunden und Anwendern zu verstehen. Die Grundlagen der Datenanalytik in der Domäne Produktentwicklung stehen daher im Fokus des nächsten Abschnitts.

2.4.3 Datenanalytik in der Konzeptentwicklung von Anzeige- und Bediensystemen

Im Zuge der Wissensgenerierung unterscheidet Ackoff (1989) zwischen Daten, Informationen und Wissen: Unter Daten versteht er Symbole, die Eigenschaften von

Objekten darstellen. Sobald diese Symbole in ein nutzbares Format gebracht und durch relationale Verknüpfungen kontextualisiert worden sind, werden diese als Informationen betrachtet. Wissen entsteht anschließend durch die Analyse und Interpretation der verfügbaren Informationen und das Verständnis von Mustern (Ackoff, 1989; Zhang, Brown et al., 2016). Dabei finden gleichermaßen Unternehmensinterne wie -externe Daten Verwendung (Schmitt, Borzillo et al., 2012). Diese Extraktion von Wissen aus großen, dynamischen und komplex strukturierten Datenmodellen wird auch als **Data Mining** bezeichnet (Bissantz & Hagedorn, 2009). Data Mining beschreibt einen spezifischen Schritt innerhalb der Wissensgenerierung aus Datenbanken (Fayyad et al., 1996) (vgl. Abbildung 2.24).

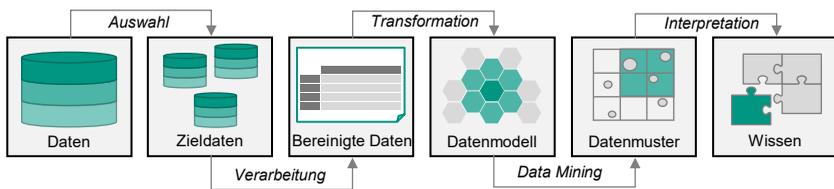


Abbildung 2.24: Data Mining innerhalb des generischen Prozesses der Wissensgenerierung aus Datenbanken nach Fayyad et al. (1996)

Das Vorgehen umfasst insgesamt fünf Schritte (Fayyad et al., 1996): Aus Rohdaten, die oft durch große Datenmengen, verschiedene Datentypen und hohe Verarbeitungsgeschwindigkeiten gekennzeichnet sind, werden zunächst die für eine Analyse relevanten Ziel-Datensätze ausgewählt (Laney, 2001). Es folgt die Datenverarbeitung und -bereinigung, wodurch die zur Modellierung erforderlichen Informationen gesammelt oder Strategien für den Umgang mit fehlenden Daten erarbeitet werden. Anschließend werden die Datensätze auf nützliche Merkmale zur Darstellung der Daten untersucht und dahingehend transformiert. Das transformierte Datenmodell wird daraufhin durch Data Mining mit verschiedenen Analysewerkzeugen und -algorithmen auf bestehende Muster hin untersucht. Vorteil von Data Mining-Verfahren ist, dass die Informationen in dem komplexen Datenmodell für den Betrachter leichter verständlich dargestellt und folglich interpretiert werden können (Bissantz & Hagedorn, 2009). Für das Data Mining selbst liefern Chapman et al. (2000) mit dem **CRISP-DM** ein etabliertes **Prozessmodell** (vgl. Abbildung 2.25). CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) ist ein vereinheitlichtes Modell zur Planung und Durchführung von Data Mining-Prozessen.

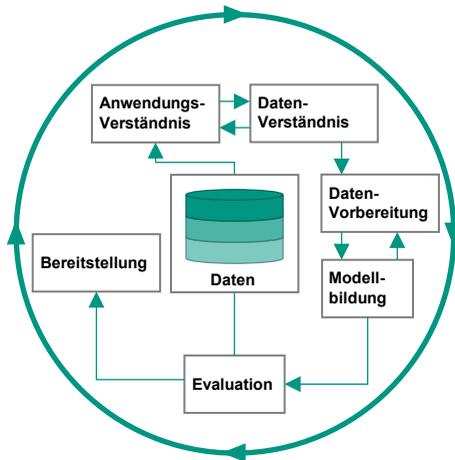


Abbildung 2.25: CRISP-DM Prozessmodell zur Datenanalyse nach Chapman et al. (2000)

Das Modell ist in sechs einzelne Schritte unterteilt, die bei Bedarf iterativ durchlaufen werden können (dargestellt durch den äußeren Kreis). Jede Iteration kann folglich neue Fragen aufwerfen und einen weiteren Durchlaufzyklus auslösen. Die innere Struktur der Aktivitäten zeigt, dass der Prozess keine starr sequenzielle Abfolge vorgibt, sondern Sprünge innerhalb eines Zyklus' explizit möglich sind. Dies kann z.B. notwendig werden, wenn technische Probleme während der Analyse auftreten oder Analyseziele nicht in der benötigten Informationsgüte erreicht werden. Die sechs einzelnen Schritte sind:

- **Anwendungsverständnis:** Verstehen der zugrundeliegenden Problemstellung, um Anforderungen an die Datenanalyse abzuleiten.
- **Datenverständnis:** Relevante Datensätze auswählen, um Korrelationen, Anomalien oder Qualitätsmängel zu identifizieren.
- **Datenvorbereitung:** Bereinigung, Umwandlung und Integration von Daten, um die geforderte Granularitätsstufe zu erreichen.
- **Modellbildung:** Erstellung alternativer Modelle, die zur Lösung der zugrundeliegenden Problemstellung zielführend sein können.
- **Evaluation:** Bewertung von Prozess und resultierendem Modell anhand vordefinierter Kriterien.
- **Bereitstellung:** Strukturierung und Aufbereitung bzw. Präsentation der Erkenntnisse, damit diese in der Produktentwicklung genutzt werden können.

Osman (2019) unterscheidet die eingesetzten Technologien beim Data Mining in die deskriptive (beschreibende) und prädiktive (vorhersagende) Analytik. Fayyad et al. (1996) postulieren, dass durch Data Mining in der Analyse von Produktnutzungsdaten Muster identifiziert werden können, die mit hoher Wahrscheinlichkeit tatsächlich in der Praxis auftreten. In zahlreichen Forschungsarbeiten wird in diesem Zusammenhang die Überprüfung der **Datenqualität** angemahnt (Pipino et al., 2002; Wang et al., 2008; Batini et al., 2009; Ebel, Orlovska et al., 2021). Datenqualität wird in die zwei Dimensionen Reliabilität (Kontrollfrage: Inwiefern repräsentieren die verfügbaren Daten bzw. Informationen die reale Welt?) sowie Validität (Kontrollfrage: Inwiefern dienen die erhobenen Daten der Beantwortung der Fragestellung bzw. Überprüfung der Hypothese?) unterschieden (Drost, 2011; Heale & Twycross, 2015; Sürücü & Maslakci, 2020). Zur Beurteilung der Reliabilität haben sich wiederum drei Qualitätskriterien etabliert: die Aktualität der Daten für die geplante Analyseaufgabe, die Genauigkeit – ein Maß dafür, inwiefern die Daten unverfälscht, korrekt und zuverlässig sind – sowie die Vollständigkeit – ein Maß zur Untersuchung des Datensatzes auf fehlende Informationen bzw. ausreichende Breite und Tiefe vorhandener Informationen (Kahn et al., 2002; Sidi et al., 2012). Für den Fall unzureichender Datenqualität können verschiedene Datensätze durch sog. **Triangulation** miteinander kombiniert werden, um die entsprechenden Qualitätsstandards zu erfüllen (Abo-witz & Toole, 2010). Thurmond (2001) unterscheidet dabei zwischen Quellen-, Analyse- und Methodentriangulation (vgl. Abbildung 2.26).

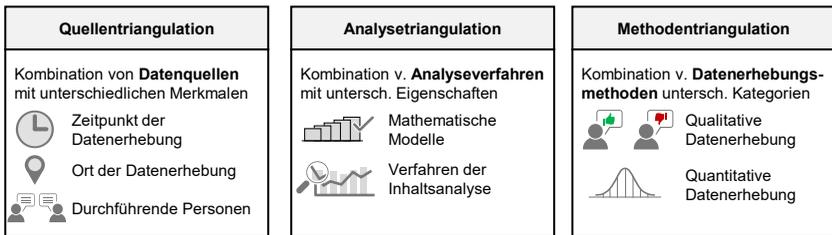


Abbildung 2.26: Beschreibung der drei Arten zur Datentriangulation nach Thurmond (2001)

Die Quellentriangulation beschreibt die Kombination von unterschiedlichen Quellen wie Zeitpunkt der Datenerhebung, Raum und Ort der Erhebung oder die durchführenden Personen (Denzin 2017). Die Informationsqualität wird durch Variation dieser Merkmale erhöht, wodurch auffällige Daten oder ähnliche Muster besser identifiziert werden können (Fielding & Fielding, 1986). Bei der Analysetriangulation werden zwei oder mehr Ansätze zur Datenanalyse kombiniert, z.B. unterschiedliche statistische Verfahren oder mathematische Modelle (Thurmond 2001). Zur Mustererkennung in großen Datenbanken können verschiedene Ansätze und Technolo-

gien wie Regressions-, Cluster- und Klassifikationsalgorithmen zur Analyse desselben Problems gewählt und deren Ergebnisse verglichen werden (Fayyad et al., 1996). Die Methodentriangulation berücksichtigt qualitative und quantitative Datenerhebungsmethoden (Thurmond 2001). Dabei können qualitative (quantitative) Methoden mit anderen qualitativen (quantitativen) oder qualitative (quantitative) mit quantitativen (qualitativen) Methoden kombiniert werden (Denzin 2017). Durch die Kombination werden mögliche Verzerrungen einzelner Methoden reduziert sowie Stärken und Schwächen wechselseitig ausgeglichen (Boyd, 1993).

Triangulation kann das Vertrauen in die erhobenen Daten erhöhen und das Verständnis bisher unbekannter Probleme durch Datenanalysen verbessern (Kaulio & Karlsson, 1998; Atieno, 2009; Orlovska et al., 2019). Die Triangulationsarten bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Steigerung der Datenqualität. Dadurch kann ein breites Spektrum an Fragen beantwortet und Wissen für die Produktentwickelnden generiert werden. Gleichmaßen können gezielte Validierungsaktivitäten zur Wissensgenerierung in der Produktentstehung genutzt werden (Albers, 2010).

2.4.4 Frühe Validierung zur Wissensgenerierung und Sicherstellung der Markttauglichkeit interaktiver Systeme

Validierung beschreibt die „Prüfung [...], ob das Produkt für seinen Einsatzzweck geeignet ist bzw. den gewünschten Wert erzielt“ (VDI-Richtlinie 2206:2004-06, S. 39). Albers (2010) rückt diese Aktivität ins Zentrum wissensgenerierender Aktivitäten in der Produktentstehung. Auch die ISO 9241-210 (2019) betont im Kontext des User Centered Design Prozesses, der in der industriellen Praxis eine breite Zustimmung bei der Entwicklung von Interaktionslösungen findet, die Evaluation der Gestaltung gegen erhobene Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern. Validierung ist dabei von dem häufig synonym gebrauchten Begriff der **Verifikation** abzugrenzen (Albers, 2010; Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016). Verifikation beschreibt den „Vergleich von Elementen des Objektsystems mit Elementen des Zielsystems [...], mit dem Ziel, deren Konformität zu beurteilen“ (Albers, Matros, Behrendt et al., 2015, S. 77). Die Relevanz des Zielsystems für die Stakeholder sowie die Erfüllung eines Kunden-, Anbieter- und Anwendernutzens wird dadurch nicht überprüft (Albers & Düser, 2011; Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016). Gleichwohl sind die Aktivitäten der Validierung und Verifikation miteinander verknüpft (vgl. Abbildung 2.27) (Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016).

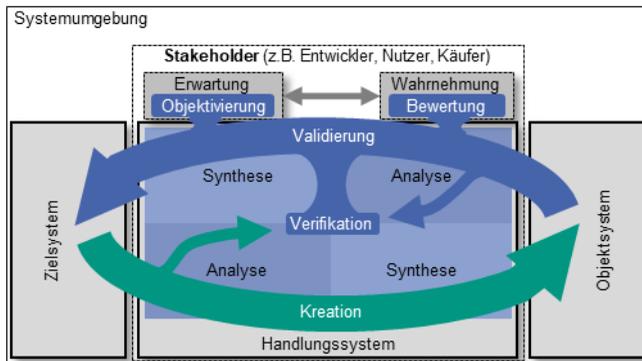


Abbildung 2.27: Validierung im soziotechnischen System der Produktentstehung nach Albers, Behrendt, Klingler et al. (2016, S. 545)

Verifikation als Teil der Validierung umfasst demzufolge die Teilaktivitäten Bewertung und Objektivierung (Albers, Behrendt, Klingler et al. (2016). Bewertungen zielen auf die „Untersuchung von Elementen des Objektsystems aus Stakeholdersicht“ ab und erfolgen „überwiegend subjektiv auf Basis persönlicher Empfindungen“ (Albers, Matros, Behrendt et al., 2015, S.77). Ergebnisse von Validierungsaktivitäten werden anschließend zur Objektivierung „in Form von neuen oder modifizierten Entwicklungszielen in das Zielsystem des Produktentwicklungsprozesses zurückgeführt“ (Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016, S. 559). Dadurch können Entwicklungsstände technischer Systeme den Erwartungen von Stakeholdern (z.B. Kunden und Anwendern) gegenübergestellt und abgeglichen werden (Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016). Erfolgskritisch ist dabei die Einbindung relevanter Stakeholder in Abhängigkeit des Validierungsziels (Albers, Fischer, Klingler et al., 2014). Kunden und Anwender bspw. können entweder direkt oder indirekt über „Ersatz“-Kunden und -Anwender (z.B. interne, fachfremde Mitarbeiter) eingebunden werden (Gängl-Ehrenwerth, Faullant & Schwarz, 2013; Heiss, 2010; Rode, 2013).

Validierungsaktivitäten müssen zur effektiven und effizienten Durchführung fest im Produktentwicklungsprozess (PEP) verankert werden (Albers, 2010; Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016). Damit das Zielsystem kontinuierlich erweitert und konkretisiert werden kann, sind die **frühzeitige und kontinuierliche Validierung** sowie die parallele Entwicklung von Produkt- und Validierungssystem essenziell (Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016; Albers, Behrendt, Klingler et al., 2017). Herausfordernd gestalten sich dabei die Definition und Priorisierung von Validierungszielen infolge der charakteristisch hohen Unsicherheit in Bezug auf Kunden- und Anwen-

deranforderungen in der Frühen Phase (Klingler, 2017). Zudem stehen in der Frühen Phase häufig lediglich einzelne Systeminkremente mit unterschiedlichen Reifegraden zur Verfügung, sodass für die Validierung geeignete Restsystem- und Umweltmodelle zur Simulation aufgebaut werden müssen (Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016; Klingler, 2017; Matros, 2016).

Daher werden abhängig von Entwicklungsphase und Produktreifegrad verschiedene **Validierungsmethoden und Ansätze** eingesetzt (Klingler, 2017). Albers, Behrend, Klingler et al. (2016) schlagen mit dem *IPEK-XiL-Framework* einen Ansatz mit einer durchgängigen und methodischen Unterstützung und Beschreibung von Validierungsaktivitäten vor. In der Frühen Phase werden aufgrund limitierter zeitlicher und finanzieller Ressourcen häufig modellbasierte Methoden mit virtuellen Systemelementen (z.B. Virtual- und Augmented-Reality Technologien) eingesetzt (Verwon & Herstatt, 2007; Seiffert & Rainer, 2008; Albers & Düser, 2011; Wiedemann, 2014). Zentrale Herausforderung dabei ist die Umwandlung zu untersuchender Produkteigenschaften in Produktmodelle, sog. Prototypen, die als Stimulus für die Validierung genutzt werden können (Stier, 2014). Basierend auf dem IPEK-XiL-Framework beschreiben Reinemann, Hirschter et al. (2018) eine Methodik zur Produktvalidierung in Augmented-Reality-Umgebungen mit gemischt physisch-virtuellen Prototypen. Albers, Reinemann, Hirschter et al. (2019) erweitern dies um die Priorisierung und Konkretisierung ausgewählter Produkteigenschaften in Synthese-Validierungs-Zyklen von initial gebildeten Zielsystemen. Geier, Stier, Düser et al. (2009) weisen bei aller Zuwendung zu digitalen Technologien darauf hin, dass reale Versuche zur Freigabe der Markteinführung von Produkten unumgänglich sind. In der Automobilindustrie wird dies z.B. durch regelmäßige Erprobungsfahrten mit Prototypenfahrzeugen abgebildet (Rudert & Trumpfeller, 2015).

2.4.5 Zwischenfazit

Aktivitäten der Vorausschau (vgl. Abschnitt 2.4.2), der Datenanalytik (vgl. Abschnitt 2.4.3) sowie der Validierung (vgl. Abschnitt 2.4.4) zielen jeweils auf spezifische Aspekte des Wissenserwerbs und somit der Reduktion von Marktunsicherheiten (vgl. Abschnitt 2.4.1) in der Frühen Phase ab.

Mittels Vorausschaumethoden wie Trendanalysen, kann der zukünftige Lösungsraum zu entwickelnder Systemgenerationen ausgeleuchtet werden. Obgleich der Stand der Forschung bereits einen umfassenden Katalog an Methoden bereitstellt (vgl. Gausemeier et al., 2019), stellen Marthaler et al. (2019) fest, dass Ergebnisse von Vorausschau-Aktivitäten häufig nicht in die Phase der Konzeptentwicklung überführt werden. Folglich ist das generierte Zukunftswissen für Produktentwickelnde nicht vollständig zugänglich. Ähnliches beobachten Ebel, Orlovskaja et al.

(2021) in Bezug auf die Integration von Datenwissenschaften in die Konzeptentwicklung von automobilen Anzeige- und Bediensystemen. Neben technischen Potentialen in Bezug auf die Datenerhebung und -speicherung weisen sie insbesondere auf eine Forschungslücke bei der datengestützten Anforderungserhebung hin (Ebel, Orlovskaja et al., 2021, S. 14). Albers, Reinemann, Hirschter et al. (2019) betonen im Kontext von Kunden- und Anwenderanforderungen zudem die Hebelwirkung der frühzeitigen Validierung auf kosten- und zeitintensive Änderungen in nachgelagerten Entwicklungsphasen. Die in der Frühen Phase definierten Anforderungen repräsentieren dabei die Bedürfnisse von Kunden und Anwendern, die im weiteren Projektverlauf kontinuierlich auf Erfüllung durch das entwickelte technische System überprüft werden müssen (Albers, Behrendt, Klingler et al., 2016; Albers, Behrendt, Klingler et al., 2017).

2.5 Fazit

Gegenstand von Kapitel 2 ist ein umfassender Überblick zum gegenwärtigen Stand der Forschung zentraler Aspekte dieser Arbeit. Ausgehend vom **systemtheoretischen Verständnis der Produktentwicklung** (vgl. Abschnitt 2.1) wurden relevante Inhalte der KaSPo – Karlsruher Schule für Produktentwicklung dargelegt, die den modelltheoretischen Rahmen für die in Kapitel 5 beschriebene Systematik bilden. Das **Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung** nach Albers stellt dabei das wichtigste Erklärmodell für die Zusammenhänge und Phänomene realer Produktentwicklungsprozesse dar (vgl. Abschnitt 2.2). Dies umfasst die Besonderheiten der Frühen Phase, insb. die charakteristisch hohe Marktunsicherheit in Bezug auf Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern. Diese erschwert die Entwicklung von Systemkonzepten, die als Ergebnis ingenieurwissenschaftlicher Tätigkeiten in der Frühen Phase den Ausgangspunkt für die nachgelagerte technische Realisierung legen. Eine der beiden Grundhypothesen des Modells der SGE besagt, dass die Entwicklung neuer Systemgenerationen stets auf Basis eines Referenzsystems geschieht. Referenzen können nicht nur in Form physischer Systeme (z.B. Vorgänger- oder Wettbewerbsprodukte), sondern auch in Form von Referenzzielen und -anforderungen vorliegen. Referenzen können folglich helfen, Unsicherheiten gezielt zu reduzieren. Entscheidend dafür ist die Verfügbarkeit von Wissen um das entsprechende Referenzsystemelement.

In Abschnitt 2.3 wurde das **Verständnis zu interaktiven Produktsystemen** dargelegt, die den systemseitigen Fokus dieser Arbeit bilden. Insbesondere die Besonderheiten der subjektiven Produkteigenschaften zur Usability und User Experience von Anzeige- und Bediensystemen liegen im Zentrum dieser Arbeit. Abschließend

wurden Potentiale der **vorausschauenden und datengestützten Produktentwicklung** beleuchtet. Zur Reduktion der Marktunsicherheit infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern wurden in Abschnitt 2.4 mehrere Ansätze vorgestellt, um den Wissensaufbau gezielt zu unterstützen. Produktentwickelnde benötigen zum Spezifizieren von Systemkonzepten Wissen zu Nutzungsanforderungen. Durch Referenzen (z.B. Erfahrungswissen, Ergebnisse vergangener und bereits vorliegender Interview- oder Marktstudien) ist bereits ein Teil des benötigten Wissens für das Problemlösungsteam verfügbar (vgl. Abschnitt 2.2.2). Dennoch verbleibt in den meisten Fällen ein weiterer Teil an nicht verfügbarem Wissen. Dieser Anteil ist der auftretenden Unsicherheit gleichzusetzen (vgl. Abschnitt 2.4.1 und 2.4.5). Besonderer Fokus liegt dabei auf den Dimensionen **Zukunftswissen und gegenwärtiges Nutzungsverhalten** von Kunden und Anwendern. Letzteres kann dabei sowohl durch Analyse von Produktnutzungsdaten als auch durch gezielte Validierung in der Frühen Phase erworben werden. Die Analyse der einschlägigen Literatur legt nahe, diese Optionen bei der Konzeptentwicklung ergänzend zu nutzen.

3 Zielsetzung und Vorgehensweise

Aufbauend auf dem dargelegten Stand der Forschung wird in Abschnitt 3.1 zunächst der Forschungsbedarf zur Entwicklung einer Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren Produktlinien-übergreifender Anzeige- und Bedienkonzepte in der Frühen Phase im Modell der SGE hergeleitet. Die Herleitung mündet in einer zentralen Forschungshypothese. Anschließend wird der erhobene Forschungsbedarf in Abschnitt 3.2 in Forschungsfragen zur Strukturierung des Forschungsvorgehens übersetzt. In Abschnitt 3.3 werden das gewählte Forschungsvorgehen und die Struktur der Arbeit erläutert sowie empirische und Literatur-basierte Methoden eingeführt. Abschließend werden in Abschnitt 3.4 die Untersuchungsumgebungen vorgestellt, die den empirischen Studien als organisatorischer Rahmen zur Beantwortung der Forschungsfragen zugrunde liegen.

3.1 Forschungsbedarf und Forschungshypothese

Diese Arbeit adressiert die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten für interaktive Produkte in der Automobilindustrie. Abschnitt 2.2.3 liefert eine Definition zum Begriff des Systemkonzepts, diese wird in Abschnitt 2.3.1 um eine Definition zum Anzeige- und Bedienkonzept ergänzt (Albers, Hünemeyer et al., 2023). In Abschnitt 2.3 wurden die Charakteristika interaktiver Systeme dargelegt: Kunden und Anwender interagieren mit den Produktfunktionen eines Systems über Benutzungsschnittstellen. Diese Systemelemente, deren Besonderheiten und Einflussfaktoren sind in den folgenden empirischen Analysen zu erforschen.

Der Fokus dieser Forschungsarbeit liegt auf der Entwicklung einer Systemgeneration SG_{n+1} (abschließend mit dem Übergang zur SG_n) und konzentriert sich in der Frühen Phase. Diese begründet sich durch den hohen kreativen Freiraum beim Spezifizieren von Konzepten. Dieser geht jedoch mit einigen Herausforderungen einher. Hervorzuheben ist für den weiteren Verlauf dieser Arbeit die Marktunsicherheit, die u.a. zu unklaren Bedürfnissen und Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an die zu entwickelnden Anzeige- und Bedienkonzepte führt (vgl. Abschnitt 2.4.1). Dies resultiert in einer lückenhaften Wissensbasis der Entwickelnden in Bezug auf Nutzungsanforderungen, die Kunden und Anwender an die zu entwickelnden Anzeige- und Bedienkonzepte stellen. Häufig fehlt es insb. an Wissen zum Verständnis der Interaktion mit Produkt- oder Teilfunktionen. Entwickelnde

stehen vor der Herausforderung, die Interaktion mit den Produktfunktionen der funktionalen Produktspezifikation anwender- und kundennutzenoptimal im Fahrzeug-Interieur zu gestalten. Neben der Gestaltung des Informationsflusses zwischen Anwendenden und Produktfunktion steht dabei besonders die Zuordnung von Produktteilfunktionen zu unterschiedlichen Hierarchieebenen der Benutzungsschnittstellen im Vordergrund. Aufgrund langer Entwicklungszyklen in der Automobilindustrie ist umfassendes Wissen um zukünftige Trendentwicklungen unerlässlich. Daraus lässt sich unmittelbarer Bedarf an einer durchgängigen methodischen Unterstützung von Produktentwicklungsteams ableiten, den folgende Forschungshypothese FH konkretisiert:

FH: Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Systematik ermöglicht das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung und reduziert dadurch die für diese Phase charakteristische hohe Marktunsicherheit infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern.

Die notwendigen Aktivitäten zur Entwicklung von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten sind gemäß gegenwärtigem Stand der Forschung nicht gesamtheitlich entwicklungsmethodisch unterstützt. Sowohl die analysierten Vorausschau-, als auch die Datenanalysemethoden weisen Forschungspotentiale in Bezug auf ein systematisch referenzenbasiertes Vorgehen auf. Weiterhin existiert gegenwärtig kein Ansatz, der die Analyse des Zukunftsraums mit der Untersuchung des gegenwärtigen Kundennutzungsverhaltens kombiniert und die Erkenntnisse in die Konzeptentwicklung in der Frühen Phase überführt. Zentrale Arbeit aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht auf das Forschungsfeld User Experience ist die Arbeit von Saucken (2017). Er liefert ein Erklärmodell zur Veranschaulichung des Phänomens der User Experience in der automobilen Entwicklungspraxis. Weitere Forschungsarbeiten adressieren generische Prozessmodelle oder spezifische Werkzeuge, die jedoch oftmals nur einzelne Aktivitäten entlang des Produktentwicklungsprozesses unterstützen. Dazu zählen die Arbeiten von Schröer (2013), Schmid (2014), Pettersson & Ju (2017), Saucken (2017) sowie Schmid & Maier (2017).

Schröer (2013) klammert jedoch sowohl die Aspekte der Vorausschau als auch der datengestützten Anforderungserhebung in seiner Arbeit methodisch aus. Auch Saucken (2017) stellt Entwickelnden einen Methodenkatalog zur Verfügung. Eine konsistente Orientierung am Produktentwicklungsprozess der Automobilindustrie unter Berücksichtigung des in den Abschnitten 2.2.3 und 2.4.1 beschriebenen Phänomens der Marktunsicherheit erfolgt jedoch nicht. Die Herausforderungen zur Reduktion dieser werden daher nicht gezielt adressiert. Die Arbeiten von Pettersson & Ju

(2017) sowie Pettersson (2018) fokussieren jeweils spezifisch die In-Vehicle UX – also das Anwendererlebnis im Fahrzeug während der Fahrt. Beide Ansätze klammern jedoch ebenfalls die Trend- und gezielte Datenanalyse als Impulsgeber der Konzeptentwicklung aus.

Keiner der untersuchten Ansätze beinhaltet die systematische Integration von Referenzen und die Arbeit mit einem Projekt-spezifischen Referenzsystem, wie sie Albers et al. (2015, 2022) aus Praxisstudien ableiten. Die Vorteile haben Schlegel et al. (2022) unlängst in einer Laborstudie nachgewiesen: die explizite Nutzung von Referenzen für die Konzeptentwicklung hat dabei nicht nur die inhaltliche Tiefe um Gestaltinformationen erhöht, sondern auch zu einer höheren Anzahl bereits validierter Subsysteme und somit zu einem besseren funktionalen Verständnis der Konzeptelemente geführt.

Die untersuchten Ansätze haben zudem alle eine stark generische prozessuale Ausrichtung gemein, was die Anwendung in der Frühen Phase der Automobilentwicklung ohne Anpassungen erschwert. Zudem behandelt kein Ansatz die dedizierte Analyse des Zukunftsraums der zu entwickelnden Systemgeneration. Die für den Wissensaufbau essenzielle Analyse von Studien und im Markt befindlichen Produktgenerationen wird zwar durch die Arbeiten von Ebel, Lingenfelder & Vogelsang (2021) sowie Orlovska (2022) unterstützt, eine Verknüpfung mit Entwicklungsaktivitäten in der Frühen Phase erfolgt jedoch nicht.

Im Kontext des umrissenen Forschungsbedarfs verfolgt die vorliegende Forschungsarbeit das Ziel, Produktentwickelnde durch eine Systematik beim vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE zu unterstützen. Dazu sollen bestehende Erkenntnisse zur Arbeit mit Referenzsystemen aus dem Forschungsfeld der SGE und dem Verständnis zur Entwicklung von Produktprofilen auf diese Arbeit übertragen werden. Im Zusammenspiel der beiden soziotechnischen Systeme Produktentstehung und Produktverwendung sollen alle eingesetzten Hilfsmittel an Produktentwickelnden sowie Anwendern und Kunden ausgerichtet werden. Hauptmotiv der Systematik ist die Erhöhung der Wissensbasis von Entwickelnden, um die für die Frühe Phase charakteristische hohe Marktunsicherheit infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern zu reduzieren.

3.2 Forschungsfragen

Zur Operationalisierung des erhobenen Forschungsbedarfs werden sieben Forschungsfragen formuliert. Ausgehend von der dargelegten Zielstellung sollen diese die Prüfung der Forschungshypothese in den nachfolgenden Kapiteln strukturieren:

- FF 1:** Welche Handlungsfelder zur Verbesserung der Integration relevanter Ansätze und Methoden aus Forschungsfeldern zu User Experience ergeben sich aus dem Status Quo in der Praxis der Mechatroniksystementwicklung?
- FF 2:** Welche Entwicklungssituationen von Anzeige- und Bedienkonzepten lassen sich in der Frühen Phase der Automobilentwicklung beobachten?
- FF 3:** Welche handlungsauslösenden sowie technisch einschränkende Einflussfaktoren wirken auf Anzeige- und Bedienkonzepte in den beobachteten Entwicklungssituationen in der Automobilindustrie?
- FF 4:** Welche Potentiale und Herausforderungen birgt das Produktlinien-übergreifende Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten zur Erreichung der UX-bezogenen Produktziele?
- FF 5:** Welche Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Nutzung von qualitativen und quantitativen Produktnutzungsdaten treten in der Automobilentwicklung beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten auf?
- FF 6:** Welche Ziele sind an eine Systematik zum Spezifizieren Produktlinien-übergreifender Anzeige- und Bedienkonzepte in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung zu stellen?
- FF 7:** Wie ist eine Systematik zum vorausschauenden & datengestützten Spezifizieren Produktlinien-übergreifender Anzeige- und Bedienkonzepte in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung zu gestalten?
- FF 8:** Welchen Beitrag zur Reduktion von Marktunsicherheiten in Bezug auf unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte leistet die Systematik?

3.3 Forschungsvorgehen und Struktur der Arbeit

Forschungsprojekte müssen systematisch aufgeplant werden – nur so können ein klarer roter Faden in der Argumentation und verwertbare Forschungsergebnisse erzielt werden. Die Design Research Methodology (DRM) nach Blessing & Chakrabarti (2009) stellt das Rahmenwerk für das Forschungsvorgehen in der vorliegenden Arbeit bereit. Nach einer prägnanten Einordnung dieser Arbeit in die DRM erfolgt die Übertragung des Forschungsvorgehens und der eingesetzten Methoden in das Phasenmodell des *integrated Design Support Development Modell* nach Marxen (2014).

3.3.1 Forschungsvorgehen anhand der Design Research Methodology

Das Rahmenwerk der *Design Research Methodology (DRM)* nach Blessing & Chakrabarti (2009) liefert eine systematische und allgemeingültige Struktur für Forschungsarbeiten in der Produktentwicklungsforschung (engl.: *Design Research*) und ist in insgesamt vier Stadien untergliedert:

- 1 – *Klärung des Forschungsgegenstands*: Ziel ist die Einordnung des Forschungsthemas in den bestehenden Stand der Forschung und die Ableitung von Zielstellung, Forschungshypothese und korrespondierenden Forschungsfragen.
- 2 – *Deskriptive Studie I (DS I)*: Ziel ist die detaillierte Analyse der postulierten Problemstellung mit empirischen Forschungsmethoden zur Datenerhebung. Aus der erhobenen Datenbasis werden abschließend Ziele an die Unterstützungsleistung, die Anwendbarkeit und den Erfolgsbeitrag des Ansatzes abgeleitet.
- 3 – *Präskriptive Studie (PS)*: Ziel ist die Entwicklung des Lösungsansatzes auf Basis der erhobenen Ziele an die Unterstützungsleistung. Die Erfüllung wird im Rahmen der Unterstützungsevaluation (*Support Evaluation*) überprüft.
- 4 – *Deskriptive Studie II (DS II)*: Ziel ist die abschließende Evaluation der Methode anhand der in der DS I formulierten Ziele an die Anwendbarkeit (*Application Evaluation*) und den Erfolgsbeitrag (*Success Evaluation*) des Ansatzes.

Blessing & Chakrabarti (2009) unterscheiden zwischen sieben Forschungsprojekttypen. Die verschiedenen Permutationen und den für diese Arbeit ausgewählten Typ 5 zeigt Abbildung 3.1.

In Kapitel 2 wurde der gegenwärtige Stand der Forschung zu relevanten Forschungsfeldern aufgezeigt. In Kapitel 3 wurden basierend darauf die Forschungs-

hypothese und die Forschungsfragen abgeleitet. Die Literaturanalyse zum gegenwärtigen Stand der Forschung bildet zudem die Grundlage für die DS I (Kapitel 4). Anhand von vier empirischen Studien wurde eine detaillierte Problemanalyse durchgeführt und ein gezieltes Problemverständnis zum Spezifizieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten aufgebaut. Diese deskriptive Problemanalyse wird durch die ersten sechs Forschungsfragen adressiert. Die erste Forschungsfrage **FF 1** wurde in insgesamt zehn semistrukturierten Experteninterviews behandelt (Abschnitt 4.1). Mittels einer teilnehmenden Beobachtung in der Entwicklungspraxis der Dr.-Ing. h.c. Porsche AG wurden die Forschungsfragen **FF 2** und **FF 3** beantwortet (vgl. Abschnitt 4.2). Die vierte Forschungsfrage **FF 4** wurde durch eine Fragebogen-gestützte Online-Umfrage beantwortet (vgl. Abschnitt 4.3). Die Forschungsfrage **FF 5** detailliert das Problemverständnis zu einem spezifischen Aspekt, der im Rahmen der Auswertung der Forschungsfrage FF 4 offensichtlich geworden ist. Daher wurden zur Beantwortung der FF 5 weitere, auf der vorherigen Studie aufbauende qualitative semi-strukturierte Interviews durchgeführt (vgl. Abschnitt 4.4). Die generierten Ergebnisse münden zur Beantwortung der Forschungsfrage **FF 6** in die Ableitung von Zielen an die zu entwickelnde Systematik (vgl. Abschnitt 4.5).

Typ	Klärung d. Forschungsgegenstandes	Deskriptive Studie I (DS I)	Präskriptive Studie (PS)	Deskriptive Studie II (DS II)
1	Literatur-basiert	→ Umfassend		
2	Literatur-basiert	→ Umfassend	→ Initial	
3	Literatur-basiert	→ Literatur-basiert	→ Umfassend	→ Initial
4	Literatur-basiert	→ Literatur-basiert	→ Literatur-basiert / Initial / Umfassend	→ Umfassend
5	Literatur-basiert	→ Umfassend	→ Umfassend	→ Initial
6	Literatur-basiert	→ Literatur-basiert	→ Umfassend	→ Umfassend
7	Literatur-basiert	→ Umfassend	→ Umfassend	→ Umfassend

Abbildung 3.1: Mögliche Projekttypen in der Produktentwicklungsforschung nach Blessing & Chakrabarti (2009) und Zuordnung dieser Arbeit zu Projekttyp 5

Das operationalisierte Forschungsdesign dieser Arbeit zeigt Abbildung 3.2.

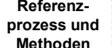
Stadium	Forschungsinhalt	-ziel	-methoden
Forschungsgegenstand klären	 1 Einleitung	Motivation	Literaturanalyse und -recherche
	 2 Grundlagen und Stand der Forschung <ul style="list-style-type: none"> • Systemverständnis in der Produktentstehung • Modell der SGE - Systemgenerationsentwicklung • Wahrnehmen und Erleben interaktiver Systeme • Vorausschauende u. datengestützte PE 	Forschungslücke	
	 3 Zielsetzung und Vorgehensweise	Forschungsfragen Forschungsdesign	
Deskriptive Studie I	 4 Empirische Untersuchungen zum Spezifizieren v. Anzeige- u. Bedienkonzepten <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> UX-Handlungsfelder (HF)  </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Entwicklungssituationen  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Potentiale und Herausforderungen  </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Datengestützte Konzeptentwicklung  </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Problemverständnis beim Spezifizieren von Anzeige- u. Bedienkonzepten in der Automobilentwicklung und Ableitung von Zielen der Systematik • Beantwortung der Forschungsfragen FF 1 - FF 6 	<ul style="list-style-type: none"> • Teilnehmende Beobachtungen • Dokumenten- und Prozessanalysen • Fragebogenstudie • Experteninterviews
	 5 Systematik zum Spezifizieren v. Anzeige- und Bedienkonzepten im Modell der SGE <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Konzeptdokumentation  </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Teamstruktur  </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Referenzprozess und Methoden  </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten im Modell der SGE auf Basis der erhobenen Ziele • Beantwortung der Forschungsfrage FF 7 	<ul style="list-style-type: none"> • Aktionsforschung (engl. Action Research) • Iterative Weiterentwicklung des Zielsystems und der Systematik
Deskriptive Studie II	 6 Anwendung und Evaluation der Systematik in der Praxis <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Anwendung in Projekten  </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Evaluation mit UX-Experten  </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> Transferanwendung Live Lab  </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation der Bausteine hinsichtlich Anwendbarkeit und Erfolgsbeitrag • Beantwortung der Forschungsfrage FF 8 	<ul style="list-style-type: none"> • Fallstudie • Cognitive Walkthrough • Fragebogen • Quantifizierung der Erfolgskennzahl
	 7 Zusammenfassung und Ausblick	Identifizieren weiterer Forschungsinhalte	

Abbildung 3.2: Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit auf Basis der DRM

Die Forschungsfrage FF 7 wurde im Rahmen der Präskriptiven Studie durch die Entwicklung einer Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifi-

zieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung beantwortet (vgl. Kapitel 5). Der Autor der vorliegenden Arbeit hat neben der Rolle als Forscher in der zugrundeliegenden Entwicklungsabteilung außerdem die Rolle des Projektleiters für die Spezifikation von Anzeige- und Bedienkonzepten für die Porsche Fahr- und Performancefunktionen eingenommen. Während der Erarbeitung dieser Forschungsarbeit wurden zwei Systemgenerationen entwickelt. Der entwickelte Ansatz wurde folglich in enger Verzahnung mit mehreren Entwicklungsprojekten bei der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG iterativ ausgearbeitet. Die erste betrachtete Systemgeneration wurde zum Projektmeilenstein *Produkt-Mission* der ersteinsetzenden Produktgeneration initiiert und bis zum Meilenstein *Start-of-Production* begleitet. Das Entwicklungsprojekt für die zweite betrachtete Systemgeneration wurde gleichzeitig mit dem Entwicklungsprojekt der ersteinsetzenden Produktgeneration initiiert und bis zum Projektmeilenstein *Design-Entscheid* begleitet. Die Systematik wurde in insgesamt drei unterschiedlichen Evaluationsstudien angewandt und auf ihren Erfolgsbeitrag sowie ihre Anwendbarkeit überprüft. Die Evaluationsstudien wurden zur Beantwortung der Forschungsfrage **FF 8** herangezogen (Kapitel 6).

3.3.2 Empirische und Literatur-basierte Forschungsmethoden

Zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen wurden in der DS I und DS II mehrere empirische Forschungsmethoden eingesetzt. Marxen (2014) folgend dienen empirische Methoden der Erhebung und Auswertung von Daten aus realen Entwicklungsprozessen sowie durchgeführten Experimenten und Fallstudien. Heiser (2018) unterscheidet zudem die Art der behandelten Daten in qualitative und quantitative Methoden. Für das Forschungsvorgehen dieser Arbeit wurden semi-strukturierte Experteninterviews, eine fragebogengestützte Umfrage, eine teilnehmende Beobachtung, Dokumentenanalysen und ein Cognitive Walkthrough durchgeführt. Ergänzend dazu hat der Autor der vorliegenden Arbeit den Ansatz der Aktionsforschung (engl. Action Research) genutzt, um die theoretischen Grundlagen nachhaltiger mit der Entwicklungspraxis zu verbinden (Avison, Lau, Myers et al., 1999). Das Rahmenwerk der DRM unterstützt Forschende nur eingeschränkt bei der Auswahl von Forschungsmethoden zur Umsetzung des Forschungsvorhabens. Zu diesem Zweck hat Marxen (2014) auf Basis des iPeM (vgl. Abschnitt 2.1.4) *integrated Design Support Development Modell* entwickelt (vgl. Abbildung 3.3).

Mit Hilfe des Modells kann das Forschungsvorgehen in einem Phasenmodell abgebildet werden. Zudem werden Forschende in den einzelnen Phasen ihrer Forschungstätigkeit in der Auswahl von Methoden unterstützt. Der Ist-Verlauf dieser Arbeit zeigt, dass die Forschungsarbeit in der Realität stark iterativ verlaufen ist.

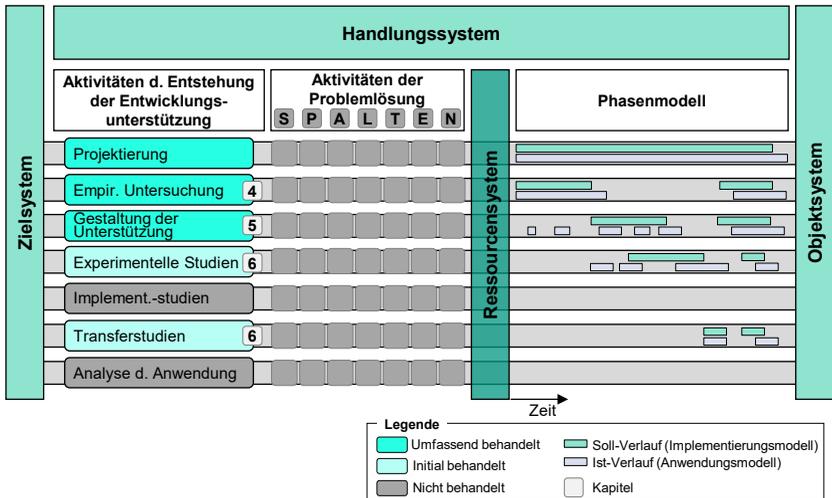


Abbildung 3.3: Integrated Design Support Development Modell nach Marxen (2014) für die vorliegende Arbeit: Auf Basis des Zielsystems der Systematik wurden Projektierung, empirische Untersuchung und die Gestaltung der Unterstützung umfassend behandelt – im Phasenmodell zeigt sich die iterative Ausführung

3.4 Untersuchungsumgebungen in den einzelnen Stadien der DRM

Die Forschungsinhalte wurden im Zuge eines dreijährigen Forschungsprojekts in der Entwicklungspraxis der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG erarbeitet. In den deskriptiven Studien wurden zudem Fachleute aus der Volkswagen AG eingebunden. Weiterhin wurde ein Live-Lab am IPEK – Institut für Produktentwicklung genutzt, um Auszüge der Systematik zu evaluieren. Die Untersuchungsumgebungen werden im Folgenden vorgestellt.

3.4.1 Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG

Die Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG wurde 1931 im baden-württembergischen Stuttgart gegründet. Das Produktportfolio des Automobilherstellers weist besonderen Fokus auf die Entwicklung von Sportwagen auf. Sitz des Unternehmens ist in Stuttgart-Zuffenhausen. Im Jahr 2012 wurde die Porsche AG als operativ weiterhin eigen-

ständige Marke in den Volkswagen-Konzern integriert. Das Stammwerk der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG mit Sitz der Geschäftsführung, Vertrieb und Teilen der Produktion verblieb somit in Stuttgart-Zuffenhausen. Das Entwicklungszentrum sowie der Hauptteil der Produktlinien-Leitenden ist in Weissach angesiedelt, ein weiterer Produktionsstandort wurde 2022 in Leipzig eröffnet. 2019 arbeiteten circa 35.000 Mitarbeiter für die Porsche AG, circa 6.000 im Entwicklungszentrum Weissach. Das Produktportfolio fokussiert das Premium-Segment im Wettbewerb. Neben zweitürigen Sportwagen wurden über die Jahre auch sportliche Limousinen und Sport Utility Vehicle (SUV) in die Angebotspalette aufgenommen. Im Jahr 2019 verkaufte die Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG ca. 280.000 Fahrzeuge und erwirtschaftete 28,52 Mrd. € Umsatz und 4,4 Mrd. € Gewinn. (Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, 2020).

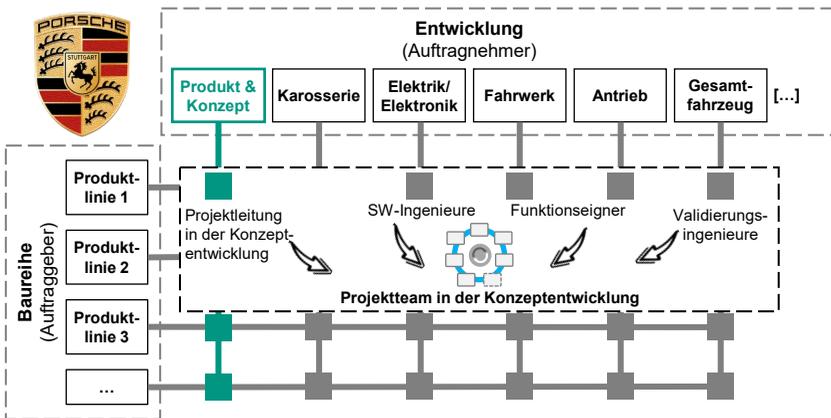


Abbildung 3.4: Betrachtungsfokus der Konzeptentwicklung in der Aufbauorganisation des Entwicklungsressorts der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG in Anlehnung an Braess & Seiffert (2013, S. 1135), zit. nach Fahl (2021)

Die Baureihen und das Entwicklungszentrum verbindet ein unternehmensinternes Auftraggeber- und Auftragnehmer-Verhältnis. Die Organisationseinheit „Baureihe“ definiert als projektorientierter Managementbereich das Zielsystem der ihr zugeordneten Produktlinie des Produktportfolios („Was“ wird am Markt eingeführt?) sowie die zeitliche Staffelung der Produktgenerationen („Wann“ wird am Markt eingeführt?). Die Linienbereiche des Entwicklungszentrums sind für die Realisierung der definierten Zielsysteme bis hin zur Markteinführung verantwortlich („Was“ wird „wann“ entwickelt?). Die Organisationsstruktur der sog. Hauptabteilungen (Ebene 1 d. Entwicklungszentrums) untergliedert sich in die Fahrzeug-Subsysteme Karosserie, Elektrik/Elektronik, Fahrwerk, Antrieb sowie den integrativen Bereich Gesamtfahrzeug. Die Aktivitäten der Frühen Phase der automobilen Produktentwicklung sind in

der Hauptabteilung „Produkt & Konzept“ zusammengefasst – diese bildet folglich den Fokus der Betrachtungen in dieser Forschungsarbeit. Im Kontext der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten fungiert die Hauptabteilung zum einen als Projektleitung und zum anderen als Schnittstelle zwischen mehreren Bereichen innerhalb des Entwicklungsressorts. Das für die Konzepterstellung verantwortliche interdisziplinäre Team setzt sich neben den UX-Fachleuten der eigenen Abteilung aus Vertretern des Produkt-Designs, der Software-Entwicklung, Validierungsingenieuren der Hauptabteilungen sowie den Funktionseignern der einzelnen Fachbereiche zusammen. Das Team wird durch Konzeptverantwortliche aus dieser Organisationseinheit fachlich geführt.

3.4.2 Volkswagen AG

Die Volkswagen AG wurde 1937 in Berlin gegründet und ist mittlerweile der weltweit größte Automobilhersteller. Aktueller Sitz ist in Wolfsburg. Die heutige Volkswagen AG integriert als eine Art Dachgesellschaft die Kernmarke Volkswagen Pkw und darüber hinaus die Tochtergesellschaften Audi, Seat, Škoda sowie die Luxusmarken Bentley, Bugatti, Lamborghini und Porsche. Weiterhin zählt die Motorradmarke Ducati zum Konzern. Die Nutzfahrzeugsparte der Volkswagen AG untergliedert sich in die Gesellschaften Volkswagen Nutzfahrzeuge, MAN und Scania. Das Stammwerk der Volkswagen AG befindet sich in Wolfsburg. Weitere sechs Produktionsstandorte verteilen sich auf Nordamerika, weitere neun auf Südamerika, 72 auf Europa – davon 28 in Deutschland, 4 auf Afrika und 33 auf Asien). Im Jahr 2019 waren circa 119.000 Mitarbeiter bei der Volkswagen AG angestellt (ohne Tochtergesellschaften, insg. circa 671.000 Mitarbeiter). Im gleichen Jahr wurden ca. 10.956.000 Fzge. an die Kunden ausgeliefert, was in einem Umsatz i.H.v. 252,63 Mrd. € und einem Gewinn i.H.v. 19,29 Mrd. € resultierte (Volkswagen AG, 2020).

3.4.3 Live Lab ProVIL – Produktentwicklung im Virtuellen Ideenlabor

Diese Lehrveranstaltung wird in jährlichem Turnus unter wissenschaftlicher Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Zusammenarbeit mit der Hochschule Karlsruhe (HKA) angeboten. Albers, Walter, Wilmsen & Bursac (2018) stellen heraus, dass Live-Labs gleichzeitig realistische und praxisnahe sowie gut kontrollierbare Rahmenbedingungen für die Untersuchung und Bewertung von Prozessen, Methoden und Hilfsmitteln bieten. Damit verbinden Live-Labs die Vorteile von Labor- und Feldstudien, indem sie für den begrenzten Zeitraum des Projekts ein realitäts-

nahes Anbieter-Ökosystem nachbilden. Im Unterschied zu klassischen Laborstudien werden durch die teilnehmenden Studierenden reale Entwicklungsaufgaben bearbeitet. Diese werden jeweils von einem wechselnden Projektpartner aus unterschiedlichen Branchen vorab definiert. Die Aufgabenstellung wird dabei i.d.R. bewusst offen formuliert, um die Kreativität bei der Lösungsfindung nicht zu früh einzuschränken. Studierende der Fächer Maschinenbau, Mechatronik sowie Wirtschaftsingenieurwesen am KIT werden dabei gezielt ausgewählt, in Gruppen aufgeteilt und bearbeiten anschließend die Problemstellung in diesen Gruppen über einen Zeitraum von ca. drei Monaten. Den wissenschaftlichen Rahmen bilden dabei die Methoden, Prozesse und Werkzeuge der KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung. Die Studierenden werden bei der Bearbeitung durch wissenschaftliche Mitarbeitende des IPEK betreut. Den prozessualen Ablauf des Live-Lab ProVIL zeigt Abbildung 3.5. Ergänzende Betrachtungen der Vor- und Nachteile von Live-Labs in der Produktentwicklungsforschung liefern die Arbeiten von Reinemann (2020) und Fahl (2022).

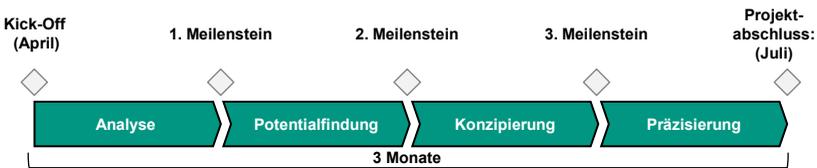


Abbildung 3.5: Referenzprozess des Live-Lab ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ide-enlabor am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT

4 Empirische Untersuchungen zum Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase

In diesem Kapitel werden gemäß DRM die Ergebnisse der Deskriptiven Studie I (DS I) dargelegt. Dadurch wird das Literatur-basierte Problemverständnis um empirische Daten aus der Praxis ergänzt und detailliert. Eine Übersicht zeigt Abbildung 4.1.

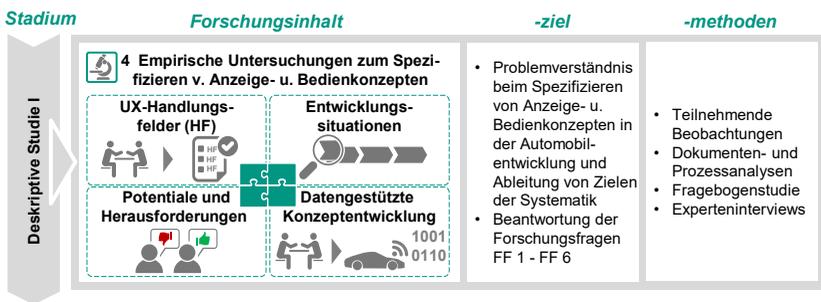


Abbildung 4.1: Übersicht der empirischen Analysen in der Deskriptiven Studie I

Im Rahmen einer thematisch breiter angelegten Vorstudie werden zunächst grundlegende UX-bezogene Handlungsfelder in der Entwicklung mechatronischer Systeme erhoben (Abschnitt 4.1). Auf dieser Vorstudie setzen drei weitere Studien auf, die zu den jeweiligen Handlungsfeldern punktuelle Tiefe liefern. Diese Studien sind gezielt in der Entwicklungspraxis der Automobilindustrie durchgeführt worden. Zunächst werden die Entwicklungssituationen anhand einer Prozessanalyse beschrieben (Abschnitt 4.2). Mittels einer Fragebogen-gestützten Online-Umfrage werden Potentiale und Herausforderungen beim Spezifizieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten in den Entwicklungssituationen erhoben (Abschnitt 4.3). Darauf aufbauend erfolgt eine Analyse zum Status Quo der datengestützten Konzeptentwicklung in der betrachteten Domäne (Abschnitt 4.4). Dazu wurden semistrukturierte Experteninterviews und eine Dokumentenanalyse durchgeführt. Die Studien der Abschnitte 4.2 bis 4.4 werden durch eine begleitende dreijährige beobachtende Studie des Autors dieser Arbeit ergänzt, um die Ergebnisse und Aussagen zu kontextualisieren. Das Kapitel schließt mit der Ableitung von Zielen für die Unterstützungsleistung, des Erfolgsbeitrags sowie der Anwendbarkeit der zu entwickelnden Systematik in Abschnitt 4.5.

4.1 Vorstudie zur Identifikation von UX-Handlungsfeldern in der Frühen Phase

Im ersten Teil der DS I soll das Verständnis zur gegenwärtigen Bedeutung von UX in der Mechatroniksystementwicklung untersucht werden. Ziel der Studie ist, daraus resultierende UX-Handlungsfelder für die Produktentwicklungsforschung abzuleiten. Zur Identifikation der Handlungsfelder wurden insgesamt zehn semistrukturierte Interviews durchgeführt¹. Aus den Experteneinschätzungen wurden Stellhebel zur Verbesserung abgeleitet. Die Vorstudie adressiert daher die Forschungsfrage FF 1:

FF 1: Welche Handlungsfelder zur Verbesserung der Integration relevanter Ansätze und Methoden aus Forschungsfeldern zu User Experience ergeben sich aus dem Status Quo in der Praxis der Mechatroniksystementwicklung?

Die operative Durchführung und Auswertung der Umfrage ist in Teilen im Rahmen der studentischen Abschlussarbeit von Awad (2021)² am IPEK – Institut für Produktentwicklung erfolgt, die vom Autor dieser Arbeit Co-betreut wurde.

4.1.1 Studiendesign

Für die Interviewreihe wurden gezielt Fachleute aus dem produzierenden Gewerbe mechatronischer Produkte (z.B. Automobilindustrie, Maschinen- und Anlagenbau) ausgewählt. Durch diese nicht-probabilistische Stichprobenauswahl ist sichergestellt, dass die Interviewpartner auf der Grundlage ihrer Erfahrung und Kompetenz ausgewählt werden. Insgesamt wurden 55 potenzielle Interviewpartner über das Karriereportal *LinkedIn* kontaktiert und vorab zu Ihrer spezifischen Rolle im Unternehmen befragt. Um eine repräsentative Auswahl aus der Gesamtstichprobe sicherzustellen, wurden die Teilnehmer anhand folgender Kriterien selektiert:

- Die Person hat Erfahrung im Bereich UX/Usability oder in einem angrenzenden Kunden- und Anwender-zentrierten Bereich ihrer Organisation.
- Die Person hat Verantwortung für UX-relevante Produktumfänge.
- Das beschäftigende Unternehmen entwickelt interaktive mechatronische Produkte oder berät Unternehmen mit einem entsprechenden Entwicklungsfokus.

¹ Griffin & Hauser (1993) folgend kann in qualitativen Interviewstudien bereits mit insgesamt 10 Einzelinterviews ca. 80% des intendierten Wissens generiert werden. Der Grenzertrag sinkt stark, für 90% des Wissens sind 30 Personen notwendig.

² Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit

Aus der verbleibenden Stichprobe wurden insgesamt zehn Fachleute geschlechterparitätisch für die Studie ausgewählt, um ein möglichst diverses Stimmungsbild zu erhalten (vgl. Abbildung 4.2). Griffin & Hauser (1993) führen aus, dass in Einzelinterviews im Vergleich zu Gruppeninterviews mehr Wissen generiert werden kann, sodass dieses Setting ausgewählt wurde. Die ca. 45-60 minütigen Interviews wurden im Zeitraum März-Mai 2021 virtuell über die Software-Werkzeuge *Microsoft® Teams* bzw. *Google® Meet* geführt. Insgesamt neun Interviews wurden mit dem Einverständnis der Personen aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die Antworten in dem zehnten Interview wurden während des Gesprächs protokolliert.

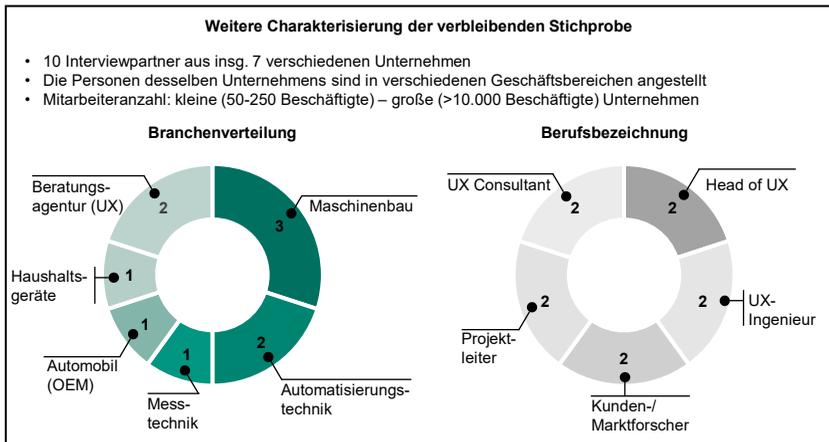


Abbildung 4.2: Charakterisierung der verbleibenden Stichprobe (n=10) für die Interviewstudie

4.1.2 Studienergebnisse

Zur Strukturierung der Interviews wurde ein Leitfaden mit inhaltlichen Kategorien entwickelt. In allen Interviews wurden die Fragen entlang dieses Leitfadens gestellt. Die Diskussion der Ergebnisse erfolgt anhand dieser Gliederung; die Aussagen spiegeln dabei die im Probandenquerschnitt vertretene Auffassung wider. Wichtige Einzelmeinungen sind zur Vergleichbarkeit entsprechend kenntlich gemacht.

Teamstruktur und Bedeutung von UX-Rollenbildern

Alle interviewten Personen erläutern, dass die UX-Expertise in Form dedizierter Abteilungen, spezialisierter Teams oder Fachleute von den Entwicklungsabteilungen organisatorisch getrennt ist und eher den Status einer bedarfsbezogen konsultierten

Stabsstelle besitzt. Die Befragten schildern, dass die Teams in der Regel aus 4-15 Fachleuten bestehen. Diese sind lediglich vereinzelt Teil von funktions- oder systemspezifischen Entwicklungsteams und haben meistens den Status von Teilprojektmitarbeitenden. Die Anzahl der UX-Verantwortlichen in den Entwicklungsteams und der Zeitpunkt der Konsultation hängen stark von dem jeweiligen Entwicklungsprojekt und dem Entwicklungsziel ab. In den meisten Fällen wurde die UX-Expertise über interne Beratungsstellen oder externe Agenturen bedarfsspezifisch hinzugezogen. Die befragten Personen bemängeln in diesem Zusammenhang, dass die notwendigen Aktivitäten oftmals nicht mit der gebotenen Detailorientierung durchgeführt werden konnten. Von den befragten Personen wird zudem kritisiert, dass die Einbindung von UX-Verantwortlichen in diesem Zusammenarbeitsmodell oftmals erst in den späteren Phasen im Entwicklungsprozess erfolgt. UX-relevante Produktziele werden folglich selten systematisch zu Anfang des Projekts definiert. Unter Auswertung der Transkripte lässt sich dies darauf zurückführen, dass in vielen Projekten die Fachleute mit UX-Expertise nicht selbst für das positiv wahrgenommene Produkterlebnis verantwortlich sind. Oftmals tragen – je nach Projekt – die *Product Owner* bzw. *Produkt- oder Projektmanager* die Gesamtverantwortung. Lediglich eine Person gab an, dass die Erfüllung der UX-Ziele in Verantwortung des UX- und User-Researchers liegt. Daraus lässt sich folgern, dass der Einfluss von UX-Fachleuten auf das Gesamtprodukt gegenwärtig eher gering einzustufen ist.

Eine vielfach angeführte Begründung ist der nur sehr aufwändig ermittelbare Return on Invest (RoI) von UX-bezogenen Entwicklungsaktivitäten. Die Interviewpartner bestätigen zwar die von Rukonic et al. (2019) postulierte mögliche Reduktion von Entwicklungszeit und -kosten. Auch der potenzielle Kunden- und Anwendernutzen durch verbesserte Produktqualität sowie der reduzierte Bedarf an Produktrainings und technischem Support werden bestätigt. Gleichzeitig unterstreichen die Experten, dass die Berechnung von operativen UX-Kennzahlen aufgrund der subjektiven Wahrnehmung in der Praxis mannigfaltigen Hürden unterliegt. Dennoch sind sich die Befragten einig, dass spezifische UX-Ziele in der Produktentwicklung unerlässlich sind, um die beschriebenen Potentiale zu heben. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Unternehmensführung den Aufbau von spezialisierten UX-Teams nur dann auch entsprechend budgetär unterstützt, wenn eine klare Verbindung zum Geschäftserfolg der Produkte hergestellt werden kann.

Integration von Methoden der Anwenderforschung in UX-relevanten Produktentwicklungsprozessen

Ideengenerierende Workshops, die Erhebung von Informationen zum gegenwärtigen Nutzungsverhalten sowie der Aufbau von interaktiven Prototypen zur Unterstüt-

zung von Konzeptstudien wurden von allen Interviewpartnern als erfolgsentscheidende Aktivitäten bestätigt. Gleichzeitig bemängeln die befragten Personen, dass die meisten Aktivitäten oftmals erst in den späten Phasen des Entwicklungsprozesses und nur zur Fehlerbehebung eingesetzt werden. Die Erfahrungswerte der Interviewpartner bestätigen zudem, dass die späte Durchführung von UX-bezogenen Entwicklungsaktivitäten eine deutliche mittelfristige Kostenmehrung zur Folge hat. Eine häufig erwähnte Herausforderung ist das divergente Verständnis von Zuständigkeiten und Entwicklungsartefakten. Der Begriff UX wird je nach Rolle im Entwicklungsteam (z.B. Produktdesigner, SW-Ingenieur, Funktionseigner) oftmals unterschiedlich verstanden. Aus den relevanten Forschungsfeldern ist eine Vielzahl von Methoden der Anwenderforschung hervorgegangen (vgl. Abbildung 4.3). Die Interviewpartner geben an, dass idealerweise eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden genutzt werden sollte, um Erkenntnisse abzusichern und zu kontextualisieren. Dennoch dominiert aufgrund von Ressourcenbeschränkungen gegenwärtig der Einsatz qualitativer Methoden, da diese auch mit kleineren Stichproben ertragreiche Erkenntnisse hervorbringen.

Interviewstudien mit Kunden und Anwendern sind neben der Durchführung von Experimenten die am häufigsten eingesetzten Methoden. Einzelinterviews ermöglichen eine vertiefende Diskussion zu dem jeweiligen Stimulus – dies kann sowohl die im Markt befindliche Produktgeneration als auch ein früher interaktiver Prototyp sein. Dabei können jedoch lediglich einzelne persönliche Präferenzen abgefragt werden. In Fokusgruppenstudien hingegen können gleichzeitig mehrere Sichtweisen und Reaktionen einer potentiellen Gruppe von Kunden und Anwendern erhoben werden. Ergänzend dazu werden häufig Experimente wie das sog. *A/B-Testing*, *Usability-Testing* oder die *Think-Aloud-Methode* eingesetzt, um eine spezifische Hypothese zu prüfen. Weiterführend wurde erfragt, zu welchem Zeitpunkt im Entwicklungsprozess die genannten Methoden eingesetzt werden. Dazu wurde eine binäre Unterteilung in die frühen Konzeptphasen und die späteren Phasen der Umsetzung vorgenommen. Die befragten Personen geben an, dass Interviewstudien mit Zielkunden und -anwendern oftmals in der Frühen Phase eingesetzt werden, um Bedarfe zu erheben und Produktziele abzuleiten. Beobachtungen und Experimente werden trotz technologischen Fortschritts im Bereich virtueller Testumgebungen eher in den späten Phasen im Entwicklungsprozess eingesetzt. Die Fachleute begründen dies damit, dass beide Forschungsmethoden einen interaktiven Prototyp oder die am Markt eingeführte Produktgeneration als Stimulus voraussetzen. Alle interviewten Fachleute bestätigen zudem die Herausforderung, Studien mit realen Kunden und Anwendern durchzuführen. Dies wird mit Zeit- und Budgetlimitierungen sowie gegebenen Geheimhaltungsvorschriften begründet. Die Fachleute greifen daher ersatzweise auf Studien mit unternehmensinternen Anwendern zurück, mahnen

jedoch die inhärente kognitive Verzerrung interner Probandengruppen an. Im Nachgang zu den Evaluationsstudien mit interaktiven Prototypen werden häufig fragebogen-gestützte Umfragen mit quantitativen Qualitätsmetriken eingesetzt, um Bewertungen der gezeigten Interaktionslösung abzufragen. Auch diese Methoden werden hauptsächlich in den späteren Phasen eingesetzt.

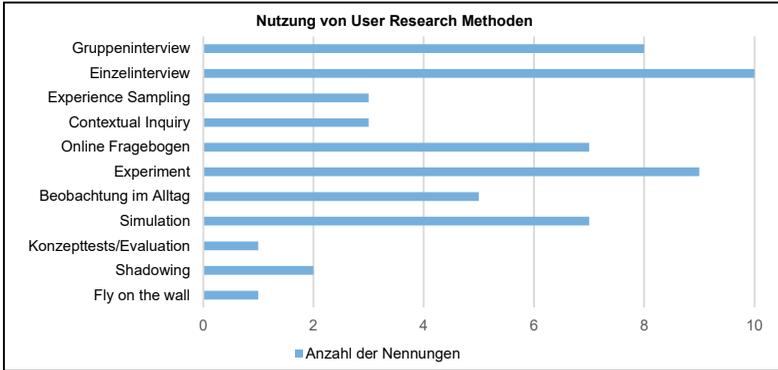


Abbildung 4.3: Häufigkeitsverteilung zum Einsatz von User Research Methoden (n=10) ³

UX-relevante Kreativitäts- und Entwicklungsmethoden

Der dritte inhaltliche Block der Interviewstudie adressiert relevante Kreativitäts- und Entwicklungsmethoden. Im Rahmen einer systematischen Literaturanalyse von Awad (2021) wurden insgesamt 18 relevante Methoden identifiziert³. Diese wurden in einer Ähnlichkeitsanalyse zu den in Abbildung 4.4 gezeigten konsolidiert.

Einige Kreativitätsmethoden beinhalten integrierte Konzeptelemente, sodass eine Trennung der Methoden von den daraus resultierenden Konzeptelementen nicht zielführend ist. Am Beispiel der *Customer Journey Map*, lässt sich dies anschaulich erklären. Diese wird von insgesamt neun der zehn befragten Fachleute genutzt. Sie dienen zur Modellierung der Schritte, die Kunden und Anwender bei der Nutzung des Produkts in spezifischen Use Cases durchlaufen. Die Methode verfolgt das Ziel, Variationsbedarfe in der Produktgestaltung ableiten zu können. Als Referenzpro-

³ Die Methoden wurden im Rahmen der Abschlussarbeit von Awad (2021) in einer systematischen Literaturrecherche erhoben, geclustert und in der Interviewstudie abgefragt. Eine weiterführende Beschreibung und Einführung liefern Kieffer et al. (2020) sowie die Schulungsunterlage der Zertifizierungsagentur *UXQB – International Usability and User Experience Qualification Board e.V.* (UXQB, 2020).

dukte können neben am Markt verfügbaren internen und externen Produktgenerationen auch Prototypen herangezogen werden. Weiterhin geben acht Befragte an, *Personas* einzusetzen. Dadurch soll insbesondere die zentrale Ausrichtung an Kunden und Anwendern unterstrichen werden. Beide Werkzeuge können mit *User Stories und Epics* kombiniert werden, die gleichermaßen von insgesamt acht Personen genutzt werden. Diese können als kompakte Werkzeuge zur Modellierung von Kunden- und Anwendernutzen dienen. Dabei werden die Produktfunktionen mit dem am höchsten eingestuftem Kunden- und Anwendernutzen in ihrem angedachten Einsatzszenario beschrieben. Dies ermöglicht Entwicklenden, die wichtigsten Produkteigenschaften festzulegen. Ein weiteres wichtiges Artefakt sind interaktive Prototypen – weitere acht Personen bestätigen die Relevanz in der Frühen Phase. Der Aufbau kann dabei virtuell, physisch oder gemischt physisch-virtuell sein. Zu Anfang der Entwicklung können virtuelle Prototypen z.B. in einer Augmented-Reality (AR) Umgebung hilfreich sein, um Beurteilungen vornehmen zu können (vgl. Reinemann, 2020). Die interviewten Personen beschreiben die Menge an Methoden und Werkzeugen als herausfordernd bei der Auswahl der jeweils am besten geeigneten.

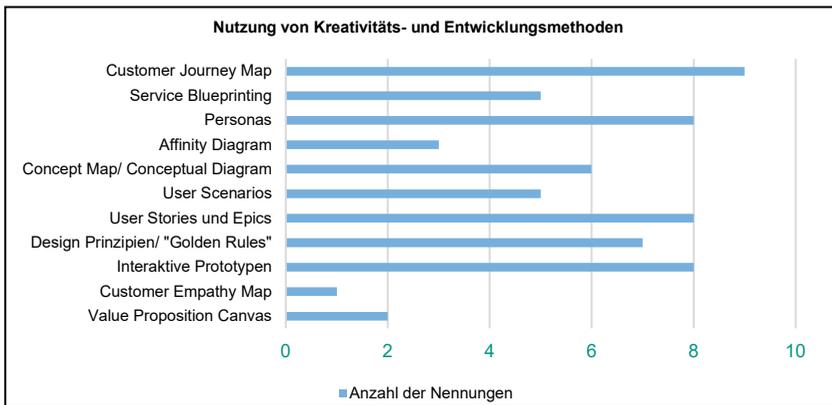


Abbildung 4.4: Häufigkeitsverteilung zum Einsatz von Kreativitäts- und Entwicklungsmethoden (n=10)

4.1.3 Handlungsbedarf

Ziel der Interviews war, generische UX-Handlungsfelder in der Entwicklung mechatronischer Systeme zu identifizieren und eine Einschätzung zum Status Quo in Bezug auf den Einsatz von Ansätzen und Methoden bei der Konzeptentwicklung aus

den UX-relevanten Forschungsfeldern zu erheben. Aus den Interviews wurden vier zentrale Handlungsfelder abgeleitet (vgl. Abbildung 4.5).



Abbildung 4.5: Vier aus den Interviews abgeleitete UX-Handlungsfelder für die Mechatroniksystementwicklung, zu denen die folgenden Analysen punktuelle Tiefe liefern

Im **ersten Handlungsfeld *Methoden und Entwicklungsartefakte*** muss sichergestellt werden, dass Entwickelnde die Kunden und Anwender sowie den jeweiligen Nutzungskontext detailliert verstehen, um Nutzungsanforderungen gezielt ableiten und in Konzeptmodelle überführen zu können. Eine häufig genannte Herausforderung ist die unzureichende Priorisierung von UX-bezogenen Entwicklungsaktivitäten in den frühen Entwicklungsphasen. Die Interviewpartner beschreiben, dass UX-Fachleute oftmals erst in späten Phasen konsultiert werden. Dies ist zum einen sehr kostenintensiv, zum anderen führt dies dazu, dass Teil-Produktziele zur Unterstützung einer positiven UX durch das Anzeige- und Bedienkonzept nicht systematisch erhoben und beim Spezifizieren von Konzepten berücksichtigt werden. Durch die vorliegende Arbeit soll der Fokus der Fachleute auf die Frühe Phase gestärkt werden.

Begründet wird der beschriebene Umstand oftmals mit dem **zweiten Handlungsfeld – *Budgetierung und Personalbesetzung***. Die interviewten Personen beschreiben gegenwärtig eine vergleichsweise geringe Finanzierung von spezialisierten UX-Teams. Dies ist im Wesentlichen eine unternehmerische Aufgabe. Die Produktentwicklungsforschung kann darauf lediglich beratend Einfluss nehmen. Ungeachtet der Bedeutung einer ausreichenden Finanzierung für die Entwicklungsarbeit wird dieses Handlungsfeld im weiteren Verlauf der Arbeit operativ nicht weiter fokussiert.

Das **dritte Handlungsfeld** thematisiert die Punkte *Rollenverständnis und Teamstruktur*. Die Interviewten betonen, dass UX-Fachleute gegenwärtig häufig eine beratende Rolle in Entwicklungsteams einnehmen und lediglich bedarfsbezogen konsultiert werden. Es besteht Einigkeit, dass in diesem Zusammenarbeitsmodell häufig nicht sichergestellt werden kann, dass UX-bezogene Entwicklungsaktivitäten ausgeführt werden. Diese Arbeit soll eine geeignete Teamstruktur vorschlagen, um das effektive Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten zu unterstützen.

Das **vierte Handlungsfeld** *Integration von Kunden und Anwendern* knüpft daran an. Die Interviewpartner unterstreichen, dass insbesondere im Zuge der Erhebung von Nutzungsanforderungen die Einbindung von Kunden und Anwendern ein essentieller Schritt ist. Neben dem Evaluieren von Prototypen ist die Analyse von Marktstudien und Nutzungsdaten aus im Feld befindlichen Produktgenerationen ein entscheidender Faktor. Die angestrebte Systematik soll eine Lösung zur Integration von Kunden- und Anwenderstudien und die Analyse von Nutzungsdaten vorschlagen.

Zu diesen Handlungsfeldern bauen die folgenden Studien ein punktuell tiefgreifendes Problemverständnis auf. Im ersten Schritt werden dazu beobachtete Entwicklungssituationen in der frühen Phase in der Automobilentwicklung dargelegt.

4.2 Prozessanalyse zum Spezifizieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten

Der zweite Teil der DS I erhebt prozessuale Zusammenhänge in den einzelnen Entwicklungssituationen sowie handlungsauslösende und technisch einschränkende Faktoren beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der frühen Phase in der Automobilentwicklung. Die Ergebnisse werden dazu in das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers eingeordnet. Die Analyse soll Antworten auf die Forschungsfragen FF 2 und FF 3 liefern:

FF 2: Welche Entwicklungssituationen von Anzeige- und Bedienkonzepten lassen sich in der Frühen Phase der Automobilentwicklung beobachten?

FF 3: Welche handlungsauslösenden sowie technisch einschränkende Einflussfaktoren wirken auf Anzeige- und Bedienkonzepte in den beobachteten Entwicklungssituationen in der Automobilindustrie?

Im folgenden Abschnitt werden Aufbau und Ergebnisse der Analyse näher erläutert. Teile der operativen Durchführung und Auswertung sind im Rahmen der Abschluss-

arbeit von Unterseher (2021)⁴ bei der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG in Zusammenarbeit mit dem IKTD – Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design an der Universität Stuttgart entstanden, die vom Autor dieser Arbeit Co-betreut wurde.

4.2.1 Studiendesign

Die Beantwortung der Forschungsfragen baut auf einer Prozess- und Dokumentenanalyse im Rahmen der Abschlussarbeit auf. Notwendige Dokumente wurden durch den Autor der vorliegenden Arbeit aufbereitet und für die Analyse bereitgestellt. Die Durchführung der Analysen wurde durch Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers, den Autor und ferner durch die Herren M.Sc. Florian Reichelt und Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier vom IKTD – Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design an der Universität Stuttgart wissenschaftlich angeleitet. Die Analyse wird durch eine zweieinhalbjährige teilnehmende Beobachtung des Autors dieser Arbeit bei der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG gestützt. Dazu wurden im Zeitraum von 07/2019-12/2021 Beobachtungen in zwei Systemgenerationen (SG) durchgeführt. Zur Beantwortung der Forschungsfrage FF 2 wurde sowohl die SG_n , als auch die SG_{n+1} analysiert, zur Beantwortung der Forschungsfrage FF 3 ist die Systemgeneration SG_{n+1} zentral. Dieses Projekt wurde bis zum Meilenstein KE begleitet, der den Abschluss der offiziellen Konzeptphase darstellt (vgl. Abschnitt 2.1.4). Dieser Meilenstein lässt sich im Einklang mit dem Modell der SGE mit dem Ende der Frühen Phase vergleichen, zu dem die SG spezifiziert und freigegeben ist (vgl. Abschnitt 2.2).

4.2.2 Studienergebnisse

Das Verständnis um die Zusammenhänge zwischen Produktlinien-spezifischen Einsatzplänen und der Produktlinien-übergreifenden Systemgeneration des Anzeige- und Bediensystems bildet die Grundlage für die Ausführungen.

Entwicklungssituationen bei der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase in der Automobilentwicklung

In der Ordnungsklassifikation des Produktportfolios eines Anbieters a setzt sich die einzelne Produktlinie p_i aus den konsekutiv im Markt einsetzenden Produktgenerationen G_i sowie deren Produktvarianten v zusammen (Albers, Fahl, Hirscher, Endl et al., 2020) (vgl. Abschnitt 2.2.4). Unterschiedliche Varianten stellen sich im Markt

⁴ Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit

u.a. in gesteigerter Leistung des Antriebsstrangs oder verschiedenartigen Karosserievarianten (z.B. Coupé oder Limousine) dar⁵. Der Marktzyklus einer Produktgeneration beträgt typischerweise 3-4 Jahre. Ein Neu- oder Nachfolgefahzeug wird i.d.R. durch ein sog. *Facelift* mit meist reduziertem Neuentwicklungsumfang aufgewertet. In der Nomenklatur beschreibt die Produktgeneration G_{n-1} diejenige Produktgeneration, die sich gegenwärtig im Markt befindet. Die Produktgeneration G_n bezeichnet folglich diejenige Generation, die als nächstes in den Markt eingeführt wird. Die vorliegende Arbeit geht dabei thematisch über eine einzelne Produktlinie hinaus. Die Systemgenerationen (SG) des Anzeige- und Bedienkonzepts sollen in einem Produktlinien-übergreifenden systemischen Ansatz spezifiziert werden. Abbildung 4.6 zeigt die Einsatzstaffelung am Bsp. der $SG_i^{a,p,v}$ und die Überführung in die planungsvorgebende ersteinsetzende Produktgeneration (hier: $G_{n+1}^{a,p,v}$).

Die übergreifenden SG besitzen eine eigene Frühe Phase (der $SG_{n+1}^{a,p,v}$), die mit der Initiierung des Projekts beginnt und mit einer bewerteten Spezifikation endet. Aufgrund des hohen kreativen Gestaltungsfreiraums liegt der prozessuale Fokus dieser Arbeit auf der Frühen Phase der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ im Modell der SGE⁶. Folglich befindet sich die $SG_n^{a,p,v}$ ebenfalls in der Entwicklung. Dies führt zu der Herausforderung, die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ zu definieren, ohne Presse- und Marktrückmeldungen zur $SG_n^{a,p,v}$ einfließen lassen zu können. Zudem liegt die Markteinführung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ bei der Initiierung des Projekts noch ca. 6-7 Jahre in der Zukunft. Zwar besteht im Verlauf der Entwicklung die Möglichkeit zur Modellpflege über SW-Updates, auch sind Neuentwicklungen in den HW-Teilsystemen unter Abwägung des resultierenden Entwicklungsrisikos in einem Facelift möglich. Dennoch erhöht die Zeitspanne bis zur Markteinführung die charakteristische Marktunsicherheit zusätzlich.

⁵ Eine detaillierte Diskussion des Variantenbegriffs im Modell der PGE liefern Fahl, Hirscher, Kamp et al. (2019) und Peglow, Powelske, Birk et al. (2017).

⁶ Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird nachfolgend der Begriff *Frühe Phase* anstatt der konkreteren Bezeichnung *Frühe Phase der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung* verwendet.

Empirische Untersuchungen zum Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase

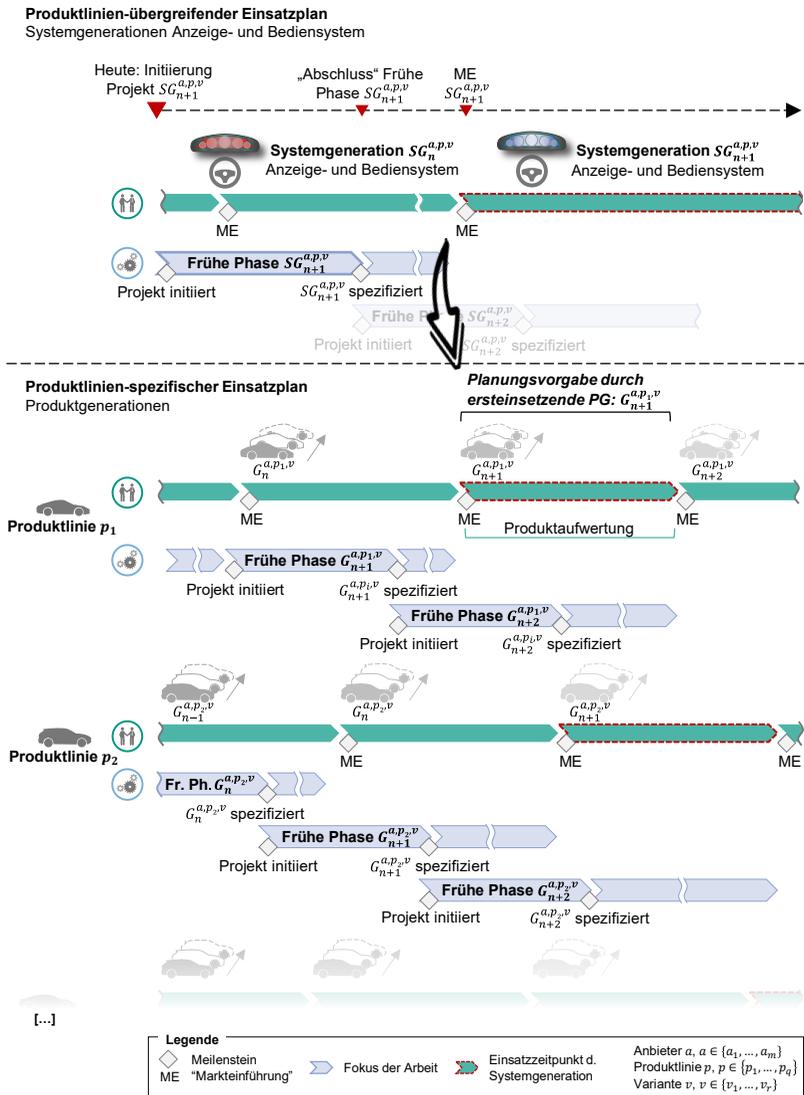


Abbildung 4.6: Produktlinien-übergreifender Einsatzplan der Systemgenerationen $SG_i^{a,p,v}$ inkl. Überführung der Produktlinien-übergreifenden $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die ersteinstzende Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p1,v}$

Aus der konzeptionellen Sicht sind in der Frühen Phase der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ diejenigen Teilproduktziele und Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern zu definieren, die den Lösungsraum für das Anzeige- und Bedienkonzept aufspannen. Diese sind in Konzeptmodelle zu übersetzen, die neben den zur Realisierung der Ziele und Anforderungen notwendigen Anzeige- und Bedientechnologien auch Interaktionsprinzipien sowie die Designsprache, Benutzungsschnittstellen sowie Variationen der Steuergeräte-SW enthalten.

Abbildung 4.6 zeigt zudem die Vielschichtigkeit des Begriffs der „Frühen Phase“ (vgl. auch Abschnitt 2.2.3). Es gilt zu beachten, dass jede SG, die sich gegenwärtig in der Entwicklung befindet, eine eigene Frühe Phase besitzt (inkl. aller Teilsysteme, z.B. Steuergeräte). Dabei kann das jeweilige Zielsystem (und infolgedessen das Handlungs- und Objektsystem) der einzelnen SG unterschiedlich sein. Während gewisse Entwicklungsumfänge der übergreifenden SG des Anzeige- und Bediensystems bewusst gleich gehalten werden sollen (um Synergien zu heben), bedarf es zur gezielten Produktdifferenzierung technischer Unterschiede zwischen den einsetzenden Produktgenerationen (hier z.B. $G_{n+1}^{a,p_1,v}$). Der beschriebene Umstand erfordert eine besondere sprachliche Klarheit mit dem häufig recht pauschal verwendeten Begriff der Frühen Phase in der Entwicklungspraxis.

Die besondere planerische Rolle der ersteinsetzenden Produktgeneration bei der Überführung des übergreifenden Anzeige- und Bedienkonzepts

Der definierte Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen der Produktlinien-übergreifenden SG kann nur realisiert werden, wenn diese in die am Markt angebotenen Produktgenerationen überführt werden. Die SG des Anzeige- und Bediensystems stellen selbst keine eigenständige Marktleistung des OEMs dar. Nach Abschluss der Frühen Phase wird die SG in der Serienentwicklung auf Basis des Anzeige- und Bedienkonzepts technisch realisiert. Die zeitliche Planung der Projektmeilensteine ist an diejenige Produktgeneration geknüpft, die zu Beginn des Projekts als ersteinsetzende Produktgeneration definiert worden ist⁷. Die Einsatzpläne der Produktgenerationen liegen der Beobachtung nach zu Planungszwecken oftmals bis zur $G_{n+2}^{a,p_i,v}$ bereits vor. Im aufgeführten Beispiel dient die Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p_1,v}$ als ersteinsetzende Produktgeneration für die übergreifende $SG_{n+1}^{a,p,v}$. Die Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p_1,v}$ gibt somit die Aufplanung der Projektmeilensteine für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ vor, auch wenn diese Produktlinien-übergreifend eingesetzt wird ($p \in \{p_1, \dots, p_q\}$). Folg-

⁷Eine Unterscheidung zu weiteren Produktlinien-übergreifenden Ansätzen wie der Vorausentwicklung liefert (Albers, Kürten, Rapp, Birk, Hünemeyer et al., 2022)

lich sind auch die Aktivitäten der Frühen Phase der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ mit Produktlinien-spezifischen Entwicklungsaktivitäten der $G_{n+1}^{a,p_1,v}$ zu synchronisieren. Die Verknüpfung der beiden Sichtweisen in der Projektplanung geht auf die Produktgenerationen-bezogene Finanzierung zurück (die ersteinsetzende PG finanziert häufig zunächst einen Großteil der Entwicklungskosten).

Im weiteren Verlauf der Einsatzplanung wird die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ des Anzeige- und Bediensystems auf die übrigen Produktlinien ausgerollt. Eine zu starke Konzentration auf die Produktlinie mit der ersteinsetzenden Produktgeneration (hier: Produktlinie p_1) kann dazu führen, dass die definierten Konzepte den angestrebten Kunden- und Anwendernutzen nicht in gewünschtem Maße erfüllen oder sogar technisch nicht umsetzbar sind. Dies führt in weiterer Konsequenz oftmals zu nicht eingeplanten erhöhten Kosten und senkt damit wiederum den finanziellen Anbieternutzen der dargestellten übergreifenden Perspektive. Gleichermäßen lässt sich beobachten, dass Konzeptentwickelnde um eine Variantenbildung der produktlinienübergreifenden Systemgeneration analog zur Produktlinien-spezifischen Betrachtung nicht umhinkommen. Dies lässt sich u.a. mit unterschiedlichen strategischen Vorgaben, Ausprägungsvariationen der Produktfunktionen, aber auch mit technischen Restriktionen der einzelnen Produktlinien begründen. Dies lässt sich anschaulich anhand der beiden Produktlinien Porsche 911 und Porsche Cayenne erklären: der 911 bietet als vergleichsweise spitz positionierter Sportwagen einen anderen Kunden- und Anwendernutzen als der SUV Cayenne. Gezielte Rennstrecken-optimierte Funktionen und eine stärkere Fahrerzentrierung als produktstrategische Vorgabe bedingen eine Variantenbildung der übergreifenden SG. Es ist fallspezifisch zu definieren, wie sich dies in der Produksubstanz manifestiert (z.B. wie viele Varianten der SG werden benötigt, welche Änderungen sind zu berücksichtigen).

Handlungsauslösende und technisch einschränkende Einflussfaktoren

In der durchgeführten teilnehmenden Beobachtung wurden mehrere interne und externe Einflussfaktoren identifiziert, die Aktivitäten der Konzeptentwicklung für eine neue übergreifende $SG_{n+1}^{a,p,v}$ auslösen können (vgl. Abbildung 4.7). **Interne Einflussfaktoren** umfassen offene Prüfaufträge aus der Vorgängergeneration $SG_n^{a,p,v}$, Leitlinien und Vorgaben aus der Produktstrategie sowie neue interaktive Produktfunktionen oder solche, die einen signifikanten Neuentwicklungsanteil aufweisen. Prüfaufträge sind zu Beginn des Projekts noch nicht bestätigte Teilziele, die bereits im Rahmen der Entwicklung der $SG_n^{a,p,v}$ definiert worden sind, aber aus technischen, finanziellen oder prozessualen Gründen nicht mehr weiterverfolgt oder umgesetzt wurden. Definitionsberechtigt für diese Art Einflussfaktor sind im Wesentlichen die Baureihen als projektleitende Instanz der einzelnen Gesamtfahrzeugprojekte (vgl.

Abschnitt 3.4). Zur Operationalisierung ist neben der Anforderungsdefinition die Finanzierung der Prüfkativitäten erforderlich, die lediglich durch ein zur Kostenfortschreibung berechtigtes Gremium genehmigt werden kann. Weiterhin haben neue oder veränderte produktstrategische Leitlinien eine handlungsauslösende Wirkung. Gerade in Zeiten eines dynamischen technologischen Wandels ist die schnelle Reaktionsfähigkeit auf veränderte strategische Rahmenbedingungen ein Erfolgsfaktor für Unternehmen. Anzeige- und Bedienkonzepte bieten dazu aufgrund der unmittelbaren Wahrnehmbarkeit durch Kunden und Anwender eine exponierte Möglichkeit. Die pragmatische Aufgabe von Anzeige- und Bedienkonzepten im Gesamtsystem Fahrzeug ist, die einzelnen interaktiven Produktfunktionen den Kunden und Anwendern zugänglich zu machen und die Benutzung dieser zu ermöglichen. Somit haben auch gänzlich oder teilweise (z.B. durch Prinzip- oder Ausprägungsvariation weiterentwickelte) neue Produktfunktionen eine handlungsauslösende Wirkung. Inwiefern geplante funktionale Neuentwicklungsanteile aus unternehmerischen Gesichtspunkten eine neue SG des Anzeige- und Bediensystems rechtfertigen, ist im Einzelfall unter Einbezug technischer, finanzieller oder auf den Kunden-, Anbieter- und Anwendernutzen bezogener Auswirkungen zu bewerten.

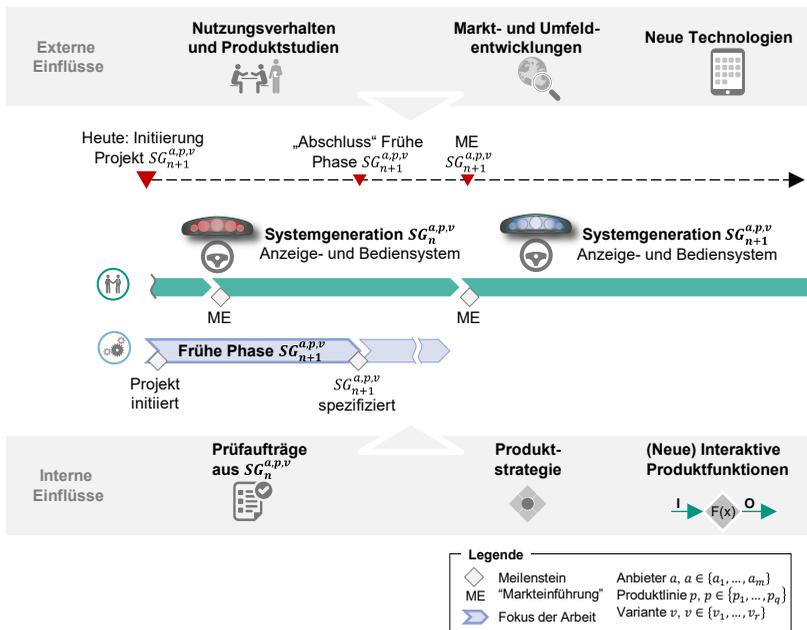


Abbildung 4.7: Interne und externe Einflussfaktoren auf das Anzeige- und Bediensystem

Externe Einflussfaktoren liegen im Wesentlichen in unternehmensexternen Ursachen begründet. Eingängiges Beispiel sind veränderte Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern, die z.B. über Produktstudien erhoben worden sind. Auch Beanstandungen oder Pressefeedback zu aktuell im Markt befindlichen Lösungen sind dieser Kategorie zuzuordnen. Ergänzend dazu sind Markt- und Marktumfeld-Entwicklungen zu nennen, z.B. Veränderungen in der Gesetzgebung, neue Marktstandards oder auch gesellschaftliche Veränderungen. Die Analyse der dabei zu berücksichtigenden Ursprünge ist oftmals derartig komplex, dass die Verknüpfungen, die zu den beobachtbaren Entwicklungen geführt haben, nicht unmittelbar offensichtlich sind. Daher ist die Ableitung von konkreten Handlungsoptionen oder Variationsbedarfen durch Konzeptentwickelnde ohne handlungsleitende Systematik im Tagesgeschäft nur unter hohem Ressourceneinsatz möglich. Ähnliche Herausforderungen haben sich in Bezug auf neue Technologien gezeigt. Diese ermöglichen oftmals die Realisierung zusätzlichen oder verbesserten Kunden-, Anbieter- und Anwendernutzens. Gleichzeitig zeigt sich, dass die konsequente Nutzenbetrachtung bzgl. möglichem Kunden- und Anwendernutzen bei der Bewertung neuer Technologien oftmals vernachlässigt wird und stark technologiezentriert erfolgt.

Technische Restriktionen bei der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten, die den Lösungsraum in der Konzeptentwicklung einschränken

Technische Restriktionen sind häufig auf die Elektronikarchitektur i.F.v. Rechnerleistung oder Vernetzung der einzelnen Steuergeräte innerhalb der Kommunikations-Infrastruktur des Anzeige- und Bediensystems zurückzuführen. Zudem sind Vorgaben der verwendeten SW-Frameworks zu berücksichtigen, die ebenfalls einschränkend wirken können (vgl. Abbildung 4.8). Auch Elektronikarchitekturen werden Produktlinien- und Produktgenerationen-übergreifend eingesetzt. Für die Spezifikation von Anzeige- und Bedienkonzepten maßgebend sind die verbauten Rechner zur Steuerung der Benutzungsschnittstellen und der interaktiven Produktfunktionen sowie die Kommunikationsinfrastruktur zwischen diesen Rechnern. Das fiktive Beispiel der Produktlinie p_1 zeigt die Problematik: Die Elektronikarchitektur A1 mit dem Rechner R2 soll hier als technische ÜV auch in der $G_{n+1}^{a,p_1,v}$ verbaut werden, die als ersteinsetzende Produktgeneration der übergreifenden $SG_{n+1}^{a,p,v}$ festgelegt wurde. Da die Architektur bereits entwickelt und über die Vorgängergeneration im Markt eingeführt ist, hat die Architektur in diesem Fall einschränkende Wirkung auf das Anzeige- und Bedienkonzept der $SG_{n+1}^{a,p,v}$. Den gegenteiligen Fall zeigt p_2 . Die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ soll hier mit der $G_{n+1}^{a,p_2,v}$ in den Markt eingeführt werden. Hier soll auch die neue Elektronikarchitektur A2 mit dem technisch leistungsfähigeren Rechner R3 verbaut werden. Die Architektur A2 befindet sich ebenfalls noch in der Entwicklung. Daher können Anforderungen aus der Konzeptspezifikation der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in der Ausgestaltung von A2 berücksichtigt werden.

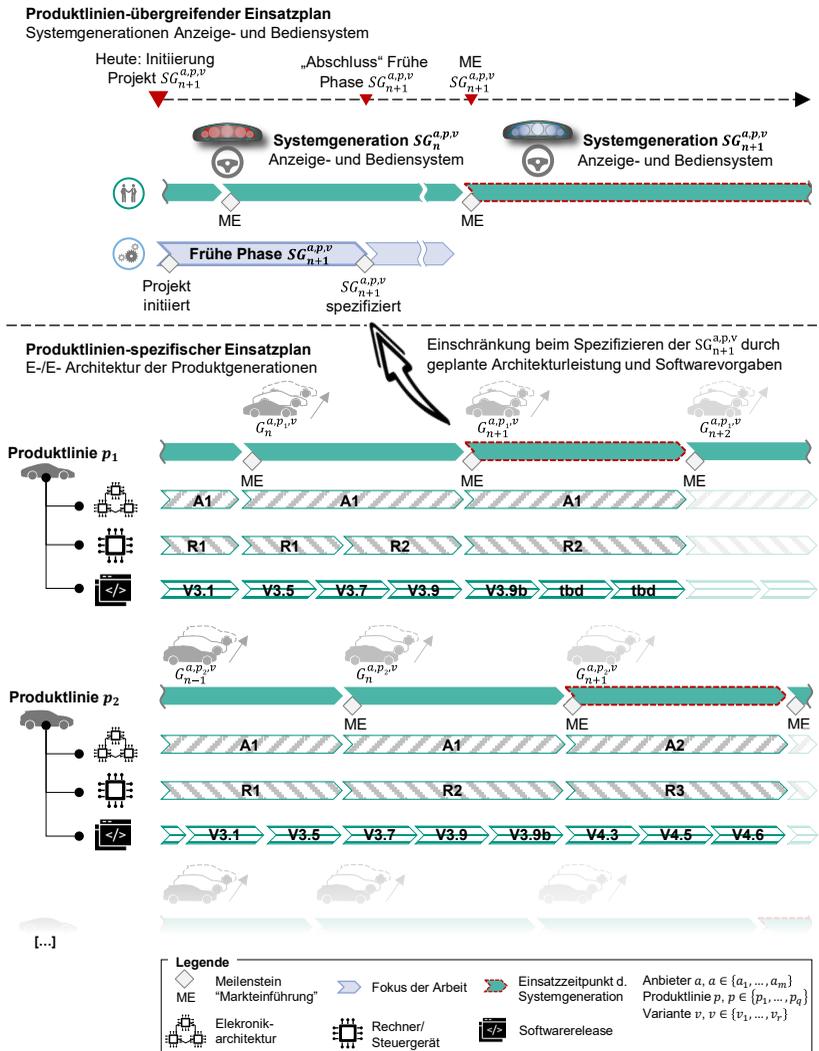


Abbildung 4.8: Beeinflussung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ durch technische Restriktionen des Subsystems Elektronikarchitektur oder Vorgaben des SW-Frameworks

Obgleich dies wiederum technischen und finanziellen Grenzen unterliegt, sind Konzeptentwickelnde mit einem weniger engen Lösungsraum konfrontiert. Idealerweise

ist die jeweilige Einsatzstaffelung mit technisch einschränkenden Teilsystemen synchronisiert. Dies ist jedoch aufgrund der Vielschichtigkeit der Einflüsse auf die Entscheidungsfindung nicht immer möglich. Die jeweiligen SW-Frameworks bieten hier oftmals mehr Freiheitsgrade. Häufigere Releases (Markteinführungen von SW-Teilsystemen) bieten die Möglichkeit, flexibler auf veränderte Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern reagieren zu können. Auch bereits in den Markt eingeführte Produkte können über sog. *Over-the-Air* Updates weiterentwickelt werden. Dennoch können auch bestehende SW-Frameworks die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten durch Gestaltungsregeln einschränken. Dies ist insbesondere bei konzeptionellen Änderungen durch PV oder AV zu berücksichtigen, die sich technisch auf bestehende SW-Widgets auswirken.

4.2.3 Handlungsbedarf

Die Analyse zum Stand der Forschung hat gezeigt, dass bestehende Ansätze keine konsequente Produktlinien-übergreifende Entwicklung sicherstellen. Insbesondere das in der Praxis weit verbreitete Rahmenwerk des User-Centered-Design bleibt konkrete Handlungsleitlinien und methodische Empfehlungen schuldig (vgl. Abschnitt 2.1.4). Daher ergeben sich zwei Erfolgsfaktoren (EF) und ein Schlüsselfaktor (SF) für das Handlungsfeld *Methoden und Entwicklungsartefakte*:

- *Produktlinien-übergreifende Konzeptentwicklung (EF1)*: Die zu entwickelnde Systematik soll Produktentwickelnde unterstützen, Anzeige- und Bedienkonzepte in der Frühen Phase konsequent Produktlinien-übergreifend zu spezifizieren. Dabei ist zugleich der besonderen Bedeutung der ersteinsetzenden Produktgeneration Rechnung zu tragen. Handlungsleitende Referenzprozesse und unterstützende Methoden sind dabei so auszulegen, dass beim Spezifizieren der Konzepte keine zu starke Fokussierung auf die ersteinsetzende Produktgeneration zu Ungunsten der weiteren Produktgenerationen erfolgt. Vielmehr soll in der Frühen Phase eine Differenzbetrachtung durchgeführt werden, wenn ein Konzept nicht durch ÜV in die übrigen Produktlinien überführt werden kann.
- *Produktgenerationen-spezifische Einsatzplanung (EF2)*: Die Markteinführung der übergreifenden SG über die ersteinsetzende Produktgeneration ist eine gesamtunternehmerische Planungsaufgabe, die von vielen Randbedingungen beeinflusst wird. Die Systematik soll Produktentwickelnde bei der Einsatzplanung unterstützen und dabei auch die Wechselwirkungen zu technisch einschränkenden Teilsystemen berücksichtigen.
- *Analyse und Prädiktion der unternehmensexternen Einflussfaktoren (SF1)*: Das häufig unklare Produktnutzungsverhalten, neue Technologien sowie Markt- und

Umfeldentwicklungen stellen Produktentwickelnde vor besondere Herausforderungen. Dies lässt sich auf die oftmals unzureichende Verfügbarkeit notwendiger Informationen zurückführen. Die Systematik soll geeignete Werkzeuge zur Unterstützung der notwendigen Analyseaktivitäten bereitstellen.

Die dargelegten Entwicklungssituationen beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten bergen vielschichtige prozessuale, methodische und inhaltliche Herausforderungen, auf die Entwickelnde in der Praxis vorbereitet sein müssen. Gleichsam ergeben sich synergetische und strategische Potentiale, die bei Bewältigung der gegebenen Herausforderungen gehoben werden können. In der nun folgenden Studie werden diese Herausforderungen und Potentiale analysiert.

4.3 Expertenumfrage zu Herausforderungen und Potentialen in der Automobilentwicklung

Dieser Teil der DS I soll ein detailliertes Verständnis zu in der Automobilentwicklung auftretenden Herausforderungen und Potentialen beim Produktlinien-übergreifenden Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten schaffen. Dazu wurde eine fragebogengestützte Umfrage unter mehreren Marken des VW-Konzerns durchgeführt. Die Umfrage zielt damit auf die Beantwortung der Forschungsfrage FF3 ab:

FF 3: Welche Potentiale und Herausforderungen birgt das Produktlinien-übergreifende Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten zur Erreichung der UX-bezogenen Produktziele?

Im Folgenden werden Aufbau und Ergebnisse der Umfrage erläutert, die zudem bereits bei Hünemeyer, Reichelt, Rapp, Albers & Maier (2022b) veröffentlicht wurde. Teile der Durchführung und Auswertung sind im Rahmen der Abschlussarbeit von Unterseher (2021)⁸ bei der Porsche AG in Zusammenarbeit mit dem IKTD – Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design an der Universität Stuttgart entstanden. Die Arbeit wurde vom Autor dieser Dissertationsschrift Co-betreut.

4.3.1 Studiendesign

Die Umfrage wurde im Zeitraum von 09/2021 – 11/2021 mittels eines anonymen Online-Fragebogens durchgeführt. Dazu wurden gezielt Fachleute aus der Domäne

⁸ Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit

Fahrzeug-UX identifiziert, die in den Marken des VW-Konzerns in der frühen Entwicklungsphase produktdefinitorische Aktivitäten verantworten. Insgesamt haben 68 Personen an der Umfrage teilgenommen, davon haben 45 Personen den Fragebogen vollständig ausgefüllt. Für die Auswertung der Studie wurden ausschließlich die 45 vollständig ausgefüllten Fragebögen herangezogen. Der Fragebogen bestand aus insgesamt 28 Hypothesen, die zur inhaltlichen Strukturierung in vier thematische Cluster aufgeteilt wurden. Zur Messung der persönlichen Präferenzen der Teilnehmenden wurde eine sechsstufige ordinale Likert-Skala eingesetzt. Die Auswertung erfolgt durch die Angabe der prozentualen Antworthäufigkeiten. Die Hypothesen wurden auf Basis der Erkenntnisse aus einer vorangestellten systematischen Literaturrecherche sowie der Erkenntnisse aus den zuvor dargelegten Studien formuliert. Die Interpretation der Ergebnisse wird zur Einordnung und Diskussion durch dokumentierte wissenschaftliche Erkenntnisse aus einer zweijährigen teilnehmenden Beobachtung des Autors dieser Arbeit gestützt. Zu Beginn des Fragebogens wurden die Teilnehmenden nach ihrer Berufserfahrung sowie ihrer aktuellen Rolle in der Konzeptentwicklung befragt (vgl. Abbildung 4.9).

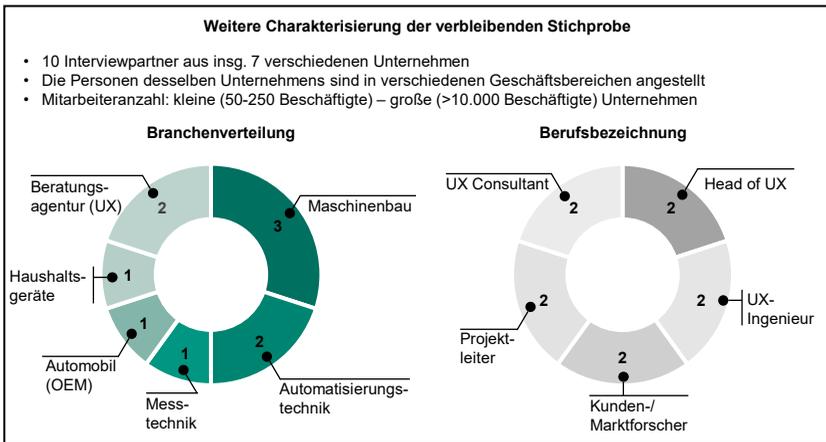


Abbildung 4.9: Relative Häufigkeitsverteilung der Berufserfahrung und der Berufsbezeichnung der Stichprobe

Die Charakterisierung der Stichprobe legt nahe, dass die Zielgruppe der Konzeptentwickelnden unterrepräsentiert ist. Dabei sei jedoch angemerkt, dass die Rollen keiner Standardisierung unterliegen. Weiterhin ist die Beschreibung von Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten nicht über alle betrachteten Unternehmen einheitlich. Der Probandenpool wurde gezielt über die bestehenden gemeinsamen Entwicklungsprojekte ausgewählt. Dadurch ist sichergestellt, dass alle Personen in

der Stichprobe einen entscheidenden Beitrag in der Konzeptentwicklung haben. Die Heterogenität der Rollenverteilung in der Grundgesamtheit trägt zudem der interdisziplinären Zusammensetzung des Handlungssystems beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten Rechnung (vgl. Abschnitt 4.1.3).

4.3.2 Studienergebnisse

Die Hypothesen wurden in vier thematische Cluster aufgeteilt. Das **erste Cluster** adressiert *Strategische Potentiale* beim Produktlinien-übergreifenden Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten. Abbildung 4.10 zeigt die Ergebnisse der Umfrage anhand der Zustimmungspräferenzen der Fachleute.

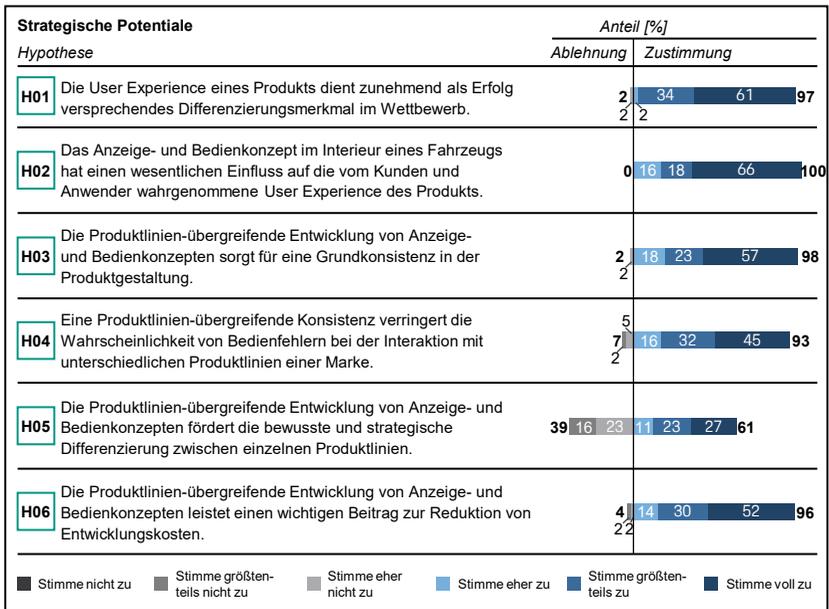


Abbildung 4.10: Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Strategische Potentiale" (n=45)

Albers, Fahl, Hirschter, Haag, Hünemeyer et al. (2020) stellen das Potential der Produktlinien-übergreifenden Entwicklung von Produktfunktionen heraus. Die Ergebnisse der Prozessanalyse in Abschnitt 4.2 legen für die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten ebenfalls eine gesamtheitliche Betrachtung aller Produkt-

linien nahe. Die Ergebnisse der Online-Befragung bestätigen die postulierten strategischen Potentiale (vgl. H01 und H02). 96% der befragten Fachleute bestätigen das Potential zur Reduzierung von Entwicklungskosten (H06). Darüber hinaus bestätigen 98% den positiven Effekt auf die grundsätzliche Konsistenz im Produktdesign innerhalb des gesamten Produktportfolios (H03). Besitzer mehrerer Fahrzeuge aus unterschiedlichen Produktlinien können sich so leichter mit der Produktnutzung vertraut machen, was die Wahrscheinlichkeit von Fehlbedienungen verringert (H04). Darüber hinaus bestätigen 61% der befragten Personen, dass ein produktlinienübergreifender Entwicklungsansatz die bewusste und strategische Differenzierung zwischen den Produktlinien einer Marke fördern kann (H05). Der Autor dieser Arbeit sieht in der produktlinienübergreifenden Entwicklung eine Möglichkeit für Unternehmen, in der Frühen Phase der Produktentwicklung bewusste Fokuspunkte für die strategische Differenzierung der Produktlinien zu setzen. Eine entsprechende Gleichteilestrategie in Hardware- und Software-Teilsystemen bedeutet nicht, Konzepte dogmatisch für alle Produktlinien gleich auszuprägen. Eine bewusste Vereinheitlichung kann kreativen Freiraum für strategisch wichtige und für Kunden und Anwender wahrnehmbare Differenzierungsfelder schaffen. Dadurch lässt sich zum einen eine wiedererkennbare Markenidentität über das Anzeige- und Bedienkonzept schaffen. Andererseits bleibt ausreichend Potential zur Differenzierung einzelner Produktlinien entsprechend dem Nutzungskontext und der Produktpositionierung im Wettbewerbsumfeld (z.B. Differenzierung Rennstrecken-fokussierter Sportwagen und geländetauglicher SUVs). Im **zweiten Cluster** wurde der Einsatz von Referenzprodukten untersucht (vgl. Abbildung 4.11).

Analyse von Referenzprodukten		Anteil [%]	
		Ablehnung	Zustimmung
H07	Die Analyse bestehender Referenzprodukte leistet einen wichtigen Beitrag bei der Erhebung von Anforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte.	4 22	14 39 43 96
H08	Relevante Referenzprodukte für Erfolg versprechende Interaktionsprinzipien und Bedienabläufe befinden sich zunehmend auch in anderen Industriezweigen wie der Konsumgüterindustrie.	5 7 2	20 43 30 93
H09	Die Analyse bestehender Referenzprodukte reduziert die Unsicherheit in Bezug auf UX- sowie Usability-Anforderungen von Kunden und Anwendern.	13 2	11 34 34 18 86
H10	Die Nutzung bestehender Referenzprodukte fördert das Verständnis der Stakeholder für entwickelte Anzeige- und Bedienkonzepte.	7 7	23 45 25 93

Stimme nicht zu
 Stimme größtenteils nicht zu
 Stimme eher nicht zu
 Stimme eher zu
 Stimme größtenteils zu
 Stimme voll zu

Abbildung 4.11: Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Analyse von Referenzprodukten" (n=45)

Insgesamt 96% der Befragten bestätigen, dass die Analyse bestehender Referenzprodukte wesentlich zur Erhebung von Anforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte beiträgt (H07). Insgesamt 86% sehen zudem das Potenzial, Marktunsicherheiten in Bezug auf unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern zu reduzieren (H09). Der Umgang mit Unsicherheit wird in der Literatur als eine Kernherausforderung in der frühen Entwicklungsphase identifiziert. Das Verständnis zu Referenzsystemelementen geht dabei jedoch über Produkte im Sinne physischer Systeme als Elemente im Referenz-Objektsystem hinaus. Insbesondere wenn das Zielsystem der analysierten Systeme rekonstruiert werden kann, können Entwickelnde auf wertvolle Informationen aus der Phase der Zielbildung zurückgreifen. Die Verknüpfung von bestehenden Interaktionslösungen mit den zugrundeliegenden UX-relevanten Produktzielen kann wertvolle Hinweise bereitstellen, z.B. beim Aufbau alternativer Lösungen oder der Lösungsauswahl. Als Beispiel lässt sich die Interaktionslösung der Gestensteuerung von Infotainment-Funktionen anführen. Ungeachtet technischer Hürden können Entwickelnde dieses Lösungskonzept bewusst für den eigenen Entwicklungsauftrag übernehmen oder ausschließen, wenn sie das eigene Zielsystem mit dem des Referenzsystemelements (RSE) abgleichen. Wenn das Zielsystem des RSE in seinen Ausprägungen von dem eigenen Zielsystem abweicht, liefert dies u.U. eine Begründung, nicht auf diese Interaktionslösung zu setzen und ein alternatives Konzept zu verfolgen. Albers, Rapp, Spadinger et al. (2019) weisen jedoch darauf hin, dass diese Rekonstruktion des Referenz-Zielsystems insb. bei externen RSE nur aufwändig umsetzbar ist.

Weitere 93% stimmen der Hypothese zu, wonach die Nutzung von Referenzprodukten das Verständnis der Stakeholder für entwickelte Anzeige- und Bedienkonzepte verbessert. Wenn Entwickelnde z.B. Interaktionsprinzipien von Produkten in ihr Referenzsystem übertragen, mit denen Kunden und Anwender bereits vertraut sind, kann dies das Verständnis für das Anzeige- und Bedienkonzept verbessern. Darüber hinaus kann die interne Kommunikation und Entscheidungsfindung im Entwicklungsprozess erleichtert werden. Anzumerken ist, dass relevante Referenzprodukte für den untersuchten Bereich zunehmend auch außerhalb der Automobilindustrie zu finden sind. Insgesamt 93% der Befragten bestätigen dies (H08). Dies ist darauf zurückzuführen, dass z.B. Smartphones zu ständigen Begleitern im Alltag der Kunden und Anwender geworden sind. Für Operationen wie das Abspielen von Musik oder Anrufen von Kontakten empfiehlt es sich, die Interaktionsprinzipien in das Referenzsystem der zu entwickelnden SG zu übernehmen und durch (möglichst geringfügige) AV an die Geometrie der Benutzungsschnittstelle anzupassen. Im **dritten Cluster** wurden Hypothesen zum Konzeptbegriff und zu spezifischen inhaltlichen und methodischen Anforderungen an ein Anzeige- und Bedienkonzept formuliert (vgl. Abbildung 4.12).

Empirische Untersuchungen zum Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase

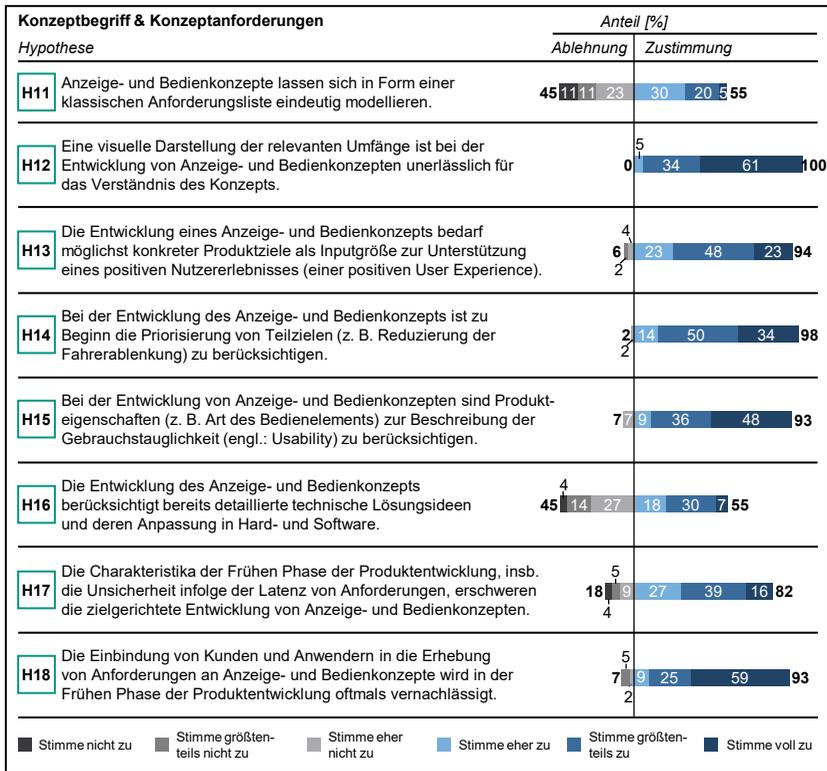


Abbildung 4.12: Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Konzeptbegriff und Konzeptanforderungen" (n=45)

Über den Mehrwert einer Anforderungsliste als Konzeptsdokumentation sind sich die Experten uneinig (H11). 55% der Befragten bestätigen, dass ein Anzeige- und Bedienkonzept mit Hilfe einer Anforderungsliste eindeutig modelliert werden kann. Demgegenüber widersprechen 45% dieser Hypothese. Bemerkenswert ist die Verteilung der Präferenzen zur Mitte hin. Die absoluten Positionen ("stimme voll zu" und "stimme überhaupt nicht zu") haben vergleichsweise niedrige Zustimmungswerte. Dies deutet darauf hin, dass die Rolle von Anforderungen und entsprechenden rein anforderungsbasierten Spezifikationen unter UX-Experten umstritten ist. Gleichzeitig wird eine visuelle Darstellung des Konzepts von allen befragten Experten als wesentlich für das Verständnis angesehen (H12). In Literatur und Praxis etablierte Modelle sind z.B. User Journey Maps, Use Case Diagramme oder Skizzen von Benutzungsschnittstellen, die den Ablauf der Bedienung und Anzeige abbilden (vgl.

Abschnitt 4.1.2). Die Interaktion mit grafischen Benutzungsschnittstellen wird häufig durch sog. Wireframes visualisiert. Ein standardisiertes Modell mit einer einheitlichen Ontologie, das für alle Fälle verwendet werden kann, ist bisher nicht etabliert. Dies führt zu dem Schluss, dass eine rein anforderungsbasierte Dokumentation, z.B. in einem Lastenheft, nicht ausreicht. Dennoch sind laut 94% der Experteneinschätzungen konkrete UX-bezogene Produktziele als Eingangsgröße erforderlich (H13). Die Priorisierung von Teilzielen ist nach Meinung von 98% der Experten zu Beginn der Entwicklung von zentraler Bedeutung (H14). Darüber hinaus halten 93% die Einbeziehung von Produkteigenschaften zur Usability bei der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten für wichtig (H15).

Unsicher sind sich die Experten hinsichtlich des Detaillierungsgrades der Spezifikation des Konzeptes. 55% der Experten bestätigen, dass diese bereits die konkrete technische Lösung zur Umsetzung des Konzepts sowie deren Realisierung in Hardware- und Software-Teilsystemen enthalten sollten (H16). Aufgrund der kontroversen Einschätzung wurde dies im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts genauer analysiert. Der Autor dieser Arbeit konnte dazu in der Rolle als Projektleiter bei der Porsche AG wertvolle ergänzende Erkenntnisse sammeln. In allen Entwicklungsprojekten hat sich gezeigt, dass die vollständige Entkopplung der Konzeptentwicklung von der technischen Bewertung nicht zielführend ist. Im Einklang mit der Hypothese von Albers (2010), wonach jeder Produktentwicklungsprozess einmalig und einzigartig ist, konnte kein für alle Projekte einheitlich gültiges Detaillevel für die Konzeptmodellierung gefunden werden. Folglich ist die gebotene technische Tiefe durch die verantwortlichen Fachleute fallspezifisch zu bewerten. Im untersuchten Unternehmenskontext wurde durch konzeptverantwortliche Entwickelnde ein grafisches Konzeptmodell für das Anzeige- und Bediensystem erstellt. Die Beschreibung der gesamten SG setzt sich dabei aus Modellen für Teilumfänge zusammen (z.B. die Modellierung der Interaktion zwischen Anwender und der Produktfunktion Stauassistent). Die technische Realisierung des Konzepts, z.B. die Detailkonstruktionen von HW-Elementen oder die Programmierung von SW-Elementen, obliegt den jeweils zuständigen Fachabteilungen für Interieur- oder Elektronikentwicklungen. Die frühe Einbindung technischer Experten aus den umsetzenden Fachbereichen hat sich jedoch in allen Teilprojekten bereits im Rahmen der Ideenfindung als Erfolg versprechend herausgestellt. Diese Aktivität ist klassischerweise durch ein hohes Maß an Kreativität bestimmt, wodurch die Generierung zahlreicher alternativer Lösungen unter minimaler gedanklicher Einschränkung stimuliert werden soll. In einem Teilprojekt zur Entwicklung des Anzeige- und Bedienkonzepts in der Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ hat sich gezeigt, dass oftmals bereits bei dieser kreativen Aktivität ein tiefes Fachwissen zum effektiven Spezifizieren von Konzepten erforderlich ist. Aufgrund des hohen Anteils an vorgegebenen ÜV der funktionsrealisierenden techni-

schen Teilsysteme unterlag die Konzeptentwicklung stark einschränkenden Randbedingungen. Auswirkungen von PV- und AV-Anteilen im Konzept auf die technische Realisierung wurden unmittelbar technisch und finanziell bewertet. In einem weiteren Teilprojekt unterlag die Konzeptentwicklung weniger starken Einschränkungen durch vorgegebene ÜV-Anteile. Auch hier hat sich die frühe Einbindung von Experten als zielführend herausgestellt, um ein ausreichendes technisches Detaillevel für die nachfolgende wirtschaftliche Bewertung zu bestimmen. Im Stand der Forschung wird der frühen Phase der Produktentwicklung eine hohe Unsicherheit attestiert. So bestätigen 82% der Experten, dass die zielgerichtete Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase insbesondere aufgrund der Latenz von Anforderungen erschwert wird (H17). Als Ursache bestätigen 93% die oft vernachlässigte Einbindung von Anwendern und Kunden in die Erhebung von Anforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte (H18). Zur Reduktion von Unsicherheiten werden abschließend im **vierten Cluster** Potentiale zur methodischen Unterstützung beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten diskutiert (vgl. Abbildung 4.13).

Die Experten bestätigen einstimmig, dass die systematische Auswertung von Kundenfeedback, z.B. über Marktstudien oder die Erhebung von Nutzungsdaten, als methodische Alternative herangezogen werden kann (H19). Darüber hinaus bestätigt die Befragung mit jeweils 100% Zustimmung, dass qualitative und quantitative Studien zur Anforderungserhebung bedarfsbezogen kombiniert werden sollten (H20, H21) und dass eine methodische Unterstützung helfen würde, vorhandene Potenziale in der Frühen Phase zu heben (H22). Darüber hinaus sind sich alle befragten Fachleute einig, dass technologische, marktliche und gesellschaftliche Trends sowie vergleichbare Umfeldentwicklungen einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten haben (H23). Dennoch bestätigen 91%, dass die Analyse in der Praxis oft nicht zielgerichtet erfolgt (H24). Die Teilnehmenden bestätigen übereinstimmend das Potenzial methodischer Unterstützung, um zukünftiges Wissen besser für die Frühe Phase nutzbar zu machen (H25). Weiterhin bestätigen 66% die Notwendigkeit, alle Anwendungsfälle in der frühen Phase zu modellieren (H26), gleichzeitig sind 97% der Befragten der Ansicht, dass eine Priorisierung (z.B. nach Anwender- und Kundennutzen oder gesetzlicher Relevanz) in der Frühen Phase notwendig ist (H27). Die abschließende Hypothese, dass eine methodische Unterstützung helfen würde, die zu priorisierenden Anwendungsfälle gezielt auszuwählen (H28), erfährt eine breite Zustimmung von 98% der Befragten. Im Rahmen der flankierenden teilnehmenden Beobachtung hat sich gezeigt, dass aus Effizienzgründen nicht alle Anwendungsfälle in der Frühen Phase berücksichtigt werden können. So können z.B. bestimmte modellierte Konzeptelemente als Referenz für ähnliche Anwendungsfälle dienen, aus denen die umsetzenden Fachbereiche die entsprechenden technischen Elemente ableiten können.

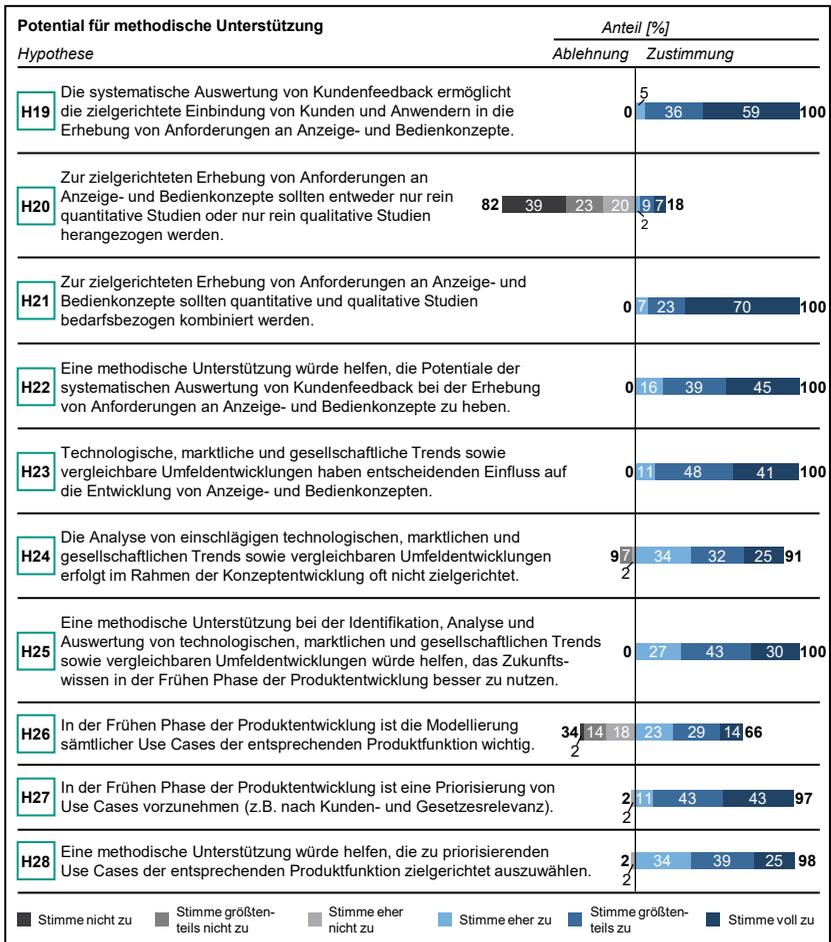


Abbildung 4.13: Umfrageergebnisse zu den Hypothesen im Cluster "Potential für methodische Unterstützung" (n=45)

Zum anderen führt der Aspekt der Marktunsicherheit dazu, dass oftmals nicht alle Anwendungsfälle in der Frühen Phase bereits bekannt sind. Dies ist vor allem dann herausfordernd, wenn der Anteil an Neuentwicklungen auf der Systemebene des Gesamtfahrzeugs sowie der interaktiven Produktfunktionen hoch ist. So sind bspw. beim hochautomatisierten Fahren die detaillierten Bedarfe noch nicht ausreichend erforscht. Dennoch können UX-Fachleute die Unsicherheit durch den Einsatz von Referenzen ein Stück weit beherrschbar machen. Fällt die primäre Fahraufgabe

weg, lassen sich die Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern z.B. teilweise durch den Vergleich mit Anwendungsfällen von Bahn- und Flugzeugpassagieren ableiten. Beim Aufbau des Referenzsystems ist folglich zu berücksichtigen, dass relevante Referenzsystemelemente für die Betrachtungsumfänge der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten zunehmend auch außerhalb der Automobilindustrie liegen. Damit einher geht jedoch auch ein entsprechend erhöhtes Entwicklungsrisiko, „am Markt vorbei“ zu entwickeln, da die Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse einer erhöhten Fehlerwahrscheinlichkeit unterliegt.

4.3.3 Handlungsbedarf

Auf Basis der Befragungsergebnisse wurden ein Erfolgsfaktor (EF) und drei Schlüsselfaktoren (SF) aus dem Blickwinkel der UX-Experten in der Automobilindustrie abgeleitet. Für das Handlungsfeld *Methoden und Entwicklungsartefakte* ergeben sich:

- *Zukunftsvorausschau in der Konzeptentwicklung etablieren (EF3)*: UX-Experten müssen gezielt Wissen um technologische, marktliche und gesellschaftliche Trends aufbauen. Das Zukunftswissen muss anschließend zur Ableitung von zukünftigen Nutzungsanforderungen in die Konzeptentwicklung transferiert werden (H7-H10, H17, H19-H25).
- *Die Definition von UX-bezogenen Produktzielen strukturieren (SF2)*: UX-spezifische Ziele und Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern unterstützen die Experten beim zielgerichteten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten. Diese müssen zu Beginn des Entwicklungsprojekts aus den verfügbaren Quellen abgeleitet werden (H13-H15, H18, H19).
- *Relevante Referenzsystemelemente identifizieren und analysieren (SF3)*: Die zielgerichtete Analyse von Referenzsystemelementen leistet einen essenziellen Beitrag zur Reduktion von Marktunsicherheiten in der Frühen Phase. Für die betrachtete Domäne ist dabei der Suchraum auf die Konsumgüterindustrie sowie weitere Mobilitätssysteme auszuweiten (H7-H10, H17-H25).
- *Situationsspezifische Detailtiefe in der Konzeptmodellierung (SF4)*: Die Konzeptmodellierung sollte den umsetzenden Fachbereichen bereits eine initiale Beschreibung der Variationsumfänge im Sinne der SGE bereitstellen. Die systemisch-technische Detailtiefe muss dabei für die Entwickelnden fallspezifisch festlegbar sein (H16).

Weiterhin wurde ein Schlüsselfaktor (SF) für das Handlungsfeld *Integration von Kunden und Anwendern* abgeleitet:

- *Anwendungsfälle und Nutzungskontext von Kunden und Anwendern verstehen (SF5)*: Kunden und Anwender müssen im Sinne der menschenzentrierten Entwicklung gezielter in die Aktivitäten der Frühen Phase einbezogen werden. Neben Evaluationsstudien mit Konzept-Prototypen sind die Erhebung und Analyse von Nutzungsdaten sowie Auswertung von Studien aus dem Vertriebs- und Qualitätsressort Erfolg versprechende Werkzeuge (H7-H10, H17-H25).

Die ergänzende teilnehmende Beobachtung bei der Porsche AG hat zudem gezeigt, dass die verantwortlichen Entwickelnden von Anzeige- und Bedienkonzepten nicht zwangsläufig auch Experten auf dem Gebiet der Datenforschung sind. Zum Aufbau von notwendigem Problemlösungswissen bei der Auswertung von Nutzungsdaten und Marktstudien werden im Folgenden die Erkenntnisse der Hypothesen H19-H22 in einer dedizierten Interview- und beobachtenden Studie weiter analysiert.

4.4 Untersuchung zum Status Quo und Potentialen bei der datengestützten Konzeptsynthese

Die angesprochene Marktunsicherheit resultiert oftmals in einem Wissensdefizit der Entwickelnden hinsichtlich des Produktnutzungsverhaltens von Kunden und Anwendern (Bavendiek et al. 2020, Zimmermann et al., 2021). Dieser Problemstellung kann mit einer gezielten Analyse von erhobenen qualitativen und quantitativen Produktnutzungsdaten begegnet werden (vgl. H19-H22 in Abschnitt 4.3.2). Diese Studie soll dazu ein umfassendes Problemverständnis erheben und Erfolgsfaktoren erörtern. Die Ergebnisse zielen auf die Forschungsfrage FF 5 ab:

FF 5: Welche Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Nutzung von qualitativen und quantitativen Produktnutzungsdaten treten in der Automobilentwicklung beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten auf?

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Interviews näher erläutert. Auszüge wurden bereits bei Hünemeyer, Bauer, Wiedner, Rapp, Albers & Frazzoli (2022) veröffentlicht. Teile der Auswertung sind im Rahmen der Abschlussarbeit von Bauer

(2022)⁹ bei der Porsche AG in Zusammenarbeit mit dem IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entstanden.

4.4.1 Studiendesign

Basis der Studie ist eine Literaturrecherche zur datengestützten Produktentwicklung (vgl. Abbildung 4.14).

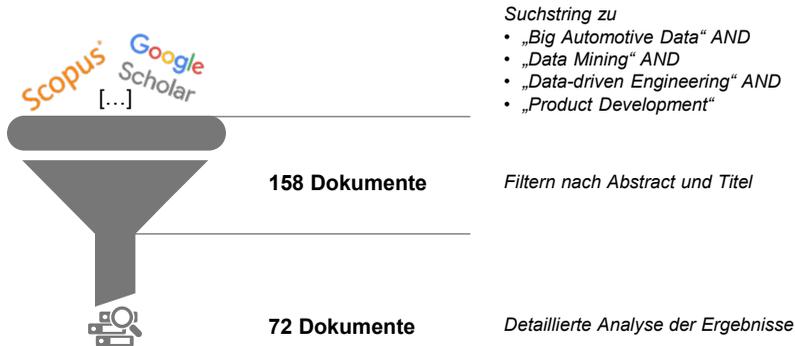


Abbildung 4.14: Vorgehen, Suchstrings und Anzahl der analysierten Publikationen für die Literaturanalyse zur datengestützten Produktentwicklung in dieser Studie

Insgesamt wurden 158 relevante deutsch- und englischsprachige Arbeiten identifiziert. Die Relevanz der Publikationen für die Fragestellung in dieser Studie wurde anschließend anhand des Abstract bewertet. Die verbleibenden 72 Dokumente wurden umfassend analysiert. Darauf aufbauend wurden ausgewählte Ergebnisse mit UX- (n=7) und Daten-Fachleuten (n=6) in 30-60-minütigen semistrukturierten Interviews diskutiert. Diese wurden im Zeitraum 11/2021 – 01/2022 virtuell geführt, mit dem Einverständnis der interviewten Personen aufgezeichnet und transkribiert. Die UX-Fachleute wurden gezielt aus der Stichprobe der Umfrage aus Abschnitt 4.3 ausgewählt. Selektionskriterien waren Berufserfahrung (mind. 5 Jahre) sowie die derzeitige Rolle: es wurden ausschließlich Entwickelnde befragt, die in einer konzeptverantwortlichen Rolle oder vergleichbaren Schnittstellenfunktion beschäftigt sind. Die Fachleute der Datenwissenschaft wurden über interne Kanäle identifiziert und hatten zum Zeitpunkt der Studie zwischen 5-10 Jahren relevante Berufserfahrung. Keine dieser sechs Personen hatte zum Zeitpunkt der Interviews Erfahrung im

⁹ Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit

Bereich der Konzeptentwicklung. Kern der Interviews waren gezielte Fragen zu Potentialen der Analyse quantitativer und qualitativer Produktnutzungsdaten, zur aktuell verfügbaren Datenlandschaft, zu Prozessen der Analyse und zu Schwierigkeiten bei der Anwendung von Analyseergebnissen im operativen Alltag. Die Ergebnisse wurden zur Interpretation sowie weiterführenden Diskussion und wissenschaftlichen Einordnung um eine gezielte sechsmonatige teilnehmende Beobachtung im Rahmen der Abschlussarbeit ergänzt.

4.4.2 Studienergebnisse

Die Inhalte wurden zunächst isoliert für die beiden Gruppen erhoben, um die jeweilige Perspektive zu verdeutlichen. Dadurch konnten gezielt prozessuale Probleme und Unterschiede in der Arbeitsweise erhoben werden. Anschließend wurden wechselseitige Erfolgsfaktoren identifiziert, um die beobachtete prozessuale und methodische Lücke zu verkleinern. Die Erkenntnisse aus den Interviews werden über die fortlaufende Nummerierung der Personen referenziert, die an den Interviews teilgenommen haben (P1-P13). Die Erkenntnisse aus der Literaturanalyse werden über Quellenverweise kenntlich gemacht. Die Zusammenhänge zeigt Abbildung 4.15.

4.4.2.1 Perspektive der UX-Fachleute

Entwickelnde von Anzeige- und Bedienkonzepten sind sowohl für die kreative Systemsynthese als auch die Evaluation im Rahmen der Validierung verantwortlich. Im Kontext der angestrebten Reduktion von Marktunsicherheiten durch die Analyse von Produktnutzungsdaten stehen sie vor vielschichtigen Herausforderungen:

Hohe Dynamik im Entwicklungsprozess:

Die Fachleute heben hervor, dass Anforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte im Fahrzeug nur in wenigen Fällen an quantifizierbaren Merkmalen ausgerichtet werden können. Oftmals überwiegen subjektive und stark kontextabhängige Eindrücke bei der Nutzung. Dies geht mit erhöhtem Bedarf an Evaluationsstudien einher. Gegenwärtig erhobene Bewertungen seien jedoch häufig unscharf, teilweise widersprüchlich, oft von persönlichen Präferenzen bestimmt und über die Dauer des Entwicklungsprozesses selten beständig (P2, P3, P6). Zudem fehle teilweise der Fokus auf die relevantesten Anwendungsfälle. In der operativen Umsetzung führt dies dazu, dass Entwickelnde wenig Zeit für wichtige produktstrategische Fragestellungen zu künftigen Systemgenerationen haben. Folglich besteht die Notwendigkeit, *priorisierte Anwendungsfälle und Produktfunktionen zu identifizieren*. Dies erfordert im ersten Schritt, der Datenerhebung und -analyse eine *höhere strategische Priorität* einzuräumen (P1 - P7).

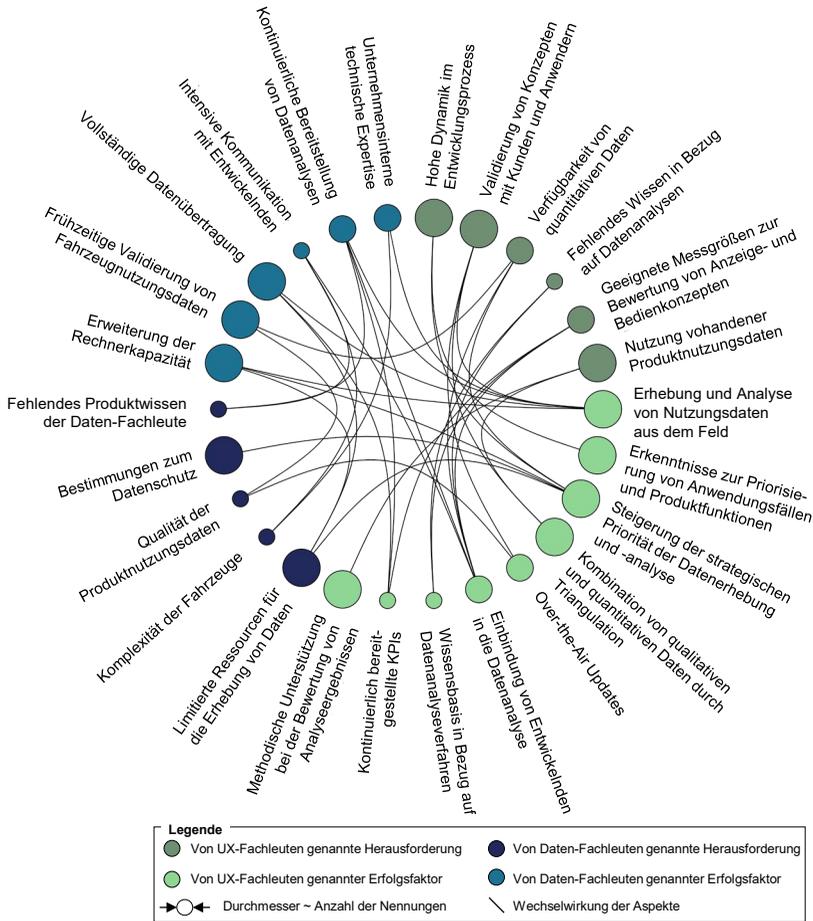


Abbildung 4.15: Edge-Bundling Chart zu Herausforderungen und Erfolgsfaktoren bei der Erhebung, Analyse und Verwendung von Produktnutzungsdaten

Validierung von Systemkonzepten mit Kunden und Anwendern anhand von interaktiven Prototypen

Die Bedeutung des nutzerzentrierten Designs bei der Entwicklung interaktiver Produkte ist hinlänglich erforscht, jedoch besteht eine der größten Herausforderungen in der Einbindung von Kunden und Anwendern in den Produktentwicklungsprozess von Anzeige- und Bedienkonzepten (Bavendiek, Koch et al., 2021; Ebel et al., 2021;

Lin, Chien & Kerh, 2016; Zaidi et al., 2018) (P1, P2, P4, P5, P7). Die Umfragestudie bestätigt dies (vgl. Hypothese H15 in Abschnitt 4.3.2). Die Interviewten erklären dies vor allem damit, dass Studien mit Kunden und Anwendern hohen finanziellen Aufwand bedeuten (P1, P2, P4, P5, P7). Zudem ist das Feedback durch die mangelnde statistische Signifikanz der gesammelten Daten oder den Einfluss von Randbedingungen der Studie ebenfalls mit hoher Unsicherheit behaftet (Orlovska, Wickman & Söderberg, 2018b). Die Fachleute kritisieren, dass aufgeworfene Fragestellungen oftmals nur teilweise beantwortet werden können. Dies resultiert in einer unzureichenden Zuverlässigkeit (i.S.v. Reliabilität) und Gültigkeit (i.S.v. Validität) der Ergebnisse (Drost, 2011; Heale & Twycross, 2015; Sürücü & Maslakci, 2020).

Weiterhin haben einige bereits die Erfahrung gemacht, dass Probanden in Laborstudien oftmals durch Versuchsaufbauten beeinflusst werden. Orlovska, Wickman & Söderberg (2018) stellen in diesem Zusammenhang fest, dass Probanden in etwäischen Studien dazu neigen, ihre Handlungen und Entscheidungen unzutreffend zu bewerten. Daher sollten Evaluationskonzepte dahingehend erweitert werden, Kunden und Anwender in ihrem natürlichen Umfeld zu erforschen. Das Versuchsdesign ist dabei überdurchschnittlich aufwendig, jedoch kann die Evaluation unter realen Bedingungen stattfinden. Diesem Gedanken folgend bestätigen die Experten das Potential, das mit der *Erhebung und der Analyse von Nutzungsdaten aus dem Feld* einhergeht. (P4, P5, P6, P7)

Ein Kernargument ist die dadurch bereitgestellte quantifizierbare und unverzerrte Wissensbasis, die einen breiten Querschnitt der Kunden und Anwender umfasst. Im Bereich der Web- und App-Entwicklung sind Methoden wie A/B-Tests über *Over-the-Air-Updates* zur frühen Validierung in Feldstudien inzwischen Stand der Technik und gelten als essenziell für die nutzerzentrierte Entwicklung (Kohavi et al., 2013). Albers (2010) unterstreicht das Potential zur Wissensgenerierung durch gezielte Validierung und damit zur Reduktion von Unsicherheit in der Frühen Phase. Diese Ansätze erfordern jedoch technische Schnittstellen, um mittels Remote-Updates neue Konzepte dynamisch zu testen, identifizierte Fehler zu beheben und relevante Metriken in Echtzeit zu ermitteln. Anforderungen an die funktionale Sicherheit und die Zertifizierung des Systems schränken den Erfolgsbeitrag solcher Ansätze zur Automobilentwicklung zusätzlich ein. (P1, P2, P4, P5, P7)

Infolgedessen werden konzeptionelle Änderungen oftmals nicht im laufenden Marktzyklus einer Produktgeneration vorgenommen. Dies unterstreicht das Potential der Analyse von Felddaten als Methode zur Generierung von Wissen um das Nutzungsverhalten von Kunden und Anwendern. Gleichzeitig ist die Möglichkeit, ursächliche Erklärungen für beobachtete Phänomene zu finden, eingeschränkt. Die

Fachleute betonen, dass lediglich durch *Kombination von qualitativen und quantitativen Daten mittels Triangulation* eine ganzheitliche Bewertung der relevanten Produkteigenschaften möglich ist. (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7)

Verfügbarkeit von quantitativen Daten

Ebel, Orlovska, Hünemeyer et al. (2021) weisen auf die eingeschränkte Zugänglichkeit von quantitativen Produktnutzungsdaten für Konzeptentwickelnde hin. Die Fachleute bestätigen, dass Konzeptentscheidungen in der Praxis selten durch quantitative Daten gestützt werden, und führen dies hauptsächlich auf die eingeschränkte Verfügbarkeit von quantitativen Daten im Tagesgeschäft zurück. Der technische Grundstein ist durch den Verbau netzwerkfähiger Datensammler gelegt. Die UX-Fachleute kritisieren jedoch die komplexe technische Prozesskette zur Erhebung und Analyse quantitativer Daten. So lassen sich notwendige Aktivitäten gegenwärtig nicht nahtlos in bestehende Entwicklungsprozesse einbetten. Die zusätzlichen Aufwände führen dazu, dass die Potentiale quantitativer Daten oftmals nicht vollständig gehoben werden. Dazu müsste dem Thema eine *höhere strategische Priorität* zugewiesen werden. (P1, P2, P4, P5, P7)

Zur effizienten Planung von Datenerhebungen ist entsprechendes Produkt-bezogenes Wissen notwendig. Ein zentraler Faktor ist folglich die Verbesserung der Zusammenarbeit der beiden Domänen, z.B. durch eine prozessuale Anpassung der Daten- und Konzeptarbeit und die *Einbindung von Entwickelnden in die Datenanalyse* (P2, P7). Die Fachleute bestätigen in diesem Zusammenhang Bavendiek, Koch et al. (2021) und Briard et al. (2021) in der Feststellung, dass die Identifikation zu untersuchender Merkmale und korrespondierender Datenpunkte im Zentrum der Kollaboration stehen sollte. Durch die Erhebung von Produktnutzungsdaten kann anschließend gezielt Wissen hinsichtlich dieser Merkmale erhoben werden (P2, P7).

Fehlendes Wissen in Bezug auf Datenanalyse

Yang (2018) identifiziert fehlende Kenntnisse von Konzeptentwickelnden im Bereich der Datenanalytik als Hauptgrund für die Beobachtung, dass Potentiale von quantitativen Daten gegenwärtig in der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten nicht voll ausgeschöpft werden. Die operative Durchführung der Datenerhebung liegt im Kompetenzbereich von Datenwissenschaftlern. Dennoch müssen Konzeptverantwortliche eine Grundkenntnis über die Möglichkeiten quantitativer Daten zur Beantwortung aufgeworfener Konzeptfragen aufbauen und ihre eigene *Wissensbasis in Bezug auf Datenanalysen* um zentrale Aspekte für die Ableitung von Nutzungsanforderungen *erweitern*. Dazu zählen die Initiierung der Erhebung und die Festlegung der Umfänge sowie die Analyse und Interpretation. (P4, P5, P6)

Geeignete Messgrößen zur Bewertung von Anzeige- und Bedienkonzepten

Holmström, Olsson & Bosch (2013) betonen die Schlüsselrolle von Produktnutzungsdaten im Zuge der kontinuierlichen Validierung des Kunden- und Anwendernutzens von Produktfunktionen. Durch die Identifikation von Nutzungsmustern können zukünftige Produktgenerationen verbessert werden. Die primäre Herausforderung besteht dabei in der Definition geeigneter objektiver Messgrößen zur Evaluierung (Tonetto & Desmet, 2016; Orlovska, Wickman & Söderberg, 2018; Pettersson et al., 2018; Bavendiek, Koch et al., 2021). Die Interviewpartner bestätigen, dass *kontinuierlich erhobene und bereitgestellte KPIs (Key Performance Indicators)* dabei unterstützen können (P1, P2, P4). In der Web- und App-Entwicklung fördern Messgrößen wie „Time-On-Task“, „Task-Completion-Time“ oder „Error-Rates“ einen objektiven und transparenten Vergleich der Interaktionslösungen verschiedener Produktfunktionen (Hornbæk, 2006; Waisberg & Kaushik, 2009; Saura, Palos-Sanchez & Suarez, 2017). Insbesondere bei der in der Frühen Phase notwendigen Priorisierung von Anwendungsfällen und Produktfunktionen (bzw. Produktteilkfunktionen) kommt dies immer wieder zum Tragen. Um die Strukturen in der Automobilindustrie nachhaltig aufzubauen, müssen *Entwickelnde am Datenerhebungs- und -analyseprozess teilnehmen* und ihre *Wissensbasis hinsichtlich der Strukturierung und Durchführung von Datenanalysen erweitern* (Wagenmann et al., 2022).

Nutzung (und Nutzbarmachung) vorhandener Produktnutzungsdaten

Gegenwärtig können Konzeptverantwortliche bereits auf mehrere Quellen und Methoden zur Analyse des Nutzungsverhaltens von Kunden und Anwendern zurückgreifen. Konzeptentscheidungen werden dennoch zumeist basierend auf subjektiven Präferenzen der Entwickelnden und Entscheidungsträger getroffen. Die befragten Fachleute bestätigen, dass Studienergebnisse selten zur Argumentation (und Verteidigung) ausgewählter Konzepte genutzt werden, da oftmals das Vertrauen in die erhobenen Informationen fehlt (P2, P3, P6). Neben der gegenwärtig nicht ausreichenden Datenbasis besteht die Notwendigkeit zur *methodischen Unterstützung bei der systematischen Auswertung von Analyseergebnissen* zur Nutzbarmachung von Produktnutzungsdaten. Dazu ist jeweils die *bedarfsgerechte Kombination von qualitativen und quantitativen Daten durch Triangulation* notwendig, um eine gezielte Priorisierung vornehmen und Anforderungen an neue Produktgenerationen erheben zu können (vgl. auch H21, Abschnitt 4.3.2) (P2, P4, P6, P7).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die datengestützte Erhebung von Nutzungsanforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte neuer Produktgenerationen aus Sicht der UX-Fachleute zahlreiche Verbesserungspotentiale aufweist.

Hauptursächlich dafür sind die schlechte Verfügbarkeit von Daten und fehlendes Wissen in Bezug auf die Erhebung und Analyse von Produktnutzungsdaten. Als zentrale Erfolgsfaktoren wurden der verbesserte Austausch mit Datenwissenschaftlern, ein systematischer Aufbau von Wissen über datengetriebene UX-Evaluierung, einfacher Zugang zu produktspezifischen Evaluierungsergebnissen und eine umfassende methodische Unterstützung identifiziert, um das Potenzial von Produktnutzungsdaten zu heben. Komplementär dazu werden Herausforderungen und Erfolgsfaktoren aus Sicht der Datenwissenschaftler erhoben.

4.4.2.2 Perspektive der Daten-Fachleute

Quantitative Produktnutzungsdaten aus im Markt befindlichen Produktgenerationen liefern großes Potential z.B. zur Identifikation von Usability-Problemen oder der Relevanzbewertung von Produktfunktionen. Folglich sind diese Informationen von hoher Bedeutung bei der Entwicklung interaktiver Produkte (Law, v. Schaik & Roto, 2014). Um bestehende Probleme umfassend verstehen und lösen zu können, wurden ergänzend zu den UX-Fachleuten auch Fachleute aus dem Gebiet der Datenwissenschaften und der relevanten Grundlagentechnologien befragt:

Limitierte Ressourcen für die Erhebung von Daten

Die derzeit verfügbare Rechnerkapazität in Fahrzeugen für die Datenerhebung im Verhältnis zur potenziell verfügbaren Datenmenge ist gering. Zudem betonen die Fachleute den hohen finanziellen Aufwand der Übertragung erhobener Produktnutzungsdaten global verteilter Fahrzeuge an die Server und Plattformen (P8, P9, P11). Dies hat zur Folge, dass Daten nur in Kampagnen erhoben werden: Die zu überwachenden Datenpunkte werden auf ein absolut relevantes Minimum reduziert und dann über einen bestimmten Zeitraum aufgezeichnet. Auf den Datenbanken ist somit nur ein Ausschnitt der theoretisch verfügbaren Menge an Daten zu finden (P10, P12). Infolgedessen mangelt es bei einigen Beobachtungen an potenziell relevantem Kontext, was die Aussagekraft der Interpretation oftmals verschlechtert. Um diese Situation zukünftig zu verbessern, bedarf es einer *Erweiterung der Rechenleistung* der eingesetzten Steuergeräte sowie der *vollständigen Übermittlung der erhobenen Daten*. Die Datenexperten bestätigen die Hypothesen von Fegraus et al. (2005) sowie Borer et al. (2009), dass die Analyse von Rohdaten den Informationsverlust durch die Möglichkeit zur retrospektiven Kontextbetrachtung auf ein Minimum reduziert. Ermöglicht wird das durch die Erhöhung der *strategischen Priorität der Datenerhebung und -analyse*, um die erforderlichen Ressourcen bereitzustellen (P10, P12).

(Systemische) Komplexität der Fahrzeuge

Zur ganzheitlichen Analyse des Produktnutzungsverhaltens ist der Einbezug von Kontextdaten gemäß der Interviewstudie essenziell (P1, P2). Jedoch werden Fahrzeugsysteme in unterschiedlichen Abteilungen und externen Zulieferern entwickelt, die jeweils unterschiedliche Schnittstellen im Fahrzeug nutzen (Ebel, Orlovska, Hünemeyer et al., 2021). Folglich sind zahlreiche Steuergeräte im Fahrzeug verteilt, über die relevante Informationen verteilt sind. Die Nachteile offenbaren sich, wenn zur ganzheitlichen Analyse weitere, zuvor nicht erhobene Datenpunkte notwendig sind. Nachträgliche Änderungen erfordern zumeist erneute Absprachen mit unterschiedlichen Abteilungen und Zulieferern – abhängig von der Anzahl und der technischen Komplexität der betroffenen Systeme. Dieser Mehraufwand führt häufig dazu, dass Anpassungen nur begrenzt umgesetzt werden, was wiederum die Qualität der Datenerhebung verringern kann. Die Datenwissenschaftler bestätigen daher die Notwendigkeit der *intensiven Kommunikation mit UX-Experten* der Konzeptabteilungen, um deren Informationsbedarfe zu erheben und so bereits bei der Planung der Elektronikarchitektur entsprechende Möglichkeiten technisch einzulasten. Weiterhin unterstreichen sie die Potentiale einer architekturellen Zentralisierung durch Hochintegrationsrechner und zentrale Steuereinheiten, was jedoch zusätzliche *interne technische Expertise* unabdingbar macht. (P8, P9, P10, P13)

Qualität der Produktnutzungsdaten

Aufgrund der zuvor beschriebenen Phänomene und der Aufteilung von Zuständigkeiten in der Entwicklung auf verschiedene Modellreihen, sind die Daten oftmals nicht einheitlich strukturiert: Während einige Steuergeräte die Daten bereits im Fahrzeug für bestimmte Anwendungen aufbereiten, erfassen andere Datensammler Rohdaten mit einem Zeitbezug. Darüber hinaus wird das Datenformat oftmals iterativ über den Verlauf der Produktgenerationen angepasst. Dies macht bestehende Algorithmen zur Datenverarbeitung unbrauchbar und datenverarbeitende Anwendungen müssen neu aufgebaut werden. Dieser zusätzliche Aufwand verlangsamt die Bereitstellung für die Fachbereiche. Zur Verbesserung der zukünftigen Datenqualität ist eine *frühzeitige Validierung der Signale* vor der Serienproduktion zu empfehlen. Einige Interviewpartner befürworten eine zentrale und anpassbare Struktur der Daten als Grundlage für eine iterative Entwicklung von Produkt- und Systemgenerationen über *Over-the-Air-Updates* auch nach der Markteinführung. (P12, P13)

Richtlinien und Datenschutzbestimmungen

Strikte Vorschriften in Bezug auf den Datenschutz und damit verbundene interne Prozesse schränken die Verwendung von Produktnutzungsdaten stark ein (Ebel, Orlovska, Hünemeyer et al., 2021). Insbesondere personenbezogene Daten und die

große Menge an Produktnutzungsdaten, die in der Cloud verarbeitet werden, müssen so gehandhabt werden, dass sie nicht gegen die Datenschutzbestimmungen der entsprechenden Länder verstoßen. Obgleich die Vorschriften eine wichtige Schutzwirkung haben, führen sie besonders im europäischen Markt zu komplexen rechtlichen Prozessen. Die strikten Richtlinien haben unter anderem zur Folge, dass der Datenzugang für Ingenieure begrenzt ist und nur durch aufwendige Prozesse über kurze Zeiträume hinweg bereitgestellt wird. Auch wenn diese Regelungen viele Ressourcen für die entsprechenden Aufgaben erfordern, müssen effiziente und transparente Prozesse eingeführt und etabliert werden. Auf dem Weg zu mehr Geschwindigkeit und Agilität bei der Datenerhebung ist die *Steigerung der strategischen Priorität der Datenerhebung und -analyse* ein entscheidender Faktor. (P10)

Fehlendes Produktwissen der Daten-Fachleute

Im beobachteten Unternehmen werden die Auswertungen der quantitativen Daten zu interaktiven Systemen im Fahrzeuginnenraum von spezialisierten Abteilungen durchgeführt, die selbst nicht an der Entwicklung dieser Systeme beteiligt sind. Die Untersuchung vorhandener Analysen und Auswertungen zeigt, dass Kenntnisse über gegenwärtige Probleme und Fragen zum Anwenderverhalten oft nicht bekannt waren. Folglich konnten nur wenige Analysen eine gezielte Unterstützung bei der Erhebung von Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern liefern. Für die Entwickelnden waren die Informationen teils von nur geringem Nutzen. Um die Potentiale zur Steigerung der Wissensbasis von Konzeptentwickelnden heben zu können, müssen die Datenexperten die relevanten Aspekte bei der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten besser verstehen. Dafür ist eine *kontinuierliche Bereitstellung von Datenanalysen* und eine *intensive Kommunikation zwischen Datenwissenschaftlern und UX-Experten* notwendig. Neben Effizienzgewinnen bei der eigentlichen Informationserhebung führen die befragten Personen detailliertere Analyseergebnisse zur Unterstützung der Problemlösung in der Frühen Phase als weiteren Vorteil an. (P9, P10, P11, P13)

4.4.3 Handlungsbedarf

Die diskutierten Aspekte stellen eine umfassende Analyse der gegenwärtigen Situation dar. Jedoch können nicht alle Herausforderungen im weiteren Verlauf dieser Arbeit berücksichtigt werden. Beispielsweise kann auf die technischen Grundlagen der Fahrzeugarchitektur sowie organisatorische Schnittstellen kein direkter Einfluss genommen werden. Der im weiteren Verlauf zu adressierende Handlungsbedarf beschränkt sich auf die nachfolgend aggregierten Schlüssel- (SF) und Erfolgsfaktoren (EF) der Handlungsfelder *Methoden und Entwicklungsartefakte*, *Integration von Kunden und Anwendern* sowie *Rollenverständnis und Teamstruktur*.

Handlungsfelder *Methoden und Entwicklungsartefakte* und *Integration von Kunden und Anwendern*:

- *Erkenntnisse aus Datenanalysen für die Produktentwicklung nutzbar machen (SF6)*: Die technischen Möglichkeiten sind grundsätzlich gegeben, die tatsächliche Nutzung der aus Daten gewonnenen Informationen skaliert jedoch nicht proportional. Ein Ansatzpunkt ist die Abkehr von der diskreten Kampagnenbasierten Bereitstellung von quantitativen Daten hin zu kontinuierlicher Erhebung. Die Abteilungen mit Verantwortung für die Konzeptentwicklung benötigen fortlaufenden Zugang zu erhobenen Daten, um die Potentiale voll auszuschöpfen. Zudem muss das generierte Wissen dokumentiert und einfach abrufbar sein. Gewonnene Erkenntnisse aus vergangenen Produktgenerationen sind folglich ebenso wichtig, wie gegenwärtig generiertes Wissen. Dies erfordert ein präzises Wissensmanagement im Kontext des Referenzsystemaufbaus.
- *Systematische Datentriangulation zur Ableitung von Nutzungsanforderungen (EF4)*: Die Evaluation von Anzeige- und Bedienkonzepten erfordert aufgrund der Komplexität und Subjektivität unterschiedliche Datentypen. Diese weisen unterschiedliche Charakteristika, Bedeutungen sowie Stärken und Schwächen auf. Die Einbindung der erhobenen Informationen muss stets durch die Einordnung in den Kontext der Datenerhebung sowie eine Relevanzbewertung flankiert werden. Konzeptentwickelnde müssen in der Auswahl geeigneter Datentypen und Erhebungsmethoden sowie der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse methodisch unterstützt werden. Das generierte Wissen kann so zielgerichtet zur strategischen Entscheidungsfindung genutzt werden, z.B. zur Priorisierung von Anwendungsfällen und Produktfunktionen, zur Verortung von Bedienelementen oder allgemein zur Allokation von Entwicklungsressourcen.

Handlungsfeld *Rollenverständnis und Teamstruktur*:

- *Schnittstellen in der Zusammenarbeit von Konzeptentwickelnden und Datenwissenschaftlern schaffen (SF7)*: Die Komplexität der beiden Domänen In-Vehicle UX und Daten-getriebene Produktentwicklung erfordert jeweils sehr spezifische Expertise. Das klassische Tagesgeschäft und die Projektarbeit der jeweiligen domänenspezifischen Rollen unterscheiden sich fundamental. Die im Stand der Forschung beschriebenen Prozessmodelle stellen eine erste Grundlage zur Identifikation von Schnittstellen dar. Die angestrebte Systematik soll die beiden Rollen über eine geeignete Teamstruktur – ausgerichtet an den jeweiligen Einzelprozessen – zusammenführen. Dadurch kann zudem Expertise in Schnittstellenbereichen aufgebaut werden: die Datenwissenschaftler lernen die zentralen Aspekte der Konzeptentwicklung kennen und die Konzeptverantwortlichen die zentralen Aspekte der Datenwissenschaften. Dies fördert die nahtlose

Integration von Aktivitäten der Datenanalyse in den Produktentwicklungsprozess sowie die Konzeption und Strukturierung von Datenanalysen.

4.5 Fazit: Zielsystem der Systematik

Im letzten Teil der DS I werden die Erkenntnisse aus den einzelnen Handlungsfeldern der vorangegangenen empirischen Analysen weiter verdichtet (vgl. Abbildung 4.16). Diese münden in Zielen an die zu entwickelnde Systematik. Folglich adressiert dieser Abschnitt die Forschungsfrage FF 6:

FF 6: Welche Ziele sind an eine Systematik zum Spezifizieren Produktlinien-übergreifender Anzeige- und Bedienkonzepte in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung zu stellen?

Gegenstand der **ersten empirischen Analyse** der Deskriptiven Studie I (vgl. Abschnitt 4.1) war eine inhaltlich breit angelegte Untersuchung zur gegenwärtigen Bedeutung von Methoden und Ansätzen aus den Forschungsfeldern zu User Experience in der Mechatroniksystementwicklung. Mittels semistrukturierter Experteninterviews wurden dabei drei generische Handlungsfelder (HF) abgeleitet, die den grundlegenden Analyserahmen für die anschließenden, inhaltlich tiefergehenden Studien bilden. In der **zweiten Studie** wurde eine umfassende Prozess- und Dokumentenanalyse in der frühen Phase in der Automobilentwicklung durchgeführt (vgl. Abschnitt 4.2). Ergebnis ist die detaillierte Beschreibung und Modellierung der Produktlinien-übergreifenden Entwicklungssituationen innerhalb des HF1 sowie die Erhebung von handlungsauslösenden und technisch einschränkenden Einflussfaktoren. In der **dritten quantitativen Umfragestudie** (n=45) werden inhaltliche, methodische und prozessuale Herausforderungen sowie Potentiale in den beobachteten Entwicklungssituationen und identifizierten Handlungsfeldern vertiefend untersucht (vgl. Abschnitt 4.3). Abschließend wurde der Themenkomplex um die Analyse von qualitativen und quantitativen Studien zur datengestützten Konzeptentwicklung in semistrukturierten Experteninterviews mit Konzeptverantwortlichen und Datenfachleuten aus der Automobilindustrie diskutiert. Ergebnis sind wechselwirkende Herausforderungen und Erfolgsfaktoren, die spezifisch für das technisch wie methodisch anspruchsvolle Feld der Datenanalyse erhoben wurden. Aus den drei empirischen Studien in der Automobilindustrie wurde jeweils konkreter Handlungsbedarf innerhalb der identifizierten Handlungsfelder abgeleitet (vgl. Abschnitte 4.2.3, 4.3.3, 4.4.3). Dieser Handlungsbedarf wird nachfolgend zu Zielen für die Präskriptive Studie verdichtet.

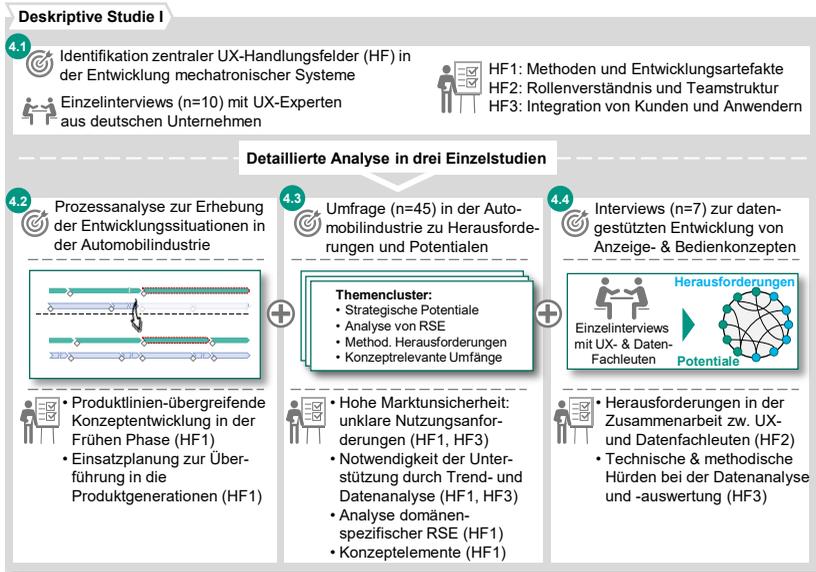


Abbildung 4.16: Die vier empirischen Studien in der DS I

Blessing & Chakrabarti (2009) unterscheiden Ziele zur Unterstützungsleistung, zur Anwendbarkeit und zum Erfolgsbeitrag einer Systematik. Tabelle 4.1 zeigt die **Ziele an die Unterstützungsleistung** der angestrebten Systematik, die sich aus den Schlüsselfaktoren (SF) der vorangegangenen Analysen ergeben.

Tabelle 4.1: Ziele zur Unterstützungsleistung der Systematik

Die Systematik soll...		
U1	SF1	... die Analyse und Auswertung technologischer, marktlicher und gesellschaftlicher Trends und vergleichbarer Umfeldentwicklungen mit Bezug zu Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützen.
U2	SF1, SF3, SF5, SF6	... die fallspezifische Kombination und zielgerichtete Auswertung quantitativer und qualitativer Produktnutzungsdaten zur Beurteilung von Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützen.
U3	SF2	... die Synthese und Konkretisierung UX-bezogener Produktziele und Anforderungen unterstützen.
U4	SF5	... die Priorisierung von Anwendungsfällen (engl.: Use Cases) für die betrachteten interaktiven Produktfunktionen unterstützen.
U5	SF4, SF7	... das effektive Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten durch eine geeignete interdisziplinäre Teamstruktur unterstützen.
U6	SF3, SF4	... die Identifikation und Analyse geeigneter Referenzsystemelemente für das Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützen.

Die Abschnitte 4.2.3 und 4.3.2 unterstreichen den Bedarf an methodischer Unterstützung der *Analyse und Auswertung technologischer, marktlicher und gesellschaftlicher Trends und vergleichbarer Umfeldentwicklungen mit Bezug zu Anzeige- und Bedienkonzepten (U1)*. Gleichzeitig konnte dort gezeigt werden, dass auch die *fallspezifische Kombination und zielgerichtete Auswertung quantitativer und qualitativer Produktnutzungsdaten zur Beurteilung von Anzeige- und Bedienkonzepten* methodischer Unterstützung bedarf (U2). Diese beiden genannten Eckpfeiler der angestrebten Systematik bilden die Grundlage zur weiterführenden *Synthese und Konkretisierung UX-bezogener Produktziele und Anforderungen (U3)* sowie zur *Priorisierung von Anwendungsfällen für die betrachteten interaktiven Produktfunktionen (U4)*. In der ersten und vierten empirischen Studie (vgl. Abschnitte 4.1 und 4.4) wurde der Bedarf für eine Optimierung der Zusammenarbeit formuliert. Die zweieinhalbjährige beobachtende Studie des Autors der vorliegenden Arbeit bestätigt, dass Anzeige- und Bedienkonzepte nur in einem dedizierten *interdisziplinären Team effektiv definiert* werden können. Die Systematik soll dies aufgreifen und eine zielführende Teamstruktur vorschlagen (U5). Die Umfragestudie unter UX-Fachleuten im VW-Konzern bestätigt die hohe Bedeutung von Referenzsystemelementen für die Problemstellung dieser Arbeit. Daher soll durch die zu entwickelnde Systematik die *Identifikation und Analyse geeigneter Referenzsystemelemente für das Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützt werden (U6)*. Die **Erfolgsziele** der zu entwickelnden Systematik sind in Tabelle 4.2 dargestellt.

Tabelle 4.2: Ziele zum Erfolgsbeitrag der zu entwickelnden Systematik

Die Systematik soll...		
E1	EF3	... die Analyse relevanter Trends zielgerichtet mit dem Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase verknüpfen.
E2	EF3, EF4	... Marktunsicherheiten in der Frühen Phase infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte reduzieren.
E3	EF4	... Wissenslücken der Produktentwickelnden zum Produktnutzungsverhalten von Kunden und Anwendern durch Analyse von Daten aus definierten Referenzsystemelementen gezielt schließen.
E4	EF1, EF2, EF4	... eine durchgehende Produktlinien-übergreifende Betrachtung beim Spezifizieren der Konzepte fördern.
E5	EF4	... das Vertrauen der Produktentwickelnden in die zum Schließen der Wissenslücken erhobenen Informationen erhöhen.

Die Systematik soll sicherstellen, dass die Ergebnisse von Vorausschau-Aktivitäten nicht ungenutzt bleiben. Daher soll die Analyse von Trends zielgerichtet mit dem Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase verknüpft werden (E1). Im Stand der Forschung und in der Fragebogenstudie wurde die für die Frühe Phase charakteristische hohe Marktunsicherheit als signifikante Herausforderung identifiziert. Diese soll durch Anwendung der Systematik in Bezug auf unklare Nutzungsanforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte von Kunden und Anwendern reduziert werden (E2). Im Zuge dessen sollen zu Beginn der Konzeptentwicklung bestehende Wissenslücken der Produktentwickelnden durch Analyse von Daten aus definierten Referenzsystemelementen geschlossen werden (E3). Im Einklang mit den Ergebnissen der zweiten empirischen Analyse soll die Systematik so gestaltet sein, dass durch die Anwendung eine durchgehende Produktlinien-übergreifende Betrachtung beim Spezifizieren der Konzepte gefördert wird (E4). Weiterhin soll die Systematik das Vertrauen der Entwickelnden in die zum Schließen der Wissenslücken erhobenen Informationen erhöhen. (E5). Die **Anwendbarkeitsziele** sind in Tabelle 4.3 dargestellt. Diese greifen die Grundprinzipien zur anwenderzentrierten Gestaltung gebrauchstauglicher Produkte auf. Entwicklungsmethoden sollen das bieten, was Entwickelnde von Anzeige- und Bedienkonzepten selbst als Maßstab für ihre eigenen Produkte anlegen. Somit soll die Systematik ein angemessenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen haben, um die Akzeptanz bei Entwickelnden zu fördern (A1). Weiterhin soll sie in inhaltlich sinnvolle Schritte unterteilt sein (A2) und in den einzelnen Schritten ein situationsadäquates Level an inhaltlicher Tiefe bieten (A3). Die Systematik ist im Rahmen mehrerer Praxisprojekte konzipiert und erprobt worden. Der Autor dieser Arbeit war dabei in Personalunion in

projektleitender Rolle bei der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG tätig und hat die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten für die Porsche-internen Performance- und Fahrfunktionen verantwortet. Dennoch soll die Systematik auch auf andere Entwicklungsumfänge in der Automobilindustrie übertragbar sein (A4). Wichtig ist dabei auch, dass sich Referenzprozesse und unterstützende Methoden der Systematik in den Produktentwicklungsprozess der Automobilindustrie integrieren lassen (A5). Abschließend soll die Systematik – so wie jedes Anzeige- und Bedienkonzept auch – intuitiv gestaltet und in der Entwicklungspraxis der Automobilindustrie einsetzbar sein (A6).

Tabelle 4.3: Ziele zur Anwendbarkeit der zu entwickelnden Systematik

Die Systematik soll...	
A1	... ein angemessenes Verhältnis von investiertem Aufwand zu resultierendem Nutzen haben.
A2	... in inhaltlich sinnvolle Schritte unterteilt sein.
A3	... in den einzelnen Schritten ein situationsadäquates Level an inhaltlicher Tiefe haben.
A4	... auf unterschiedliche Entwicklungsumfänge von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten übertragbar sein.
A5	... sich nahtlos in den existierenden Produktentwicklungsprozess der Automobilindustrie integrieren lassen.
A6	... für Produktentwickelnde in der Automobilindustrie intuitiv einsetzbar sein.

Die definierten Ziele konkretisieren den ermittelten Forschungsbedarf zur Entwicklung einer Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE. Im Rahmen der abschließenden Deskriptiven Studie II dienen die erhobenen Ziele als Evaluationskriterien der Forschungsergebnisse. Die Ziele bzgl. der Unterstützungsleistung beschreiben den geforderten Umfang und die notwendigen Bausteine der Systematik. Die Ziele bzgl. des Erfolgsbeitrags stellen den operativen Mehrwert in der Entwicklungspraxis sicher. Durch die Anwendbarkeitsziele wird die optimale Anwenderzentrierung adressiert. Der Grundsatz „*Practice what you preach!*“ gilt auch hier: eine Systematik, die Produktentwickelnde beim kunden- und anwenderzentrierten Spezifizieren gebrauchstauglicher Produkte unterstützen soll, muss selbstredend auch unter den gleichen Gesichtspunkten entwickelt werden.

5 Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE

In diesem Kapitel wird die Systematik vorgestellt, die auf den erhobenen Zielen basiert (vgl. Abschnitt 4.5). Zudem wird das in Abschnitt 3.3 dargelegte Vorgehen bei der Lösungsentwicklung anhand eines durchgängigen Bsp. erläutert. Gemäß der DRM (vgl. Abschnitt 3.3.1) stellt dieses Kapitel somit die *Präskriptive Studie* der vorliegenden Arbeit dar. Kernziel ist, die Forschungsfrage FF6 zu beantworten:

FF 7: Wie ist eine Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren Produktlinien-übergreifender Anzeige- und Bedienkonzepte in der Frühen Phase im Modell der SGE zu gestalten?

Die in Kapitel 2 beschriebenen Grundlagen der KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung liefern den modelltheoretischen und methodischen Rahmen, in die sich die entwickelte Systematik einbettet. Insbesondere das Modell der SGE (vgl. Abschnitt 2.2) liefert entscheidende Handlungsleitlinien zum Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase. Die Problemlösungsmethode SPALTEN und das integrierte Produktentstehungsmodell iPeM ermöglichen die durchgängige Modellierung der notwendigen Aktivitäten. Die Systemgrenzen des zu entwickelnden interaktiven Systems und die begriffliche Abgrenzung des Anzeige- und Bedienkonzepts liefert Abschnitt 2.3. Die Grundlagen zur vorausschauenden und datengestützten Produktentwicklung stellen wichtige methodische Grundlagen für die Analysephasen bereit, die der eigentlichen Systemkonzeptentwicklung vorausgehen (vgl. Abschnitt 2.4). Die Systematik soll Produktentwickelnden in der Automobilindustrie eine strukturierte Handlungsleitlinie bieten, Anzeige- und Bedienkonzepte unter gegebener Marktunsicherheit infolge teils unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern zu definieren. Dazu wurden drei zentrale Bestandteile ausgearbeitet (vgl. Abbildung 5.1).

Aufbauend auf der Begriffsdefinition des Terms *Anzeige- und Bedienkonzept* aus Abschnitt 2.3.1 wird ein Dokumentationsvorschlag zur Strukturierung modellierter Anzeige- und Bedienkonzepte eingeführt, der die rückverfolgbare Spezifikation innerhalb des Objektsystems unterstützt. Die Aktivitäten der Konzeptentwicklung sind zum Großteil Ergebnis einer mehrmonatigen Teamarbeit. Norman & Nielsen (2021)

stellen heraus, dass qualitativ hochwertige UX in einem Unternehmen nur erreicht werden kann, wenn mehrere Disziplinen am Produkt zusammenarbeiten (z.B. HW- und SW-Entwicklung, Qualität, Vertrieb sowie Interface- und Produktdesign). Daran anknüpfend wurde ein Vorschlag zur zielgerichteten Besetzung eines Problemlösungsteams (PLT) ausgearbeitet. Beide Elemente werden anhand eines durchgehenden Bsp. im Folgenden vorgestellt. Eine grundlegende Übersicht und unterstützende Leitfragen für Anwendende dieser Systematik liefert Anhang A1.

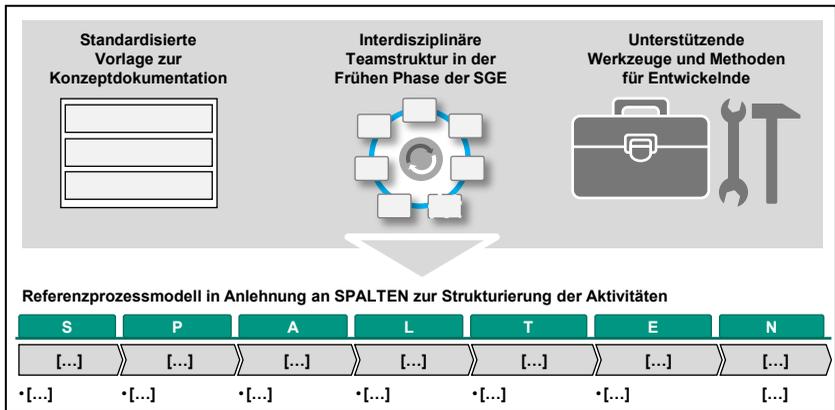


Abbildung 5.1: Die nachfolgend vorgestellten Kernbestandteile der entwickelten Systematik

Abschnitt 5.1 enthält das Referenzprozessmodell zur Strukturierung der Aktivitäten. Diese werden durch das PLT ausgeführt. Die sieben Phasen werden durch Methoden und Leitfäden komplementiert. Die erhobenen Umfänge werden in der Konzeptdokumentation spezifiziert. Die Erarbeitung der Teillösungen ist iterativ erfolgt (vgl. Abschnitt 3.3.2), die Mitglieder des PLT wurden im Rahmen der Aktionsforschung in einem wissenschaftlichen Dialog durch den Autor dieser Arbeit in die Entwicklung und Iteration der Teillösungen einbezogen. Die unterstützenden Hilfsmittel und Methoden gehen von unerfahrenen Entwickelnden aus. Einzelne Teile der Systematik wurden bereits bei Hünemeyer, Reichelt, Rapp, Albers & Maier (2022a), Albers, Hünemeyer, Pfaff et al. (2023) sowie Hünemeyer, Bauer, Wagenmann et al. (2023) veröffentlicht. Einzelne Studien der Publikationen und somit auch der nachfolgend vorgestellten Inhalte gründen auf Vorarbeiten aus den Abschlussarbeiten von Unterseher (2021) am IKTD – Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design der Universität Stuttgart sowie Bauer (2022), Joly (2022) und Thellmann (2022) am IPEK – Institut für Produktentwicklung unter wissenschaftlicher Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers. Die Arbeiten wurden vom Autor dieser Arbeit Co-betreut.

5.1 Referenzprozessmodell für das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten

Das Referenzprozessmodell bildet den Referenzprozess für ein durchgängiges methodisches Vorgehen zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE ab (vgl. Abbildung 5.2). Durch den Prozess werden Entwicklungsteams entlang des gesamten Vorgehens unterstützt. Zudem erleichtert der gezielte Einsatz von Methoden und Hilfsmitteln die Problemlösung. Der Aufbau des Prozesses folgt der allgemeinen Problemlösungsmethodik SPALTEN (vgl. Abschnitt 2.1.4).

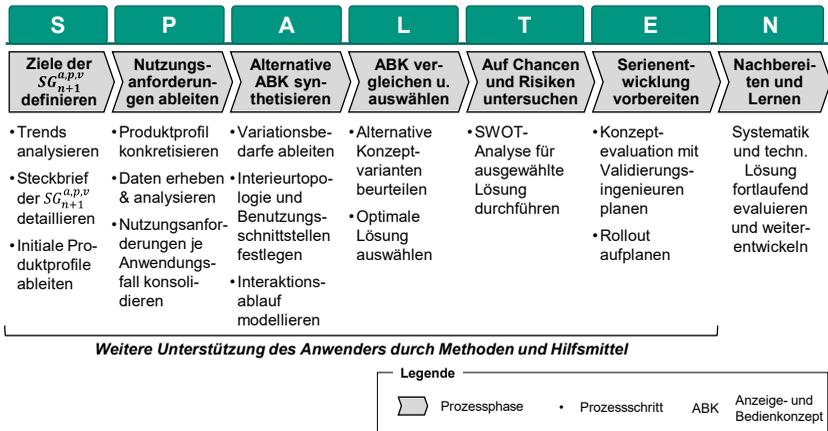


Abbildung 5.2: Referenzprozessmodell für das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten

Die insgesamt sieben Prozessphasen wurden auf Basis des generischen SPALTEN Prozesses an diese Arbeit angepasst, spezifisch benannt und den generischen Prozessphasen zugeordnet. Konkrete Prozessschritte innerhalb der einzelnen Phasen ermöglichen eine klare Handlungsleitlinie. Der vorgeschlagene Referenzprozess kann in der automobilen Entwicklungspraxis entweder gesamthaft oder in Teilen angewendet werden. Auf die explizite Modellierung von Wiederholungen und Iterationen einzelner Phasen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in dem entwickelten Referenzprozessmodell verzichtet. Beides ist jedoch bedarfsbezogen vorgesehen. Der entwickelte Referenzprozess beinhaltet verschiedene Basis- und Kernaktivitäten der Produktentstehung aus dem Metamodell „iPeM – Integriertes Produktentstehungsmodell“ (vgl. Abbildung 5.3; nicht relevante Aktivitäten ausgeklammert). Die

Aktivitäten zur Systemsynthese sowie der Analyse von Produktnutzungsdaten von Kunden und Anwendern erfolgen im auf den Gegenstand dieser Arbeit adaptierten Layer System $SG_{n+1}^{a,p,v}$. Einzelne Schritte der vierten und sechsten Prozessphase finden im Layer *Validierungssystem* statt. Zudem wird das entlang der einzelnen Prozessschritte beschriebene Vorgehen den Aktivitäten der Produktentstehung zugeordnet. Die Dauer der einzelnen Phasen in Absolutwerten sowie auch relativ zueinander ist abhängig von vielen projektspezifischen Randbedingungen und wird daher in der Abbildung nicht gesondert modelliert. Im Folgenden werden die Prozessphasen beschrieben und die Funktionsweise der Leitfäden, Methoden und Hilfsmittel anhand eines operativen Bsp. erläutert.

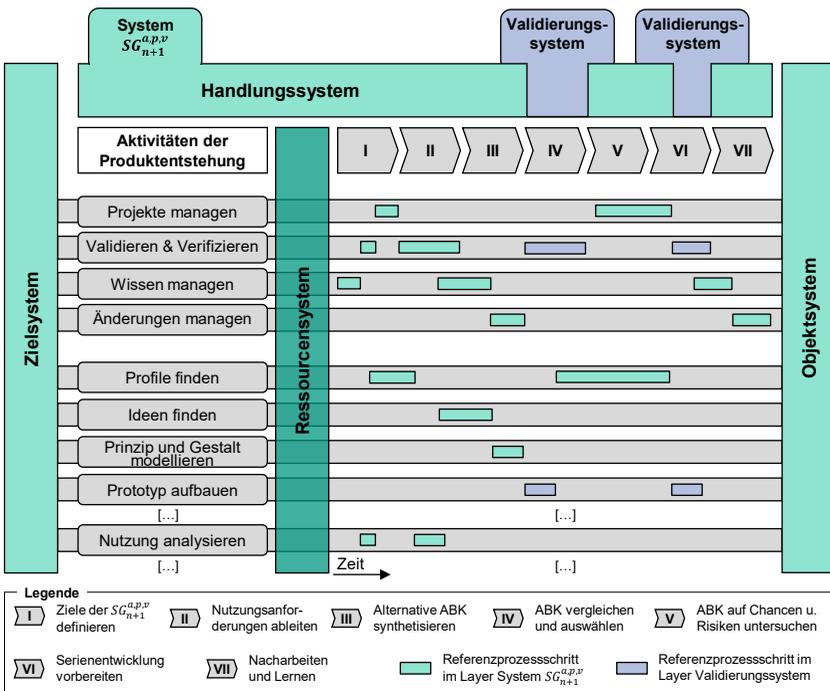


Abbildung 5.3: Modellierung des entwickelten Referenzprozesses im iPeM

5.1.1 Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ definieren

Im Rahmen der ersten Phase des Referenzprozesses werden die Ziele festgelegt, die das Unternehmen an das Anzeige- und Bediensystem in der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ stellt. Der SOP der ersteinsetzenden Produktgeneration (vgl. Abschnitt 4.2.2) liegt zu Projektstart noch ca. 6-7 Jahre in der Zukunft. Folglich bildet eine umfassende Trendanalyse den ersten Prozessschritt, deren Ergebnisse zusammen mit internen Analysen zu Funktionsroadmaps, definierten Prüfaufträgen und generellen Marktrückmeldungen zur $SG_{n-1}^{a,p,v}$ in einem Steckbrief für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ konsolidiert werden. Die Phase schließt mit der Ableitung von initialen Produktprofilen zur Strukturierung der Entwicklungsarbeit einzelner Subsysteme der $SG_{n+1}^{a,p,v}$. Das für diese Phase angepasste Problemlösungsteam zeigt Abbildung 5.4. Je nach Projektkomplexität und -umfang können aus den einzelnen Domänen mehrere Fachleute eingebunden werden.

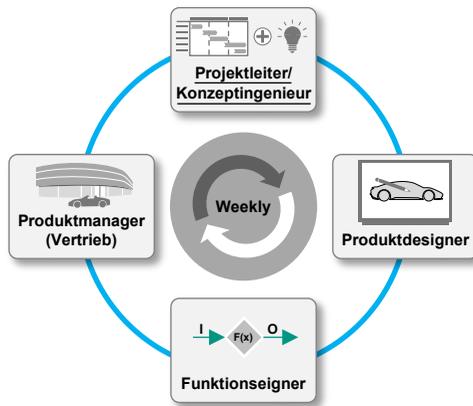


Abbildung 5.4: Problemlösungsteam für die erste Phase – Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ definieren

Trends analysieren

Albers, Bursac, Marthaler et al. (2018) betonen die entscheidende Rolle von Aktivitäten der Zukunftsvorausschau bei der Entwicklung zukunftsfähiger Produktprofile. Auch Gausemeier & Plass (2014) unterstreichen das Potential, Bedarfe von Kunden und Anwendern aus Vorausschauaktivitäten abzuleiten und schlagen für den betrachteten Entwicklungshorizont eine Trendanalyse vor. Hünemeyer, Reichelt, Rapp, Albers & Maier (2022a) haben dazu das Vorgehen nach Gausemeier et al. (2019) für die vorliegende Arbeit weiterentwickelt. Anhang A2 zeigt eine konsolidierte Übersicht, die Schritte werden nachfolgend erläutert. Insgesamt wurden im

Zuge der Entwicklung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ 23 relevante Trends identifiziert. Diese sind als zeitpunktbezogen anzusehen – für Folgeprojekte dienen diese zwar als wichtige RSE, müssen aber kontinuierlich neu bewertet werden. Im **ersten Schritt** werden die Trends beschrieben. Im weiteren Verlauf werden die Ergebnisse im PLT diskutiert und die Beschreibung bedarfsbezogen nachgeschärft. Abbildung 5.5 zeigt die Dokumentation und Bewertung am Bsp. des Trends „Größere Displays im Interieur“.

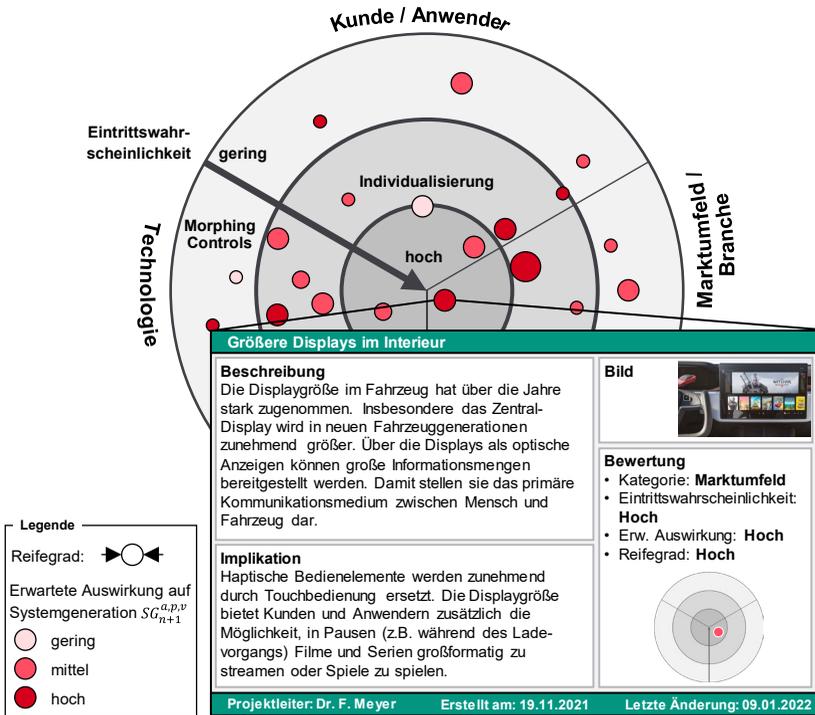


Abbildung 5.5: Ergebnis der Stufe 1 *Trends analysieren*: Dokumentation der Trends in Steckbriefen und Einstufung im Rahmen der dreistufigen Bewertung (Auszug)

Der Trend lässt sich bereits seit mehreren Jahren im Marktumfeld beobachten. In firmeninternen Expertengesprächen dazu konnte jedoch herausgefunden werden, dass die Halbwertszeit noch nicht überschritten worden ist (vgl. Abschnitt 2.4.2). Folglich wird der Reifegrad vom PLT als hoch eingestuft. Da insbesondere das sog. Central Infotainment Display, aber auch ein potenziell volldigitales Kombiinstrument sowie ein ergänzendes Beifahrerdisplay eine entscheidende Architekturauswirkung

besitzen, wird die zu erwartende Auswirkung auf die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ ebenfalls als hoch eingestuft. Alle relevanten Trends wurden zur besseren Vergleichbarkeit in einen Trendradar eingeordnet (vgl. Abbildung 5.5). Dieser fungiert als eine Art Landkarte, auf der die Trends als Kreis positioniert sind. Die Nähe zum Mittelpunkt des Radars zeigt die Eintrittswahrscheinlichkeit. Der Reifegrad ist über den Durchmesser der Kreise codiert, die erwartete Auswirkung des Trends auf die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ durch den Farbton. Die Suchfelder (Kunde/Anwender, Technologie sowie Marktumfeld bzw. Branche) unterstützen Anwender der Systematik bei der Strukturierung und können durch das PLT fallspezifisch festgelegt werden (hier wurden die Suchfelder aus den Umfrageergebnissen abgeleitet, vgl. Abschnitt 4.3.2). Die Bewertung mit dem Attribut „hoch“ führt jedoch nicht automatisch dazu, dass der Trend in der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in seiner bisherigen Entwicklung aufgegriffen wird. Trends mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit werden potenziell von vielen weiteren Wettbewerbern aufgegriffen. Dadurch ergibt sich für eine Marke die Herausforderung, im Wettbewerb hervorstechen. Im Umkehrschluss eröffnet ein Trend mit einer geringen momentanen Eintrittswahrscheinlichkeit und einer geringen (technologischen) Reife dem Unternehmen die Chance, ein neues und wenig beachtetes Innovationsfeld zu besetzen. Diese Bsp. zeigen Möglichkeiten für innovationsstrategische Fokuspunkte, die für jeden Trend einzeln zu evaluieren sind. Ausschlaggebend dafür ist die jeweilige Innovationsstrategie und -kultur des Unternehmens¹.

Im **zweiten Schritt** werden RSE, die diesen Trend bereits aufgreifen und entscheidend prägen, in einem Synthese-Recherche-Prozess identifiziert und analysiert, (vgl. Abbildung 5.6). Entwickelnde können das generierte Zukunftswissen in ihr Referenzsystem für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ übernehmen und im Verlauf entscheiden, ob der Trend aufgegriffen werden soll. Neben physischen, am Markt verfügbaren internen wie externen Produkten können gleichermaßen angenommene zukünftige Produkte sowie Modelle, technische Spezifikationen oder Forschungsberichte herangezogen werden (Albers, Haug et al., 2016; Albers, Rapp, Spadinger et al., 2019). Es folgt die Analyse und Beschreibung anhand von UX- und Usability-relevanten Produkteigenschaften in einer Datenbank. Am Bsp. der Produkteigenschaft „Integration in die Interieurtopologie“ zeigt sich der oftmals subjektive Charakter dieses Eigenschaftsfelds. Die Merkmalsausprägung ist abhängig von der markenspezifischen Designsprache, eine einheitliche Metrik ist bisher nicht etabliert. Daher wird abschließend

¹ Patterson (1993), Lieberman & Montgomery (1998) sowie Schuh & Bender (2012) zeigen Chancen und Risiken für Unternehmen mit schneller Innovationsgeschwindigkeit auf. Meyer (2014) liefert eine empirisch fundierte Einordnung verschiedener Ansätze abhängig von Innovationsgeschwindigkeit und -grad. Gausemeier et al. (2019) liefern eine gesamtunternehmerische Betrachtung der Aspekte dazu.

für jede Produkteigenschaft je ein RSE als Benchmark für das gegenwärtige Projekt definiert.

Größere Displays im Interieur (Eintrittswahrscheinlichkeit: Hoch, Reifegrad: Hoch, Implikation: Hoch)		
Referenzprodukt	Referenzsystemelemente	UX/Usability Eigenschaften
Porsche Taycan (J1)  Quelle: https://tinyurl.com/PorscheTaycanJ1	Central Infotainment Display  Quelle: https://tinyurl.com/J1Interior	<ul style="list-style-type: none"> • Art der Schnittstelle: Touch-sensitives Display (LCD Technologie) • Geometrie: 10,9" (HD Auflösung) • Integration in Interieurtopologie: nahtlose Integration in Schalttafel; minimaler Schwarzbereich im Übergang zum Beifahrerdisplay • [...]
Tesla Model S  Quelle: https://tinyurl.com/BildTesla	Front Touchscreen  Quelle: https://tinyurl.com/BildTesla	<ul style="list-style-type: none"> • Art der Schnittstelle: Touch-sensitives Display (LCD Technologie) • Geometrie: 17" (HD Auflösung) • Integration in Interieurtopologie: exponierte Position in der Schalttafel • Erreichbarkeit: Erreichbarkeit der Randflächen für Menschen im 95. Perzentil kritisch • [...]
Mercedes Benz EQS  Quelle: https://tinyurl.com/MercedesEQS	Hyperscreen  Quelle: https://tinyurl.com/MBHyperScreenISPM	<ul style="list-style-type: none"> • Art der Schnittstelle: Touch-sensitives Display (OLED Technologie) • Geometrie: 17,7" (HD Auflösung) • Integration in Interieurtopologie: nahtlose Integration in Schalttafel; „3-in-1“ Effekt (Kombiinstrument und Beifahrerdisplay technisch einzelne Displays, Integration suggeriert ein großes Display) • [...]
[...]	[...]	[...]

Abbildung 5.6: Dokumentation Ergebnis Stufe 2 *Referenzsystemelemente analysieren*

Albers, Heimicke, Walter et al. (2018) unterstreichen die Notwendigkeit der Nutzenmodellierung im Produktprofil, um einen Kunden- und Anwender-zentrierten Ansatz in der Frühen Phase zu gewährleisten. Osterwalder et al. (2014) liefern mit der Value Proposition Canvas und der Modellierung von *Customer & User Jobs* (zu erledigende Aufgaben, die im Kontext des Trends relevant sind), *Pains* (unerwünschte Zustände, die es zu vermeiden gilt) sowie *Gains* (erwünschte Zustände, auf die hingearbeitet werden soll, wenn der Trend weiterverfolgt wird) ein geeignetes Werkzeug. Diese wurde modifiziert, um die Differenzierung zwischen Kunden- und Anwendernutzen zu ermöglichen. Abschließend wird im Team der potenziell realisierbare Anbieternutzen evaluiert (vgl. Abschnitt 2.2.1) und eine abschließende strategische Positionierung für das laufende Entwicklungsprojekt abgeleitet. Zur Dokumentation und unternehmensweiten Kommunikation wurden die Ergebnisse in einer zweiten Seite des Steckbriefs zusammengefasst (vgl. Abbildung 5.7). Bei neuen

Erkenntnissen kann der Steckbrief durch das PLT bedarfsbezogen angepasst werden, z.B. durch ein kontinuierliches Trendmonitoring.



Abbildung 5.7: Ergebnis der Stufen 3 & 4 *Kunden- und Anwendernutzen modellieren* und *Strategische Positionierung ableiten*: Exemplarischer Steckbrief, Seite 2

Steckbrief der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ detaillieren

Der zweite Prozessschritt dieser Phase des Referenzprozesses zielt darauf ab, die Ergebnisse der Trendanalyse, weitere Ziele aus der Produktstrategie, die Analyse von Roadmaps relevanter interaktiver Produktfunktionen sowie Prüfaufträge aus der $SG_n^{a,p,v}$ in einem Steckbrief für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ zu konsolidieren (vgl. Abschnitt 4.2.2). Eine auszugsweise Übersicht zeigt die beispielhafte Darstellung in Abbildung 5.8. Der **Steckbrief** dient als konsolidierendes Dokument der vielschichtigen Einflussfaktoren und Informationsquellen beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten. Weiterhin soll damit die Kommunikation zur Aufplanung der neuen SG im Unternehmen, z.B. mit betroffenen Fachbereichen mit Funktions- oder Bauteilverantwortung, vereinfacht werden. Die für einzelne Teilarbeitspakete verantwortlichen Entwicklungsteams erhalten zudem die Möglichkeit, einen kontinuierlichen Abgleich mit zentralen (Teil-) Produktzielen und strategischen Randbedingungen durchzuführen. Neben der Verlinkung der zuvor analysierten Trends werden relevante strategische Ziele für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ dokumentiert, die sich aus der übergeordneten Produktstrategie des Unternehmens ableiten. Weiterhin wurde in Abschnitt 4.2.2 erläutert,

dass z.B. infolge von kontinuierlichen Validierungsaktivitäten auch spät im Entwicklungsprozess noch Änderungsumfänge für die Produksubstanz beauftragt werden können. Sofern diese Umfänge nicht mehr im Rahmen der $SG_n^{a,p,v}$ berücksichtigt werden konnten, werden sie als Prüfaufträge in den Steckbrief der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ überführt und im Zuge der Entwicklung neu evaluiert.

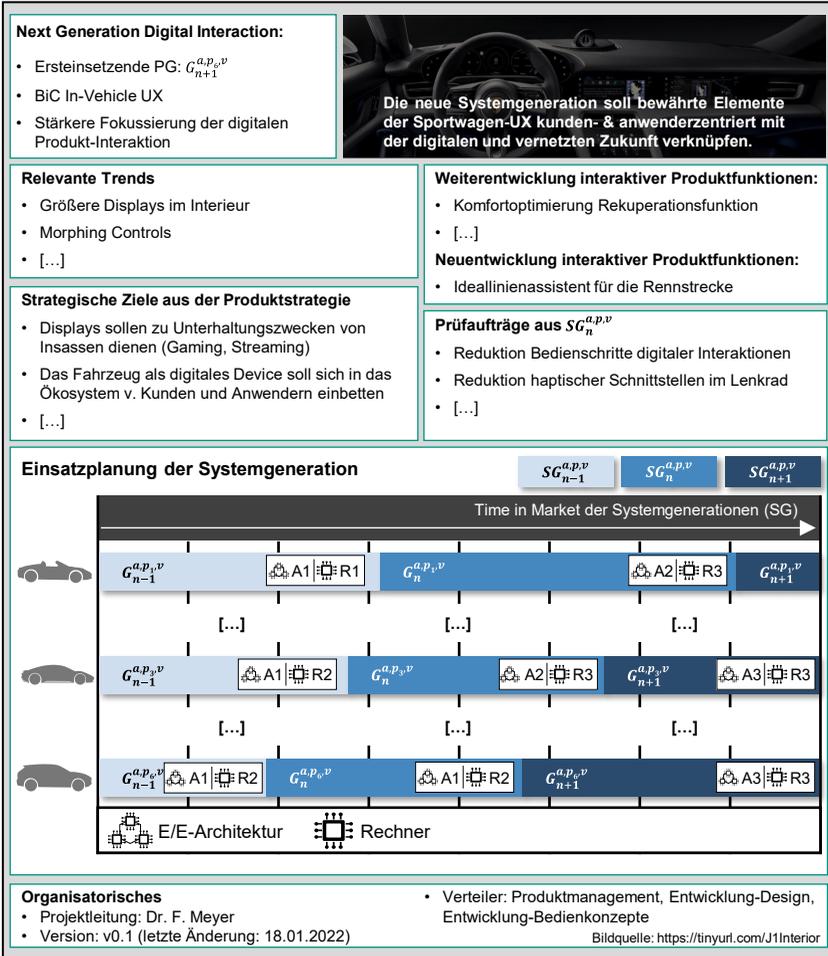


Abbildung 5.8: Exemplarischer Steckbrief für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ (Auszug)

Weiterhin werden funktionale Roadmaps analysiert, um geplante Weiter- und Neuentwicklungen von interaktiven Produktfunktionen zu erheben (vgl. dazu auch Fahl, 2022). Abschließend wird die Einsatzplanung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ im Abgleich mit den Produktlinien-spezifischen Einsatzplänen definiert (vgl. Abschnitt 4.2.2). Diese legt fest, zu welcher Produktgeneration die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die einzelnen Produktlinien überführt wird und welche Produktlinie die ersteinstzende Produktgeneration stellt. Der Steckbrief wurde zu Beginn des Projekts durch den Autor dieser Arbeit im Dialog mit dem PLT definiert. Einzelne Elemente wie die Funktionsroadmaps oder die strategischen Leitlinien waren zu Beginn bereits gegeben. Der Steckbrief kann im Prozess auch nachträglich editiert werden: z.B. können auch nachträglich neue Prüfaufträge aus Validierungsstudien aufgenommen werden.

Initiale Produktprofile ableiten

Ein exemplarisches Produktprofil auf Basis des Steckbriefs zeigt Abbildung 5.9. Abhängig vom Projektumfang der zu entwickelnden Generation des Anzeige- und Bediensystems empfiehlt sich, die Entwicklung fortan in mehrere Teilarbeitspakete mit jeweils eigenständigen PLT zu unterteilen. Diese definieren Anzeige- und Bedienkonzepte spezifisch für Teilsysteme der gesamten Systemgeneration. Aufgrund der engen Verflechtungen zwischen dem Anzeige- und Bedienkonzept und den interaktiven Produktfunktionen erfolgt die Unterteilung im vorliegenden Bsp. entlang der Funktionscluster. Als Beispiel für den weiteren Verlauf dieser Arbeit dienen die Performance- und Fahrfunktionen von batterieelektrisch, hybridisch sowie konventionell betriebenen Fahrzeugen. Folglich sind auch die Produktprofile, durch die jeweils die Bedürfnissituation der einzelnen Teilsysteme beschrieben wird, daran ausgerichtet. Gleichermaßen ist für die übrigen Funktionscluster zu verfahren.

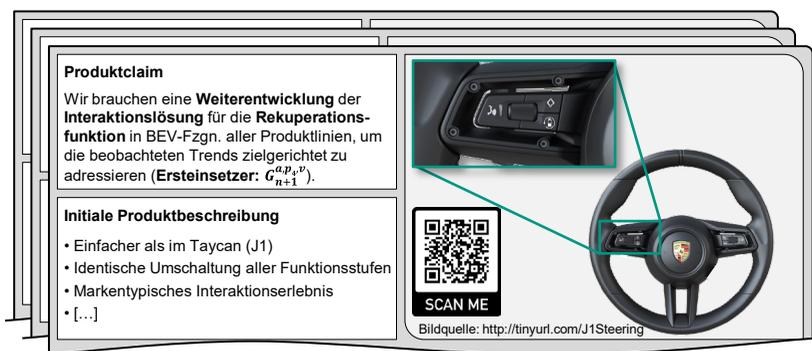


Abbildung 5.9: Exemplarische initiale Produktprofile zur Strukturierung der Entwicklung

Abbildung 5.10 fasst die Umfänge dieser ersten Phase zusammen. Mit Hilfe der Trendanalyse wurde Wissen um zukünftige Entwicklungen von Technologien, Kunden und Anwendern sowie dem Marktumfeld erhoben. Dieses Wissen können die Produktentwickelnden nun in ihr Referenzsystem übernehmen. Der anschließend erstellte Steckbrief der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ enthält die einzelnen Systemziele, geplante Variationen auf der Ebene der Produktfunktionen sowie des Projektplans zur Überführung der übergreifenden Systemgeneration in die Produktlinien. Aus den dokumentierten Umfängen wurden initiale Produktprofile abgeleitet, die im weiteren Verlauf des Referenzprozesses durch die Problemlösungsteams bearbeitet werden. Die Teillösungen der Entwicklungsunterstützung in dieser Phase haben die Unterstützungsziele U1, U3, U5 und U6 adressiert. Die nun folgende Phase hat das primäre Ziel, Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an die zu entwickelnden Anzeige- und Bedienkonzepte abzuleiten. Dazu wird das Referenzsystem mit Wissen zum Nutzungsverhalten von Kunden und Anwendern befüllt.

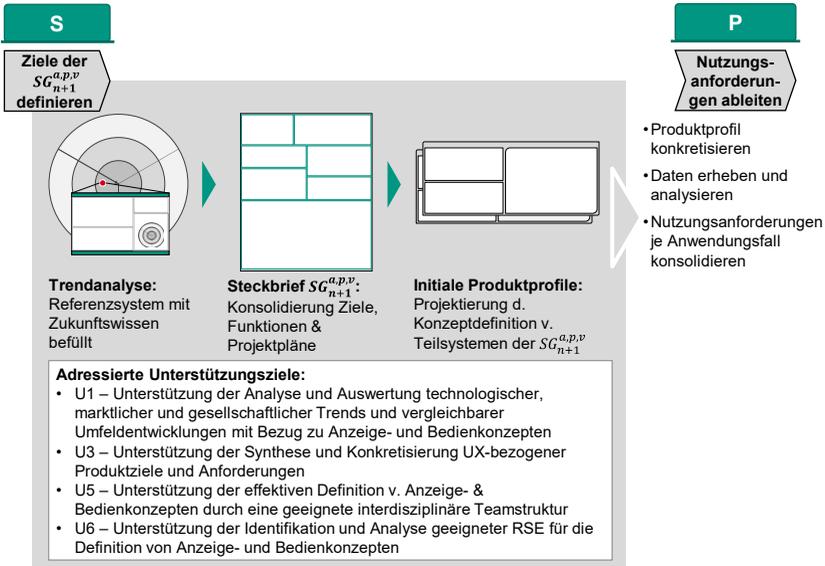


Abbildung 5.10: Zusammenfassung der ersten Phase – Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ definieren

5.1.2 Nutzungsanforderungen ableiten

Diese Phase des Referenzprozesses zur Problemlösung beschreibt die auf den Gegenstand der vorliegenden Arbeit angepasste Problemeingrenzung. Folglich zielt die Analyse von Markt- und Qualitätsstudien sowie von Produktnutzungsdaten aus Feldfahrzeugen darauf ab, RSE auf ihre gegenwärtige Nutzung durch Kunden und Anwender zu evaluieren und das Referenzsystem der Entwickelnden mit diesen Informationen anzureichern. Diese Aktivitäten liefern wertvolle Erkenntnisse zur Ableitung von Nutzungsanforderungen an zu entwickelnde Anzeige- und Bedienkonzepte. Die korrekte Planung, Durchführung und Interpretation der Analysen erfordert die Anpassung des PLT, die überarbeitete Zusammensetzung zeigt Abbildung 5.11.



Abbildung 5.11: PLT für die zweite Phase – *Nutzungsanforderungen ableiten*: für die Datenanalyse wurden Datenwissenschaftler und Qualitätsexperten hinzugezogen

Produktprofil konkretisieren

Dieser Prozessschritt startet mit der Konkretisierung des jeweiligen Produktprofils durch das überarbeitete PLT (vgl. Abbildung 5.12). Zunächst werden Referenzen identifiziert, die zur Analyse von Studien und Nutzungsdaten herangezogen werden. Weiterhin werden Anwendungsfälle erhoben, in denen Bedien- oder Anzeigevorgänge stattfinden. Diese ermöglichen die gezielte Strukturierung von qualitativen Studien wie Kunden- und Anwenderinterviews und geben zudem Hinweise auf die im Rahmen von quantitativen Studien zu berücksichtigenden Datenpunkte. Insbesondere Kontextfaktoren wie die Topologie der Route und die davon abhängige Funktionsnutzung stellen im vorliegenden Beispiel vielversprechende Untersuchungsumfänge dar. Analog zur Erhebung von Alltagsaufgaben im Rahmen der

Trendanalyse in der ersten Prozessphase (vgl. Abschnitt 5.1.1) kann das PLT auch hier unterstützende Beobachtungsstudien oder gezielte Interviews einsetzen, wenn die Anwendungsfälle weitgehend unbekannt sind. Abschließend wird das Nutzenbündel bestehend aus Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen definiert. Das exemplarische Produktprofil zeigt zum einen, in welchen Märkten primär Studien und Nutzungsdaten erhoben werden sollten. Zum anderen geben die Inhalte zum Kunden- und Anwendernutzen an, welche Aspekte dediziert abzufragen sind.

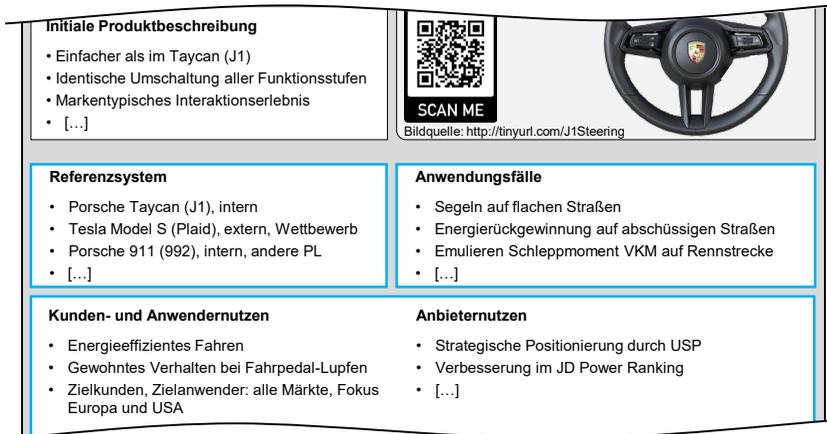


Abbildung 5.12: Konkretisierung des Produktprofils zur Identifikation von RSE relevanter Anwendungsfälle sowie zur Definition des Nutzenbündels

Daran anschließend erfolgt die Beschreibung der RSE (vgl. Abbildung 5.13). Eingesetzte Technologien und Lösungsprinzipien für die Benutzungsschnittstellen sowie das Interaktionsverhalten bei der Informationsein- und -ausgabe werden zuerst erhoben. Dies ermöglicht die gezielte Identifikation relevanter Datenpunkte der technischen Teilsysteme für quantitative Feldstudien. Zudem werden die Referenzsystemelemente anhand von UX- und Usability-relevanten Produkteigenschaften beschrieben. Diese unterstützen bei der inhaltlichen und thematischen Strukturierung geführter qualitativer Interviewstudien. Im vorliegenden Beispiel wurde zunächst das Anzeige- und Bediensystem der $SG_{n-1}^{a,p,v}$ untersucht (repräsentiert durch den Porsche Taycan J1). Gleichmaßen können RSE aus dem Wettbewerbsumfeld herangezogen werden (z.B. Tesla Model S). Im weiteren Verlauf sollten auch dazu je nach Verfügbarkeit spezifische Daten erhoben werden.

Beschreibung der Referenzsystemelemente für die Produktfunktion Schubrekuperation		
Referenzprodukt	Referenzsystemelemente	UX/Usability Eigenschaften der RSE
<p>Porsche Taycan (J1)</p>  <p>Quelle: https://tinyurl.com/PorscheTaycanJ1</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Verhalten: Iconwechsel bei Änderung der Funktionsstufe • Interaktionsprinzip: Toggle zum Umschalten zw. Stufe 0 (Segeln) und 1 (feste Verzögerung), Longpress zur Aktivierung der adaptiven Stufe 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzeige der Funktionsstufe: Permanent im direkten Sichtfeld des Fahrers • Modalität der Anzeige: Digital • Modalität der Bedienung: Haptisch • Selbstbeschreibungsfähigkeit: Icons auf den Schnittstellen identisch; im Kombiinstrument entspr. Zusatz der aktiven Funktionsstufe [...] <p>Quelle: https://tinyurl.com/J1interior</p>
<p>Tesla Model S</p>  <p>Quelle: https://tinyurl.com/BildTesla</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Anzeige- und Bedienschnittstelle: Displayeinheit in der Fzg.-Mittelachse • Interaktionsprinzip: Drücken zur Auswahl der gewünschten Funktionsstufe 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzeige der Funktionsstufe: Nicht im direkten Sichtfeld des Fahrers • Modalität der Anzeige/Bedienung: Digital • Selbstbeschreibungsfähigkeit: Eingängige Benennung der auswählbaren Funktionsstufen • [...] <p>Quelle: https://tinyurl.com/BildTesla</p>
[...]	[...]	[...]

Abbildung 5.13: Beschreibung der identifizierten Referenzsystemelemente anhand von UX- und Usability-Eigenschaften (Auszug)²

Daten erheben und analysieren

Zu Anfang definieren die Mitglieder des PLT anhand des Produktprofils relevante offene Konzeptfragen, die durch die Datenerhebung beantwortet werden sollen. Die offenen Konzeptfragen beinhalten zumeist zentrale ungeklärte Aspekte, die zur Systemsynthese unmittelbar wichtig sind. Werden diese Aspekte nicht oder nur unzureichend im Vorfeld der Erarbeitung alternativer Lösungen aufgelöst, erhöht sich das Risiko, an Kunden und Anwendern „vorbei zu entwickeln“ oder unnötig viele Konzeptvarianten abzuleiten. Die gezielte Datenerhebung zur Beantwortung der Fragen zählt somit auf die Wissensbasis des PLT ein (vgl. Abschnitt 2.4.3). Im Rahmen des Anwendungsbeispiels dieser Arbeit wurden insgesamt 51 offene Konzeptfragen aufgeworfen. Dabei ist sicherzustellen, dass die Fragen einen vergleichbaren inhaltlichen Umfang besitzen und so aufgebaut sind, dass jeweils nur ein Merkmal je Frage

² Dem Anwendungsbeispiel liegt ein firmeninterner Katalog an Produkteigenschaften mehrerer Ebenen zugrunde. Weiterführende Informationen zum Umgang mit Produkteigenschaften in der Automobilindustrie liefert Heitger (2019).

untersucht wird. Komplexere Fragestellungen sind dementsprechend zu kaskadieren. Im Zuge der Operationalisierung durch das PLT werden den Fragen jeweils eine oder mehrere qualitative und/oder quantitative Erhebungsmethoden sowie eine oder mehrere geeignete Datenquellen zugeordnet. Die Kombination von Erhebungsmethoden und Datenquellen erfolgt dabei bedarfsgesteuert durch das PLT (vgl. Abschnitte 4.3.3 und 4.4.3). Das Vorgehen zeigt Abbildung 5.14. (Hünemeyer, Bauer, Wagenmann et al., 2023)

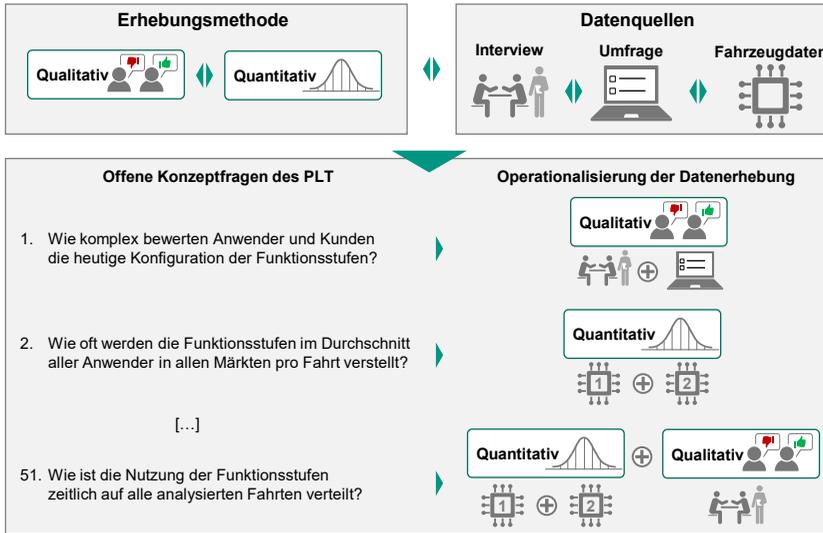


Abbildung 5.14: Erhebung offener Konzeptfragen im PLT und Operationalisierung der Datenerhebung zur Beantwortung der offenen Konzeptfragen (Hünemeyer, Bauer, Wagenmann et al., 2023)

Anschließend werden die Informationen zur Beantwortung der gestellten Konzeptfragen durch die Datenerhebung generiert. Dieser Schritt erfolgt operativ durch die Datenwissenschaftler im PLT, da hierfür spezifisches Prozess- und technisches Wissen vorausgesetzt werden. Die übrigen Mitglieder des PLT bringen notwendiges Produktwissen ein, um z.B. geeignete Datenpunkte zu identifizieren oder Interviewstudien inhaltlich zu strukturieren (vgl. Abschnitt 4.4.3). Die gezielte Kombination von Erhebungsmethoden und Datenquellen ermöglicht die Triangulation von Daten (vgl. Abschnitt 2.4.3). Dadurch können die Antworten zusätzlich abgesichert, detailliert oder kontextualisiert werden. Die generierten Informationen werden abschließend durch die Fachleute auf Plausibilität bewertet und für die Entwicklung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ interpretiert. Abbildung 5.15 zeigt das Vorgehen anhand des Beispiels.

Zur Beantwortung der ersten offenen Konzeptfrage wurden zwei qualitative Untersuchungen durch eine Quellentriangulation (vgl. Abschnitt 2.4.3) kombiniert. Ergebnis ist die qualitative Einschätzung von Kunden und Anwendern, wie komplex die gegenwärtige Konfiguration der Produktfunktion wahrgenommen wird. Die nachgelagerte Interpretation führt zu dem Schluss, dass nur spezifische Anwendungsfälle in der weiteren Entwicklung zu priorisieren sind. Zur Beantwortung der Frage 51 wurde zusätzlich zur Quellentriangulation zweier Fahrzeugdatensammler eine Methodentriangulation durchgeführt, die quantitative Daten um qualitative Daten ergänzt. Durch diese qualitative Kontextualisierung der quantitativen Datenbasis konnte eine valide Interpretation ermöglicht werden.

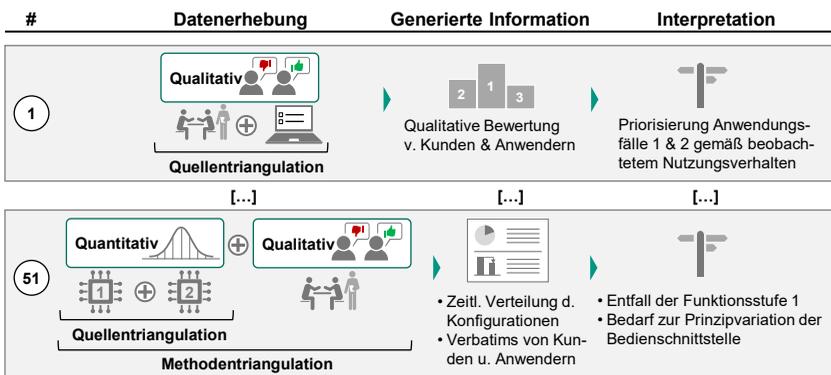


Abbildung 5.15: Generieren von Informationen zur Beantwortung der offenen Konzeptfragen durch Triangulation und Interpretation der Ergebnisse für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ (Hünemeyer, Bauer, Wagenmann et al., 2023)

Nutzungsanforderungen je Anwendungsfall konsolidieren

Im dritten Prozessschritt dieser Prozessphase werden die gewonnenen Erkenntnisse zu Nutzungsanforderungen für die priorisierten Anwendungsfälle verdichtet. Eine Teilaktivität beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten ist die Modellierung von Anwendungsfällen der jeweiligen Produktfunktion (vgl. Abschnitt 4.3.2). Einen Auszug aus dem internen Tool zur Modellierung zeigt Abbildung 5.16. Auf Basis der zuvor durchgeführten Datenanalyse werden die aus Kunden- und Anwendersicht priorisierten Anwendungsfälle beschrieben. Die Beschreibung des Anwendungsfalls leistet insbesondere bei hohen Neuentwicklungsanteilen der betrachteten Produktfunktionen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis um das Nutzungsverhalten. Bei Produktfunktionen mit einem hohen Neuentwicklungsanteil

und damit einhergehendem verbesserten oder „neuen“ Kunden- und Anwendernutzen kann damit das zu erwartende Nutzungsverhalten erhoben werden. Sofern auch hierzu bereits erste Studienergebnisse vorliegen (z.B. von Konzeptfahrzeugen oder aus Forschungsprojekten), kann das PLT auf einen unterstützenden Fundus an Daten zurückgreifen. Dies wiederum fördert die zielgerichtete Ableitung von Nutzungsanforderungen für die modellierten Anwendungsfälle, die daraufhin für die einzelnen Produkteigenschaften definiert werden.

<p>Produktfunktion: Rekuperation</p> <p>Szenario: Kunden und Anwender möchten die Funktionsstufen situativ umschalten, um die Möglichkeit des Fahrzeugs zur Energierückgewinnung bestmöglich zu nutzen.</p> <p>Basis der Customer and User Journey Map: <input checked="" type="checkbox"/> Hypothetisch <input type="checkbox"/> Datenbasiert</p> <p>Projektleitung: Dr.-Ing. F. Mayer</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Landstraße</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Landstraße</p> </div> </div>		
	<p>Anwendungsfall „Segeln“ auf flacher gerader Straße</p>	<p>Anwendungsfall Aktivierung des Verzögerungsmoments auf abschüssiger Straße</p>	[...]
<p>Beschreibung</p>	<p>Der Fahrer fährt morgens auf dem Weg zur Arbeit aus dem Wohngebiet auf eine flache Landstraße. Dabei nutzt er die Funktionsstufe „Segeln“, in der das Fahrzeug ohne Verzögerungsmoment über die Straße gleitet.</p>	<p>Der Fahrer fährt auf einen abschüssigen kurvigen Teil der Straße zu. Zur Nutzung der Bremsenergie aktiviert er die erste Funktionsstufe des rekuperativen Bremssystems, das ein Verzögerungsmoment von 0,6 m/s² stellt.</p>	[...]
<p>Nutzungsanforderungen</p>	<p>Anzeige der Funktionsstufe: Permanent im direkten Sichtfeld des Fahrers</p> <p>Selbstbeschreibungsfähigkeit: Rückmeldung über ein Element, das der Funktion einfach zugeordnet werden kann</p> <p>Modalität der Anzeige: Flexibel an die Funktionsstufen anpassbar</p>	<p>Anzeige der Funktionsstufe: Permanent im direkten Sichtfeld des Fahrers</p> <p>Bedienebene: Umschaltung der Funktionsstufen im direkten Zugriffsbereich des Fahrers („Fahrerachse“)</p> <p>Modalität der Bedienung: Auslegung als togglebares Bedienelement</p>	[...]
	[...]	[...]	

Abbildung 5.16: Modellierung priorisierter Anwendungsfälle und jeweils definierter Nutzungsanforderungen an das Anzeige- und Bedienkonzept der $SG_{n+1}^{a,p,v}$

Die Auswertung der exemplarischen Frage 1 im Anwendungsbeispiel legt die Interpretation nahe, dass die Anwendungsfälle 1 und 2 in den folgenden Schritten der Konzeptentwicklung zu priorisieren sind. Die Ergebnisse der zweiten Frage lassen darauf schließen, dass die Bedienschnittstelle im Interieur in den Produktgeneratio-

nen der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ leichter auffindbar sein muss. Dies wurde im zweiten Anwendungsfall bei der Erhebung der Nutzungsanforderungen für die Produkteigenschaft „Bedienebene“ integriert. Der im Rahmen der Frage 51 abgeleitete Bedarf zur Prinzipvariation der Bedienschnittstelle ist in die Anforderungserhebung der Produkteigenschaft „Modalität der Bedienung“ eingeflossen. Abbildung 5.17 fasst die zweite Phase des Referenzprozesses zusammen.

Zunächst wurde das Produktprofil um das Nutzenbündel, relevante Anwendungsfälle sowie RSE ergänzt. Diese wurden daraufhin als Stimuli zur Analyse von Produktnutzungsdaten herangezogen. Dabei wurden Methoden, Quellen und Analyseverfahren gezielt kombiniert, um die Informationen zu verfeinern, abzusichern oder zu kontextualisieren. Abschließend wurden die priorisierten Anwendungsfälle modelliert und spezifische Nutzungsanforderungen für die Anwendungsfälle aus der Datenanalyse abgeleitet. Die Phase stellt folglich eine auf das gegenwärtige Produktnutzungsverhalten fokussierte Ergänzung zur Trendanalyse der ersten Phase dar, in der zukünftige Entwicklungen zu Anzeige- und Bediensystemen evaluiert wurden. Die Teillösungen der Entwicklungsunterstützung in dieser Phase haben primär die Unterstützungsziele U2, U3, U4, U5 und U6 adressiert.

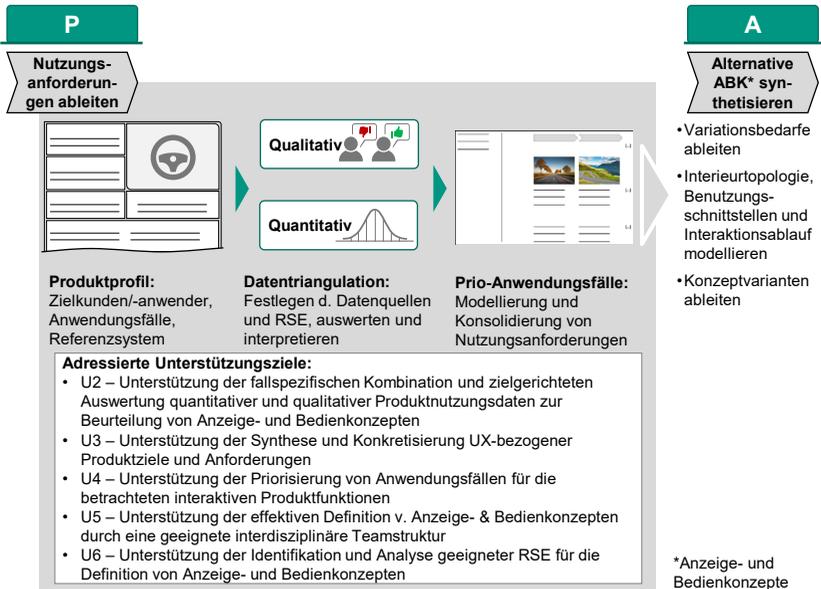


Abbildung 5.17: Zusammenfassung der zweiten Phase – Nutzungsanforderungen ableiten

5.1.3 Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren

Die dritte Phase des Referenzprozesses zielt darauf ab, Konzeptmodelle für die betrachteten Produktfunktionen auf Basis der zuvor durchgeführten Analysen zu erstellen. Die Produktentwickelnden generieren dazu möglichst viele passende alternative Lösungen bzw. Konzeptvarianten. Ein Grundsatz dieser Phase ist, den Lösungsraum möglichst weit zu gestalten und verschiedene Ansätze zu verfolgen, die die erhobenen Anforderungen erfüllen. Dazu wird das PLT erneut den Hauptzielen dieser Phase angepasst (vgl. Abbildung 5.18).



Abbildung 5.18: PLT für die dritte Phase – *Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren*: die Arbeit der Datenwissenschaftler ist abgeschlossen, ein Experte für Gesetze und Vorschriften bringt entsprechende Anforderungen ein

Variationsbedarfe ableiten

Gemäß Albers, Bursac und Wintergerst (2015), Albers, Rapp, Spadinger et al. (2019) sowie Albers & Rapp (2022) kann jede Produktentwicklungsaufgabe als Abbildung von Elementen eines Referenzsystems auf eine neue Produkt- bzw. Systemgeneration beschrieben werden. Dieser Zusammenhang wird wie nachfolgend beschrieben auf die vorliegende Problemstellung angewendet (vgl. Abbildung 5.19). Die ersten beiden Phasen des Referenzprozesses dieser Arbeit haben umfassendes Wissen um relevante zukünftige Entwicklungen und das gegenwärtige Nutzungsverhalten von Kunden und Anwendern erhoben. Diese Wissens Elemente, die resultierenden Ziele und Anforderungen sowie die technischen (Teil-) Systeme spannen das Referenzsystem R_{n+1} für die zu entwickelnde $SG_{n+1}^{a,p,v}$ des Anzeige- und Bediensystems auf. Ein Kernergebnis der zweiten Phase ist die Priorisierung von

Anwendungsfällen der betrachteten interaktiven Produktfunktion. Diesen Anwendungsfällen können jeweils Informationen aus den einzelnen Analyseschritten sowie analysierte RSE zugeordnet werden. Für jedes dieser RSE wird nun der Variationsbedarf für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ des Anzeige- und Bediensystems abgeleitet.

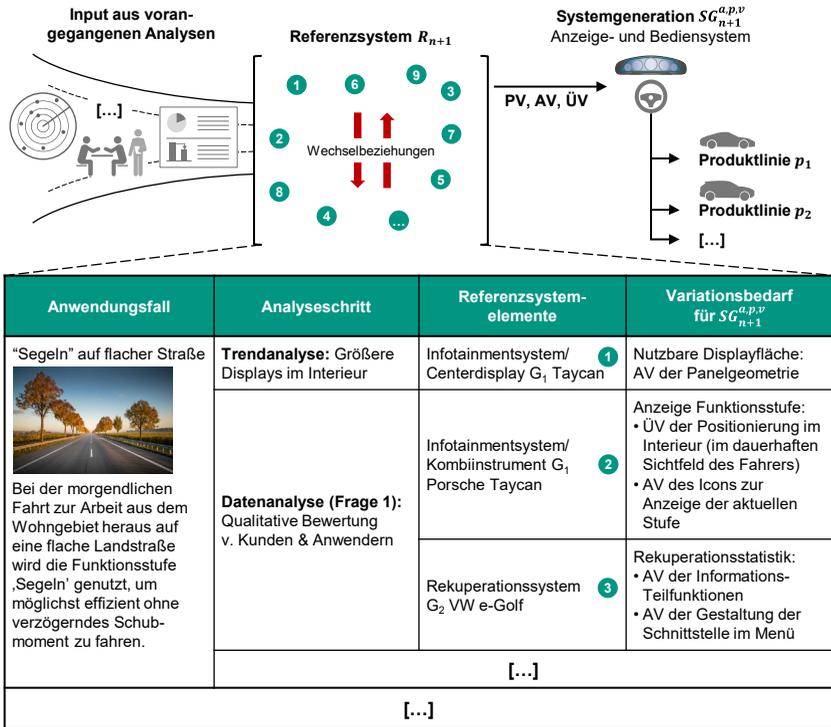


Abbildung 5.19: Ableiten von Variationsbedarfen für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ aus den vorangegangenen Analysen der ersten beiden Phasen des Referenzprozesses

Die Produktentwickler können die RSE anschließend durch gezielte Variation in die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ übertragen und so das Anzeige- und Bedienkonzept synthetisieren. Dadurch kann fallspezifisch zwischen der Übernahme eines bewährten Anzeige- und Bedienkonzeptes, der Anpassung einzelner Interaktionselemente (z.B. durch Rückmeldungen aus dem Feld) sowie der gänzlichen Neuentwicklung einzelner Konzeptinkremente unterschieden werden. Neben Ergebnissen aus Interviews, Marktrückmeldungen oder internen Prüfaufträgen sind dabei die funktionalen Variationsumfänge relevante Entwicklungstrigger (vgl. dazu auch Albers, Rapp, Fahl et

al., 2020 und Fahl, 2022). Bei neuen Produktfunktionen bzw. -teilkfunktionen, z.B. aus Bereichen mit schnellem Technologiefortschritt wie den Fahrerassistenz- oder Connect-Systemen, existiert folglich auch oftmals keine direkte Vorgänger-SG für das Anzeige- und Bediensystem. Daher stehen Produktentwickelnde in diesem Fall vor der Herausforderung, die „richtigen“ RSE zu identifizieren und die „richtigen“ Variationsbedarfe abzuleiten (vgl. Abschnitt 5.1.2). Für die Ableitung von Variationsbedarfen ist im PLT zunächst der projektleitende Konzeptingenieur zuständig, da diese Rolle einen breiten Überblick über das Zielsystem des Konzepts sowie alle zuvor durchgeführten Analysen besitzt. Anschließend werden die Variationsbedarfe im PLT diskutiert und z.B. basierend auf neuen Projektrandbedingungen oder technischen Einschränkungen nachgeschärft.

Ein einfaches Beispiel dazu zeigt der Anwendungsfall „Segeln auf flacher Straße“. Ein Kernergebnis der Datenanalyse ist die unzureichende Verständlichkeit der Anzeige der Funktionsstufe (vgl. Ergebnisse Beispielfrage 1). Das PLT hat dazu die $SG_{n-1}^{a,p,v}$ des Anzeige- und Bediensystems als internes RSE analysiert. Der aus der Datenlage abgeleitete Variationsbedarf sieht in Bezug auf die Positionierung des Anzeigeelements im Fahrzeuginnenraum eine ÜV vor, damit die Funktionsstufe weiterhin im direkten Sichtfeld des Fahrers angezeigt wird. Um das Funktionsverständnis gezielt über das Anzeige- und Bedienkonzept zu verbessern, wurde weiterhin eine AV der Geometrie der Anzeige der Funktionsstufe abgeleitet. Die verbesserte Selbstbeschreibungsfähigkeit der Produktfunktion soll weiterhin durch eine Rekupe-
rations-Statistik erzielt werden, die in der $SG_{n-1}^{a,p,v}$ des Anzeige- und Bediensystems noch nicht umgesetzt ist. Folglich existiert dazu kein direkter Vorgänger; das PLT ist somit auf externe RSE angewiesen. Im vorliegenden Bsp. wurde auf Basis der qualitativen Befragung von Kunden und Anwendern zum Anzeige- und Bediensystem der G_2 des VW e-Golf der Variationsbedarf zur AV der Teilfunktion der Information zur Rekupe-
rations-Nutzung sowie zur AV der geometrischen Gestaltung der Schnittstelle im Menü abgeleitet. Die Ableitung von Variationsbedarfen auf Basis von externen RSE geht häufig mit einem erhöhten Entwicklungsrisiko einher. Gerade im vorliegenden Bsp. zeigt sich dies deutlich: konzeptionell ist das Element der Rekupe-
rations-Statistik zielführend in das Anzeige- und Bediensystem übertragbar. Da dem PLT bei der Entscheidung jedoch weder das zugrundeliegende Referenz-ZS, noch technische Dokumentationen (z.B. i.F.v. SW-Code) vorgelegen haben, ist dies durch Fachleute (z.B. SW-Ingenieure) im weiteren Verlauf gesondert zu beurteilen. Auch kann dem erhöhten Entwicklungsrisiko mit dedizierten Validierungsstudien begegnet werden, um technisch mögliche Realisierungen für den intendierten Kunden- und Anwendernutzen zu überprüfen.

Interieurtopologie und Benutzungsschnittstellen festlegen

Im zweiten Schritt sind die notwendigen Benutzungsschnittstellen in der Interieurtopologie (die Anordnung der Benutzungsschnittstellen und deren Verteilung im Fahrzeuginnenraum) festzulegen. Abbildung 5.20 zeigt die Interieurtopologie mit den Benutzungsschnittstellen sowie deren Technologie für das Beispiel der $SG_{n+1}^{a,p,v}$.

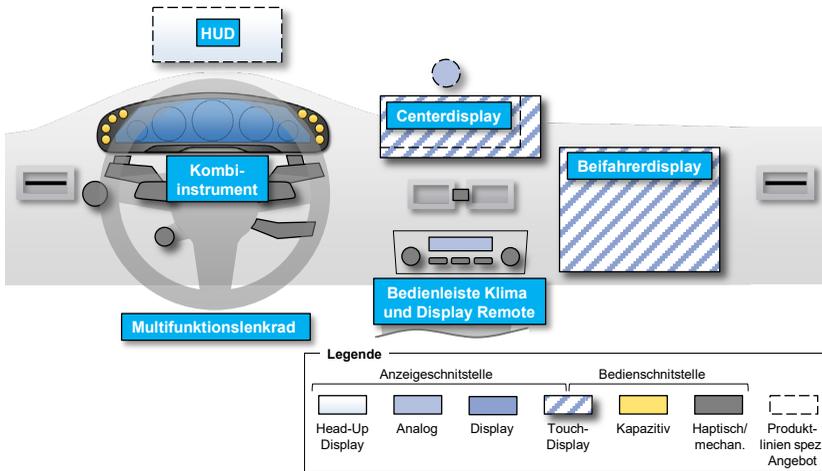


Abbildung 5.20: Modelldarstellung der teamübergreifend festgelegten Interieurtopologie inkl. der Benutzungsschnittstellen für die erste Sitzreihe

Im Einklang mit den Grundlagen der SGE ist dieser Prozessschritt oftmals stark beeinflusst von der jeweiligen Historie der Marke, die über Generationen hinweg besteht. Entwickelnde finden auch hier also keine „grüne Wiese“ vor, sondern sind vielmehr mit Elementen konfrontiert, die teils fest in der Produkt-DNA einzelner Produktlinien verankert sind. Das Anzeige- und Bediensystem bzw. die Interieurtopologie wird insbesondere im Premium-Segment im Bereich der Elektrofahrzeuge vermehrt zur Produktdifferenzierung eingesetzt. Folglich stehen Produktentwickelnde hier vor der Aufgabe, bestehende markenprägende Systemelemente in zukünftige SG zu überführen. Selbstverständlich sind auch gänzlich neue Konzepte mit hohem Innovationspotential möglich, wenn dies im Zielsystem der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ so definiert ist.

Im vorliegenden Beispiel liefert die Trendanalyse die Erkenntnis, dass die Größe der Displays im Innenraum zunimmt. Im Steckbrief der Systemgeneration wurde festgehalten, dass dieser Trend entsprechend der definierten strategischen Positionierung aufgegriffen werden soll (vgl. Abschnitt 5.1.1). Daher wurde das Beifahrerdisplay,

das weniger strengen gesetzlichen Randbedingungen zur Fahrerablenkung unterliegt, geometrisch verändert und so an den zentralen Kunden- und Anwendernutzen der Unterhaltung angepasst. Dadurch lassen sich zudem neue Use Cases aus dem Bereich des Trends „Gaming im Fahrzeug“ realisieren. Weiterhin ist zu beachten, dass nicht in allen Produktlinien die identische Topologie verbaut wird. Dies lässt sich einerseits auf technische Randbedingungen wie maßkonzeptionelle Vorgaben, andererseits auf produktstrategische Anforderungen zurückführen. Im vorliegenden Bsp. zeigt sich, dass aus Positionierungsgründen im Wettbewerb, aber auch relativ zu anderen Produktlinien im eigenen Produktportfolio nicht jede Produktlinie das Beifahrerdisplay oder das Head-Up-Display (HUD) erhalten soll. Auch das große Zentraldisplay kann aus Gründen der technischen Integration in die Schalttafel nicht in allen Produktlinien verbaut werden. Dies ist jeweils als Sonderausstattung kenntlich gemacht.

Das Spezifizieren der Topologie erfolgt in der Regel gemeinsam mit anderen Teams bzw. mit mehreren Konzeptingenieuren zusammen, da alle Teams gleichermaßen von der Topologie der Benutzungsschnittstellen betroffen sind. Dies kann bei Bedarf (wenn z.B. zu Anfang noch nicht alle notwendigen Anforderungen bekannt sind) auch iterativ erfolgen. Wenn bei nachfolgenden Validierungsstudien weiterer Variationsbedarf festgestellt wird, können einzelne Umfänge angepasst werden. Bis zum Meilenstein KE des PEP der ersteinsetzenden Produktgeneration sind jedoch die Aktivitäten der Konzeptsynthese im Bereich der HW-Elemente abzuschließen (vgl. Abschnitt 4.2.2). Im vorliegenden Beispiel hat sich gezeigt, dass die Topologie der Benutzungsschnittstellen nach dem Modellieren des Interaktionsablaufs der ersten drei Konzeptinkremente um weitere haptische Benutzungsschnittstellen am Lenkrad ergänzt worden ist. Der folgende Prozessschritt steht daher häufig in einem inkrementell bearbeiteten Wechselspiel zu diesem Prozessschritt.

Interaktionsablauf modellieren

Für die priorisierten Anwendungsfälle modellieren die Konzeptentwickelnden nun den Interaktionsablauf zwischen Kunden und Anwendern sowie der interaktiven Produktfunktion. Die Ergebnisse dieses Prozessschritts für das vorliegende Beispiel zeigt Abbildung 5.21. Die erhobenen Anforderungen, Randbedingungen sowie die aus den Ergebnissen der vorherigen Phasen abgeleiteten Variationsbedarfe werden dabei in grafische Modelle übersetzt. Dieser Prozessschritt kann durch ergänzende Kreativitätsmethoden flankiert werden, um die Systemsynthese und die Ableitung von Varianten zu unterstützen. Es gilt zu beachten, dass die Konzeptmodelle häufig als Vorlage in den folgenden Realisierungsphasen der Serienentwicklung genutzt werden. Anzeige- und Bedienkonzepte sind zwar gemäß der Definition in Abschnitt 2.3.2 technisch lösungsoffen. Die Konzeptverantwortlichen müssen aber bei der

Modellierung sicherstellen, dass die Konzeptmodelle eindeutig beschrieben sind und den realisierenden Fachleuten einen klar eingegrenzten Lösungsraum bieten. Daher bieten sich zur Modellierung spezifische Grafikwerkzeuge wie Sketch oder Figma an. Diese ermöglichen Produktentwickelnden, neben ersten Wireframes bereits detaillierte Konzeptmodelle zu erstellen, die zu einfachen Prototypen kombiniert werden können. Damit lässt sich der Interaktionsfluss bereits in dieser Phase abbilden und kann durch das Team gegen die Anforderungen bewertet werden.

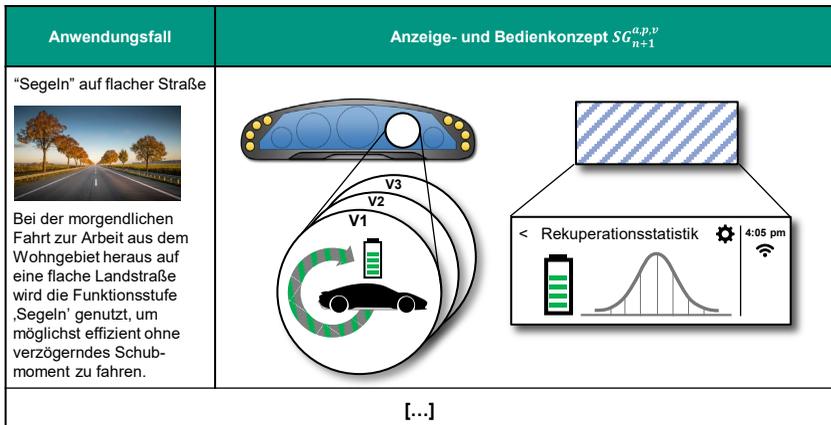


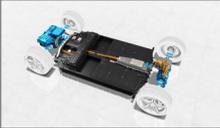
Abbildung 5.21: Modelldarstellung des Interaktionsablaufs über die definierten Benutzungsschnittstellen für die priorisierten Anwendungsfälle (Auszug)

Entscheidend ist zudem, die Schnittstellen der Konzeptmodelle zu spezifizieren. Nur so kann sichergestellt werden, dass die realisierenden Fachbereiche alle Signale zwischen den Teilsystemen definieren können (z.B. müssen Systemarchitekten erkennen können, dass ein zusätzlicher Signalfluss zwischen dem Multifunktionslenkrad und dem Kombiinstrument implementiert werden muss). Das Konzeptmodell für das Centerdisplay erfordert zu Anfang die Aufteilung des Screenlayouts im entsprechenden Menüpunkt. So werden die wichtigsten Elemente für die Informationsanzeige zur Rekuperations-Statistik zuerst positioniert und die Art der Information spezifiziert. Im Modell für das Kombiinstrument müssen lediglich die einzelnen Funktionsstufen angezeigt werden. Die Konzeptmodelle werden nun in die Vorlage zur Modellierung des Anzeige- und Bedienkonzepts überführt (vgl. Abbildung 5.22).

Interaktive Produktfunktion(en):
Schubrekuperation

- Stufe 1: Keine Verzögerung (Segeln), 0 m/s²
- Stufe 2: Statische Verzögerung von 0,8 m/s²
- Stufe 3: Adaptive Verzögerung von bis zu 1,3 m/s²

Bildquelle: <https://tinyurl.com/J1Recuperation>



Anwendungsfälle und Nutzungskontext

Produktfunktion:
Rekuperation

Szenario:
 [...]

Basis der Customer and User Journey Map:

Hypothetisch
 Datenbasiert

Projektleitung:
 Dr.-Ing. F. Mayer

Anwendungsfall		
		
Beschreibung	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>
Nutzungsanforderungen	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>



UX-Ziele (übergreifend und spezifisch)

- Vereinfachung ggü. G₁ Porsche Taycan
- Steigerung der intelligenten Personalisierung des Fzg.
- [...]

Nutzungsanforderungen (von Kunden/Anwendern)

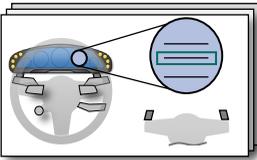
- Modalität der Bedienung: togglebares Bedienelement
- Bedienebene: Umschaltung im direkten Zugriffsbereich
- [...]

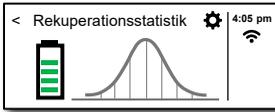
Randbedingungen (Techn./Gesetzl.)

- Blickabwendung zur Funktionsbedienung: max. 3s (CN, USA)
- Framerate Display: 60fps
- [...]



Benutzungsschnittstellen und Interaktionsablauf







Projektleitung: Dr. F. Mayer

Version: v0.1 (letzte Änderung: 18.01.2022)

Abbildung 5.22. Auszug der Modellierung des Anzeige- und Bedienkonzepts für die exemplarische Produktfunktion „Schubrekuperation“ für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$

Dabei liegt es im Ermessen des PLT, inwieweit alle Systemzustände oder lediglich einzelne Inkremente auszugsweise überführt werden. Die Dokumentation fungiert als mitgeltende Unterlage, die einzelne Inhalte des Produktprofils mit spezifischem Fokus auf das Anzeige- und Bediensystem weiter detailliert. Das Konzept bildet die Basis für die zu entwickelnde System- und Produktgeneration, die Dokumentation

des Anzeige- und Bedienkonzepts beschreibt für die priorisierten Use Cases den konkreten Interaktionsablauf von Kunden und Anwendern auf Basis der UX-Ziele, Nutzungsanforderungen sowie technischen und gesetzlichen Randbedingungen.

Abbildung 5.23 fasst die dritte Phase des Referenzprozesses zusammen. Ziel der Phase ist die Modellierung der auf Basis der abgeleiteten Variationsbedarfe synthetisierten Anzeige- und Bedienkonzepte sowie die Überführung dieser Konzeptmodelle in die standardisierte Vorlage. Die Teillösungen der Entwicklungsunterstützung in dieser Phase haben primär die Unterstützungsziele U3, U5 und U6 adressiert.

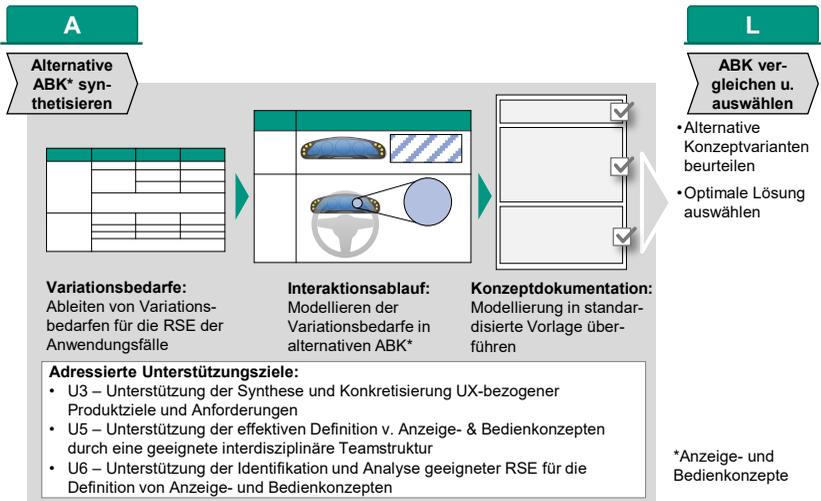


Abbildung 5.23: Zusammenfassung der dritten Phase – *Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren*

5.1.4 Anzeige- und Bedienkonzepte vergleichen und auswählen

Diese Prozessphase lässt sich im generischen SPALTEN-Prozess der Phase *Lösungsauswahl* zuordnen. Zunächst werden dazu die generierten alternativen Konzeptvarianten anhand der definierten Projektziele und ergänzender UX-spezifischer Kriterien durch das PLT beurteilt. Anschließend wird basierend darauf die optimale Lösung ausgewählt. Das angepasste PLT für diese Phase zeigt Abbildung 5.24.

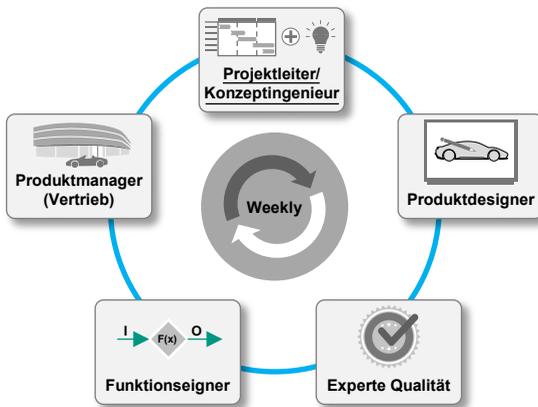


Abbildung 5.24: PLT für die Phase – Anzeige- und Bedienkonzepte vergleichen und auswählen durch Kunden- und Anwender-nahe Fachleute verschiedener Ressorts

Alternative Konzeptvarianten beurteilen

Die Beurteilung der alternativen Konzeptvarianten erfolgt anhand der erstellten Konzeptmodelle. Je detaillierter die Konzepte modelliert sind, desto besser die Beurteilbarkeit und umso höher die Anzahl relevanter Aspekte, die durch das PLT erfasst und bewertet werden können. Gleichzeitig ist es aufgrund von Zeit- und Budgetrestriktionen nicht für alle Varianten möglich, einen noch höher auflösenden, z.B. voll interaktiven, Prototypen mit einer funktionalen Restsimulation aufzubauen. Die Bewertung erfolgt anhand spezifischer Kriterien, die mittels einer fünfstufigen Likert Skala auf Erfüllung von den Mitgliedern des PLT für jede der drei Varianten eingestuft werden. Abbildung 5.25 zeigt die Bewertung für das Anwendungsbeispiel.

Der erste Block an Kriterien wird durch die projektspezifischen und -übergreifenden Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ aufgespannt. Die übergreifenden Ziele adressieren die gesamte SG für das Anzeige- und Bediensystem und lassen sich dem Steckbrief entnehmen. Die projektspezifischen Ziele hingegen umfassen die im Produktprofil spezifisch für den betrachteten Umfang definierten Ziele. Ergänzend dazu wurden die Grundsätze der Dialoggestaltung in Anlehnung an die ISO 9241 (2010) in die Bewertungsmatrix aufgenommen. Über ein digitales Werkzeug haben alle fünf Teammitglieder bewertet, inwiefern die Variante i (Spalte) das Bewertungskriterium j (Zeile) erfüllt. Anschließend wurden die Bewertungen zeilenweise im Team diskutiert, um jeweils qualitative Nuancen herauszustellen.

verbreitete Methode dazu ist die sog. SWOT-Analyse, mit der die vier gleichlautenden Dimensionen durch das PLT untersucht werden (Kotler, Berger & Rickhoff, 2010). Die Analyse erfolgt nicht rein aus Kunden- und Anwendersicht, sondern gleichermaßen aus technischer Sicht. Dazu wird das PLT erneut angepasst (vgl. Abbildung 5.26).

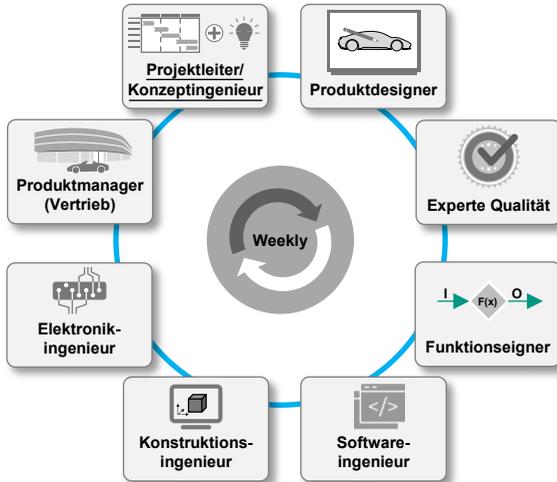


Abbildung 5.26: PLT für die fünfte Phase – *Anzeige- und Bedienkonzept auf Chancen und Risiken untersuchen*: zur detaillierten technischen SWOT-Analyse werden weitere Fachleute aus den realisierenden Fachbereichen hinzugezogen

SWOT-Analyse für ausgewählte Lösung durchführen

Die umfassende Betrachtung der vier Analysedimensionen wurde im vorliegenden Projekt lediglich für die priorisierte Variante 1 durchgeführt. Die technische und finanzielle Prüfung ist in der Praxis oftmals sehr umfassend, da für einzelne Konzeptumfänge ggf. Anfragen und Rücksprachen mit Zulieferern notwendig sind. Die vollständige SWOT-Analyse für alle generierten Varianten ist daher ineffizient und nur vertretbar, wenn die Ergebnisse der Phase zur Lösungsauswahl nicht eindeutig sind oder im Team begründete Restzweifel bestehen. In allen anderen Fällen ist in diesem Prozessschritt lediglich die priorisierte Lösung umfassend zu untersuchen. Abbildung 5.27 zeigt die Ergebnisse für die ausgewählte Lösung V1.

Das PLT sieht die **Stärken** der V1 in der Verbesserung des Funktionsverständnisses und der durchgängigen Produktlinien-übergreifenden Anwendbarkeit. Oftmals

müssen einzelne Konzeptumfänge Produktlinien-spezifisch angepasst werden (z.B. wenn die technische Leistungsfähigkeit der Steuergeräte nicht über alle Produktlinien gleich verteilt ist). Die Anpassungen gehen meist mit Varianzkosten einher, die bei der V1 jedoch nicht auftreten. Gleichwohl ist in der Dimension der **Schwächen** eine Kostenmehrung im Lead Projekt der ersteinsetzenden Produktgeneration zu erwarten, da die Verbesserung des Funktionsverständnisses durch die Rekuperationsstatistik erreicht werden soll. Diese zieht nicht nur eine verteilte Funktionsinteraktion nach sich, sondern erhöht auch die notwendigen internen Entwicklungskosten. Gleichzeitig bieten sich die **Chancen**, die Anwendungsfälle der Funktionsnutzung auf die Rennstrecke auszuweiten sowie eine allgemeine Verbesserung in der JD Power Kundenzufriedenheitsstudie um -1,8 pph (problems per hundred customers) zu erzielen. Die Betrachtung der **Risiken** zeigt, dass die Variante 1 ein gesteigertes zeitliches Projektrisiko aufgrund des hohen Neuentwicklungsanteils aufweist. Ferner ist in einer dedizierten Probandenstudie nachzuweisen, dass die Statistikanzeige die Anforderungen an die Fahrerablenkung im Markt USA erfüllt.

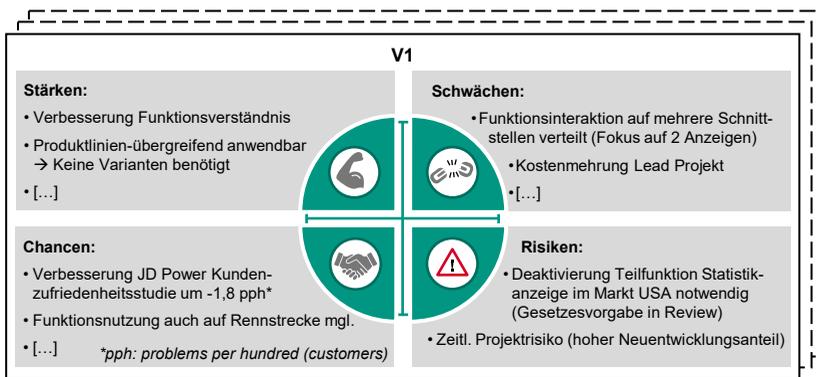


Abbildung 5.27: Exemplarische SWOT-Analyse für die Konzeptvariante 1 (V1)

Die V1 kann nach intensiver technischer und regulatorischer Prüfung weiterhin bestätigt werden. Es wurden zwar kleinere Risiken identifiziert, diese konnten jedoch mit Maßnahmen zur Prävention versehen werden. Das Anzeige- und Bedienkonzept kann daher für die Serienentwicklung vorbereitet werden.

5.1.6 Serienentwicklung vorbereiten

Ziel dieser Prozessphase ist die Überführung des Anzeige- und Bedienkonzepts in die Serienentwicklungsphase. Das an die Anforderungen dieser Prozessphase angepasste PLT zeigt Abbildung 5.28.



Abbildung 5.28: PLT für die sechste Phase – *Serienentwicklung vorbereiten*: zur Durchführung der Konzeptevaluation wird ein Validierungsingenieur hinzugezogen

Das Produktlinien-übergreifende Spezifizieren der Konzepte ist an diesem Punkt (vorerst) abgeschlossen. Nun werden umfassendere Validierungsstudien zur Analyse des Anzeige- und Bedienkonzepts aufgeplant. Je nach Ergebnis der Validierungsstudien wird ein Rücksprung in die Prozessphase *Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren* empfohlen, um Anpassungen am Anzeige- und Bedienkonzept vorzunehmen. Weiterhin ist die Rollout-Planung in die einzelnen Produktlinien Gegenstand dieser Phase. Dadurch wird sichergestellt, dass entwickelte Anzeige- und Bedienkonzepte in den Markt eingeführt werden – zunächst über die ersteinsetzende Produktgeneration (hier $G_{n+1}^{a,p6,v}$ bzw. zum Zeitpunkt der Markteinführung $G_n^{a,p6,v}$), dann sukzessive in den übrigen Produktlinien. Der erste Prozessschritt dieser Phase umfasst die Planung umfassender Validierungsstudien mit idealerweise realen Kunden und Anwendern; alternativ mit Testpersonen aus dem Unternehmen, die keinen direkten technischen Bezug zu dem untersuchten System haben. Dabei sind möglichst hochauflösende Prototypen zu verwenden, z.B. interaktive Simulationen, die ein immersives Erlebnis bieten.

Konzeptevaluation mit Validierungsingenieuren planen

Zentrale Aufgabe in diesem Prozessschritt ist die Konfiguration einer geeigneten Validierungsumgebung zur Analyse des vorliegenden Anzeige- und Bedienkonzepts. Reinemann (2020) identifiziert die Beschreibung der Validierungsziele und Testfälle als Startpunkt. Daher werden zunächst für jeden der in Prozessphase 2 (*Nutzungsanforderungen ableiten*, vgl. Abschnitt 5.1.2) priorisierten Anwendungs-

fall spezifische Validierungsziele definiert. Aus dem Prozessschritt der SWOT-Analyse ist bspw. bekannt, dass die Statistikanzeige einer gesonderten Studie zur Überprüfung des Ablenkungspotentials zu unterziehen ist. Für jedes definierte Validierungsziel ist ein korrespondierender Testfall zu ergänzen. Dieser beschreibt, wie das Validierungsziel zu überprüfen ist (Reinemann, 2020). Anschließend erfolgt die Auswahl eines geeigneten Prototyps zur Untersuchung der Validierungsziele. Je nach Validierungsziel werden dabei unterschiedliche Anforderungen an die Wiedergabetreue des Prototyps gestellt. Eher geringe Wiedergabetreue mit potenziell weniger Detailtiefe bieten grafische und klickbare, aber nicht funktionale Prototypen, die mit einem entsprechenden SW-Werkzeug erstellt worden sind (vgl. dazu auch Abschnitt 5.1.4). Diese sind lediglich für sehr einfache Analysen geeignet und erfordern ein hohes Vorstellungsvermögen in Bezug auf das Restsystem bei den Testpersonen. Eine reine HMI SW-Simulation (z.B. auf HTML- oder JavaScript-Basis) bietet i.d.R. nicht die Möglichkeit, ein funktionales Modell über eine Backendverbindung flexibel anzubinden. Somit können dabei oftmals nicht alle Anwendungs- und Testfälle abgedeckt werden. Je nach Einschätzung der Validierungsingenieure kann die Konfiguration um einen Fahrsimulator inkl. AR/VR-Prototypen ergänzt werden. Der stationäre Aufbau mit einer Sitzkiste kann dabei durch ein Simulationsmodell des Funktionsverhaltens ergänzt werden. Dadurch bietet diese technische Lösung eine hohe Wiedergabetreue, der Aufbau ist jedoch aufwandsintensiver. Ist zudem ein realer Fahrkontext notwendig, bietet sich ein Forschungsfahrzeug mit prototypischer HW an, dessen Steuergeräte mit den Simulationsmodellen bespielt werden.

Das IPEK-XiL-Framework nach Albers, Behrendt et al. (2016) wurde angelehnt an Albers, Reinemann et al. (2019) im vorliegenden Anwendungsfall genutzt, um die Validierungskonfiguration in Abbildung 5.29 aufzubauen. Für die definierten Validierungsziele und Testfälle wurde jeweils ein Fahrsimulator mit einer prototypischen Konzeptsitzkiste ausgewählt, die dem Innenraum-Maßkonzept der ersteinstzenden Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p,v}$ entspricht. Der Aufbau verfügt zusätzlich über eine AR/VR-Umgebung, die eine realistische virtuelle Darstellung des Systemmodells „Umwelt“ ermöglicht. Für das Systemmodell „Fahrzeug“ wurde eine gemischt physisch/virtuelle Umgebung aufgebaut. Die Sitzkiste wurde mit dem zum Validierungszeitpunkt aktuellen SW-Release des funktionalen Simulationsmodells bespielt, um ein möglichst seriennahes Restsystemmodell zu erzeugen. Das eigentliche System-in-Development (SiD), das Anzeige- und Bediensystem, wurde aus prototypischer HW aus Vorgängergenerationen (vgl. Teilsystem Lenkrad in der Validierungskonfiguration) oder Entwicklungsgenerationen der Teilsysteme von Zulieferern aufgebaut (vgl. Teilsystem Centerdisplay).

Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE

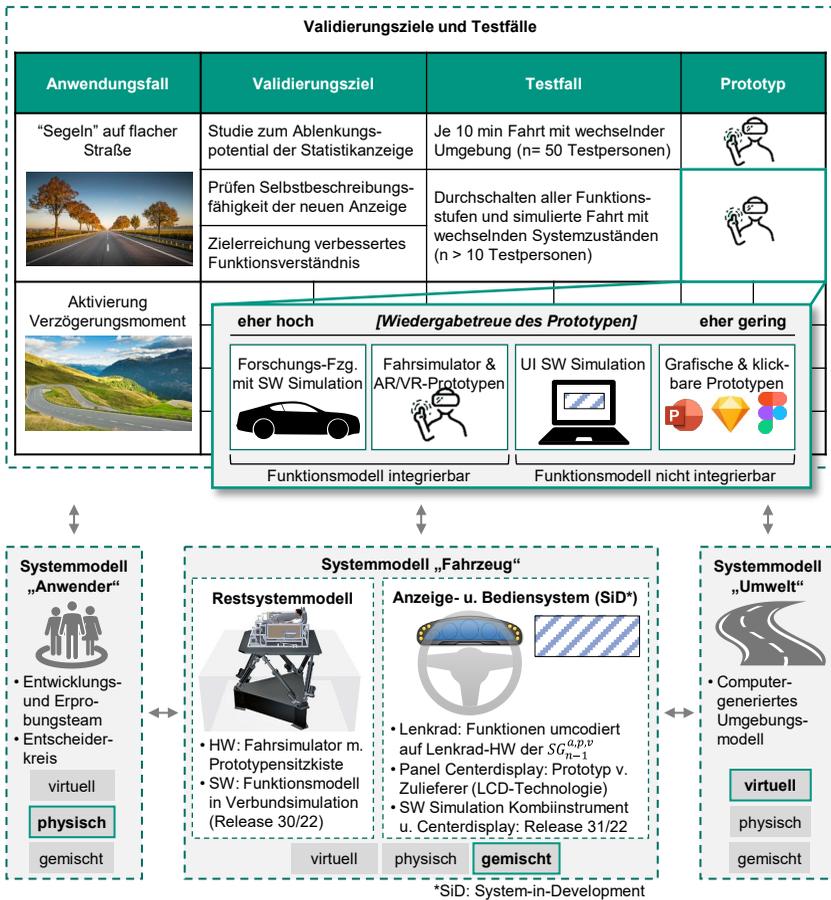


Abbildung 5.29: Validierungskonfiguration für das vorliegende Bsp. basierend auf dem IPEK-XiL-Framework adaptiert nach Albers, Reinemann, Fahl und Hirschter (2019)

Ergänzend dazu wurde das zum Validierungszeitpunkt aktuelle SW-Release der HMI-Simulation auf die Elektronik der Sitzkiste übertragen. Diejenigen Produktfunktionen, die über das Multifunktionslenkrad bedient werden können, wurden auf die vorhandenen Benutzungsschnittstellen des Lenkrads umcodiert. Das neu entwickelte Lenkrad, das mit der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ einsetzen soll, war zum Validierungszeitpunkt noch nicht als HW-Modell verfügbar und wurde daher in einer AR-Umgebung als

SW-Modell gezeigt³. Das Systemmodell „Anwender“ wurde aus dem Entwicklungsteam, einem speziell geschulten Erprobungsteam sowie den relevanten Entscheidungsgremien zusammengesetzt. Dadurch soll eine möglichst umfassende Validierung aus mehreren Perspektiven sichergestellt werden. Idealerweise wird dieses Systemmodell durch reale Kunden und Anwender ergänzt, um eine möglichst geringe Verzerrung der Ergebnisse zu fördern. Aufgrund von Kostenrestriktionen und Gründen der Geheimhaltung werden jedoch häufig interne Testpersonen oder Fachleute aus Agenturen (z.B. JD Power) rekrutiert, die eine ausreichende fachliche Distanz zu dem SiD haben. Die Ergebnisse der Validierungsstudie werden anschließend durch das PLT aufbereitet und interpretiert. Sofern notwendig, ist die dritte Prozessphase *Alternative Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisieren* in Teilen erneut zu durchlaufen und die Konzeptmodelle entsprechend der Validierungsergebnisse anzupassen. Die Phasen 4-6 sind in diesem Fall ebenfalls erneut wie beschrieben zu durchlaufen. Für den Fall, dass keine Beanstandungen mehr vorliegen, ist abschließend der Rollout in die einzelnen Produktlinien aufzuplanen.

Rollout aufplanen

Die ersteinsetzende Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p_6,v}$ nimmt in diesem Prozessschritt erneut eine exponierte Rolle in der Planung ein. Das Anzeige- und Bediensystem soll zwar Produktlinien-übergreifend entwickelt werden, die $G_{n+1}^{a,p_6,v}$ gibt jedoch die Reifegradplanung sowie die Planung der SW-Releases zur Markteinführung vor. An die zuvor durchgeführte Konzeptvalidierung schließen sich in der Automobilindustrie diverse Erprobungsfahrten auf Arbeits- und Managementebene an. Diese werden entlang des Produktentwicklungsprozesses im Zusammenspiel mit der funktionalen und bauteilspezifischen Reifegradplanung des Gesamtfahrzeugs durchgeführt. Neben der rein funktionalen Erprobung und Überprüfung von technischen Reifegraden liegt dabei auch besonderer Fokus auf dem Anzeige- und Bedienkonzept. Daher ist die Projektplanung auf diejenige Entwicklungsgeneration auszurichten, die während der ersten Erprobungsfahrt gefahren werden soll, in der das Anzeige- und Bediensystem Teil der Erprobung ist. Abbildung 5.30 zeigt die Planung für die $S_{G_{n+1}^{a,p,v}}$.

³ Der Aufbau der Validierungskonfiguration ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Eine Anleitung fokussiert für die AR-gestützte Validierung liefert Reinemann (2020).

Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE

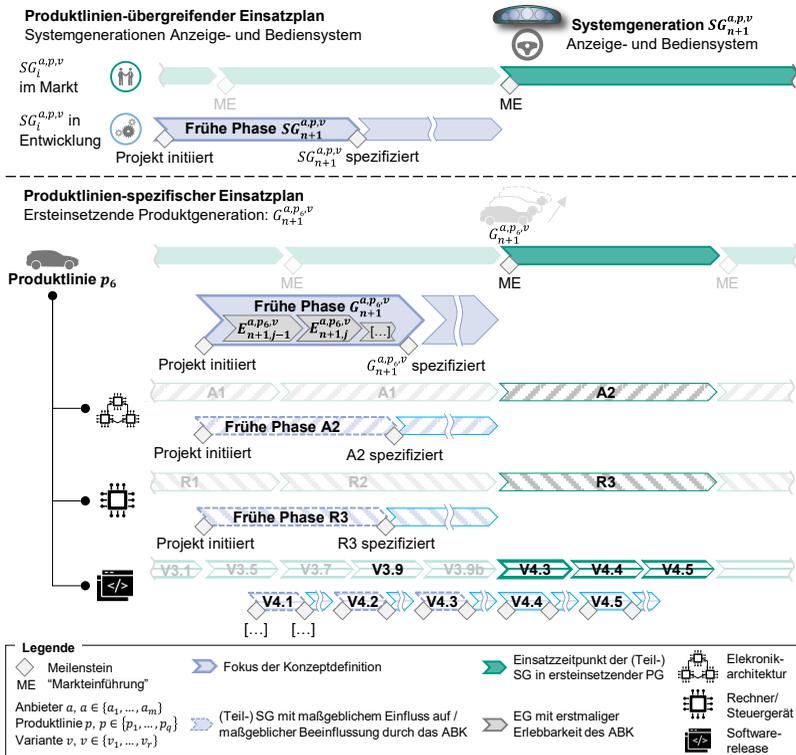


Abbildung 5.30: Projektplan zur Überführung der übergreifenden Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die Projektschiene der ersteinsetzenden Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p_6,v}$

$E_{n+1,j}$ ist die erste Entwicklungsgeneration, in der das Anzeige- und Bedienkonzept auf einer Erprobungsfahrt getestet werden soll⁴. Im vorliegenden Bsp. ist dies die funktionale Reifegradplanung geknüpft. Die frühe Erprobung wird dabei retrograd durch die kurze Bugfixing-Phase am Ende der Serienentwicklung eingeplant. Der hohe Neuentwicklungsumfang des Anzeige- und Bedienkonzepts führt dazu, dass die erste unternehmensweite Erprobungsfahrt genutzt werden soll. $E_{n+1,j}$ soll mit der SW-V4.1 bereits ein seriennahes Release erhalten, in der insgesamt 80% der Konzeptinkremente der gesamten $SG_{n+1}^{a,p,v}$ umgesetzt sind. Die Markteinführung

⁴ Einen Leitfaden zur dedizierten Reifegradplanung auf Gesamtfahrzeugebene und zum Aufbau der Entwicklungsgenerationen stellt Hirscher (vgl. 2024) bereit.

der ersteinsetzenden Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p,v}$ ist mit der SW-V4.3 geplant. V4.1 und V4.2 sind folglich rein zu Erprobungszwecken genutzte Releases und können zur Weiterentwicklung genutzt werden, wenn z.B. in einer der Erprobungsfahrten eine Konzeptanpassung beauftragt wird. Die Frühe Phase der Teilsysteme Architektur (A2) und Zentralrechner (R3) ist zu dem Erprobungszeitpunkt noch nicht abgeschlossen, sodass diese technisch durch frühere SG (z.B. A1 und R2) ersetzt werden müssen. Im vorliegenden Bsp. sind dadurch merkliche Einschränkungen in der Systemleistung zu erwarten, die im Zuge der Bewertung während der Erprobungsfahrt zu berücksichtigen sind. Durch die am Gesamtsystem ausgerichtete Rolloutplanung kann sichergestellt werden, dass die systemischen Reifegradvorgaben zur Erlebbarkeit des Anzeige- und Bedienkonzepts eingehalten werden und dadurch die Markteinführung mit einem umfassend erprobten System erfolgt. An diesem Punkt befindet sich die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ bereits im Übergang zur $SG_n^{a,p,v}$ – in der Automobilentwicklung wird diese auch häufig „Serienentwicklung“ genannt. Abbildung 5.31 fasst die Prozessphasen 4-6 zusammen.

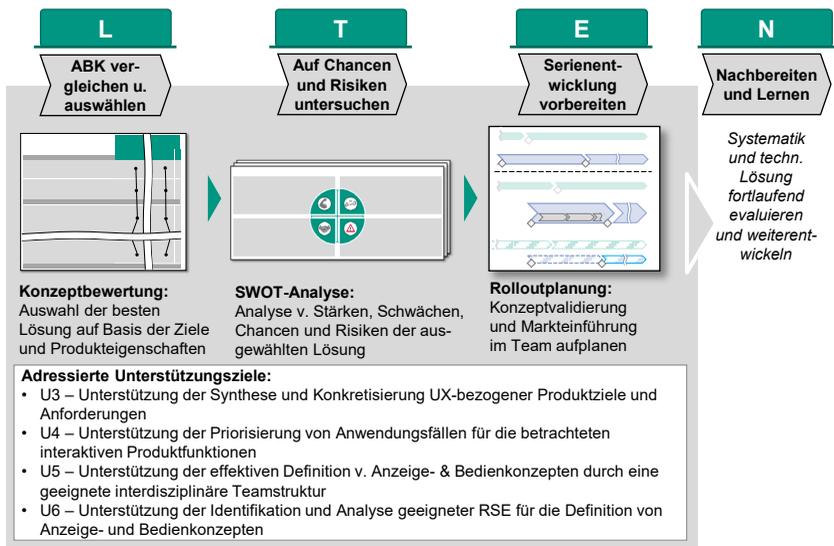


Abbildung 5.31: Zusammenfassung der Phasen 4-6

Ausgehend von mehreren Konzeptmodellen wurde eine Bewertung der Varianten mit dem Ziel durchgeführt, die beste Lösung auf Basis der Produktziele auszuwählen. Diese Lösung wurde anschließend auf ihre Stärken, Schwächen, Chancen und

Risiken hin untersucht. Abschließend wurden weitere Validierungsstudien zur Evaluation des Anzeige- und Bedienkonzepts sowie die Überführung in die Serienentwicklung der ersteinsetzenden Produktgeneration aufgeplant. Die Teillösungen der Entwicklungsunterstützung in dieser Phase haben primär die Unterstützungsziele U3, U4, U5 und U6 adressiert.

5.1.7 Nachbereiten und Lernen

Im Zentrum dieser Phase steht einerseits die fortlaufende Evaluation und Weiterentwicklung der technischen Lösung. Für das beispielhaft gezeigte Anzeige- und Bedienkonzept wird dies durch Studien und Erprobungsfahrten sichergestellt, die bis zur Markteinführung fortlaufend durchgeführt werden. Die angefertigten Erprobungsberichte werden den Konzeptverantwortlichen zur Verfügung gestellt. Diesen obliegen dann die Interpretation und die Planung sich ggf. anschließender Aktivitäten. Dabei ist z.B. denkbar, dass ergänzend dazu erneute Datenanalysen durchgeführt werden müssen, um die Validierungsergebnisse weiter zu kontextualisieren und fortbestehende Wissenslücken zu schließen. In diesem Fall ist die Systematik ab der zweiten Phase erneut zu durchlaufen. Gleichsam ist denkbar, dass Erprobungsberichte bereits ausreichendes Wissen zur Iteration des Zielsystems an das Anzeige- und Bedienkonzept liefern. In dem Fall kann das PLT die Aktivitäten ab der dritten Phase erneut durchlaufen und die Lösungsvarianten des Anzeige- und Bedienkonzepts den neuen Erkenntnissen entsprechend anpassen.

Andererseits ist die Systematik selbst durch gewonnenes Anwendungs- und Erfahrungswissen durch die Entwickelnden fortlaufend weiterzuentwickeln. Ein geeigneter Aufsatzpunkt zur Erfassung des Anwendungs- und Erfahrungswissens ist eine dedizierte Evaluationsstudie für die Systematik. Die Entwickelnden werden dabei durch qualitative Befragungen und Umfragen in die Evaluation einbezogen. Kerninhalt sind dabei das Maß der Zielerreichung sowie wahrgenommene Verbesserungspotentiale. Kapitel 6 zeigt drei beispielhafte Evaluationsstudien anhand des in Abschnitt 4.5 definierten Zielsystems an die Systematik.

Anschließend werden die identifizierten Verbesserungspotentiale genutzt, um Teile der Systematik weiterzuentwickeln. Dabei können einzelne Prozessschritte um notwendige Teilaktivitäten erweitert oder die Abfolge der Prozessschritte neu konfiguriert werden. So stellt bspw. der Methodenkatalog zur Datentriangulation in der zweiten Prozessphase lediglich eine Momentaufnahme dar. Mit fortschreitenden technologischen Grundlagen sind zukünftig weitere Analyseschritte und -verfahren denkbar. Die Erkenntnisse insb. im Forschungsprojekt der Abschlussarbeit von Bauer (2022) haben gezeigt, dass die datengestützte Produktentwicklung noch vielschichtige technologische Potentiale aufweist. Gleiches gilt für das in den einzelnen

Phasen aufgespannte Referenzsystem des gesamten PLT (sowohl der permanenten als auch der bedarfsbezogen konsultierten Mitglieder). Die in den Phasen des Referenzprozesses identifizierten RSE müssen wie die Systematik auch kontinuierlich auf Aktualität und Vollständigkeit geprüft werden. Bedarfsbezogen sind im Sinne einer sich kontinuierlich weiterentwickelnden Systematik auch kontinuierlich weitere RSE hinzuzufügen. Nur mit „den richtigen“ RSE als Ausgangsbasis können die Hilfsmittel der Trendanalyse und der Datentriangulation valide und mehrwertstiftende Informationen liefern und die Wissensbasis der Entwickelnden stärken. Weitere Ansatzpunkte werden im Ausblick in Kapitel 7 dargelegt.

5.2 Fazit: Unterstützungsevaluation

Inhalt dieses Kapitels ist gemäß Design Research Methodology (DRM) nach Blessing & Chakrabarti (2009) die *Präskriptive Studie (PS)*. An die Problemstellung dieser Arbeit angepasst, wurde die Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE beschrieben. Dadurch konnte die Forschungsfrage FF7 auszugswise für die Unterstützungsziele des Zielsystems beantwortet werden:

FF 7: Wie ist eine Systematik zum vorausschauenden und datengestützten Spezifizieren Produktlinien-übergreifender Anzeige- und Bedienkonzepte in der Frühen Phase im Modell der SGE zu gestalten?

Der Umfang und die einzelnen Bausteine der Systematik sind zusammenfassend in Abbildung 5.32 dargestellt.

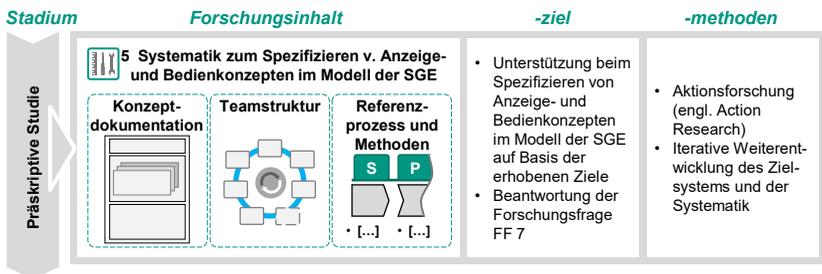


Abbildung 5.32: Die drei Bestandteile der entwickelten Systematik in der Präskriptiven Studie (PS) zur Unterstützung der Produktentwickelnden bei der Problemlösung

Den Abschluss der PS bildet die Unterstützungsevaluation, im Rahmen derer die entwickelte Systematik auf ihre grundsätzliche Funktionalität hin überprüft wird. Die Bausteine wurden in einer formativen Evaluation bereits entwurfsbegleitend geprüft (vgl. Abbildung 5.10, Abbildung 5.17, Abbildung 5.23, Abbildung 5.31). Im Rahmen der Gestaltung der einzelnen Hilfsmittel der Entwicklungsunterstützung wurde stets ein erster Abgleich des zu erwartenden Beitrags mit den gesteckten Forschungszielen durchgeführt. Als Bewertungskriterien wurden dabei die in Abschnitt 4.5 definierten Unterstützungsziele der Systematik herangezogen. Die Prüfung auf den Erfüllungsbeitrag hat dabei in einem wissenschaftlichen Dialog unter Leitung des Autors dieser Arbeit und den Mitgliedern des PLT aus den einzelnen Entwicklungsbereichen stattgefunden. Da der Autor dieser Arbeit neben der wissenschaftlichen Leitung auch die projektleitende Rolle des Konzeptingenieurs eingenommen hat, wurden die Bausteine ergänzend dazu mit weiteren Konzeptingenieuren aus der gleichen Abteilung diskutiert und auf ihre Unterstützungsleistung hin untersucht. Tabelle 5.1 ordnet die Bausteine der Systematik den Zielen zu.

Tabelle 5.1: Zuordnung der einzelnen Elemente der Systematik zu den Unterstützungszielen der Deskriptiven Studie I (DS I)

	Die Systematik soll...	Lösungsvorschlag	Abschnitt
U1	...die Analyse und Auswertung technologischer, marktlicher und gesellschaftlicher Trends und vergleichbarer Umfeldentwicklungen mit Bezug zu Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützen.	<ul style="list-style-type: none"> • Trendanalyse im Entwicklungsteam spezifisch für die $SG_{n+1}^{R,P,Y}$ • Analyse des Kunden- und Anwendernutzen für die identifizierten Trends • Ableiten einer strat. Positionierung 	5.2.1
U2	... die fallspezifische Kombination und zielgerichtete Auswertung quantitativer und qualitativer Produktnutzungsdaten zur Beurteilung von Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützen.	<ul style="list-style-type: none"> • Subprozess und Methoden zur Auswahl und Auswertung geeigneter Datenquellen • Gezielte Kombination durch Datentriangulation 	5.2.2
U3	... die Synthese und Konkretisierung UX-bezogener Produktziele und Anforderungen unterstützen.	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung der Erhebung durch Trend- und Datenanalysen • Konsolidierung in Konzeptdokument 	5.2.1 5.2.2 5.2.3
U4	... die Priorisierung von Anwendungsfällen für die betrachteten interaktiven Produktfunktionen unterstützen.	• Gezielte Untersuchung von Nutzungshäufigkeiten (quantitativ) und Erklärung bei Auffälligkeiten (qualitativ)	5.2.2
U5	... das effektive Spezifizieren v. Anzeige- & Bedienkonzepten durch eine geeignete interdisz. Teamstruktur unterstützen.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation relevanter Rollen • Unterteilung in Kernteam- und erweiterte Mitglieder 	5.2.1 - 5.2.7
U6	... die Identifikation und Analyse geeigneter RSE für das Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützen.	• Bedarfsbezogene Analyse von RSE an relevanten Prozessschritten (Trend- und Datenanalyse sowie Konzept-Synthese)	5.2.1 5.2.2 5.2.3

Im Rahmen der anschließenden *Deskriptiven Studie II (DS II)* werden in mehreren Fallstudien nun eine *Anwendbarkeits-* sowie eine initiale *Erfolgsevaluation* durchgeführt, um den Dreiklang zur Evaluation von Forschungsergebnissen zu vervollständigen (Blessing & Chakrabarti, 2009).

6 Evaluation der Systematik

In diesem Kapitel werden gemäß DRM die Ergebnisse der *Deskriptiven Studie II (DS II)* dargelegt (Blessing & Chakrabarti, 2009). Operativer Gegenstand dieses Kapitels ist die Anwendbarkeits- und initiale Erfolgsevaluation der in der PS entwickelten Systematik. Die in Abschnitt 4.5 formulierten Ziele werden als Bewertungskriterien herangezogen. Dadurch soll die Forschungsfrage FF 8 beantwortet werden:

FF 8: Welchen Beitrag zur Reduktion von Marktunsicherheiten in Bezug auf unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte leistet die Systematik?

Eine Übersicht über die drei durchgeführten Evaluationsstudien zeigt Abbildung 6.1.



Abbildung 6.1: Übersicht der Evaluationsstudien in der Deskriptiven Studie II (DS II)

In Abschnitt 6.1 wird die umfassende **Anwendung** der Systematik in einer Fallstudie in der Konzeptentwicklung in der **Automobilindustrie** vorgestellt. Das Anwendungsbeispiel aus Kapitel 5 war dabei Teil des betrachteten Umfangs. Der Autor der vorliegenden Arbeit war dabei in Personalunion verantwortlich für die Durchführung der Studie sowie die Leitung des Entwicklungsprojekts. Die Anwendbarkeit wurde aufgrund der aktiven Teilnahme des Autors dieser Arbeit nicht evaluiert. Der Erfolgsbeitrag der Systematik wurde dabei mittels eines Fragebogens durch die übrigen permanenten Mitglieder des PLT qualitativ bewertet. Für die Erfolgsanforderung E2 zur Reduktion von Marktunsicherheiten konnte zusätzlich eine quantitative Erfolgskennzahl errechnet werden, die den Erfolgsbeitrag der Systematik zusätzlich nachweist. Auszüge der Evaluation wurden bereits bei Hünemeyer, Bauer, Wagenmann

et al. (2023) veröffentlicht. Teile dieser Evaluation wurden im Rahmen der studentischen Abschlussarbeit von Bauer (2022)¹ am IPEK – Institut für Produktentwicklung in Zusammenarbeit mit der Porsche AG durchgeführt. Ziel des **Cognitive Walkthrough** in Abschnitt 6.2 ist die Diskussion ausgewählter Teile der Systematik mit Fachleuten der Porsche AG. Die Testpersonen haben ebenfalls eine projektleitende Rolle inne, haben jedoch andere Umfänge bei der Entwicklung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ betreut und andere PLT geführt. Dadurch soll nachgewiesen werden, dass die Systematik auf mit dem Anwendungsbeispiel aus Kapitel 5 vergleichbare Umfänge ebenfalls anwendbar ist. Die Anwendbarkeit sowie der Erfolgsbeitrag wurden dabei qualitativ mittels eines Fragebogens erfasst. Abschließend wird in Abschnitt 6.3 eine **Transferanwendung** ausgewählter Bausteine der Systematik im Rahmen des Live-Lab Pro-VIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor vorgestellt. Diese wurde im Rahmen des studentischen Entwicklungsprojekts am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im Zeitraum 04/2022 – 07/2022 durchgeführt. Für alle drei Studien werden nachfolgend das jeweilige Studiendesign sowie die konkreten Studienergebnisse beschrieben.

6.1 Fallstudie in der Konzeptentwicklung in der Automobilindustrie

In dieser Evaluationsstudie wurden alle Bausteine der Systematik in einem realen Entwicklungsprojekt im Zuge der Konzeption des Anzeige- und Bediensystems der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in der Untersuchungsumgebung bei der Porsche AG angewendet. Die einzelnen Phasen des Referenzprozesses wurden wie in Abschnitt 5.1 dargelegt durchlaufen. Als Anwendungsbeispiel wurden die markenprägenden Fahr- und Performancefunktionen der Sportwagen aus dem Produktportfolio der Porsche AG herangezogen. Abbildung 6.2 zeigt die Entwicklungssituation nach Analyse der Funktionsroadmaps und einem initialen Workshop mit den Funktionsverantwortlichen. Die Trendanalyse sowie der Steckbrief zur Planung der neuen SG sind identisch mit den Dokumenten aus Abschnitt 5.1.1. Ein weiterer Trigger für neue oder weiterzuentwickelnde Anzeige- und Bedienkonzepte sind Variationen von Produktfunktionen. Die Ergebnisse des Workshops zeigen, dass im Bereich der Fahrfunktionen (linke Spalte) insgesamt sechs neue Produkt-Teilfunktionen aufgeplant wurden, weitere fünf sollten durch PV und sechs durch AV weiterentwickelt werden. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Performancefunktionen zur Aufzeichnung von Rundstreckendaten: insgesamt sieben neue Produkt-Teilfunktionen wurden aufgeplant, weitere zwei sollten mittels PV und drei mittels AV weiterentwickelt werden. Der

¹ Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit

hohe Anteil PV und AV unterstreicht den Ansatz der $SG_{n+1}^{a,p,v}$, die dem gegenwärtig hohen dynamischen Marktumfeld mit einem hohen Neuheitswert begegnen soll (vgl. dazu auch den Steckbrief in Abbildung 5.8).



Abbildung 6.2: Anwendungsbeispiel der Porsche Fahr- und Performance-Funktionen inkl. geplanter funktionaler Variationsanteile und neuer Produktfunktionen

6.1.1 Studiendesign

Die Fallstudie wurde im Zeitraum von 01/2021 bis 04/2022 durchgeführt (vgl. Abbildung 6.3). Der Startpunkt der Fallstudie war gleichzeitig auch der Meilenstein, an dem das Projekt zur Entwicklung der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ intiiert wurde. Der Abschluss der Fallstudie war kurz vor Ende der Frühen Phase der $SG_{n+1}^{a,p,v}$, an dem die SG spezifiziert war. Der Autor der vorliegenden Arbeit war dabei einerseits verantwortlich für die fachliche Leitung des PLT. Andererseits hat dieser die Studienleitung und die Auswertung der Ergebnisse übernommen, die wie folgt aufgebaut ist:

Der von den Produktentwickelnden **qualitativ wahrgenommene Erfolgsbeitrag** der Systematik wurde durch die Mitglieder des PLT anhand von Fragebögen evaluiert. Zur Nachweisführung wurde eine vierstufige ordinalskalierte Likert-Skala eingesetzt. Zur Sicherstellung unverzerrter und möglichst objektiver Ergebnisse haben nur die drei verbleibenden permanenten Mitglieder des PLT die Bewertungsbögen ausgefüllt. Diese Evaluation wurde unmittelbar nach Durchlaufen des Referenzpro-

zesses für alle definierten Erfolgsziele durchgeführt. Die Variable der Marktunsicherheit unterliegt einer hohen Subjektivität. Durch eine ergänzende **quantitative Untersuchung** sollen Unterschiede in der Wahrnehmung der Fachleute über eine numerische Kenngröße weitgehend ausgeglichen werden. Daher wurde zur Nachweisführung des Ziels E2² eine Erfolgskennziffer entwickelt, die das Potential zur Reduktion von Marktunsicherheiten misst. Marktunsicherheit kann in vielen Formen auftreten (Zimmermann, Kempf et al., 2021). Die für die vorliegende Arbeit relevante Form der Unsicherheit sind unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an die zu entwickelnden Anzeige- und Bedienkonzepte (vgl. Abschnitte 2.4.1, 4.3.2 und 4.4.2). Marktunsicherheit kann für die Bewertung als Betrag derjenigen Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern bezeichnet werden, der dem PLT zum Zeitpunkt der Messung unbekannt ist. Zur Erhebung der Marktunsicherheit wurden zunächst in einem Zeitraum von neun Monaten zu diskreten Zeitpunkten offene Konzeptfragen durch das PLT formuliert.

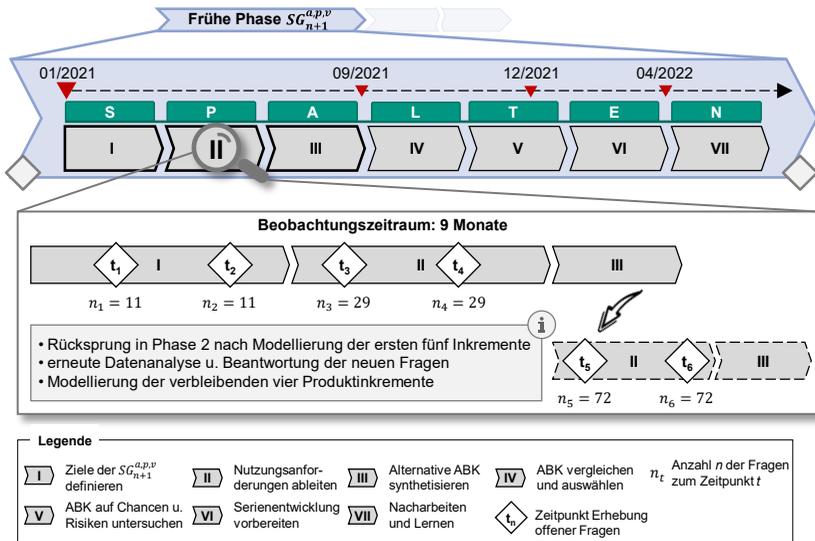


Abbildung 6.3: Verortung der Erfolgsbewertung zur Unsicherheitsreduktion in der Frühen Phase der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ im Referenzprozess der entwickelten Systematik

² Erfolgsanforderung E2: Die Systematik reduziert Marktunsicherheiten in der Frühen Phase infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte.

An insgesamt sechs diskreten Zeitpunkten t_n in den Prozessphasen 1-3 wurden sowohl Antworten auf bereits gestellte Fragen diskutiert als auch neue Fragen (bei Bedarf) erhoben. Über den gesamten Projektverlauf hinweg wurden insgesamt 72 Fragen erhoben. Zum Zeitpunkt t_3 wurden durch das PLT bereits 29 Fragen definiert. Diese waren zunächst alle auf jeweils abgeschlossene Konzeptinkremente bezogen, sodass im nächsten Schritt bereits die ersten fünf Konzeptinkremente in der dritten Prozessphase modelliert werden konnten. Während der Modellierung sind weitere Fragen aufgekommen, sodass ein Rücksprung in die zweite Prozessphase notwendig war, um eine erneute Datenanalyse zur Beantwortung der verbleibenden Fragen ab Zeitpunkt t_5 durchzuführen. Anschließend wurden die verbleibenden vier Konzeptinkremente modelliert. Die Beantwortung der offenen Konzeptfragen hat die Ableitung von Nutzungsanforderungen erlaubt (vgl. Abschnitt 5.1.2). Die Anwendbarkeitsziele wurden in dieser Studie nicht bewertet, da die projektleitende Rolle des Autors dieser Arbeit zu einer Verzerrung in der Bewertung hätte führen können. Die Einzelergebnisse werden nachfolgend dargelegt.

6.1.2 Studienergebnisse

Die Studienergebnisse unterteilen sich in drei Einzelergebnisse zur Nachweisführung, die in nachfolgend aufgelisteter Chronologie vorgestellt werden:

- Die angepassten Lieferobjekte der Phasen des Referenzprozessmodells, die sich wiederum in das modellierte Systemkonzept als Abschluss der Frühen Phase, die Validierungskonfiguration auf Basis des IPEK XiL-Ansatzes sowie den Überführungsplan in die einzelnen Produktlinien unterteilen lassen,
- die qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags sowie
- die quantitative Bewertung des Erfolgsbeitrags.

Lieferobjekte ausgewählter Phasen des Referenzprozessmodells: Modelliertes Systemkonzept, Validierungskonfiguration und Überführungsplan

Abbildung 6.4 zeigt einen Auszug der Konzeptdokumentation für die Interaktive Produktfunktion „Rundstreckenfahrten aufzeichnen und auswerten“. Die Konzeptdokumentation stellt das Kerneergebnis der dritten Phase des Referenzprozesses dar. Im Rahmen dieser ersten Studie wurden alle Bausteine der Systematik in den jeweils relevanten Prozessphasen angewendet. Die Ergebnisse der ersten beiden Prozessphasen (vgl. Abschnitte 5.1.1 und 5.1.2) sind für diese Fallstudie ebenfalls gültig. Die Trendanalyse wurde für die gesamte Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ durchgeführt. Die Datentriangulation wurde bewusst breiter angelegt und auf den hier dargelegten

Umfang ausgeweitet, da die Produktfunktion Schubrekuperation Teil des Funktions-clusters der Fahrfunktionen ist. Daher wird auf die erneute Darstellung verzichtet (vgl. Abschnitt 5.1).

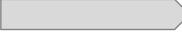
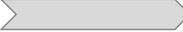
Interaktive Produktfunktion(en):
Rundstreckenfahrten aufzeichnen und auswerten

- Teilfunktion 1: Livedaten aufzeichnen
- Teilfunktion 2: Ideallinientrainer
- Teilfunktion 3: Daten automatisiert auswerten

Bildquellen: <https://tinyurl.com/SpoChroclock>, <https://tinyurl.com/TrackTrainer>



Anwendungsfälle und Nutzungskontext

<p>Produktfunktion: Rundstreckenfahrten aufzeichnen/auswerten</p> <p>Szenario: [...]</p> <p>Basis der Customer and User Journey Map:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Hypothetisch <input type="checkbox"/> Datenbasiert</p> <p>Projektleitung: Dr.-Ing. F. Mayer</p>	<p>Anwendungsfall</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div>	<p>Beschreibung</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Nutzungsanforderungen</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
--	---	--

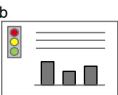
UX-Ziele (übergreifend und spezifisch)	Nutzungsanforderungen (von Kunden/Anwendern)	Randbedingungen (Techn./Gesetzl.)
<ul style="list-style-type: none"> • Gesteigerte Gamification • Steigerung der intelligenten Personalisierung des Fahrzeugs • [...] 	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Effizienz auf der Rundstrecke • Fokus auf Benutzungsschnittstellen im direkten Sichtfeld • [...] 	<ul style="list-style-type: none"> • Blickabwendung zur Funktionsbedienung; max. 3s (CN, USA) • Neu: Differential GPS zur Geschwindigkeitsmessung • [...]

Benutzungsschnittstellen und Interaktionsablauf

< Training ⚙️ 4:05 pm 📶



< Racelab ⚙️ 4:05 pm 📶



Projektleitung: Dr. F. Mayer Version: v0.1 (letzte Änderung: 12.04.2022)

Abbildung 6.4: Auszug der Modellierung des Anzeige- und Bedienkonzepts für die Produktfunktion zur Analyse von Rundstreckenfahrten der $SG_{n+1}^{a,p,v}$

Die beiden wichtigsten UX-bezogenen Produktziele für das zu entwickelnde Anzeige- und Bedienkonzept sind zum einen die gesteigerte *Gamification*, um den menschlichen Spieltrieb von Rennstrecken-affinen Kunden und Anwendern anzusprechen und den pragmatischen Nutzen der Produktfunktion um spieltypische Elemente anzureichern. Zum anderen soll das Anzeige- und Bedienkonzept das Ziel der gesteigerten intelligenten Personalisierung des Fahrzeugs aufgreifen. Beide Ziele wurden aus der Trendanalyse abgeleitet. Aus dedizierten Studien mit professionellen Rennfahrern war dem PLT bereits bekannt, dass während der Fahrt eine effiziente und reduzierte Darstellung von Inhalten gefordert wird. Weiterhin sollten die wichtigsten Inhalte in der Fahrerachse dargestellt werden. Komplettiert wird das Zielsystem durch die Randbedingungen, z.B. Gesetze zur Fahrerablenkung. Die Validierungskonfiguration zur Analyse des ausgewählten Anzeige- und Bedienkonzepts zeigt Abbildung 6.5.

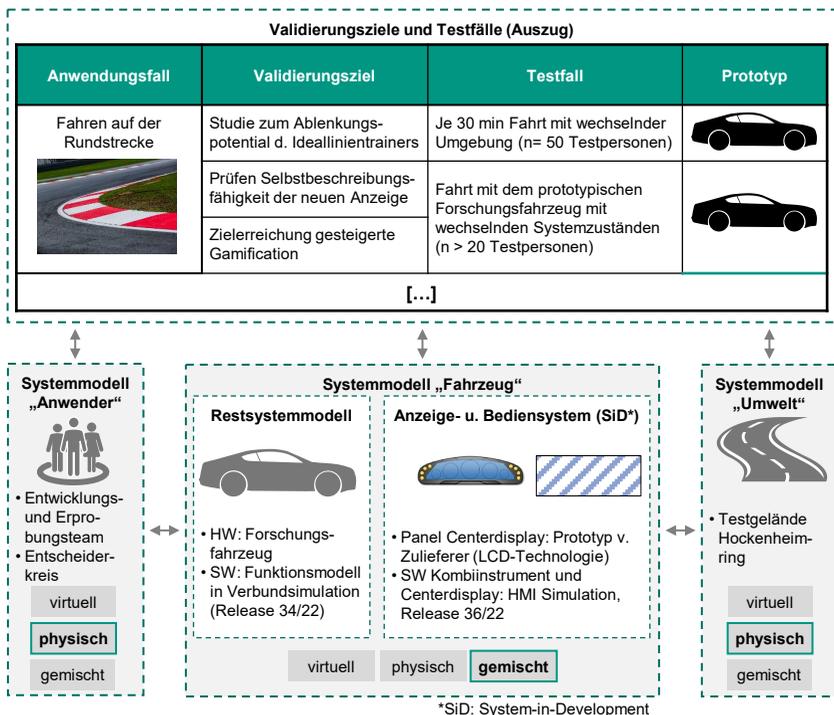


Abbildung 6.5: Planung der Konzeptvalidierung als Ergebnis der sechsten Phase *Serienentwicklung vorbereiten* für das Anwendungsbeispiel (Auszug)

Für die im Rahmen der zweiten Phase des Referenzprozesses priorisierten Use Cases wurden wiederum Validierungsziele und korrespondierende Testfälle definiert. Zur Studiendurchführung wurde das Forschungsfahrzeug mit der Konzeptsimulation als Prototyp festgelegt. Dies hat den Vorteil, dass ein seriennahes Funktionsmodell eingebunden werden kann und so das Restsystemmodell deutlich realistischer agiert als ohne Funktionsmodell. Weiterhin muss das Systemmodell „Umwelt“ nicht augmentiert werden, sondern die Testpersonen können das SiD auf einer realen Rennstrecke erproben. Für das Anzeige- und Bediensystem selbst wurde ein prototypisches Centerdisplay mit einer leicht veralteten, aber kurzfristig verfügbaren Technologie eingebaut. Die Teilsysteme Kombiinstrument und Centerdisplay werden durch die HMI-Simulation mit dem zum Validierungszeitpunkt aktuellen Release 36/22 gesteuert. Das Systemmodell „Anwender“ für die Konzeptvalidierung wurde aus dem Entwicklungsteam, geschulten Rennfahrern sowie der Leitung der einzelnen Produktlinien zusammengesetzt. Die Überführung des Anzeige- und Bedienkonzepts der übergreifenden $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die Entwicklung der ersteinstellenden Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p,v}$ ist in Abbildung 6.6 dargestellt.

Die wichtigsten Meilensteine sind neben der *Initiierung des Projekts* in 01/2021 der *Abschluss der dritten Phase* des Referenzprozesses, der im PEP der $G_{n+1}^{a,p,v}$ auf den Meilenstein PD fällt. In 12/2021 ist der *Aufbau der Entwicklungsgeneration* $E_{n+1,j}$ gestartet, in der das entwickelte Anzeige- und Bedienkonzept erstmalig erlebbar sein sollte. In Abschnitt 4.2.2 wurden die Wechselwirkungen zwischen dem Anzeige- und Bedienkonzept und technischen „Enabler-Systemen“ wie der Elektronik-Architektur und den zugrundeliegenden Zentralrechnern dargelegt. Um eine statusgerechte Entwicklung der Architektur A2 und Rechner R3 sicherzustellen, mussten in der Prozessphase *Bestätigung Kommunikationsart* Anforderungen aus dem Anzeige- und Bediensystem an die verantwortlichen Systemteams gestellt werden. Hier zeigen sich die Wechselwirkungen anschaulich: wenn der Interaktionsablauf des Anzeige- und Bedienkonzepts technische Signale voraussetzt, die z.B. nur über eine CAN-BUS oder Ethernet-Verbindung realisierbar sind, muss dies als Anforderung an die Architektur-Systemteams gestellt werden. Fehlt diese Anforderung und fordert keine andere Domäne eine entsprechend leistungsfähige Vernetzung, kann ggf. eine weniger leistungsfähige LIN-Verbindung eingesetzt werden. Dies wiederum schränkt dann den Lösungsraum beim Spezifizieren des Anzeige- und Bedienkonzepts nachträglich ein. Eine vergleichbare Situation lässt sich im Kontext der Softwareentwicklung erkennen: die SW-V4.1 soll planmäßig in der $E_{n+1,j}$ zum Einsatz kommen. Nach der dritten Phase wurden die Anforderungen mit den Software-Entwicklungsteams abgestimmt, um den sog. *Change Request* statusgerecht stellen zu können. Bis zur Umsetzung des ersten Produktinkrements (PI 1) wurde das Anzeige- und Bedienkonzept im Rahmen der Grob- und Feinspezifikation in domänenspezifische Modelle übersetzt.

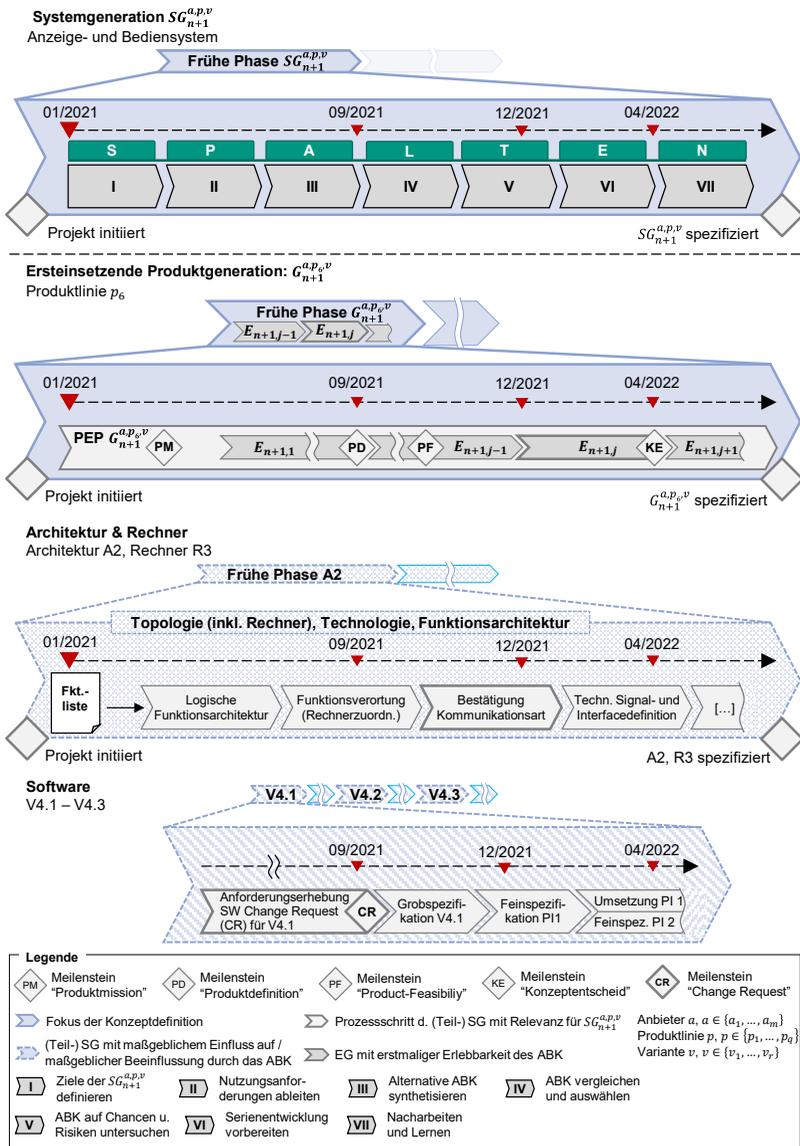


Abbildung 6.6: Überführung des Anzeige- und Bedienkonzepts der übergreifenden Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die ersteinsetzende Produktgeneration $G_{n+1}^{a,p,v}$ (Auszug)

Qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags der Systematik

Nachfolgend wird der Beitrag der entwickelten Systematik zu den Erfolgszielen der Systematik dargelegt. Dazu wurde unter den permanenten Mitgliedern des PLT eine qualitative Bewertung zum Erfüllungsgrad der in Abschnitt 4.5 definierten Erfolgsziele durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 6.7.

Die Systematik...	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
E1 ...verknüpft die Analyse relevanter Trends zielgerichtet mit dem Spezifizieren v. Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase.			●	●●
E2 ...reduziert Marktunsicherheiten in der Frühen Phase infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte.				●●●
E3 ...schließt gezielt Wissenslücken der Produktentwickelnden zum Produktnutzungsverhalten von Kunden und Anwendern durch Analyse von Daten aus definierten Referenzsystemelementen.				●●●
E4 ...fördert eine durchgehende Produktlinienübergreifende Betrachtung beim Spezifizieren der Konzepte.			●●	●
E5 ...erhöht das Vertrauen der Produktentwickelnden in die zum Schließen der Wissenslücken erhobenen Informationen.		●	●●	

Legende

● Bewertung einer Person

Abbildung 6.7: Qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags der entwickelten Systematik durch die Kernteam-Mitglieder des Entwicklungsteams (n=3)

Die Ergebnisse unterliegen in dieser Studie aufgrund der geringen Stichprobe einer statistischen Einschränkung. Allerdings kommt den drei Testpersonen im Zuge der Evaluation eine besondere Rolle zu, da alle drei Testpersonen den Referenzprozess der Systematik mit allen entwickelten Hilfsmitteln vollständig durchlaufen und angewendet haben. Zusammengefasst zeigt das Ergebnis, dass alle Erfolgsziele nach Einschätzung der Befragten erfüllt sind. Die vorgestellte Trendanalyse wurde für die gesamte $S_{n+1}^{a,p,v}$ entwickelt und daher auch für die hier untersuchten Anzeige- und Bedienteilsysteme herangezogen. Die befragten Personen bescheinigen der entwickelten Lösung das Potential, die Analyse von Trends zielgerichtet mit dem Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten zu verknüpfen (E1). Die Erfolgsanforderung E2, durch die eine Reduktion der Marktunsicherheit adressiert wird, ist von den

Testpersonen unisono als voll erfüllt bewertet worden. Ein vergleichbares Ergebnis zeigt die Untersuchung von E3: alle Testpersonen stimmen der Hypothese „voll und ganz zu“, dass mittels der Systematik gezielt Wissenslücken durch Analyse von Daten aus RSE geschlossen werden können. Die Systematik wurde konsequent mit Produktlinien-übergreifendem Fokus ausgelegt, um die Aktivitäten der Konzeptentwicklung nicht nur auf eine Produktlinie zu beschränken und so Synergieeffekte in der Entwicklung heben zu können (E4) (vgl. Abschnitt 4.2.2). Diesem Ziel stimmen zwei Testpersonen „eher zu“, eine Person stimmt „voll und ganz zu“. In Bezug auf die Anforderung E5 ergibt sich eine stärkere Einschränkung des Erfüllungsgrads. Eine Person stimmt der Hypothese „eher nicht zu“, dass durch die Systematik das Vertrauen in die erhobenen Informationen gesteigert werden kann. In einer abschließenden Diskussion mit den Mitgliedern des PLT konnte dies darauf zurückgeführt werden, dass insbesondere die Datenanalyse technologisch noch Potentiale für zukünftige Weiterentwicklungen aufweist.

Quantitative Bewertung des Erfolgsziels E2 (Reduktion der Marktunsicherheit)

Ergänzend zur qualitativen Erfolgsmessung wurde für das Erfolgsziel E2 eine quantitative Bewertung durchgeführt. Trotz sorgfältiger Planung der Datenanalysen konnten nicht alle Fragen in gleichem Ausmaß beantwortet werden. Dies ist auf Unterschiede in der Informationsqualität zurückzuführen (vgl. Abschnitt 2.4.3). Das PLT hat zwar bestätigt, dass jede gesicherte Information grundsätzlich weiterhilft und die Wissensbasis erhöht, dennoch wurden die Einschränkungen der Informationsqualität entsprechend in die Bewertung eingerechnet. Eine detaillierte Übersicht zu den mathematischen Zusammenhängen liefert Anhang A3.

Die Informationsqualität setzt folglich die erhobenen Informationen in Bezug zu deren Potential, die Wissensbasis des PLT tatsächlich zu erhöhen und damit die Unsicherheit zu reduzieren. Um diesen Sachverhalt zu quantifizieren und im Projektverlauf darzustellen, wurden die Ergebnisse in den eigens konzipierten **Evidenz-Score (ES)** überführt. Diese zeitpunktindividuelle Maßzahl ergibt sich aus dem Quotienten der Summe der Werte der Informationsqualität $Q_{i,t}$ und der Anzahl der Fragen n_t zum Zeitpunkt t (vgl. Formel 7):

$$ES_t = \frac{\sum_{i=0}^{n_t} Q_{i,t}}{n_t} \in [0; 1] \quad 7$$

Durch die Normierung auf die Summe der gestellten Fragen ist der Evidenz-Score eine Maßzahl für den Grad der Beantwortung aller zu einem Zeitpunkt gestellten Fragen. ES_t ist eine antiproportionale Zuordnung zur Marktunsicherheit: Steigt ES_t , sinkt die Marktunsicherheit zum Bezugszeitpunkt. So lässt sich die reduzierte Markt-

unsicherheit im Entwicklungsprozess numerisch modellieren und bewerten. Zum Zeitpunkt t_1 wurden die ersten 11 Fragen gestellt. Zu diesem Zeitpunkt konnte noch keine der Fragen beantwortet werden, da die Datenlage nicht ausreichend war. Es ergibt sich ein Evidenz-Score $ES_1 = 0$. Zu den übrigen Zeitpunkten wurden stets einige offene Konzeptfragen beantwortet ($ES_t > 0 \forall t \in [2; 6]$) (vgl. Abbildung 6.8).

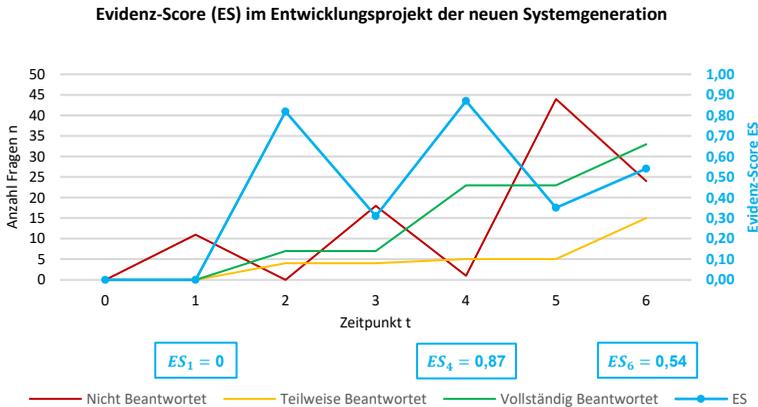


Abbildung 6.8: Kurvenverlauf des Evidenz-Score (ES) im Entwicklungsprojekt der neuen SG in Relation zu den nicht/teilweise/voll beantworteten Fragen

Durch die Normierung auf die Anzahl der gestellten Fragen n_t ergeben sich u.U. bessere Werte für ES_t , wenn das PLT weniger Konzeptfragen definiert. Dies ist jedoch nur ein scheinbares Potential, da jede aufgeworfene Frage ein Kriterium beschreibt, das zwar zum Zeitpunkt der Formulierung der Frage nicht bekannt ist – jedoch sind „bekannte Unbekannte“ weniger gravierend als „unbekannte Unbekannte“. Erstere können mit Hilfe der Systematik erforscht werden, letztere sind noch nicht aufgedeckte „white spots“. Werden diese auch im weiteren Verlauf des Projekts nicht aufgedeckt (z.B. im Rahmen der Konzeptvalidierung in der sechsten Phase des Referenzprozesses), so kann sich das Risiko erhöhen, „am Markt vorbeizuentwickeln“. Aus numerischen Gesichtspunkten sind Fragen, die zwar aufgeworfen, aber zum Betrachtungszeitpunkt unbeantwortet sind, dennoch nicht geeignet, um die Marktunsicherheit zu reduzieren (vgl. dazu auch Abbildung 6.9).

Zum Abschluss der Studie an Zeitpunkt t_6 betrug der Evidenz-Score $ES_6 = 0,54$. Im Vergleich mit dem Bezugszeitpunkt t_1 stellt dies eine Verbesserung um 54% dar. Dies zeigt, dass die Marktunsicherheit durch die Evidenz-gestützte Beantwortung der erhobenen Konzeptfragen unter Anwendung der Systematik gesenkt werden

konnte. Das globale Maximum ES_{max} ist jedoch zu Zeitpunkt t_4 mit einem Wert von $ES_4 = 0,87$ zu beobachten. Dies ist somit der Zeitpunkt mit der höchsten Evidenz im Projektverlauf und folglich der geringsten relativen Marktunsicherheit in Bezug zum Zeitpunkt der ersten Erhebung t_1 . Zum Zeitpunkt t_5 sind jedoch insgesamt 43 zusätzliche Fragen aufgeworfen worden, die auf neue Unklarheiten nach der Modellierung der ersten Konzeptinkremente zurückzuführen sind. Positiv zu bewerten ist, dass das PLT diese Unklarheiten identifiziert und klar benannt hat. Da die neuen Fragen dennoch nicht sofort beantwortet werden konnten, ist der Evidenz-Score zunächst auf $ES_5 = 0,35$ gesunken. Zu t_6 wurden hingegen weitere Fragen beantwortet, sodass eine Verbesserung auf $ES_6 = 0,54$ zu verzeichnen war.

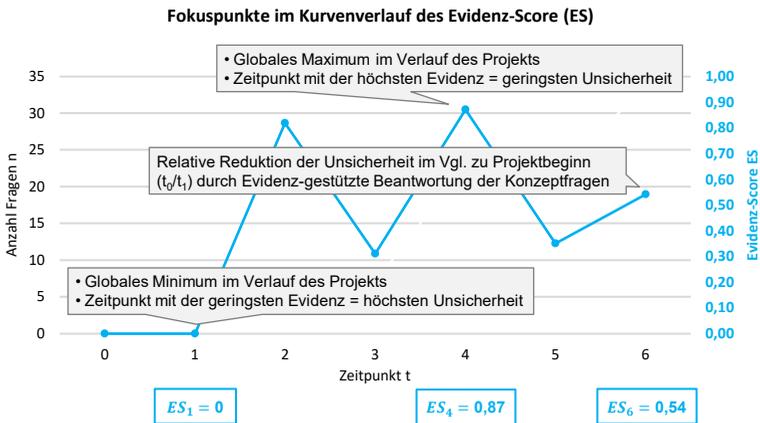


Abbildung 6.9: Interpretation der Fokuspunkte ES_1 (globales Minimum), ES_4 (globales Maximum) und ES_6 (Projektabschluss) im Kurvenverlauf des Evidenz-Score (ES)

6.2 Cognitive Walkthrough mit UX-Experten aus der Automobilentwicklung

In dieser Studie wird die Systematik auszugsweise im Rahmen eines Cognitive Walkthrough durch Fachleute bei der Porsche AG bewertet (Mahatody et al., 2010). Die Evaluierenden versetzen sich dabei in die Lage der Methodenanwendenden und durchlaufen anhand eines Bsp. den Referenzprozess. An geeigneten Stellen wurden für die Analyse Beispielaufgaben definiert, um die Funktionsweise der entwickelten Hilfsmittel erklären zu können. Diese werden abschließend bewertet.

6.2.1 Studiendesign

Die Studie wurde im Zeitraum 05/2020 – 07/2020 im Rahmen von ca. 90-minütigen Online-Interviews durchgeführt (vgl. Abbildung 6.10).

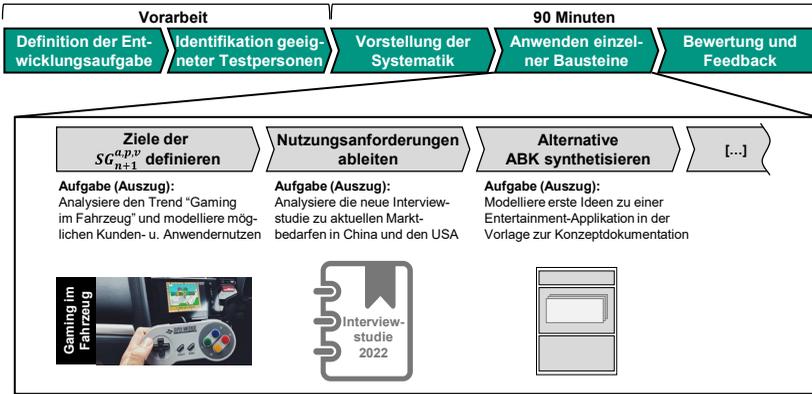


Abbildung 6.10: Ausgewählte Umfänge der Systematik und zugehörige Beispielaufgaben im Rahmen des Cognitive Walkthrough

Den zuvor identifizierten Testpersonen wurde die Systematik zunächst durch den Autor dieser Arbeit vorgestellt. Der Fokus dabei lag auf dem Referenzprozess sowie den dabei unterstützenden Hilfsmitteln und Methoden. Im Anschluss an die Vorstellung ist eine kurze Klärung von Verständnisfragen und Unklarheiten zur Funktionsweise der Hilfsmittel durchgeführt worden, um die anschließende Phase effizienter zu gestalten, in der die Evaluierenden die Systematik auszugsweise auf eine fiktive Entwicklungsaufgabe angewendet haben. Diese wurde potenziellen Problemstellungen aus der Entwicklungspraxis der Untersuchungsumgebung nachempfunden. Die Testpersonen evaluieren dabei im Selbstversuch, ob die Hilfsmittel den Erfolgs- und Anwendbarkeitszielen entsprechen. Beide Beurteilungen unterliegen jedoch aufgrund des laborähnlichen Studiendesigns gewissen Unsicherheiten, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Verglichen mit der ersten Evaluationsstudie (vgl. Abschnitt 6.1) konnte die Systematik in dieser Studie nicht in der gleichen fachlichen Tiefe erprobt und beurteilt werden. Dies zeigt sich in den ersten beiden Prozessphasen: in der Phase „Ziele der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ definieren“ konnte pro Testperson nur ein Trend analysiert werden. Ebenso konnte in der zweiten Phase „Nutzungsanforderungen ableiten“ nur eine Datenquelle detaillierter untersucht werden. Im Rahmen der Konzeptmodellierung in der dritten Phase haben alle Testper-

sonen lediglich initiale Ideen dokumentiert. Vorteil dieses Studiendesigns ist die potenziell hohe fachliche Breite, mit der die Systematik bewertet werden kann: durch didaktische Reduktion konnten die Interviews auf ca. 90 Minuten beschränkt werden. Daher war es möglich, die Studie mit vielen Konzeptverantwortlichen durchzuführen und ein breites Meinungsbild aus zahlreichen Teilbereichen der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten einzuholen. Die Testpersonen wurden am Anfang der Studie angewiesen, Notizen zu Aspekten der Gebrauchstauglichkeit der Hilfsmittel zu machen. Die anschließende Bewertung ist mit Hilfe des digitalen Whiteboards Miro™ erfolgt. Neben den nachfolgend dargelegten Bewertungsergebnissen zum Erfüllungsgrad der gestellten Ziele konnten die Evaluierenden ein ergänzendes Freitextfeld befüllen, um einzelne Aspekte zu erklären und die kontinuierliche Verbesserung der Systematik zu unterstützen.

6.2.2 Studienergebnisse

Insgesamt haben n=11 Fachleute an dieser Studie teilgenommen. Abbildung 6.11 zeigt die Bewertungsergebnisse in Bezug auf die **Erfolgsziele der Systematik**, wie sie in Abschnitt 4.5 definiert worden sind.

Im Durchschnitt über alle Erfolgsziele liegt die prinzipielle relative Zustimmungsrate bei 89%. Im Einzelvergleich schneiden lediglich E2 und E5 unterdurchschnittlich ab. E4 liegt knapp über dem Durchschnitt, E1 und E3 schneiden sogar überdurchschnittlich ab. Alle 11 befragten Personen stimmen den Hypothesen jeweils zu, mit leichten Einschränkungen bei E1. E2 schneidet insgesamt am schlechtesten ab: drei Personen stimmen der Hypothese „nicht“ oder „eher nicht“ zu. Die an die Versuchsdurchführung anknüpfende Diskussion der Inhalte ergab, dass die reduzierte Anwendung hier den drei nicht zustimmenden Personen keine abschließende Klarheit über das Potential zur Reduktion von Marktunsicherheiten liefert. Eine vergleichbare Begründung haben die zwei Evaluierenden genannt, die der Hypothese zur Erfüllung von E5 nicht zugestimmt haben. Die Vertrauensbildung erfolgt im Wesentlichen durch die gezielte Triangulation verschiedener Daten, durch die Einzelergebnisse kontextualisiert und abgesichert werden können. Im vorliegenden Beispiel wurden keine quantitativen Datensätze analysiert, sondern lediglich unterschiedliche qualitative Interviews genutzt. Zudem konnte im Rahmen der Diskussion festgestellt werden, dass die Verbesserung von Vertrauen in Ergebnisse der Datenanalyse ein komplexer gedanklicher Prozess ist, der hochgradig subjektiv abläuft und folglich eine große Streuung der Wahrnehmung zwischen unterschiedlichen Testpersonen nicht ungewöhnlich ist.

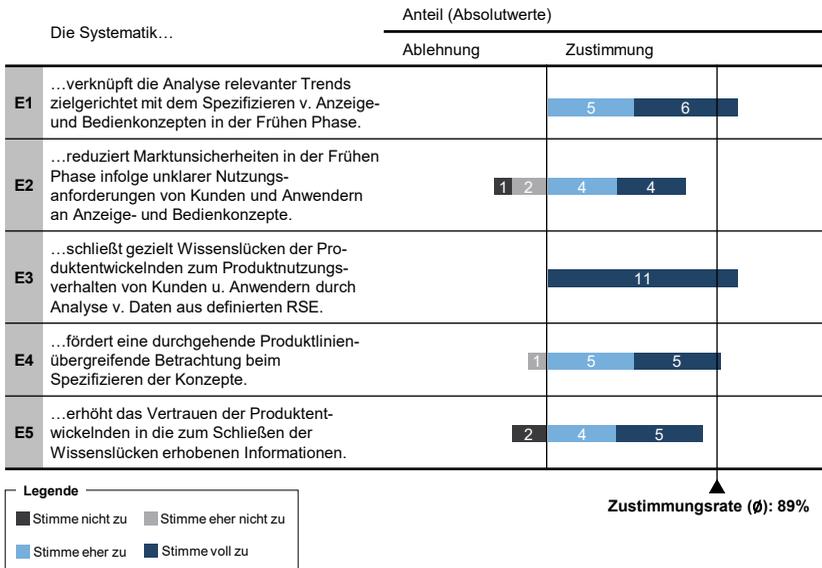


Abbildung 6.11: Qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags der entwickelten Systematik durch ausgewählte UX-Fachleute aus der Automobilindustrie (n=11)

Die qualitative Bewertung der **Anwendbarkeit der Systematik** gemäß der Ziele aus Abschnitt 4.5 zeigt Abbildung 6.12. Die prinzipielle relative Zustimmungsrate liegt mit 83% um ca. 6%P unter der Zustimmungsrate der Erfolgsziele. Von den insgesamt sechs Anwendbarkeitszielen schneiden drei Ziele (A1, A5 und A6) leicht unterdurchschnittlich ab. A3 erreicht einen durchschnittlichen Wert, A2 und A4 erhalten überdurchschnittliche Zustimmungswerte. Der Hypothese zum Erfüllungsgrad von A1 stimmen drei der insgesamt elf befragten Personen „eher nicht“ oder „nicht“ zu. Der Erfüllung von A6 stimmen insgesamt vier Personen „eher nicht“ oder „nicht“ zu und A5 stimmen zwei Personen „eher nicht“ zu. Das Ergebnis zu A1 und A6 veranschaulicht die grundsätzliche Komplexität der Problemstellung der vorliegenden Arbeit: diese soll helfen, die Marktunsicherheit zu reduzieren, die im betrachteten Setting maßgeblich durch gegenwärtig unbekannt zukünftige Entwicklungen sowie unklare Nutzungsanforderungen beeinflusst wird. Dies spiegelt sich auch in den Maßnahmen, Methoden und Werkzeugen zum Umgang mit diesen Komplexitätstreibern wider. Trotz detaillierter Analysen kann keine vollständige „Marktsicherheit“ erzielt werden – es bleibt stets eine Restunsicherheit bestehen. Analog zur Bewertung der Mitglieder des PLT in der vorherigen Studie (vgl. Abschnitt 6.1.2) beanstan-

den die Testpersonen weiterhin die ausbaufähige Prozesslandschaft und die Analysewerkzeuge im Bereich der quantitativen Datenanalyse. Dabei handelt es sich jedoch nach Ansicht der Fachleute um eine gesamtunternehmerische Aufgabe, die neben technologischen Weiterentwicklungen der Systeme neue rechtliche Standards erfordert.

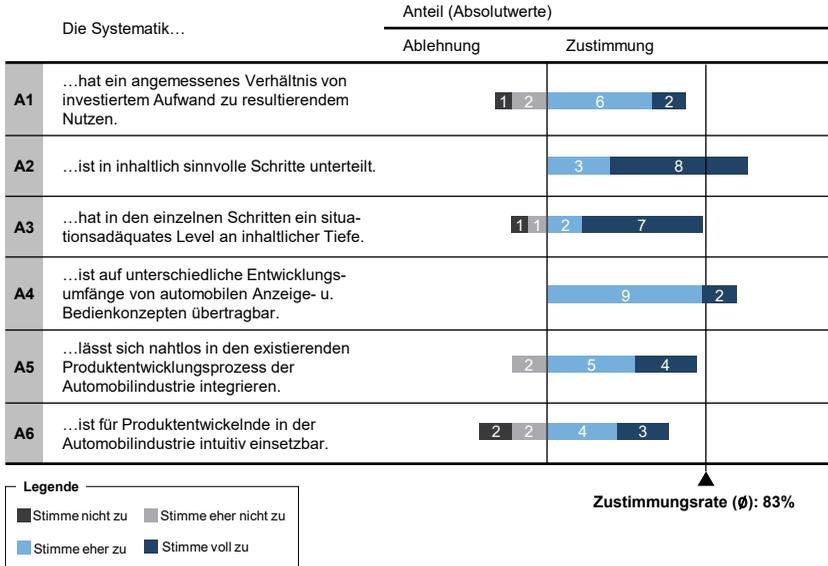


Abbildung 6.12: Qualitative Bewertung der Anwendbarkeit der entwickelten Systematik durch ausgewählte UX-Fachleute aus der Automobilindustrie (n=11)

6.3 Transferanwendung ausgewählter Umfänge der Systematik im Live-Lab ProVIL

Den Abschluss der DS II bildet eine Transferanwendung im Live-Lab ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (vgl. Abschnitt 3.4.3). Den Ablauf des Projektjahrgangs 2022 zeigt Abbildung 6.13.

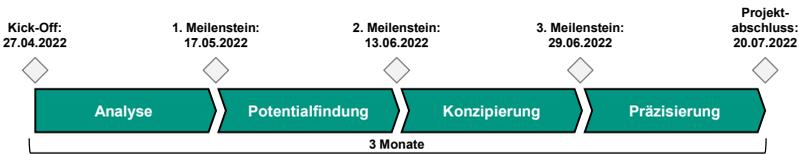


Abbildung 6.13: Ablauf Live-Lab ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor 2022

6.3.1 Studiendesign

Die Produktentwicklungsaufgabe, mit der sich die Studierenden im Jahrgang 2022 befasst haben, hat sich im Kern auf „Innovative Produktideen zum Themenbereich Baukörper der Zukunft“ konzentriert. Die Aufgabe wurde vom Projektpartner *Protektorwerk Florenz Maisch GmbH & Co. KG* gestellt. Die Problemstellung zeigt eine gewisse inhaltliche Distanz zum systemischen Fokus der zuvor erarbeiteten Inhalte. Dieser Umstand bietet jedoch die Möglichkeit, einzelne Bausteine der entwickelten Systematik unter entsprechender Abstraktion der Inhalte in einer Transferanwendung auch in einer weiteren Untersuchungsumgebung zu testen und zu evaluieren. Folglich konnten im Rahmen dieser Studie nicht alle Bausteine der Systematik eingesetzt werden, da die Grundvoraussetzungen nicht für alle in Kapitel 5 beschriebenen Umfänge gegeben waren. Zwar waren Anwendungen im Kontext Smart Home und Digitalisierung explizit Teil der Betrachtung, jedoch hatte nicht jedes Team auch ein Teilarbeitspaket, in dem ein Anzeige- und Bedienkonzept entwickelt werden musste. Weitere Einschränkungen waren die verfügbare Zeit (die Studierenden arbeiten lediglich drei Monate in Teilzeit in kleineren Teams an der Aufgabe) sowie die lediglich eingeschränkte Verfügbarkeit von Produktnutzungsdaten. Im Fokus der Transferstudie stand somit die Evaluation der Hilfsmittel zur Unterstützung einer Transanalyse im Kontext der gestellten Aufgabenstellung. Weiterhin wurde die Ableitung von Anforderungen an die zu entwickelnden Systeme erprobt, die auf dem Zwischenschritt der Bedarfserhebung aufbaut. Dieser Zwischenschritt ist nicht Teil dieser Arbeit, sondern wird gegenwärtig in einer parallellaufenden Arbeit erforscht. Zu zwei verschiedenen Zeitpunkten im Projekt wurde je ein Workshop zu den wissenschaftlichen Grundlagen durchgeführt (vgl. Abbildung 6.14).

Der **erste Workshop** hat Anfang der zweiten Hälfte der Analyse-Phase stattgefunden. Im ersten Teil des Workshops wurden allen Studierenden die Grundlagen zum Produktprofil sowie möglicher unterstützender Methoden und Hilfsmittel bei der Erarbeitung der geforderten Inhalte des Produktprofils erläutert. Am zweiten Teil haben dagegen nur noch zwei Teams teilgenommen, die zuvor gezielt als Testgruppe

ausgewählt worden sind. Inhalt dieses zweiten Teils war die Erläuterung der in Abschnitt 5.1.1 entwickelten Trendanalyse als unterstützendes Werkzeug zur Erhebung zukünftiger Produktbedarfe und Kundenwünsche zur Konfiguration von Produktprofilen. Zudem wurden spezielle Interviewtechniken zur Unterstützung der Datenbeschaffung innerhalb der einzelnen Analyseschritte thematisiert. Daran hat sich eine zehntägige Gruppenarbeit der beiden Testgruppen angeschlossen, in der die gezeigten Hilfsmittel durch die Studierenden auf die zu bearbeitende Problemstellung angewendet worden ist. Der Autor der vorliegenden Arbeit hat ergänzend dazu in Rücksprachen (im zweitägigen Turnus) methodische Unterstützung angeboten, in denen die Studierenden Rückfragen und erste Ergebnisse besprechen konnten.



Abbildung 6.14: Anwendung ausgewählter Teile der Systematik im Prozessmodell des Live-Lab ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor 2022

Der **zweite Workshop** hatte das primäre Ziel, die Ableitung von Anforderungen aus den erhobenen Produktbedarfen zu erläutern. Anknüpfend an den zweiten Teil des ersten Workshops haben hier ebenfalls lediglich die beiden Testgruppen verpflichtend teilgenommen, für alle übrigen Teilnehmenden war dieser Workshop optional. Im Anschluss konnten die Studierenden erneut in einer mehrtägigen Gruppenarbeitsphase, begleitet von methodischer Unterstützung der beiden wissenschaftlichen Mitarbeiter, die Hilfsmittel anwenden. Abschließend wurden die Anwendbarkeit sowie der Erfolgsbeitrag der auszugsweise angewendeten Hilfsmittel der Systematik in einer Online-Umfrage evaluiert.

6.3.2 Studienergebnisse

Abbildung 6.15 zeigt die Bewertungsergebnisse in Bezug auf die **Erfolgsziele der Systematik**, wie sie in Abschnitt 4.5 definiert worden sind.

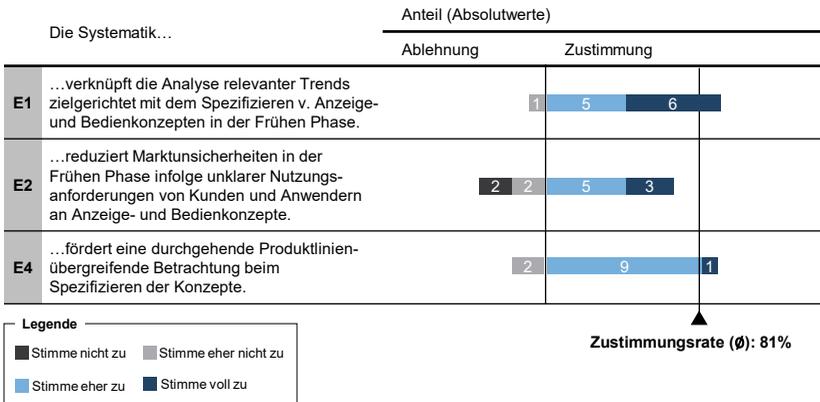


Abbildung 6.15: Qualitative Bewertung des Erfolgsbeitrags der angewendeten Auszüge der entwickelten Systematik durch die Studierenden im Live-Lab (n=12)

Die Erfolgsziele E3 und E5 wurden dabei ausgeklammert, da keine explizite Dantriangulation, wie in Abschnitt 5.1.2 vorgeschlagen, durchgeführt worden ist. Für die evaluierten Erfolgsziele E1, E2 und E4 liegt die durchschnittliche relative Zustimmungsrates mit 81% um 8%P unter dem Vergleichswert der zweiten Evaluationsstudie (vgl. Abschnitt 6.2.2). E1 und E4 liegen dabei in ihren grundsätzlichen Zustimmungswerten (Antworten „stimme eher zu“ und „stimme voll zu“) über dem Durchschnitt, die Anforderung E2 liegt unter dem Durchschnitt. Insgesamt vier Studierende stimmen dieser Aussage jeweils paritätisch „nicht“ oder „eher nicht“ zu. In einer abschließenden Diskussion nach der Evaluation hat sich gezeigt, dass die Teilnehmenden das Konzept der Marktunsicherheit sehr subjektiv bewerten. Einige Studierende haben eher vorsichtig agiert und die wahrgenommene Unsicherheit höher bewertet als andere, die sich in der Produktentwicklungsaufgabe bereits deutlich sicherer gefühlt haben und die wahrgenommene Unsicherheit folglich geringer eingestuft haben. Die Studierenden haben jedoch das Potential der Trendanalyse, die Unsicherheit zumindest in Bezug auf zukünftig zu beachtende Anforderungen zu reduzieren, in der Diskussion bestätigt. Einige haben zudem angemerkt, dass die wahrgenommene Unsicherheit bei einer längeren Projektdauer und umfassenderen Anwendung weiter hätte gesenkt werden können. Die Ergebnisse decken sich mit den zuvor durchgeführten Analysen. Auch dort wurde die wahrgenommene Marktunsicherheit sehr subjektiv und im Vergleich unterschiedlich eingestuft. Die qualitative Bewertung der **Anwendbarkeit** der angewendeten Hilfsmittel ist in Abbildung 6.16 dargestellt.

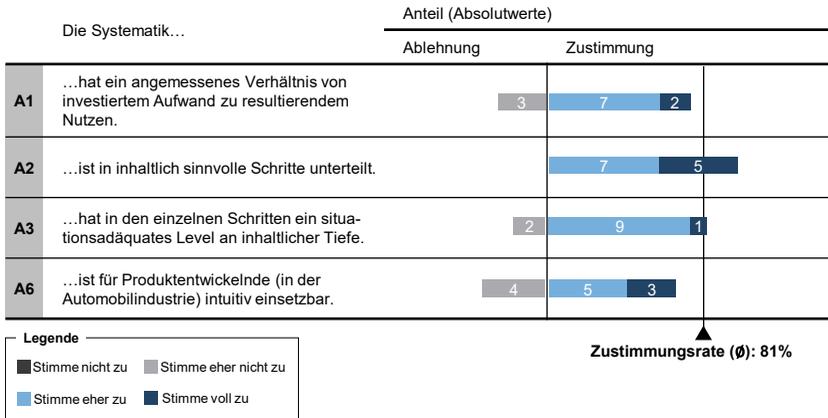


Abbildung 6.16: Qualitative Bewertung der Anwendbarkeit der angewendeten Auszüge der entwickelten Systematik durch die Studierenden im Live-Lab (n=12)

Die Ziele A4 und A5 waren in dieser Studie nicht bewertbar und wurden ausgeklammert. Die prinzipielle relative Zustimmungsrates liegt mit 81% um 2%P unter der Zustimmungsrates der Anwendbarkeitsziele aus der vorherigen Studie (vgl. Abschnitt 6.2.2). Von den insgesamt vier evaluierten Zielen haben A1 und A6 unterdurchschnittliche Zustimmungsrates erhalten. Die Anforderung A3 spiegelt genau den Durchschnitt wider. Anforderung A2 hat überdurchschnittliche Zustimmungswerte erhalten – keine der Personen hat der entsprechenden Hypothese „nicht“ oder „eher nicht“ zugestimmt. Auch hier wurden in der abschließenden Diskussion Erklärungen initial erörtert. Die Studierenden beschreiben die Trendanalyse als sehr umfassendes Werkzeug. Damit können einerseits viele hilfreiche Informationen auf eine strukturierte Weise erhoben werden – dies wird insbesondere durch die Ziele A2 und A3 belegt. Gleichzeitig bringt dies eine gewisse Anwendungs komplexität mit sich, die in der Retrospektiven nur bei länger angelegten Projekten wie in Abschnitt 6.1 ihr volles Potential entfalten können. Dies wirft für Folgeprojekte die Frage nach einer modularisierten Trendanalyse auf, die spezifisch für „kleinere“ Projekte angepasst werden kann. Die Bewertung der Anforderung A1 korreliert mit dem Ergebnis für die Anforderung A6. Hier stimmen sogar mit insgesamt vier Personen 2/3 der gesamten Stichprobe „eher nicht“ zu. Die Studierenden führen an, dass die Werkzeuge zur Trendanalyse einen Einmalaufwand voraussetzen, der zunächst ein gewisses Maß an Übung benötigt, bis die im Entwicklungsalltag benötigte Routine eintritt.

6.4 Fazit: Ergebnis- und Erkenntnisdiskussion

In den Abschnitten 6.1, 6.2 und 6.3 wurden die Ergebnisse der drei Studien im Rahmen der DS II dargelegt. In allen drei Studien wurde die in Kapitel 5 beschriebene Systematik in unterschiedlichen Rahmenbedingungen angewendet und auf ihre Anwendbarkeit sowie ihren Erfolgsbeitrag hin evaluiert (vgl. Abbildung 6.17).

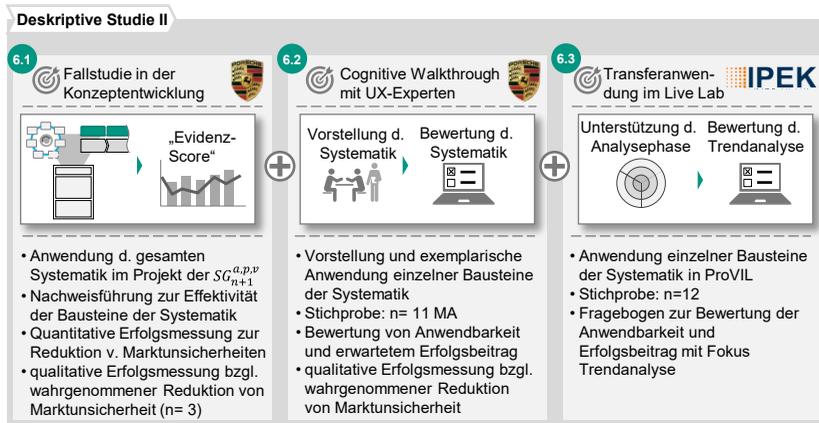


Abbildung 6.17: Die drei Studien zur Anwendbarkeits- und initialen Erfolgsevaluation der entwickelten Systematik in der Deskriptiven Studie II (DS II)

Die ersten beiden Studien wurden dabei in der Untersuchungsumgebung bei der Porsche AG durchgeführt. Die dritte Studie wurde im Rahmen einer Transferanwendung im Rahmen des Live-Labs ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) durchgeführt. Die Ergebnisse werden in diesem Abschnitt reflektiert, um neben Verbesserungen auch beobachtete Grenzen der Anwendung aufzuzeigen. Fokus dieses Kapitels ist folglich die Forschungsfrage FF 8:

FF 8: Welchen Beitrag zur Reduktion von Marktunsicherheiten in Bezug auf unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte leistet die Systematik?

Die **erste Studie** nimmt in der DS II eine Sonderrolle ein (vgl. Abschnitt 6.1). In dieser Studie wurde die gesamte Systematik mit allen entwickelten Hilfsmitteln in der automobilen Entwicklungspraxis eingesetzt; alle Phasen des auf der generi-

schen SPALTEN-Problemlösungsmethode aufbauenden Referenzprozesses wurden mindestens einmal von dem phasenindividuell angepassten Problemlösungsteam (PLT) durchlaufen. Problemstellung war dabei das Spezifizieren eines Anzeige- und Bedienkonzepts für mehrere interaktive Produktfunktionen aus dem Cluster der Performance- und Fahrfunktionen im Kontext der Entwicklung der Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ des Anzeige- und Bediensystems. In dieser Studie konnten die entwickelten Hilfsmittel in einer insgesamt 16-monatigen Studie in ihrer jeweils gebotenen fachlichen Tiefe umfassend in der Praxis erprobt werden. Der Autor der vorliegenden Arbeit hat dabei sowohl die projektleitende Rolle des Konzeptingenieurs als auch die Rolle des Forschers eingenommen.

Um innerhalb der Untersuchungsumgebung bei der Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG die Transferierbarkeit auf weitere Funktionscluster (z.B. Entertainmentfunktionen) zu überprüfen, wurden ausgewählte Umfänge der Systematik in der **zweiten Studie** in einem sog. *Cognitive Walkthrough* mit insgesamt elf Fachleuten diskutiert (vgl. Abschnitt 6.2). Diese waren zum Zeitpunkt der Studie selbst in projektleitender Rolle als Konzeptingenieur bzw. Konzeptingenieurin tätig. Auch hier wurde zuvor eine exemplarische Aufgabe aus der Entwicklung der Systemgeneration $SG_{n+1}^{a,p,v}$ des Anzeige- und Bediensystems definiert, die im Verlauf des Cognitive Walkthrough durch die Testpersonen gelöst worden ist. Diese Studie war jeweils für ca. 90 Minuten angesetzt, folglich konnten die Hilfsmittel lediglich initial erprobt werden. Die Aufgaben wurden jeweils durch die interviewte Person allein gelöst, die Funktionsweise und korrekte Zusammenstellung des PLT wurden daher nicht evaluiert. Die Fachleute wurden vor der Lösung der Teilaufgaben angewiesen, sich möglichst realitätsnah in die Entwicklungssituationen hineinzusetzen. Im Anschluss wurden die gestellten Ziele an die Systematik mittels eines digitalen Fragebogens evaluiert.

Abschließend wurden die Hilfsmittel zur Unterstützung der Trendanalyse in einer **dritten Studie** im Rahmen einer Transferanwendung in einem Live-Lab am IPEK mit insgesamt zwölf Teilnehmenden erprobt und evaluiert (vgl. Abschnitt 6.3). Im Rahmen der Analysephase zur Lösung der realen Produktentwicklungsaufgabe konnte die entwickelte Trendanalyse gezielte Unterstützung in der Charakterisierung des relevanten Zukunftsraums leisten. Die Mechanik und die Vorlagen der Trendanalyse wurden dabei geringfügig an den Problemkontext der Studie angepasst. Die übrigen Bausteine der Systematik wurden aufgrund der Projekttrandbedingungen ausgeklammert. Vorteil der Studie war insbesondere, dass die Testpersonen wenig bzw. keine Berufserfahrung aufweisen konnten. Somit konnte insbesondere die Gebrauchstauglichkeit der Systematik evaluiert werden.

Die **Anwendbarkeitsevaluation** gemäß DRM nach Blessing & Chakrabarti (2009) ist in der zweiten und dritten Evaluationsstudie (vgl. Abschnitte 6.2 und 6.3) mittels

eines Fragebogens erfolgt. Als Kriterien wurden die in Abschnitt 4.5 identifizierten Ziele herangezogen. In der ersten Fallstudie (vgl. Abschnitt 6.1) wurde die Anwendbarkeit nicht evaluiert, da die aktive projektleitende Rolle des Autors dieser Arbeit potenziell zu einer Verzerrung in der Bewertung hätte führen können. In den beiden übrigen Studien haben die Prüfhypothesen bzgl. der Anwendbarkeit eine hohe Zustimmungsrates im Querschnitt der Studienteilnehmenden erfahren (83% in der zweiten Studie in Abschnitt 6.2 sowie 81% in der dritten Studie in Abschnitt 6.3). Ein unterdurchschnittliches Ergebnis im Mittel der Hypothesen weisen in der zweiten Studie die Ziele A1 und A6 auf. Obgleich acht bzw. sieben Personen den Hypothesen jeweils zustimmen (verglichen mit jeweils drei bzw. vier Ablehnungen), liefert das Ergebnis erste Anknüpfungspunkte zur Verbesserung der Systematik. In den abschließenden Diskussionen mit den Studienteilnehmenden wurden besonders die Bausteine zur Trend- sowie Nutzungsdatenanalyse als komplex bewertet. Für diese Hilfsmittel ist ein Einmalaufwand zum Verständnis jeweils unausweichlich. Hierbei gilt es zu beachten, dass neue Entwicklungsmethoden grundsätzlich einer gewissen Eingewöhnungsphase bedürfen. In weiteren Anwendungen stellt sich häufig eine gewisse Routine ein, dennoch sollten diese Kriterien in weiteren Anwendungen erneut untersucht werden. Eine hohe Nutzungsschwelle kann dazu führen, dass die Systematik nicht korrekt genutzt wird.

Die **Evaluation des Erfolgsbeitrags** gemäß der in Abschnitt 4.5 abgeleiteten Ziele ist in allen drei Studien ebenfalls mittels eines Fragebogens erfolgt. Die Studienteilnehmenden konnten so ihre qualitative Einschätzung zum Erfüllungsgrad einfließen lassen. In der ersten Studie in Abschnitt 6.1 wurde aufgrund der Stichprobengröße ($n=3$) kein durchschnittlicher Zustimmungswert errechnet. Jedoch zeigt sich, dass alle Testpersonen den Hypothesen zur Erfüllung der Ziele E1-E4 „eher“ oder „voll und ganz“ zustimmen. Lediglich in Bezug auf E5 hat eine Testperson der entsprechenden Hypothese „eher nicht“ zugestimmt. In der zweiten Evaluationsstudie konnte im Durchschnitt über alle Erfolgsziele eine prinzipielle Zustimmungsrates („stimme eher zu“ oder „stimme voll zu“) von 89% erzielt werden. In der dritten Evaluationsstudie lag dieser Wert bei 81%, wobei die Ziele E3 und E5 aufgrund des Studiendesigns nicht bewertet worden sind. Dies zeigt einen überwiegend hohen Erfüllungsgrad der Ziele an den Erfolgsbeitrag der Systematik.

Die Variable Marktunsicherheit (in dieser Arbeit repräsentiert durch unklare Anforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte) weist eine hohe Vielschichtigkeit auf. Die Komplexität wurde in Abschnitt 2.4.1 umfassend dargestellt. Aus diesem Grund wurde in der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.1) ergänzend zu der in allen Studien durchgeführten qualitativen Bewertung eine quantitative Maßzahl zur Überprüfung definiert (vgl. Abschnitt 6.1.2). Dieser sog. „Evidenzscore“ (ES) setzt unter Nutzung der Bausteine der Systematik erhobene Evidenzen

über den Grad der Beantwortung offener Konzeptfragen in Relation zur Anzahl der gesamten, vom PLT definierten offenen Konzeptfragen. Diese offenen Konzeptfragen repräsentieren dabei die wahrgenommene Marktunsicherheit in Bezug auf unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern. Je mehr Fragen durch die Trend- und Datenanalyse teilweise oder vollständig beantwortet werden können, desto höher der quantifizierte ES und folglich desto geringer die Marktunsicherheit in Bezug auf unklare Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern. Die Analyse des Kurvenverlaufs über den gesamten Beobachtungszeitraum weist deutlich auf den Beitrag der Systematik zur Reduktion der beschriebenen Marktunsicherheit hin (vgl. Abbildung 6.8 und Abbildung 6.9).

In diesem Kontext der Unsicherheitsreduktion werden jedoch auch die Grenzen der Systematik sichtbar. Unsicherheit weist in der Praxis zwei Komponenten auf: zum einen die *bewusst unbekannt* Merkmale – also Dinge, die den Entwickelnden zwar unklar sind, aber über Fragen expliziert und auf diese Weise in Trend- oder Datenanalysen (vgl. Abschnitte 5.1.1 und 5.1.2) oder Konzeptvalidierungen (vgl. Abschnitt 5.1.6) adressiert werden können. Zum anderen gibt es jedoch auch stets *unbewusst unbekannt* Merkmale. Diese können nicht explizit untersucht werden, weil sie schlichtweg nicht bekannt sind. Auch ein normierter Evidenz-Score von $ES_t = 1$ ist folglich kein Nachweis dafür, dass keine Marktunsicherheit mehr besteht. Die Maßzahl ES_t sollte weniger als Management-taugliche Optimierungskennzahl, sondern vielmehr als retrospektive Hilfe für das PLT verstanden und genutzt werden. Kunden- und Anwendernutzen entstehen im Lichte der vorliegenden Arbeit nicht durch einen optimierten Evidenz-Score, sondern durch Aufdecken von unklaren Anforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte. Nur, wenn die Mitglieder des PLT die Maßzahl als eine Unterstützung der eigenen operativen Arbeit begreifen, kann dadurch ein Mehrwert in der Produktentwicklungspraxis entstehen. Die Wahrscheinlichkeit, dass unbewusst unbekannt Merkmale bis zur Markteinführung einer neuen System- oder Produktgeneration unentdeckt bleiben und sich dadurch negativ auf deren Markterfolg auswirken, kann insbesondere durch umfassende, kontinuierliche Validierungsstudien und offene Interviewstudien mit Kunden und Anwendern gesenkt werden. Dennoch ist zu erwarten, dass auch danach noch eine gewisse Restunsicherheit bestehen bleibt. Auch dann kann es noch Anforderungen von Kunden und Anwendern geben, die den Entwickelnden nicht bekannt sind.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der geschilderten Studien sowie die daraus abgeleiteten Erkenntnisse zusammengefasst (vgl. Abschnitt 7.1). Darauf aufbauend gibt Abschnitt 7.2 einen Überblick über mögliche anknüpfende Forschungspotentiale als Ausblick zu dieser Arbeit.

7.1 Zusammenfassung

Anzeige und Bediensysteme sind in allen Fahrzeugsegmenten von zentraler Bedeutung: in der Klasse der Sportwagen müssen sie so ausgelegt sein, dass Fahrzeugführende mit minimaler Ablenkung die wichtigsten Informationen (z.B. kritische Systemtemperaturen oder optimale Betriebspunkte) auf einen Blick erfassen können. Bei Limousinen mit entsprechendem Komfortversprechen müssen sie z.B. auf längeren Reisen ein entsprechendes Entertainment-Angebot bieten. Übergreifend lässt sich festhalten: Anzeige- und Bediensysteme müssen in unterschiedlichen Anwendungsfällen immer bestmöglich auf die jeweiligen Kunden und Anwender zugeschnitten sein. Bedienergonomisch muss das jeweilige Design z.B. im Markt etablierte einheitliche Bedienstandards aufgreifen. Zudem sollte die kognitive Beanspruchung durch menschenzentrierte Systemkonzepte minimiert werden. Entwickelnde bewegen sich dabei im Spannungsfeld zwischen Zukunftstrends und dem eigentlichen Nutzungsverhalten von Kunden und Anwendern. Beide Aspekte müssen berücksichtigt werden, um Erfolg versprechende Anzeige- und Bediensysteme zu entwickeln. Ein Potential für die wettbewerbsintensive Automobilindustrie ist die Produktlinienübergreifende Entwicklung von Konzepten für Anzeige- und Bediensysteme. Dies unterstützt aus produktstrategischen Gesichtspunkten eine einheitliche Designsprache und Markenidentität. Andererseits kann dieser Ansatz einen Beitrag zur Kostenoptimierung und Entwicklungseffizienz leisten (vgl. Kapitel 1).

Gegenstand der Untersuchungen in Kapitel 2 war der gegenwärtige **Stand der Forschung**. Eine Schlüsselrolle beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten nimmt das systemische Denken in der Produktentwicklung ein (Abschnitt 2.1). Dadurch können insbesondere interdisziplinäre Abhängigkeiten und die systeminhärente technische Komplexität beherrschbar gemacht werden. Insbesondere der Stand der Forschung zur Modelltheorie offenbart jedoch Forschungspotential zur Entwicklung eines Dokumentationsansatzes zur Modellierung von Anzeige- und Bedienkonzepten. Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers

(vgl. Abschnitt 2.2) liefert die relevanten wissenschaftlichen und empirischen Grundlagen zur Entstehung neuer technischer Systeme: basierend auf einem projektspezifischen Referenzsystem werden ausgewählte Referenzelemente durch gezielte Übernahme-, Ausprägungs- und Prinzipvariation in die zu entwickelnde Systemgeneration überführt. Diese Grundannahmen gelten für alle Systemebenen und neben am Markt angebotenen Systemgenerationen auch für interne Entwicklungsgenerationen (z.B. Prototypen zur Verifikation und Validierung). Weiterhin grenzen die Grundlagen zur „Frühen Phase“ im Modell der SGE den prozessualen Fokus dieser Arbeit klar ein und liefern mit der Definition des Systemkonzepts eine Orientierung für Entwickelnde, welche Elemente in der Frühen Phase zu spezifizieren sind. Folglich beschreibt das Modell der SGE das modelltheoretische, prozessuale und methodische Fundament dieser Arbeit, die weitere Erkenntnisse um das Verständnis von Systemgenerationen und deren Zusammenspiel auf verschiedenen Ebenen beisteuert. In Abschnitt 2.3 werden die Grundlagen zu interaktiven Systemen dargelegt. Die begriffliche Abgrenzung des Terms „Anzeige- und Bedienkonzept“ beschreibt den systemischen Umfang, der durch Entwickelnde in der Frühen Phase zu spezifizieren ist. Im Unterschied zu technischen Systemen, die ausschließlich Schnittstellen zu anderen technischen Systemen haben (z.B. Steuergereäte für technische Funktionen, die nicht in Interaktion mit Kunden und Anwendern stehen), besitzen interaktive Systeme eine Bedien- und Anzeigeschnittstelle. Dieser Umstand erhöht die Entwicklungskomplexität insofern, als der Mensch als nicht-deterministisches soziales System sowie seine Wünsche und Bedürfnisse, technisches Systemwissen und beabsichtigte Anwendungsfälle in der Entwicklung berücksichtigt werden müssen. Dies motiviert die Nutzung vorausschauender und (Nutzungs-) datengestützter Ansätze in der Produktentwicklung (vgl. Abschnitt 2.4). Dadurch können sowohl für die Entwicklung relevante zukünftige Trends als auch das gegenwärtige Nutzungsverhalten der Kunden und Anwender analysiert werden. Der zielgerichtete Einsatz dieser Ansätze birgt das Potential, Marktunsicherheiten in der Frühen Phase zu reduzieren. Diese treten in vielschichtiger Weise auf – für diese Arbeit sind insbesondere Marktunsicherheiten infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern an Anzeige- und Bedienkonzepte relevant.

Die gesamtheitliche Analyse dieser Grundlagen zeigt weiteren **Forschungsbedarf** in Bezug auf passgenaue Methoden und Werkzeuge für Entwickelnde in der Automobilindustrie (vgl. Kapitel 3). Zudem existiert gegenwärtig kein geeigneter Leitfaden zur Strukturierung der Aktivitäten beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten. Die Modellierung von Systemen in der Frühen Phase erfolgt zumeist anhand des Produktprofils oder vergleichbarer Steckbriefe. Eine geeignete Modellierungshilfe, die spezifisch auf die Eigenschaften von Anzeige- und Bediensystemen angepasst ist, existiert jedoch gegenwärtig ebenfalls nicht. Diese Arbeit setzt

in der Schnittmenge dieser Herausforderungen an: Ziel ist eine Systematik, die Entwickelnde in der Automobilindustrie beim Produktlinien-übergreifenden Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten unterstützt. Den weiteren Studien hat folgende Forschungshypothese zugrunde gelegen (vgl. Abschnitt 3.1):

FH: Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Systematik ermöglicht das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung und reduziert dadurch die für diese Phase charakteristische hohe Marktunsicherheit infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern.

Die angewendete Forschungsmethodik basiert auf der Design Research Methodology (DRM) nach Blessing & Chakrabarti (2009). Die Hypothese wurde durch Forschungsfragen für die beiden Deskriptiven Studien I & II (DS I / DS II)) sowie die Präskriptive Studie (PS) operationalisiert (vgl. Abschnitt 3.2). Die Kernergebnisse der drei Studien werden nachfolgend zusammengefasst.

Die Deskriptive Studie I (DS I) besteht aus vier Einzelstudien (vgl. Abbildung 7.1).

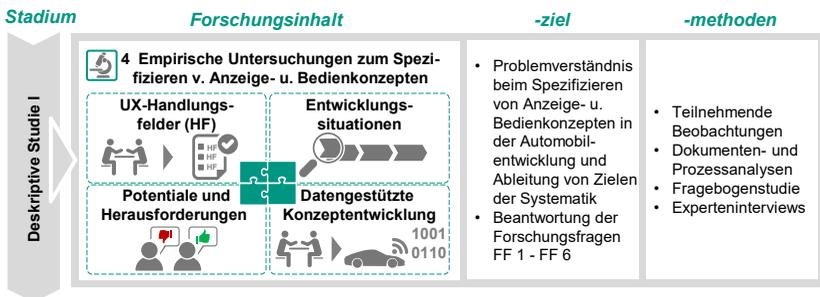


Abbildung 7.1: Übersicht der empirischen Analysen in der Deskriptiven Studie I

In einer qualitativen Interviewstudie (n=10) wurden zunächst generelle UX-Handlungsfelder in der Produktentwicklung mechatronischer Systeme erhoben. Diese Studie wurde bewusst thematisch breit angelegt, um den Problemraum ganzheitlich zu erfassen (vgl. Abschnitt 4.1). Im Kern müssen der zielgerichtete Methodeneinsatz (HF1), das Rollenverständnis und die Teamstruktur (HF2) sowie die Integration von Kunden und Anwendern (HF3) verbessert werden. Die weiteren empirischen Analysen der DS I detaillieren diese Handlungsfelder weiter aus. Für jedes Handlungsfeld wurden Schlüssel- und Erfolgsfaktoren formuliert. Aus Schlüsselfaktoren (SF)

wurden abschließend die Unterstützungsziele an die Systematik abgeleitet, aus den Erfolgsfaktoren (EF) die Erfolgsziele.

In einer mehrjährigen teilnehmenden Beobachtung sowie einer umfassenden Prozess- und Dokumentenanalyse in der automobilen Produktentwicklung der Porsche AG wurden die auftretenden Entwicklungssituationen beim Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten analysiert (vgl. Abschnitt 4.2). Für das HF1 ergeben sich zwei Erfolgsfaktoren (EF1: Produktlinien-übergreifende Konzeptentwicklung, EF2: Produktgenerationenspezifische Einsatzplanung) und ein Schlüsselfaktor (SF1: Analyse und Prädiktion unternehmensexterner Einflussfaktoren).

Im dritten Teil der DS I wurden anhand einer Online-Umfrage unter Fachleuten für Anzeige- und Bediensysteme im VW-Konzern (n=45) Herausforderungen und Potentiale der Produktlinien-übergreifenden Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten untersucht. Für das HF1 wurden ein Erfolgsfaktor (EF3: Zukunftsvorschau in der Konzeptentwicklung etablieren) sowie drei Schlüsselfaktoren abgeleitet (SF2: Die Definition von UX-bezogenen Produktzielen strukturieren, SF3: Relevante Referenzsystemelemente identifizieren und analysieren und SF4: Situationsspezifische Detailtiefe in der Konzeptmodellierung). Für das HF2 wurde ein Schlüsselfaktor abgeleitet (SF5: Anwendungsfälle und Nutzungskontext von Kunden und Anwendern verstehen).

Im Fragenblock der datengestützten Konzeptentwicklung hat sich innerhalb der Stichprobe teilweise ein heterogenes Meinungsbild gezeigt. Um auch in diesem Bereich gezieltes Problemlösungswissen aufzubauen, wurden die Ergebnisse dazu in einer dedizierten Interviewstudie (n=13) detaillierter analysiert. Durch eine begleitende teilnehmende Beobachtung wurden die Ergebnisse weiter kontextualisiert und um konkrete Beispiele aus Entwicklungsprojekten ergänzt. Für HF1 und HF3 wurden je ein Schlüsselfaktor (SF6: Erkenntnisse aus Datenanalysen für die Produktentwicklung nutzbar machen) und ein Erfolgsfaktor (EF4: Systematische Datentriangulation zur Ableitung von Nutzungsanforderungen) abgeleitet. Die beiden Faktoren wurden aufgrund der Bedeutung sowohl für die Methodenauswahl als auch die Integration von Kunden und Anwendern beiden HF zugeordnet. Für das HF2 ergibt sich ein weiterer Schlüsselfaktor (SF7: Schnittstellen in der Zusammenarbeit von Konzeptentwickelnden und Datenwissenschaftlern schaffen).

Die erhobenen Schlüssel- und Erfolgsfaktoren spannen das Zielsystem der zu entwickelnden Systematik auf. Die DRM unterscheidet dabei Erfolgs- und Unterstützungs- sowie Anwendbarkeitsziele. Diese wurden als Leitlinien in der Ausgestaltung der Systematik im Rahmen der **Präskriptiven Studie (PS)** herangezogen (vgl. Abbildung 7.2).

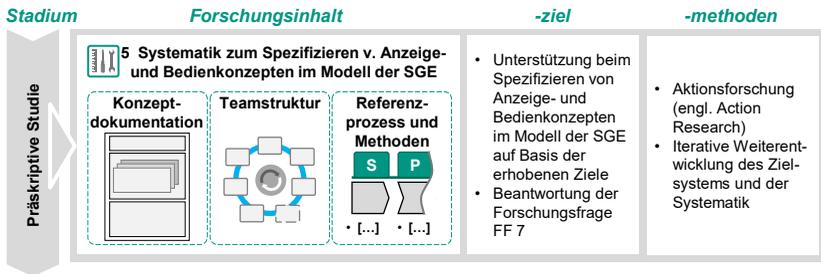


Abbildung 7.2: Die drei Bestandteile der entwickelten Systematik in der Präskriptiven Studie (PS) zur Unterstützung der Produktentwickelnden bei der Problemlösung

Die auf Basis der genannten Ziele entwickelte Systematik untergliedert sich in drei Teile: eine standardisierte Vorlage zur **Konzeptdokumentation** unterstützt Entwickelnde bei der ganzheitlichen Modellierung von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase. In Abschnitt 2.2.1 wurde das Produktprofil als Modell eines technischen Systems in der Frühen Phase eingeführt. Die entwickelte Konzeptdokumentation basiert im grundsätzlichen Aufbau auf dem Produktprofil. Entwickelnde können damit Systemkonzepte für das Anzeige- und Bediensystem eines Fahrzeugs in der Frühen Phase modellieren. Im operativen Projektablauf kann das Dokument als mitgeltende Unterlage zum Produktprofil geführt werden, die eine modellbasierte Beschreibung des Anzeige- und Bediensystems enthält. Im Sinne einer ganzheitlichen und rückverfolgbaren Gesamtspezifikation des Systems kann dadurch die Systemmodellierung auf mehreren Ebenen sichergestellt werden. Basierend auf den Grundlagen der Problemlösungsmethodik SPALTEN nach Albers et al. (2005) sind die beiden weiteren Bestandteile entwickelt worden: Gemäß den Erkenntnissen im Rahmen der DS I wurde eine **interdisziplinäre Teamstruktur** erarbeitet, um die in der Frühen Phase relevanten Fachbereiche und Domänen für das Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten in einem Projektteam zusammen zu bringen. Das Team wird in der Frühen Phase durch einen **Referenzprozess und unterstützende Methoden** beim Spezifizieren angeleitet. Das Referenzprozessmodell folgt den sieben Phasen der generischen Methodik SPALTEN (vgl. Abschnitt 2.1.4). Ausgehend von der Zieldefinition für die übergreifende Systemgeneration (hier: $SG_{n+1}^{a,p,v}$, vgl. zur Herleitung die Abschnitte 4.2, 4.3, 5.1.1) in der ersten Phase (vgl. Abschnitt 5.1.1), werden für diese Ziele anschließend konkrete Nutzungsanforderungen abgeleitet (vgl. Abschnitt 5.1.2). Die Systematik liefert durch eine Trendanalyse methodische Unterstützung bei der Analyse des Zukunftsraums. Durch das Spiegeln der identifizierten Trends an Referenzen, durch die der Trend bereits in einer bestimmten Form aufgegriffen wird, konnte die Ableitung einer strategischen Positionierung vereinfacht werden. Ergänzend dazu können die Teammitglieder durch ein

Vorgehen zur Analyse und Auswertung von Daten aus den festgelegten Referenzsystemelementen zielgerichtet Wissen zum gegenwärtigen Produktnutzungsverhalten der Kunden und Anwender aufbauen. Auch hier hat das Verständnis um den Aufbau und den gezielten Einsatz des Referenzsystems das Entwicklungsteam bei der Durchführung im Projekt unterstützt. Im dritten Schritt werden auf Basis der erhobenen Nutzungsanforderungen Anzeige- und Bedienkonzepte synthetisiert und in der Konzeptdokumentation modelliert (vgl. Abschnitt 5.1.3).

Abschließend wird im Team ein Systemkonzept zur weiteren Ausarbeitung ausgewählt, auf Chancen und Risiken untersucht und die technische Realisierung in der Serienentwicklung vorbereitet (vgl. Abschnitte 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6). Dazu wird zunächst ein Validierungsplan entworfen. Aufbauend auf dem IPEK-XiL-Framework nach Albers, Behrendt et al. (2016) sowie Albers, Reinemann et al. (2019) wurde eine Validierungskonfiguration für die Untersuchung des Anzeige- und Bedienkonzepts aufgebaut. Durch den Einsatz von HW- und SW-Subsystemen aus dem Referenzsystem der $SG_{n+1}^{a,p,v}$ konnte der Aufbau des Prototyps merklich vereinfacht (vgl. Abschnitt 6.1.2) werden: das RSE „Forschungsfahrzeug“ hat eine dynamische Erprobung auf dem firmeneigenen Rundkurs erst ermöglicht. Um die Beurteilbarkeit des Anzeige- und Bedienkonzepts zu verbessern, wurden einzelne Benutzungsschnittstellen wie das Centerdisplay und das digitale Kombiinstrument wiederum durch prototypische HW-Subsysteme des Zulieferers ausgetauscht. Durch die Nutzung des RSE „HMI-Simulation“ konnte das Zielkonzept auf diese grafischen Schnittstellen aufgespielt werden.

Sobald das Systemkonzept die einzelnen Validierungsschritte erfolgreich durchlaufen hat, wird durch das Problemlösungsteam dieser Phase die Überführung der übergreifenden $SG_{n+1}^{a,p,v}$ in die Projektschiene der ersteinsetzenden Produktgeneration aufgeplant. Durch fortlaufendes Evaluieren und Weiterentwickeln der Systematik und der technischen Lösung ist sichergestellt, dass neue Erkenntnisse in das Systemkonzept und die Entwicklungsunterstützung einfließen können.

Die abschließende summative Unterstützungsevaluation zeigt, dass die Bausteine der Systematik die gestellten Unterstützungsziele hinreichend adressieren (vgl. Abschnitt 5.2). Die Erreichung der Anwendbarkeits- und Erfolgsziele wurde in drei Einzelstudien in der **Deskriptiven Studie II** untersucht (vgl. Abbildung 7.3).



Abbildung 7.3: Übersicht der Evaluationsstudien in der Deskriptiven Studie II (DS II)

Den drei Studien lagen jeweils verschiedene Rahmenbedingungen und Entwicklungsaufgaben zugrunde. Die erste Studie nimmt hierbei aufgrund des Umfangs eine Sonderrolle ein. In einem vom Autor dieser Arbeit begleiteten Entwicklungsprojekt in der Automobilentwicklung der Porsche AG konnten alle Bestandteile der Systematik umfassend angewendet und auf ihre Zielerreichung hin geprüft werden. In der zweiten Studie wurden Teile der Systematik in einem Cognitive Walkthrough durch Fachleute für die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten evaluiert. In einer abschließenden Transferstudie in einem Live-Lab am IPEK wurde die Systematik auszugsweise in einem anderen Entwicklungskontext angewendet. Zudem wurden hier gezielt methodisch unerfahrene Entwickelnde ausgewählt, um die bestehende Nutzungsschwelle im Rahmen der Anwendbarkeitsevaluation zu untersuchen. In allen drei Studien konnten sowohl die untersuchten Anwendbarkeitsziele als auch die Ziele an den Erfolgsbeitrag der Systematik als erfüllt bestätigt werden (vgl. Abschnitte 6.1.2, 6.2.2, 6.3.2). Aufgrund des praxisnahen Settings (bzgl. Entwicklungsaufgabe und Projektbedingungen) der drei Studien kann die Übertragbarkeit der Ergebnisse und folglich auch die externe Validität mit Einschränkungen angenommen werden. Diese resultieren aus den teilweise idealisierten Ablaufbedingungen der Fallstudien.

Die Abwägung der in Abschnitt 6.4 beschriebenen Verbesserungspotentiale und Grenzen der Systematik mit den positiven Evaluationsergebnissen der vorangegangenen Studien führt zu dem Schluss, dass die in Abschnitt 3.1 aufgeworfene, dieser Arbeit zugrundeliegende Forschungshypothese bestätigt werden kann. Demnach kann unter Nutzung der entwickelten Systematik „das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von automobilen Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung“ unterstützt und die „für diese Phase charakteristische hohe Marktunsicherheit infolge unklarer Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern“ reduziert werden.

7.2 Ausblick

Obgleich die aufgeworfene Forschungshypothese bestätigt werden konnte, bieten die dargelegten Ergebnisse Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsarbeiten. Im Sinne einer kontinuierlichen Weiterentwicklung gemäß der Problemlösungsmethodik SPALTEN nach Albers et al. (2005) werden in diesem Kapitel Potentiale dazu aufgezeigt. Dies erfolgt in zwei Stufen: in Abschnitt 7.2.1 werden zunächst Ansätze zum Ergebnistransfer und zur Weiterentwicklung einzelner Phasen und Hilfsmittel der Systematik vorgestellt. In Abschnitt 7.2.2 folgt die Verknüpfung mit weiterführenden Forschungsarbeiten im Zusammenhang der bearbeiteten Problemstellung.

7.2.1 Ergebnistransfer und Weiterentwicklung der Systematik

Die Systematik für das vorausschauende und datengestützte Spezifizieren von Anzeige- und Bedienkonzepten wurde für den Einsatz in der Automobilentwicklung konzipiert. Die Generalisierbarkeit der erzielten Ergebnisse kann unter Einschränkungen angenommen werden, da in der Automobilindustrie Hersteller-übergreifend ähnliche prozessuale Projekttrandbedingungen vorausgesetzt werden können. Für technische Systeme, die z.B. keine dedizierte Datenanalyse ermöglichen, können die Funktionsfähigkeit sowie der Erfolgsbeitrag der Systematik nicht gewährleistet werden. Weiterhin wird die Generalisierbarkeit der Ergebnisse dadurch eingeschränkt, dass die Systematik lediglich innerhalb eines Unternehmens vollständig erprobt werden konnte. Folglich empfiehlt sich zur Verbesserung der Systematik die weitere Anwendung in anderen Entwicklungsprojekten und unterschiedlichen Unternehmen der Automobilindustrie.

In der deskriptiven Studie II konnte die Übertragbarkeit einzelner Bausteine der Systematik auch auf andere Entwicklungssituationen initial bestätigt werden (vgl. Abschnitt 6.3). Aufgrund der idealisierten Studienbedingungen ist auch hier die Generalisierbarkeit nur eingeschränkt anzunehmen. Zur Untersuchung weiterer Einsatzpotentiale der Systematik dieser Arbeit sollten die Hilfsmittel in zusätzlichen Studien und Entwicklungsaufgaben eingesetzt und erprobt werden. Das dabei wichtigste systemtechnische Auswahlkriterium ist die Interaktivität des mechatrischen Systems mit einem Kunden oder Anwender (vgl. Abschnitt 2.3.1).

Desktop-App zur Steigerung der Anwendbarkeit der Trendanalyse

In der Evaluation der Systematik in der DS II (vgl. Kapitel 6) konnte die Erfüllung der Ziele an die Anwendbarkeit und den Erfolgsbeitrag initial nachgewiesen werden. Gleichzeitig haben die Expertenbefragung (vgl. Abschnitt 6.2.2) sowie die Live Lab

Studie (vgl. Abschnitt 6.3.2) zeigt, dass die Trendanalyse eine erhöhte Nutzungsschwelle enthält. Ursprung dieser Nutzungsschwelle ist die inhärente Komplexität von Trends sowie die daraus abgeleiteten Anforderungen an die umfassende Analyse in der Frühen Phase (vgl. Abschnitte 4.2.2, 4.3.2, 4.5). Dies führt dazu, dass unerfahrene Methodenanwender das Werkzeug erst nach einer bestimmten Einarbeitungsphase zielgerichtet in der Produktentwicklung einsetzen können. Zur Verbesserung der Anwendbarkeit wurde der bestehende Workflow daher durch eine Desktop Applikation digitalisiert (Theilmann, 2022)¹. Diese soll Produktentwickelnden eine klar strukturierte Leitlinie zur schrittweisen Abarbeitung der Analyseschritte bereitstellen. Ein Auszug der Applikation ist in Abbildung 7.4 dargestellt.

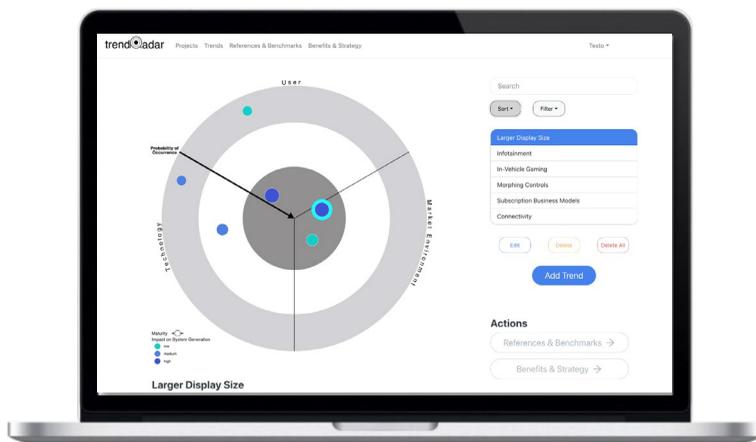


Abbildung 7.4: App-Interface zur Unterstützung der Trendanalyse (Theilmann, 2022)

Die Benutzungsoberfläche ist in mehrere Sub-Menüs unterteilt, in denen die einzelnen Analyseschritte unabhängig voneinander für jeden Trend durchgeführt sowie bestehende Inhalte editiert werden können (vgl. Abschnitt 5.1.1). Startpunkt und Landing Page ist der Trendradar, der eine prägnante Übersicht der bereits angelegten Trends bietet. Wenn Anwendende den Maus-Cursor über einen Trend bewegen, wird der jeweilige Name des Trends inkl. Link angezeigt. Über diesen Link ist ein Direkteinsprung in den Trendsteckbrief möglich, der den Trend prägnant zusammenfasst und Informationen zur Positionierung im Radar enthält. In den weiteren Menüpunkten können die Informationen um RSE, die Benchmark Analyse sowie die strategische Positionierung für die zu entwickelnde Systemgeneration festgelegt

¹ Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Abschlussarbeit

werden. Die Applikation wurde nach den Grundsätzen des UCD-Prozesses sowie des ZHO-Modells (vgl. Abschnitt 2.1.4) in einem iterativen Synthese-Analyse-Zyklus entwickelt (vgl. Abbildung 7.5).

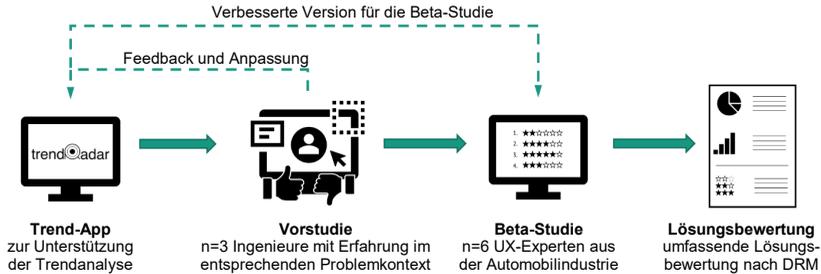


Abbildung 7.5: Entwicklung und Bewertung der Trend-App in einer Vor- sowie einer Beta-Studie vor dem finalen Releasezeitpunkt durch Experten (Thellmann, 2022)²

Die Applikation wurde zunächst durch drei methodisch unerfahrene Entwickelnde im zugrundeliegenden Problemkontext im Rahmen einer Vorstudie getestet. Die Bewertungsergebnisse wurden anschließend in einem weiteren Entwicklungsschritt berücksichtigt und die Applikation weiter verbessert. Anschließend wurde eine Beta Studie (n=6) mit Fachleuten aus dem anvisierten Einsatzbereich in der Automobilindustrie anhand einer Beispielaufgabe getestet und bewertet. Die Applikation bietet nach Einschätzung der befragten Fachleute das Potential, die Nutzungsschwelle zu senken und sowohl das Input-Output-Verhältnis (Anwendbarkeitsziel A1), als auch die intuitive Einsetzbarkeit (Anwendbarkeitsziel A6) zu verbessern. Zur kontinuierlichen Verbesserung ist die Applikation Gegenstand weiterer Nutzer-tests in verschiedenen Industrie- und Forschungsprojekten.

Modellbasierte Verknüpfung von Produktnutzungsdaten mit unterschiedlichen Ebenen mechatronischer Systeme

In Abschnitt 5.1.2 wurde auf Basis der Grundlagen zur datengestützten Produktentwicklung (vgl. Abschnitt 2.4) und der empirischen Problemanalyse in den Abschnitten 4.3, 4.4 und 4.5 ein Ansatz zur Integration von Produktnutzungsdaten aus Feldfahrzeugen in die Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase vorgestellt. Das detaillierte Vorgehensmodell dazu ist in Hünemeyer, Bauer, Wagenmann et al. (2023) abgebildet. Im Kern werden dabei Felddaten er-

² Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Abschlussarbeit

hoben, die technisch aufbereitet und in verschiedenen Dashboards für Produktentwickelnde zugänglich gemacht werden, um datengestützt Anforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte zu definieren³. Um diesen Ansatz auf weitere Anwendungsfelder in der Mechatroniksystementwicklung zu skalieren, muss die Grundfunktionalität weiter ausgebaut werden. Dabei ist es besonders wichtig, die Datenpunkte unterschiedlichen Ebenen technischer Systeme zuzuordnen. Dadurch kann eine Durchgängigkeit der Datenanalyse über das gesamte mechatronische System erzielt werden, mit der sowohl einzelne physische Komponenten, aber auch komplexere Produktfunktionen sowie Produkteigenschaften untersucht werden können. Albers, Fahl, Hirschter et al. (2021) haben ein Systemmodell vorgestellt, das diese Zuordnung erlaubt (vgl. Abbildung 7.6).

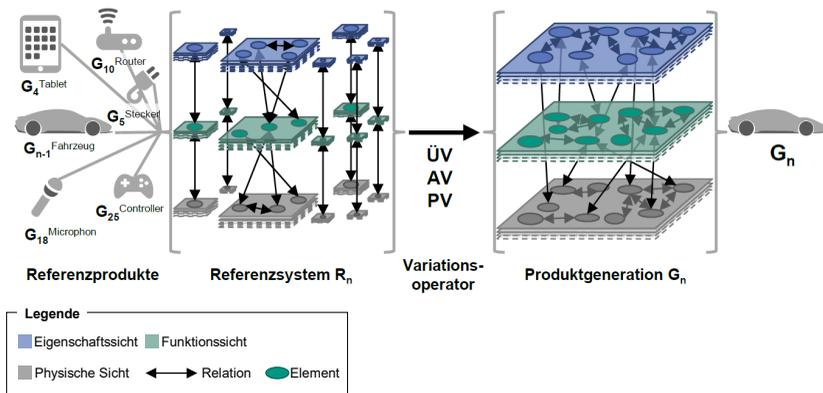


Abbildung 7.6: Sichten und Ebenen mechatronischer Systeme (rechts), verknüpft mit den Grundlagen der SGE (Albers, Fahl, Hirschter et al, 2021; zit. nach Fahl, 2022)

In einer weiterentwickelten und skalierten Version des Vorgehens zur zielgerichteten Datenanalyse können diese Grundlagen zur Strukturierung mechatronischer Systeme die Zuordnung von Datenpunkten aus den einzelnen RSE erleichtern. Ein Datenpunkt könnte z.B. Informationen über die Nutzung einzelner Produktfunktionen (Funktionssicht) in den analysierten RSE liefern. Ein anderer Datenpunkt könnte mit einem Bauteil (physische Sicht) verknüpft werden und Produktentwickelnden wertvolle Informationen zur Auslegung in der neuen Systemgeneration liefern. Eine weitere denkbare Ausbaustufe ist die IT-gestützte top-down Verknüpfung

³ Hierzu muss eine entsprechende Rechtsgrundlage vorliegen, die z.B. durch die explizite Zustimmung von Anwendern zustande kommen kann.

innerhalb der systeminhärenten Wirkkette von Anforderungen, Funktionen und physischen Sub-Systemen inkl. der zugehörigen (und weiterer möglicher) Datenpunkte. Die Aufschlüsselung kann in einem auf Zielkosten basierendem Entwicklungsansatz z.B. helfen, Kostenpotentiale zu identifizieren, datenbasiert durch die gezielte Variation (z.B. AV eines Bauteils oder durch Entfall einer Subfunktion) zu quantifizieren und zugleich die zu berücksichtigende Wirkkette innerhalb des Systems aufzuschlüsseln. Die Zusammenhänge sind in einer ersten Ausbaustufe in einem manuellen Werkzeug in Abbildung 7.7 dargestellt.

Referenzsystemelement				Dateninformationen		
Anforderung	Funktion	Bauteil	Signal	Ausprägungen	Abtastrate	
Auslegung des mechanischen Bedien-Systems auf 5 Mio. Bedienungen über Produktlebenszyklus (inkl. Endprüfungen und Bedienungen während Time-in-Market)	Rekuperation: Energie beim Bremsen zurückgewinnen	Togglebare Taste im Multifunktionslenkrad	<i>Signalname</i>	0: Funktion aus 1: Ein (Statische Verzögerung) 2: Ein (adaptive Verzögerung)	$f = \frac{10}{s}$	
...	

Abbildung 7.7: Verknüpfung von Datenpunkten mit verschiedenen Ebenen mechatronischer Systeme zur skalierbaren Integration von Felddaten in die Produktentwicklung

Eine auf Referenzen (i.F.v. Referenz-Anforderungen, -Funktionen und -Bauteilen) basierende, über Produktlinien hinweg einheitliche und durchgängige Zuordnung über die genannten Systemebenen liefert das Potential verbesserter Effizienz der Felddatenanalysen. Technische Systemarchitekten können den Speicherbedarf zukünftiger Systemgenerationen besser planen, Funktionseigner und Anforderungsingenieure erhalten für die Auslegung ihrer Systeme eine standardisierte Inputquelle. Bei der Auswahl der Referenzsystemelemente, auf die eine Datenerhebungskampagne angewendet wird, sind zudem regionale Besonderheiten (z.B. des chinesischen Markts) zu berücksichtigen. Über die Abtastfrequenz kann eine statistisch notwendige Grundgesamtheit an Daten festgelegt werden, um Anforderungen datenbasiert definieren zu können. Das obige Beispiel beschreibt gewiss einen eher simplen Anwendungsfall – gleichwohl können durch Fusion mehrerer Datenpunkte auch komplexere Anforderungsfelder datengestützt definiert werden.

Der Status Quo in der Automobilindustrie ist ein häufig Kampagnen-basiertes Analyseschema. Dies zieht jedoch häufig einen mehrmonatigen Verzug zwischen Datenanfrage und Ergebnis der Analyse nach sich. Im Zielbild kann durch die standardisierte Verknüpfung eine kontinuierliche Datenanalyse für relevante Use Cases unterstützt werden. Gleichwohl stellt dieser Ansatz neue Anforderungen an eine grundlegende juristische Freigabe sowie die Datenspeicherkapazität der Server.

Dem gegenüber steht der Vorteil, die Konzeptarbeit in der Frühen Phase weiter zu objektivieren und für einzelne Kundengruppen noch passendere Lösungen zu entwickeln, was technische Investitionen nachhaltig rechtfertigen kann.

7.2.2 Weiterführende und anknüpfende Forschungsarbeiten

Weiterhin liefert die entwickelte Systematik zahlreiche Aufsatzpunkte für weiterführende Forschungsarbeiten. Ein Auszug wird nachfolgend vorgestellt.

Systems-Engineering basiertes Spezifizieren von Zielen auf Basis von Bedarfen

Die Analyse des Zukunftsraums, bspw. durch Trendanalysen, ist in der automobilen Produktentwicklung eine zentrale Tätigkeit im Rahmen der Erhebung der Kunden-, Anwender- und Anbieterbedarfe. Hierbei führt insbesondere der Einsatz neuer, digitaler Technologien zu zunehmenden Bedarfen, vor allem in Bezug auf das Nutzererlebnis im Fahrzeug und die Anzeige- und Bediensysteme im Innenraum. Die Berücksichtigung dieser Bedarfe ermöglicht nicht nur den Zugang zu neuen Marktpotenzialen, sondern führt auch zu einer erhöhten Entwicklungskomplexität. Infolgedessen beschreiben Fahrzeuge zunehmend Advanced Systems. Für einen erfolgreichen Umgang mit dieser Komplexität setzt die Automobilindustrie verstärkt auf Ansätze des Systems Engineerings zur Umsetzung einer konsequenten Bedarfsorientierung. Hierbei ist insbesondere das nachvollziehbare Spezifizieren der Ziele und Anforderungen auf Basis der Bedarfe unerlässlich. Neben dem Systems Engineering sind Ansätze des Advanced Engineering, wie z.B. die referenzbasierte Produktentwicklung gemäß dem Modell der SGE erforderlich, um weitere Effizienzen im Entwicklungsprozess zu heben.

Gemäß Kubin et al. (2022) ergeben sich bei dem Systems-Engineering-basierten Spezifizieren von Zielen und Anforderungen auf Basis von Bedarfen drei Herausforderungen in der automobilen Produktentwicklung (vgl. Abbildung 7.8). Diese Herausforderungen gilt es in zukünftigen Forschungsarbeiten durch eine methodische Unterstützung im Modell der SGE zu adressieren, um so die Lücke zwischen strategischer Zukunftsvorausschau und Produktentwicklung zu schließen.

Herausforderungen bei dem SE-basierten Spezifizieren von Zielen und Anforderungen

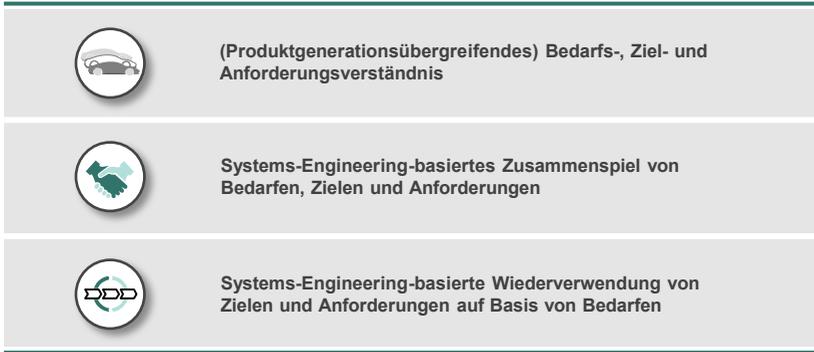


Abbildung 7.8: Drei zentrale Herausforderungen beim SE-basierten Spezifizieren von Zielen und Anforderungen nach Kubin et al. (2022)

Datengestützte Produktentwicklung im Sondermaschinenbau

Das Potential, Produktdesignentscheidungen objektiv auf Basis von Produktnutzungsdaten zu treffen, lässt sich auf die Entwicklung von Werkzeugmaschinen übertragen. Auch hier können Informationen zur kundenseitigen Nutzung von Referenzsystemelementen im Sinne vorangegangener Produktgenerationen herangezogen werden. Anforderungen an frühere Produktgenerationen können mit den Nutzungsprofilen der Anwender verglichen und für die zu entwickelnde Produktgeneration angepasst werden. Nur wenige Entscheidungen im Produktentwicklungsprozess werden bislang auf Basis von Maschinendaten getroffen, sondern fußen auf subjektiven Einschätzungen einzelner Akteure oder Gruppen (Wagenmann et al., 2022). Basis für diese Einschätzungen sind Informationen, die von der Ebene des Maschinenbedieners über mehrere Transitionen in die Entwicklung münden. Das dabei entstehende „Stille Post“-Prinzip führt zur Abwandlung oder zum Verlust von Informationen und in der Folge zu einer verfälschten Entscheidungsbasis (Hinterhuber, 1994). Die Analyse von Maschinendaten bietet immenses Potential zur Stärkung der Entscheidungsbasis durch ein tiefes datenbasiertes Verständnis zur tatsächlichen kundenseitigen Nutzung von Referenzsystemelementen auf dem Shopfloor. Begünstigt durch die zunehmende Vernetzung von mechatronischen Systemen, sammeln einige Unternehmen der Maschinenbauindustrie bereits große Mengen an Daten, können diese jedoch noch nicht aktiv im Produktentwicklungsprozess nutzen (Acatech, 2022). Abbildung 7.9 zeigt, dass die Validierung von Anforderungen mittels Analyse von Maschinendaten in der Praxis oft mehrere Wochen benötigt (Wagenmann et al., 2022).

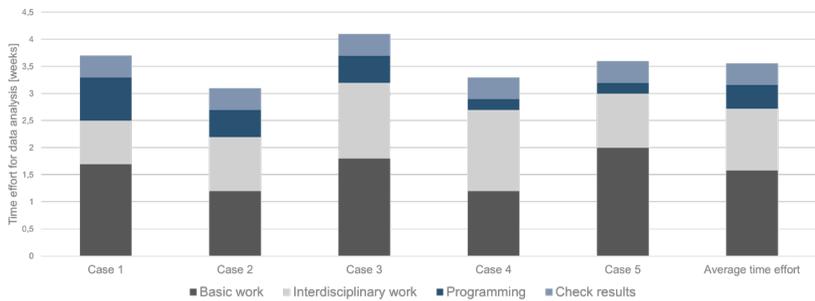


Abbildung 7.9: Zeitaufwand für die Analyse von Use Cases (Wagenmann et al., 2022)

Wagenmann et al. (2022) beschreiben Erfolgsfaktoren für die Nutzung von Maschinendaten zur datengetriebenen Validierung von Anforderungen: *Datenherkunft, Akzeptanz, Datenqualität, Wissen über Daten* und die *Kombination von Analysekompetenzen, Maschinen- und Datenwissen*. Diese werden durch korrespondierende Herausforderungen kontextualisiert und in einem initialen Prozessmodell zur datengetriebenen Validierung von Zielsystemelementen operationalisiert. Zur Befähigung von Entwickelnden hinsichtlich der aktiven Nutzung von Maschinendaten im Entwicklungsprozess und der Optimierung der unterstützenden organisatorischen Infrastruktur im Sinne der SGE muss dieses Prozessmodell weiterentwickelt werden. Die praxisnahe Validierung des Prozessmodells stellt dabei die Maßgabe für die spätere Anwendbarkeit der methodischen Unterstützung mittels zu entwickelnder Tools und Methoden dar.

Literaturverzeichnis

- Abel, H.-B.; Blume, H.-J.; Brabetz, L.; Broy, M.; Fürst, S.; Ganzelmeier, L. (2016). Elektrik/Elektronik/Software. In: *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. Springer, Seiten 925–1104.
- Abowitz, D. A.; Toole, T. M. (2010). Mixed method research: Fundamental issues of design, validity, and reliability in construction research. In: *Journal of construction engineering and management*, S. 108–116.
- Albers, A.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Lindow, K.; Riedel, O.; Stark, R. (Hrsg.): *Strategie Advanced Systems Engineering – Leitinitiative zur Zukunft des Engineering und Innovationsstandorts Deutschland*, München, 2022
- Ackoff, R. (1989). From data to wisdom. In: *Journal of applied systems analysis* 16, S. 3–9.
- Akcali, B. Y. & Sismanoglu, E. (2015). Innovation and the Effect of Research and Development (R&D) Expenditure on Growth in Some Developing and Developed Countries. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 768–775. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.474
- Alben, L. (1996). Quality of experience: Defining the criteria for effective interaction design. In: *Interactions* 3 (3), S. 11–15.
- Albers, A. (1991). Das Zweimassenschwungrad der dritten Generation - Optimierung der Komforteigenschaften von PKW-Antriebssträngen. In H. Peeken & C. Troeder (Hrsg.), *Antriebstechnisches Kolloquium '91. Maschinen- und Anlagüberwachung, Komponenten der Antriebstechnik im System, Neu- und Weiterentwicklungen* (S. 245-267). Köln: Verlag TÜV Rheinland.
- Albers, A. (2010). Five hypotheses about engineering processes and their consequences. In I. Horváth, F. Mandorli & Z. Rusák (Hrsg.), *Proceedings of the TMCE 2010 Symposium. Virtual Engineering for Competitiveness* (12.-16.04.2010), Ancona, Italien (S. 343-356). Delft, Netherlands: Delft University of Technology.
- Albers, A. (2011). Der Entwickler im Zentrum des Systems der Produktentstehung. In D. Spath, H. Binz & B. Bertsche (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP) 2011. Engineering - eine Herausforderung für die Zukunft* (23.-24.11.2011), Stuttgart (o. S.). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

- Albers, A., Basedow, G. N., Heimicke, J., Marthaler, F., Spadinger, M. & Rapp, S. (2020). Developing a common understanding of business models from the product development perspective. In K. Mporfu & P. Butala (Hrsg.), *Procedia 30th CIRP Design. Enhancing design through the 4th Industrial Revolution Thinking* (05.-08.05.2020), Kruger National Park, South Africa (Procedia CIRP, Vol. 91, S. 875-882). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A., Behrendt, M., Klingler, S. & Matros, K. (2016). Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess. In U. Lindemann (Hrsg.), *Handbuch Produktentwicklung* (S. 541–569). München: Carl Hanser Verlag.
- Albers, A., Behrendt, M., Klingler, S., Reiß, N. & Bursac, N. (2017). Agile product engineering through continuous validation in PGE – Product Generation Engineering. *Design Science Journal*, Vol. 3 (E5), 1–19.
<https://doi.org/10.1017/dsj.2017.5>
- Albers, A.; Braun, A. (2011a). A generalised framework to compass and to support complex product engineering processes. *International Journal of Product Development (IJPD)*, Vol. 15 (No. 1/2/3), 6-25.
<https://doi.org/10.1504/IJPD.2011.043659>
- Albers, A.; Braun, A. (2011b). Der Prozess der Produktentstehung. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), *Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung* (S. 5-30). München: Carl Hanser Verlag.
<https://doi.org/10.3139/9783446428911.001>
- Albers, A., Braun, A. & Muschik, S. (2010). Uniqueness and the Multiple Fractal Character of Product Engineering Processes. In P. Heisig, P. J. Clarkson & S. Vajna (Hrsg.), *Modelling and Management of Engineering Processes* (S. 15-26). London, UK: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-199-8_2
- Albers, A., Burkardt, N., Meboldt, M. & Saak, M. (2005). SPALTEN problem solving methodology in the product development. In A. Samuel & W. Lewis (Hrsg.), *Proceedings of the 15th International Conference on Engineering Design (ICED05). Engineering Design and the Global Economy* (15.-18.08.2005), Melbourne, Australia (n. p.). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Albers, A., Bursac, N. & Rapp, S. (2017). PGE - Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Zweimassenschwungrads. *Forschung im Ingenieurwesen*, Vol. 81 (No. 1), 13-31. <https://doi.org/10.1007/s10010-016-0210-0>
- Albers, A., Bursac, N. & Wintergerst, E. (2015). Produktgenerationsentwicklung. Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Per-

- spektive. In H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer & D. Roth (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP) 2015. Entwicklung smarter Produkte für die Zukunft* (18.-19.06.2015), Stuttgart (o. S.). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Albers, A., Bursac, N., Marthaler, F., Siebe, A., Reiß, N. & Hirschter, T. (2018). Development methods for 2030: An interpretation of scenarios in the application of methods. In P. Ekströmer & Schütte, Simon and Ölvander, Johan (Hrsg.), *DS 91: Proceedings of NordDesign 2018* (p. 1-9). Linköping, Sweden: Design Society.
- Albers, A. & Düser, T. (2011). Validierung im Produktentstehungsprozess. In F. Henning & E. Moeller (Hrsg.), *Handbuch Leichtbau. Methoden, Werkstoffe, Fertigung* (S. 133–142). München: Carl Hanser Verlag.
- Albers, A., Ebertz, J., Rapp, S., Heimicke, J., Kürten, C., Zimmermann, V., Bause, K. & Blattner, R. (2020). Produktgeneration 1 im Modell der PGE - Produktgenerationsentwicklung. XXXIII Verständnis, Zusammenhänge und Auswirkungen in der Produktentwicklung. *KIT Scientific Working Papers, Nr. 149*, 1-26. <https://doi.org/10.5445/IR/1000127971>
- Albers, A., Fahl, J., Hirschter, T., Endl, M., Ewert, R. & Rapp, S. (2020). Model of PGE - Product Generation Engineering by the Example of Autonomous Driving. In K. Mporfu & P. Butala (Hrsg.), *Procedia 30th CIRP Design. Enhancing design through the 4th Industrial Revolution Thinking* (05.-08.05.2020), Kruger National Park, South Africa (Procedia CIRP, Vol. 91, S. 665-677). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A., Fahl, J., Hirschter, T., Endl, M., Ewert, R. & Rapp, S. (2020). Model of PGE – Product Generation Engineering by the Example of Autonomous Driving. In K. Mporfu & P. Butala (Hrsg.), *Procedia 30th CIRP Design. Enhancing design through the 4th Industrial Revolution Thinking* (05.-08.05.2020), Kruger National Park, South Africa (Procedia CIRP, Vol. 91, S. 665–677). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A., Fahl, J., Hirschter, T., Haag, S., Hünemeyer, S. & Staiger, T. (2020). Defining, Formulating and Modeling Product Functions in the Early Phase in the Model of PGE - Product Generation Engineering. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of 6th International Symposium on Systems Engineering (ISSE) 2020* (12.10.-12.11.2020), Wien, Österreich (n. p.). Piscataway, NJ, USA: IEEE.
- Albers, A., Fahl, J., Hirschter, T. & Rapp, S. (2021). Application of the Generic Variation Operator in the Model of PGE – Product Generation Engineering onto the Element Types of Properties and Functions of Technical Systems. In E. Lutters (Hrsg.), *31st CIRP Design Conference 2021 (CIRP Design 2021)* (19.-

- 21.05.2021), Enschede, Netherlands (Procedia CIRP, Vol. 100, 870-875). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A., Fischer, J., Klingler, S. & Behrendt, M. (2014). *Durchgängige Validierung und Verifizierung am Beispiel der akustischen Eigenschaften eines Elektrofahrzeugs*. Konferenzvortrag. Grazer Symposium Virtuelles Fahrzeug (GSVF), Graz, Österreich.
- Albers, A. & Gausemeier, J. (2012). Von der fachdisziplinenorientierten Produktentwicklung zur Vorausschauenden und Systemorientierten Produktentstehung. In R. Anderl, M. Eigner, U. Sendler & R. Stark (Hrsg.), *Smart Engineering. Interdisziplinäre Produktentstehung* (acatech DISKUSSION, April 2012, S. 17–29). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29372-6_3
- Albers, A., Gladysz, B., Heitger, N. & Wilmsen, M. (2016). Categories of product innovations. A prospective categorization framework for innovation projects in early development phases based on empirical data. In L. Wang & T. Kjellberg (Hrsg.), *Procedia 26th CIRP Design. Creative Design of Products and Production Systems* (15.-17.06.2016), Stockholm, Sweden (Procedia CIRP, Vol. 50, S. 135-140). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A., Haug, F., Heitger, N., Fahl, J. & Hirschter, T. (2019). Entwicklungsgenerationen zur Steuerung der PGE - Produktgenerationsentwicklung. Von der Bauteil- zur Funktionsorientierung in der Automobilentwicklung. In H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, O. Riedel, D. Spath & D. Roth (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP) 2019. Agilität und kognitives Engineering* (15.-16.05.2019), Stuttgart (S. 253-262). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Albers, A., Heimicke, J., Hirschter, T., Richter, T., Reiß, N., Maier, A. & Bursac, N. (2018). Managing Systems of Objectives in the agile Development of Mechatronic Systems by ASD - Agile Systems Design. In P. Ekströmer, S. Schütte & J. Ölvander (Hrsg.), *DS 91: Proceedings of NordDesign 2018. Design in the era of digitalization* (14.-17.08.2018), Linköping, Sweden (NordDESIGN, n. p.). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Albers, A., Heimicke, J., Spadinger, M., Degner, N. & Dühr, K. (2019). The Product Developer in the Centre of Product Development. A Systematic Literature Review on Describing Factors. In S. Wartzack & B. Schleich (Hrsg.), *DS 94: Proceedings of the Design Society: 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19). Responsible Design for Our Future* (05.-08.08.2019), Delft, Netherlands (ICED, S. 1843-1852). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Albers, A., Heimicke, J., Walter, B., Basedow, G. N., Reiß, N., Heitger, N. et al. (2018). Product Profiles. Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. *Procedia CIRP*, 70, 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.02.044>
- Albers, A., Heitger, N., Haug, F., Fahl, J., Hirschter, T. & Bursac, N. (2018). Supporting Potential Innovation in the Early Phase of PGE - Product Generation Engineering. Structuring the Development of the Initial System of Objectives. In RADMA (Hrsg.), *R&Designing Innovation. Transformational Challenges for Organisations and Society* (30.06.-04.07.2018), Milan, Italy (n. p.). Chester, UK: RADMA.
- Albers, A.; Hünemeyer, S.; Pfaff, F.; Kubin, A.; Schlegel, M.; Rapp, S. (2023). Modelling Technical Systems in the Early Phase: Proposing a formal Definition for the System Concept. In tbd (Hrsg.), *Proceedings of ICED 23. 24th International Conference on Engineering Design*, Bordeaux, France. Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Albers, A., Klingler, S. & Ebel, B. (2013). Modeling Systems of Objectives in Engineering Design Practice. In U. Lindemann, S. Venkataraman, Y. S. Kim, S. W. Lee, J. Clarkson & G. Cascini (Hrsg.), *DS 75: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13). Design Information and Knowledge* (19.-22.08.2013), Seoul, Korea (ICED, S. 379-388). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Albers, A.; Kürten, C.; Rapp, S.; Birk, C.; Hünemeyer, S.; Kempf, C. (2022). *SGE – Systemgenerationsentwicklung : Analyse und Zusammenhänge von Entwicklungspfaden in der Produktentstehung*. KIT Scientific Working Papers. DOI: 10.5445/IR/1000151151
- Albers, A., Lohmeyer, Q. & Ebel, B. (2011). Dimensions of objectives in interdisciplinary product development projects. In S. J. Culley, B. J. Hicks, T. C. McAlloone, T. J. Howard & J. Malmqvist (Hrsg.), *DS 68: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11)* (15.-19.08.2011), Copenhagen, Denmark (ICED, S. 256-265). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Albers, A., Matros, K., Behrendt, M. & Jetzinger, H. (2015). Das Pull-Prinzip der Validierung –Ein Referenzmodell zur effizienten Integration von Validierungsaktivitäten in den Produktentstehungsprozess. *VDI Konstruktion*, 6-2015, 74–81.

- Albers, A. & Matthiesen, S. (1998). Was bringt die Zukunft? Trends in der Automatisierung von KFZ-Antriebssträngen. In *Getriebe in Fahrzeugen '98 : Tagung Friedrichshafen, 16. und 17. Juni 1998* (VDI-Berichte, S. 133-158). VDI Verlag.
- Albers, A.; Rapp, S. (2022). Model of SGE: System Generation Engineering as Basis for Structured Planning and Management of Development. In D. Krause (Hrsg.), *Design Methodology for Future Products*, 27-46.
- Albers, A., Rapp, S., Birk, C. & Bursac, N. (2017). Die Frühe Phase der PGE - Produktgenerationsentwicklung. In H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, D. Spath & D. Roth (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP) 2017. Produktentwicklung im disruptiven Umfeld* (28.-29.06.2017), Stuttgart (S. 345-354). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Albers, A., Rapp, S., Fahl, J., Hirschter, T., Revfi, S., Schulz, M., Stürmlinger, T. & Spadinger, M. (2020). Proposing a Generalized Description of Variations in Different Types of Systems by the Model of PGE - Product Generation Engineering. In D. Marjanović, M. Štorga, S. Škec, N. Bojčetić & N. Pavković (Hrsg.), *DS 102: Proceedings of the DESIGN 2020. 16th International Design Conference* (26.-19.10.2020), Dubrovnik, Croatia (DESIGN, S. 2235-2244). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Albers, A., Rapp, S., Spadinger, M., Richter, T., Birk, C., Marthaler, F., Heimicke, J., Kurtz, V. & Wessels, H. (2019). The Reference System in the Model of PGE: Proposing a Generalized Description of Reference Products and their Interrelations. In S. Wartzack & B. Schleich (Hrsg.), *DS 94: Proceedings of the Design Society: 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19). Responsible Design for Our Future* (05.-08.08.2019), Delft, Netherlands (ICED, S. 1693-1702). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Albers, A., Reinemann, J., Hirschter, T., Fahl, J. & Heitger, N. (2019). Validation-Driven Design in the Early Phase of Product Development. In G. D. Putnik (Hrsg.), *Procedia 29th CIRP Design. Open Design and Design as Exponential Technology* (08.-10.05.2019), Póvoa de Varzim, Portugal (Procedia CIRP, Vol. 84, S. 630-637). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A., Reiß, N., Bursac, N. & Breitschuh, J. (2016). 15 Years of SPALTEN Problem Solving Methodology in Product Development. In C. Boks, J. Sigurdsson, M. Steinert, C. Vis & A. Wulvik (Hrsg.), *DS 85: Proceedings of NordDesign 2016* (10.-12.08.2016), Trondheim, Norway (NordDESIGN, S. 411-420). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.

- Albers, A., Reiß, N., Bursac, N. & Richter, T. (2016). iPeM - integrated Product engineering Model in context of Product Generation Engineering. In L. Wang & T. Kjellberg (Hrsg.), *Procedia 26th CIRP Design. Creative Design of Products and Production Systems* (15.-17.06.2016), Stockholm, Sweden (Procedia CIRP, Vol. 50, S. 100-105). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A., Walter, B., Wilmsen, M. & Bursac, N. (2018). Live-Labs as real-world validation environments for design methods. In D. Marjanović, M. Štorga, S. Škec, N. Bojčetić & N. Pavković (Hrsg.), *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018. 15th International Design Conference*, Dubrovnik, Croatia (DESIGN, S. 13–24). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F. (2018). Acceptance and acceptability criteria: a literature review. In: *Cogn Tech Work* 20, 165–177 (2018).
<https://doi.org/10.1007/s10111-018-0459-1>
- Atieno, O. (2009). An analysis of the strengths and limitation of qualitative and quantitative research paradigms. In: *Problems of Education in the 21st Century*.
- Auhagen, A.E. (2022). *Interaktion*. Zugriff am 19.03.2023. Verfügbar unter:
<https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/interaktion/7296>
- Avison, D., Lau, F., Myers, M. & Nielsen, P. A. (1999). Action Research. To make academic research relevant, researchers should try out their theories with practitioners in real situations and real organizations. *Communications of the ACM*, 42 (1), 94–97. <https://doi.org/10.1145/291469.291479>
- Batini, C.; Cappiello, C.; Francalanci, C.; Maurino, A. (2009). Methodologies for data quality assessment and improvement". In: *ACM Computing Surveys*, S. 1–52. DOI: 10.1145/1541880.1541883.
- Bavendiek, J.; Koch, T.; Brockmeier, C.; Eckstein, L. (2020). An Expert Informed Approach to Assess Challenges in Automotive HMI Development and Their Implications on Development Processes". In Stanton, N. (Hrsg.) *Advances in Human Aspects of Transportation*. Band 270. Lecture Notes in Networks and Systems. Cham: Springer International Publishing, Seiten 181–188.
- Bender, B. & Gericke, K. (2021), *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Bengler, K. (2017). Driver and driving experience in cars. In: *Automotive User Interfaces*. Springer, Seiten 79–94.

- Bertalanffy, L. v. (1969). *General System Theory. Foundations, Development, Applications*. New York, NY, USA: George Braziller.
- Birkhofer, H. & Jänsch, J. (2003). Interaction between Individuals. In U. Lindemann (Hrsg.), *Human Behaviour in Design. Individuals, Teams, Tools* (S. 105-110). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bissantz, N.; Hagedorn, J. (2009). Data Mining (Datenmustererkennung). In: *Wirtschaftsinformatik* 51.1, S. 139–144. DOI: 10.1007/s11576-008-0108-z. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11576-008-0108-z>.
- Blessing, L. T. & Chakrabarti, A. (2009). *DRM, a Design Research Methodology*. London, UK: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-587-1>
- Bliss, C. (2000). *Management von Komplexität - Ein integrierter, systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion. Unternehmensführung und Marketing, Band 35*. Dissertation, Institut für Marketing. Wiesbaden: WWU Münster. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-10720-0>
- Borer, E. T., Seabloom, E. W., Jones, M. B., & Schildhauer, M. (2009). Some simple guidelines for effective data management. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 90(2), S. 205-214.
- Boyd, C. (1993). Combining qualitative and quantitative approaches. In: *NLN Publications*, S. 454–475.
- Braess, H.-H. & Seiffert, U. (Hrsg.). (2013). *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik* (7., aktualisierte Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-01691-3>
- Breunig, S. (2017). *Produktarchitekturgestaltung mechatronischer Baukastensysteme*. Dissertation. RWTH Aachen, Aachen.
- Briard, T., Jean, C., Aoussat, A., Véron, P., Le Cardinal, J., & Wartzack, S. (2021). Data-driven design challenges in the early stages of the product development process. *Proceedings of the Design Society*, 1, 851-860.
- Bruhn, M.; Hadwich, K. (2006). *Produkt- und Servicemanagement – Konzepte - Methoden - Prozesse*. Vahlen, München, 2006
- Bubb, H. (2003). *Fahrerassistenz primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit?* In: VDI-Bericht Nr. 1768 (2003), S. 25 - 44
- Bullinger, H.-J. (1994): *Ergonomie - Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung*. Stuttgart: Teubner-Verlag, 1994.

- Bursac, N. (2016). *Model Based Systems Engineering zur Unterstützung der Baukastenentwicklung im Kontext der Frühen Phase der Produktgenerationsentwicklung*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 93). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
<https://doi.org/10.5445/IR/1000054484>
- Cao, Y., Chen, R.-S., Zhao, L. and Nagahira, A. (2008). Impact analysis of FFE practices of new product development in Japanese companies. In: *International Conference on Management Science and Engineering*, 15th Annual Conference Proceedings, ICMSE.
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C. & Wirth, R. (2000). *CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide* (). The CRISP-DM consortium .
- Cooper, R. G. (1994). Third-Generation New Product Processes. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 11 (Issue 1), 3-14.
<https://doi.org/10.1111/1540-5885.1110003>
- Cooper, R. G. & Kleinschmidt, E. J. (1993). Screening New Products for Potential Winners. *Long Range Planning*, Vol. 26 (Issue 6), 74-81.
[https://doi.org/10.1016/0024-6301\(93\)90208-W](https://doi.org/10.1016/0024-6301(93)90208-W)
- Courage, C.; Baxter, K. (2015). *Understanding Your Users: A Practical Guide to User Requirements Methods, Tools, and Techniques*. Gulf Professional Publishing
- Dasbeck, J. & Engel, S. (2021). User Experience Design und Organisationsentwicklung: Wie Innovationen entstehen und warum methodisches Vorgehen so wichtig ist. In: *Informatik Spektrum* 44.3, Seiten 161–169.
- Denzin, N. K. (2017). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. First edition. London: Taylor and Francis. DOI: 10.4324/9781315134543.
- Desmet, P. & Hekkert, P. (2007). Framework of product experience. In: *International journal of design* 1 (1), S. 57–66.
- Deubzer, F. & Lindemann, U. (2009). Networked Modelling. Use and interaction of product models and methods during analysis and synthesis. In M. Norell Bergendahl, M. Grimheden, L. Leifer, P. Skogstad & U. Lindemann (Hrsg.), *DS 58: Proceedings of ICED 09. 17th International Conference on Engineering Design* (24.-27.08.2009), Palo Alto, CA, USA (ICED, 371-380). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.

- Diefenbach, S.; Hassenzahl, M. (2017). *Psychologie in der nutzerzentrierten Produktgestaltung. Die Wirtschaftspsychologie*. Berlin: Springer-Verlag, 2017, <https://doi.org/10.1515/icom-2017-0016>
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2002). DIN 199-1. *Technische Produktdokumentation*. Berlin: Beuth.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2003). DIN EN ISO 17287:2003-10. *Straßenfahrzeuge - Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen - Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeugs*. Berlin: Beuth.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011). DIN EN ISO 9241-210. *Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2019). DIN EN ISO 9241-210. *Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth.
- Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG (Hrsg.). (2020). *Pioniergeist. Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht der Porsche AG 2019*. Stuttgart. Zugriff am 07.01.2021. Verfügbar unter: <https://newsroom.porsche.com/dam/jcr:aaacfd1-d8df-47f4-9339-2b620fb14acf/Gesch%C3%A4fts-%20und%20Nachhaltigkeitsbericht%202019%20der%20Porsche%20AG.pdf.PDF.PDF>
- Drost, E. A (2011). Validity and reliability in social science research. In: *Education Research and perspectives*, S. 105–123.
- Earl, C., Johnson, J. & Eckert, C. M. (2005). Complexity. In J. Clarkson & C. M. Eckert (Hrsg.), *Design Process Improvement. A Review Of Current Practice* (S. 174-197). London, UK: Springer.
- Ebel, B. (2015). *Modellierung von Zielsystemen in der interdisziplinären Produktentstehung*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 85). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000048334>
- Ebel, P., Lingenfelder, C., & Vogelsang, A. (2021, September). Measuring Interaction-based Secondary Task Load: A Large-Scale Approach Using Real-World Driving Data. In *13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (S. 1-4).
- Ebel, P.; Orlovska, J.; Hünemeyer, S.; Wickman, C.; Vogelsang, A.; Söderberg, R. (2021). Automotive UX design and data-driven development: Narrowing the gap to support practitioners. In: *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 11*, DOI: 10.5445/IR/1000142418

- Eckert, C. M., Alink, T. & Albers, A. (2010). Issue Driven Analysis of an Existing Product at Different Levels of Abstraction. In D. Marjanović, M. Štorga, N. Pavković & N. Bojčetić (Hrsg.), *DS 60: Proceedings of DESIGN 2010. 11th International Design Conference* (17.-20.05.2010), Dubrovnik, Croatia (DESIGN, S. 673-682). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Eggert, J. (2010). Modellierung mechanischer Systeme und ihrer Dynamik. In G. Bandow & H. H. Holzmüller (Hrsg.), „*Das ist gar kein Modell!*“. *Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften* (Gabler Research, 1. Aufl., S. 55-79). Wiesbaden: Gabler.
doi:10.1007/978-3-8349-8484-5_3
- Ehrlenspiel, K. (2009). *Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit* (4., überarbeitete Auflage). München: Carl Hanser Verlag.
- Ehrlenspiel, K. & Meerkamm, H. (2013). *Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit* (5., überarbeitete und erweiterte Auflage). München: Carl Hanser Verlag.
- Electrive (2019). *Porsche gewährt Einblick in den Innenraum des Taycan*. Zugriff am 24.01.2023. Verfügbar unter: <https://www.electrive.net/2019/08/23/porsche-gewaehrt-einblick-in-den-taycan/>
- Engelhardt, H. W.; Kleinaltenkamp, M.; Reckenfelderbäumer, M. (1993). Leistungsbündel als Absatzobjekte. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 45(5), 1993, S. 394–426
- Fahl, J. (2022). *Produktportfolio-übergreifendes Spezifizieren von Produktfunktionen der Sportwagenentwicklung im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung*. Dissertation. IPEK - Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Fahl, J., Hirschter, T., Kamp, J., Endl, M. & Albers, A. (2019). Functional Concepts in the model of PGE - Product Generation Engineering by the Example of Automotive Product Development. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of 5th International Symposium on Systems Engineering (ISSE) 2019* (01.-03.10.2019), Edinburgh, UK (n. p.). Piscataway, NJ, USA: IEEE.
- Fayyad, U.; Piatetsky-Shapiro, G.; Smyth, P. (1996). From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases". In: *AI Magazine* 17.3, Seite 37. DOI: 10.1609/aimag.v17i3.1230.

- Fegraus, E. H., Andelman, S., Jones, M. B., & Schildhauer, M. (2005). Maximizing the value of ecological data with structured metadata: an introduction to ecological metadata language (EML) and principles for metadata creation. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 86(3), S. 158-168.
- Feldhusen, J., Grote, K.-H., Göpfert, J. & Tretow, G. (2013). Technische Systeme. In J. Feldhusen & K.-H. Grote (Hrsg.), *Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung* (8. Aufl., S. 237-279). Berlin: Springer.
- Fielding, N. G.; Fielding, J. (1986). Linking qualitative data. In: *Linking Data: The Articulation of Qualitative and Quantitative Methods in Social Research*, S. 41–53.
- Fink, A. & Siebe, A. (2016). *Szenario-Management. Von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Fokkinga, S. & Desmet, P. (2013). Ten ways to design for disgust, sadness, and other enjoyments: A design approach to enrich product experiences with negative emotions. In: *International journal of design 7* (1), S. 19–36.
- Forlizzi, J.; Battarbee, K. (2004). Understanding experience in interactive systems. In *DIS '04: Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, 2004*, Association for Computing Machinery, New York, NY, United States
- Forlizzi, J. & Ford, S. (2000). The building blocks of experience: An early framework for interaction designers. In: D. Boyarski & W. Kellogg (Hrsg.), *Proceedings of DIS 2000*, Brooklyn, S. 419–423.
- Frank, U., Giese, H., Klein, F., Oberschelp, O., Schmidt, A., Schulz, B., Vöcking, H. & Witting, K. (2009). *Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus. Definitionen und Konzepte* (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 234, 1. Aufl.). Paderborn: HNI.
- Franz, B. (2014). Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts zur manöverbasierten Führung von Fahrzeugen. Darmstadt, Technische Universität Darmstadt, Dissertation 2014.
- Fredrickson, B. (2001). Extracting meaning from past affective experiences: The importance of peaks, ends, and specific emotions. In: *Cognition & emotion 14* (4), S. 577–606.
- Galbraith, J. R. (1973). *Designing Complex Organizations*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley.

- Gängl-Ehrenwerth, C., Faullant, R. & Schwarz, E. J. (2013). 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
- Gausemeier, J. & Plass, C. (2014). *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen* (2., überarbeitete Auflage). München: Carl Hanser Verlag.
- Gausemeier, J., Dumitrescu, R., Echterfeld, J., Pfänder, T., Steffen, D. & Thielemann, F. (2019). *Innovationen für die Märkte von morgen. Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen*. München: Hanser. doi:10.3139/9783446429727
- Gebhardt, N.; Kruse, M.; Krause, D. (2016). Gleichteile-, Modul- und Plattformstrategie. In: Lindemann, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*. Carl Hanser Verlag, München, 2016, S. 111-150
- Geier, M., Stier, C., Düser, T., Behrendt, M., Ott, S. & Albers, A. (2009). Simulationsgestützte Methoden. IDE und XiL zur Entwicklung von Antriebsstrangkomponenten. *ATZextra - Automotive Engineering Partners*, Vol. 14 (Issue 14), 48–53.
- Gembrys, S.-N. (1998). *Ein Modell zur Reduzierung der Variantenvielfalt in Produktionsunternehmen*. Dissertation, Technische Universität Berlin, Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK Berlin, Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin, Berlin, 1998
- Gkouskos, D.; Pettersson, I.; Karlsson, M.; Chen, F. (2015). Exploring User Experience in the Wild: Facets of the Modern Car. In: Springer, Cham, Seiten 450–461.
- Göpfert, J. (1998). *Modulare Produktentwicklung. Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation*. Dissertation. LMU München, München.
- Göpfert, J. (2009). *Modulare Produktentwicklung. Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation* (2. Auflage). Norderstedt: Books on Demand.
- Grabowski, H. & Geiger, K. (Hrsg.). (1997). *Neue Wege zur Produktentwicklung*. Stuttgart: Raabe.
- Griffin, A., & Hauser, J. (1993). The voice of the customer. *Marketing Science*, 12, 360–373.
- Gualtieri, M. (2009). Best practices in user experience (UX) design. In: *Design Compelling User Experiences to Wow your Customers*, Seiten 1–17. Verfügbar

- unter: <https://web.uchile.cl/DctosIntranet/05UsabilidadExperienciaUsuario/BuenasPracticas/BestPracticesUserExperience.pdf>; abgerufen am: 25.03.2023
- Harashima, F., Tomizuka, M. & Fukuda, T. (1996). Mechatronics. "What Is It, Why, and How?". *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 1* (Issue 1), 1-4. An Editorial. <https://doi.org/10.1109/TMECH.1996.7827930>
- Hassenzahl, M.; Burmester, M.; Koller, F. (2003) AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In Ziegler, J. et al. (Hrsg.): *Mensch & Computer*. Leipzig, B.G. Teubner 2003, S. 187-196. (Mensch & computer)
- Hassenzahl, M. (2006). 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). München: Oldenbourg. doi:10.1524/9783486593433.147
- Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience—A research agenda. *Behaviour & Information Technology, 25*(2), 91-97. <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>
- Hassenzahl M. (2008). User experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. In: *Proceedings of the 20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine on - IHM '08*. DOI: 10.1145/1512714.1512717
- Hassenzahl, M.; Diefenbach, S.; Göritz, A. (2010). Needs, affect, and interactive products - Facets of user experience. In: *Interacting with Computers 22* (2010) 5, S. 353-362.
- Heale, R.; Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative studies. In: *Evidence-based nursing*, S. 66–67.
- Heina, J. (1999). *Variantenmanagement – Kosten-Nutzen-Bewertung zur Optimierung der Variantenvielfalt*. Dissertation, Brandenburgische Technische Universität, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1999. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-09093-9>
- Heiser, P. (2018). *Meilensteine der qualitativen Sozialforschung. Eine Einführung entlang klassischer Studien* (Studientexte zur Soziologie (STSO)). Wiesbaden: Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18557-2>
- Heißing, B. (2011). *Fahrwerkhandbuch. Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven* (ATZ/MTZ-Fachbuch Ser, 3rd ed.). Wies-

baden: Springer Vieweg. in Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=752830>

- Heiss, S. F. (2010). *Kundenwissen für Forschung und Entwicklung in der Automobilindustrie: Fallstudie und Modellentwicklung zum Wissen von und über Kunden*. Dissertation, Institut für Medien und Bildungstechnologie/Medienpädagogik. Augsburg: Universität Augsburg.
- Heitger, N. (2019). *Methodische Unterstützung der initialen Zielsystembildung im Kontext der PGE – Produktgenerationsentwicklung am Beispiel der Automobilentwicklung*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 120). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000098206>
- Herrmann, A. (1998). *Produktmanagement* (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften). München: Vahlen.
- Herstatt, C., Verworn, B., Stockstrom, C., Nagahira, A., Takahashi, O. (2006). "Fuzzy Front End" Practices in Innovating Japanese Companies. In: Herstatt, C., Stockstrom, C., Tschirky, H., Nagahira, A. (Hrsg.), *Management of Technology and Innovation in Japan*. (S. 167-183) Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-31248-X_8
- Hinterhuber, H. H. (1994). Paradigmenwechsel: Vom Denken in Funktionen zum Denken in Prozessen. *Journal für Betriebswirtschaft*, 2(1994), S. 58-75.
- Hirschter, T. (vsl. 2024). *Methodische Unterstützung der Produktspezifikation anhand von Eigenschaften als Elemente des Produktprofils in der Frühen Phase im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. tbd). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Aktuell im Professorenreview
- Hirschter, T., Heitger, N., Haug, F., Fahl, J., Mandel, C., Marthaler, F., Walter, B. & Albers, A. (2018). Zukunftsorientierte PGE - Produktgenerationsentwicklung: Ein Ansatz zur systematischen Überführung von Szenarien in Produktprofile in der Frühen Phase der PGE. In J. Gausemeier (Hrsg.), *Vorausschau und Technologieplanung* (08.-09.11.2018), Berlin (HNI Verlagsschriftenreihe, Bd. 385, 309-329). Paderborn: Universität Paderborn Heinz Nixdorf Institut.

- Holmström Olsson, H., & Bosch, J. (2013). Towards data-driven product development: A multiple case study on post-deployment data usage in software-intensive embedded systems. In *Lean Enterprise Software and Systems: 4th International Conference, LESS 2013, Galway, Ireland, December 1-4, 2013, Proceedings* (S. 152-164). Springer Berlin Heidelberg.
- Homburg, C. (2017). *Marketingmanagement. Strategie - Instrumente - Umsetzung - Unternehmensführung* (6. Aufl.). Wiesbaden: Springer Gabler.
doi:10.1007/978-3-658-13656-7
- Hornbæk, K. (2006). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *International journal of human-computer studies*, 64(2), S. 79-102.
- Horx, M. (1998). *Trendbuch* (3. Aufl.). Düsseldorf: Econ.
- Hubka, V. (1984). *Theorie Technischer Systeme. Grundlagen einer wissenschaftlichen Konstruktionslehre* (Hochschultext (HST), 2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-10446-0>
- Hünemeyer, S.; Bauer, J; Wagenmann, S.; Kubin, A.; Rapp, S.; Albers, A. (2023). Datengestützte Automobilentwicklung – Konzeption und Anwendung einer Methode zur Synthese von Anforderungen aus Produktnutzungsdaten. In Gausemeier, J. (Hrsg.), *Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (SVT). Berlin, Deutschland. Eingereicht.
- Hünemeyer, S.; Bauer, J; Wiedner, M.; Wagenmann, S.; Rapp, S.; Albers, A.; Frazzoli, E. (2022). Data-driven Interaction Design – an Analysis of the Status Quo in the Early Phase of Automotive Product Development. In *Proceedings of the R&D Management Conference 2022: Innovation for People and Territories*. Trient, Italien
- Hünemeyer, S., Reichelt, F., Rapp, S., Albers, A., & Maier, T. (2022a). Future Automotive-UX–Integrating Foresight in Early Phase Concept Development. In *ISPIM Conference Proceedings*. The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).
- Hünemeyer, S., Reichelt, F., Rapp, S., Albers, A., & Maier, T. (2022b). Challenges, Potentials and Success Factors in Automotive HMI Concept Development in the Early Phase in the Model of PGE–Product Generation Engineering. *DS 118: Proceedings of NordDesign 2022, Copenhagen, Denmark, 16th-18th August 2022*, 1-12.

- Isermann, R. (2008). *Mechatronische Systeme. Grundlagen* (2., vollständig neu bearbeitete Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-32512-3>
- Jeschke, S., Jakobs, E.-M. & Dröge, A. (Hrsg.). (2013). *Exploring Uncertainty. Ungewissheit und Unsicherheit im interdisziplinären Diskurs*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-00897-0>
- Jonas, H.; Krause, D.: Eine Methode zur szenariobasierten Produktprogrammplanung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung*. 8. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 6.-7. Dezember 2012, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 306, Paderborn, 2012, S. 32-45
- Jonas, H. (2014). *Eine Methode zur strategischen Planung modularer Produktprogramme*. Dissertation, Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburger Schriftenreihe Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Band 6, Hamburg, 2014
- Jordan, P. (2002). *Designing pleasurable products*. London: Taylor & Francis.
- Kahn, B. K.; Strong, D.; Wang, R. (2002). Information quality benchmarks. In: *Communications of the ACM*, S. 184–192. DOI: 10.1145/505248.506007.
- Kaulio, M. A. und Karlsson, I. (1998). Triangulation strategies in user requirements investigations: a case study on the development of an IT-mediated service. In: *Behaviour & information technology*, S. 103–112.
- Kesper, H. (2012). *Gestaltung von Produktvariantenspektren mittels matrixbasierter Methoden*. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, Verlag Dr. Hut, Produktentwicklung, München, 2012
- Keuth, H. (1978). *Realität und Wahrheit. Zur Kritik des kritischen Rationalismus*. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 1978
- Khurana, A. & Rosenthal, S. (1997). Integrating the Fuzzy Front End of New Product Development. *MIT Sloan Management Review*, Vol. 38 (No. 2), 103-120.
- Kieffer, S., Rukonić, L., Kervyn de Meerendré, V., & Vanderdonck, J. (2020). A Process Reference Model for UX. In A. P. Cláudio, K. Bouatouch, M. Chessa, A. Paljic, A. Kerren, C. Hurter, A. Tremeau, & G. M. Farinella (Eds.), *Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications* (pp. 128–152). Springer International Publishing.
- Klingler, S. (2017). *Eine Methode zur effizienten und effektiven Unterstützung der kontinuierlichen Validierung im Kontext der PGE – Produktgenerationsentwicklung*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte*

- des IPEK - Institut für Produktentwicklung. *Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 101). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000073864>
- Koen, P., Ajamian, G., Burkart, R., Clamen, A., Davidson, J. & D'Amore, R. (2001). Providing Clarity and A Common Language to the “Fuzzy Front End” . *Research-Technology Management, Vol. 44* (Issue 2), 46-55. <https://doi.org/10.1080/08956308.2001.11671418>
- Kolrep, H.; Timpe, K. P.; Jürgensohn, T. (2002). *Mensch-Maschine-Systemtechnik - Konzepte, Modellierung, Gestaltung, Evaluation*. Düsseldorf: Symposion 2002.
- Korell, M.; Ganz, W. (2000). Design hybrider Produkte – Der Weg vom Produkthersteller zum Problemlöser. In: Bullinger, H.-J.; Hermann, S. (Hrsg.): *Wettbewerbsfaktor Kreativität*. Gabler, Wiesbaden, 2000, S. 153-159
- Kopeter, H. (2018). *Verkaufe einen Traum – an Kunden, die dich lieben!* verfügbar unter: <https://www.151storiys.com/post/verkaufe-einen-traum-an-kunden-die-dich-lieben>, abgerufen am: 25.03.2023
- Kotler, P. & Bliemel, F. (2001). *Marketing-Management. Analyse, Planung und Verwirklichung* (10. Aufl.). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Kotler, P., Berger, R., & Bickhoff, N. (2010). The quintessence of strategic management. *What You Really Need to Know to Survive in Business, Berlin*.
- Kotler, P., Keller, L. K. & Opresnik, M. O. (2015). *Marketing-Management. Konzepte – Instrumente – Unternehmensfallstudien* (14., aktualisierte Auflage). München: Pearson Studium.
- Kouprie, M.; Visser, F. (2009). A framework for empathy in design: Stepping into and out of the user's life. In Taylor & Francis (Hrsg.), *Journal of Engineering Design*, 20(5):437-448
- Knothe, S.; Hofmann, T. & Blessmann, C. (2021). *Theory and Practice in UX Design*. In: HCII 2021, CCIS 1498.
- Krause, D. & Gebhardt, N. (2018). *Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien. Hohe Produktvielfalt beherrschbar entwickeln*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53040-5>
- Kubin, A.; Etri, M.; Duehr, K.; Rapp, S.; Albers, A.; Eckhardt, A.; Kattwinkel, D. & Bender, B. (2022). Herausforderungen bei der Systems-Engineering-basierten

- Definition von Anforderungen anhand von Bedarfen in der Automobilentwicklung. In Gausemeier, J. (Hrsg.), *Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT)*. Berlin, Deutschland.
- Kun, A.; Boll, S.; Schmidt, A. (2016). Shifting Gears: User Interfaces in the Age of Autonomous Driving. In Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.), *IEEE Pervasive Computing*, S. 32-38, 2016, doi:10.1109/MPRV.2016.14
- Küppers, G. & Krohn, W. (1992). Selbstorganisation. Zum Stand einer Theorie in den Wissenschaften. In G. Küppers & W. Krohn (Hrsg.), *Emergenz. Die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung* (2. Aufl., S. 7–26). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Laney, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. *META group research note*, 6(70), 1.
- Law, E., Roto, V., Vermeeren, A., Kort, J., & Hassenzahl, M. (2008). Towards a Shared Definition of User Experience. *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2395-2398. <https://doi.org/10.1145/1358628.1358693>
- Law, L.-C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A., & Kort, J. (2009). Understanding, scoping and defining user experience: A survey approach. In *Proc. CHI '09* (p. 728). <https://doi.org/10.1145/1518701.1518813>
- Law, E. L. C., Van Schaik, P., & Roto, V. (2014). Attitudes towards user experience (UX) measurement. *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(6), S. 526-541.
- Lieberman, M. B., & Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1), S. 41-58.
- Lin, K.; Chien, C.; Kerh, R. (2016). UNISON framework of data-driven innovation for extracting user experience of product design of wearable devices. In: *Computers & Industrial Engineering* 99, S. 487–502. DOI: 10.1016/j.cie.2016.05.023.
- Lindemann, U. (2009). *Methodische Entwicklung technischer Produkte. Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden* (3., korrigierte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01423-9>
- Lindemann, U. & Lorenz, M. (2008). Uncertainty handling in integrated product development. In *Proceedings of the 10th International Design Conference (DESIGN)* (S. 175-182). Dubrovnik, Kroatien.

- Lingau, V. (1994). *Variantenmanagement – Produktionsplanung im Rahmen einer Produktdifferenzierungsstrategie*. Dissertation, Technische Universität Berlin, Schmidt Verlag, Betriebswirtschaftliche Studien 58, Berlin, 1994
- Lohmeyer, Q. (2013). *Menschzentrierte Modellierung von Produktentstehungssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Synthese und Analyse dynamischer Zielsysteme*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 59). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000035102>
- Maeng, S., Lim, Y.-K. & Lee, K. (2012). Interaction-driven design. In *Proceedings of the 2012 Designing Interactive Systems Conference* (S. 448-457). Newcastle Upon Tyne, UK. doi:10.1145/2317956.2318022
- Mano, H.; Oliver, R. (1993). Assessing the Dimensionality and Structure of the Consumption Experience: Evaluation, Feeling, and Satisfaction. In: *Journal of Consumer Research*, Volume 20, Issue 3, December 1993, Pages 451–466, <https://doi.org/10.1086/209361>
- Marthaler, F., Orsolani Uhlig, E., Marthaler, P., Kühfuss, D., Strauch, M., Siebe, A., Bursac, N., Albers, A. (2019). Strategische Potentialfindung zur generationsübergreifenden Produktentwicklung mit langfristigem Zeithorizont: Eine qualitative Studie im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung. In H.-G. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, O. Riedel, D. Spath, D. Roth et al. (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2019. Agilität und kognitives Engineering* (S. 233-242). Stuttgart: Universität Stuttgart.
- Marthaler, F. (2021). *Zukunftsorientierte Produktentwicklung – Eine Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 137). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000134977>
- Marxen, L. (2014). *A Framework for Design Support Development based on the integrated Product Engineering Model iPeM*. *Forschungsberichte IPEK, Band 74*. Dissertation, IPEK -Institut für Produktentwicklung. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Matros, K. (2016). *Entwicklung von Hybridantriebssystemen auf Basis des Pull-Prinzips der Validierung und des IPEK-X-in-the-Loop-Ansatzes*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für*

- Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 95). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Maune, G. (2002). *Möglichkeiten des Komplexitätsmanagements für Automobilhersteller auf Basis IT-gestützter durchgängiger Systeme*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.
- McManus, H. & Hastings, D. (2005). A Framework for Understanding Uncertainty and its Mitigation and Exploitation in Complex Systems. In INCOSE (Hrsg.), *Proceedings of INCOSE International Symposium 2005* (10.-15.07.2005), Rochester, NY, USA (Vol. 15, Issue 1, S. 484-503). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons.
- Meboldt, M. (2008). *Mentale und formale Modellbildung in der Produktentstehungsbeitrag zum integrierten Produktentstehungs-Modell (iPeM)*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 29). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000028850>
- Meier, H.; Uhlmann, E.; Kortmann, D. (2005). *Hybride Leistungsbündel*. wt Werkstofftechnik online, 95(7/8), 2005, S. 528–532
- Meyer, J. U. (2014). *Innolytics@-Innovationsmanagement weiter denken: Überarbeitete Neuauflage der Studie Erfolgsfaktor Innovationskultur*. BusinessVillage.
- Meyer, M; Hemkentokrax, J.-P.; Koldewey, C.; Dumitrescu, R.; Tröster, P.; Schlegel, M.; Kling, C.; Rapp, S.; Albers, A. (2022). Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios: Erkenntnisse und Handlungsbedarfe aus der Praxis. In J. Gausemeier (Hrsg.), *Vorausschau und Technologieplanung*, Berlin 2022, HNI Verlagsschriftenreihe, Paderborn: Universität Paderborn Heinz Nixdorf Institut.
- Meyer-Schwickerath. (2014). *Vorschau im Produktentstehungsprozess - Das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) als Bezugsrahmen für Vorausschau am Beispiel von Szenariotechnik und strategischer Frühaufklärung*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 79). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000044947>
- Michailidou, J. (2017). Design the experience first: A scenario-based methodology for the design of complex, tangible consumer products. Dissertation, Technische Universität München, München, 2017

- Müller-Hagedorn, L.; Natter, M. (2011). *Handelsmarketing*. 5. Auflage, Kohlhammer, Stuttgart, 2011
- Mueller-Oerlinghausen, J. & Sauder, A. (2003). Kreativität: Alles oder nichts? Erfolgsfaktoren innovativer Produktentwicklung. In F. Habann (Hrsg.), *Innovationsmanagement in Medienunternehmen. Theoretische Grundlagen und Praxiserfahrungen* (S. 15–36). Wiesbaden: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-322-89795-4_1
- Muschik, S. (2011). *Development of Systems of Objectives in Early Product Engineering*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 50). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000023768>
- Neufville, R. de, Weck, O. L. de, Frey, D., Hastings, D., Larson, R., Simchi-Levi, D., Oye, K., Weigel, A. et al. (2004). Uncertainty management for engineering systems planning and design. In *Proceedings of the 2004 MIT Engineering Systems Symposium* (S. 1-18). Cambridge, MA, USA.
- Nielsen, J. & Norman, D. (2012). The definition of user experience. Nielsen Norman Group. Verfügbar unter: <http://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience>, abgerufen am: 25.03.2023
- Norman, D., Miller, J., Henderson, A. (1995). What You See, Some of What's in the Future, And How We Go About Doing It. HI at Apple Computer. In: *Proceedings of CHI 1995*, Denver, Colorado, USA
- Norman, D. (2005). Human-centered design considered harmful. In: *Interactions* 12 (4), S. 14–19.
- Norman, D., & Nielsen, J. (2021). The definition of user experience (UX)(2016). Verfügbar unter: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience>. Zugriff am: 23.07.2022
- North, K. (2011). *Wissensorientierte Unternehmensführung. Wertschöpfung durch Wissen* (5., aktualisierte und erweiterte Auflage). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Oerding, J. (2009). *Ein Beitrag zum Modellverständnis der Produktentstehung: Strukturierung von Zielsystemen mittels C&CM*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 37). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000013689>

- Orlovska, J. (2022). *A Data-Driven Approach to Supporting Users' Adaptation to Smart In-Vehicle Systems*. Dissertation. Chalmers Technical University, Sweden.
- Orlovska, J., Wickman, C., & Söderberg, R. (2018). Big Data analysis as a new approach for usability attributes evaluation of user interfaces: an automotive industry context. In *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference* (S. 1651-1662).
- Osman, A. S. (2019). Data mining techniques. In: *Data Science and Networking 2*.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., & Smith, A. (2015). *Value proposition design: How to create products and services customers want*. John Wiley & Sons.
- Overbeeke, K.; Wensveen, S. (2003). From Perception to Experience, from Affordances to Irresistibles. In: *Proceedings of the 2003 International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces*, 2003, Pittsburgh, PA, USA, June 23-26, 2003, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/782896.782919>
- Pahl, G., Beitz, W., Grote, K.-H. & Feldhusen, J. (2007). *Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung* (Springer-Lehrbuch, 7. Aufl.). Berlin: Springer.
- Patterson, W. C. (1993). First-mover advantage: the opportunity curve. *Journal of Management Studies*, 30(5), S. 759-777.
- Patzak, G. (1982). *Systemtechnik. Planung komplexer innovativer Systeme*. Grundlagen, Methoden, Techniken. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-81893-6>
- Peglow, N., Powelske, J., Birk, C., Albers, A. & Bursac, N. (2017). Systematik zur Differenzierung von Varianten im Kontext der PGE - Produktgenerationsentwicklung. In K. Brökel, J. Feldhusen, K.-H. Grote, F. Rieg, R. H. Stelzer, K. Brökel et al. (Hrsg.), *15. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2017. Interdisziplinäre Produktentwicklung (05.-06.10.2017), Duisburg (o. S.)*. Essen: Universität Duisburg-Essen Universitätsbibliothek.
- Pettersson, I. & Ju, W. (2017). "Design techniques for exploring automotive interaction in the drive towards automation". In: *Proceedings of the 2017 conference on designing interactive systems*, Seiten 147–160.
- Pettersson, I. (2018). Eliciting User Experience Information in Early Design Phases. The CARE Approach to In-Vehicle UX. Dissertation. Chalmers University of Technology. Göteborg, Schweden

- Pettersson, I., Lachner, F., Frison, A. K., Riener, A., & Butz, A. (2018, April). A Bermuda triangle? A review of method application and triangulation in user experience evaluation. In *Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems* (S. 1-16).
- Pipino, L., Lee, Y. W.; Wang, R. (2002). Data quality assessment. In: *Communications of the ACM*, S. 211–218. DOI: 10.1145/505248.506010.
- Poitschke, T. (2011). Blickbasierte Mensch-Maschine Interaktion im Automobil. Dissertation. Technische Universität München, München, 2011.
- Ponn, J. & Lindemann, U. (2011). *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte. Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltungs-lösungen* (2. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20580-4>
- Pulm, U. (2004). *Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung*. Dissertation. TU München, München.
- Raddy, K.; Winter, D. (2019). UX-Methoden richtig auswählen. In: Gesellschaft für Informatik e.V (Hrsg.): *Tagungsband Mensch und Computer 2019 - Usability Professionals*, 2019, S. 282–287.
- Rao, R. (2017). Neue Herausforderungen für HMIs durch autonomes Fahren. In: *ATZextra* 22.3, Seiten 36–41.
- Reichwald, R., Meyer, A., Engelmann, M. & Walcher, D. (2007). *Der Kunde als Innovationspartner. Konsumenten integrieren, Flop-Raten reduzieren, Angebote verbessern*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Reinemann, J., Hirschter, T., Mandel, C., Heimicke, J. & Albers, A. (2018). Methodische Unterstützung zur Produktvalidierung in AR-Umgebungen in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung. In D. Krause, K. Paetzold & S. Wartzack (Hrsg.), *Design for X -Beiträge zum 29. DfX-Symposium September 2018* (15.-26.09.2018), Tutzing (o. S.). Hamburg: TuTech Verlag.
- Reinemann, J. (2021). *Entwicklung einer Systematik zur Validierung interaktiver Produkte in Augmented-Reality-Umgebungen in der Frühen Phase im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 133). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000128685>
- Reiß, N. (2018). *Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE – Produktgenerationsentwicklung*. Dissertation. In A. Albers & S.

- Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 112). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000084762>
- Renner, I. (2007). *Methodische Unterstützung funktionsorientierter Baukastenentwicklung am Beispiel Automobil*. Dissertation. TU München, München.
- Richter, M. & Flückiger, M. (2013). *Usability engineering kompakt: Benutzbare Software gezielt entwickeln*. Berlin: Springer.
- Rode, P. (2013). *Virtuelle Stimuli für Kundentests im Innovationsprozess*. Wiesbaden: Springer. doi:10.1007/978-3-8348-2368-7
- Roos, M.; Siegmann, M. (2020). Technologie-Roadmap für das autonome Autofahren: Eine wettbewerbsorientierte Technik- und Marktstudie für Deutschland, Working Paper Forschungsförderung, No. 188, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf
- Ropohl, G. (1975). Einleitung in die Systemtechnik. In G. Ropohl (Hrsg.), *Systemtechnik. Grundlagen und Anwendung* (S. 1-77). München: Carl Hanser Verlag.
- Ropohl, G. (2005). Allgemeine Systemtheorie als transdisziplinäre Integrationsmethode. *Journal of Technology Assessment in Theory and Practice*, 14 (2), 24–31.
- Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik* (3. Aufl.). Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe.
- Roto, V.; Rautava, M. (2008). User Experience Elements and Brand Promise. In: *International Engagability & Design Conference (Idec4)*, in conjunction with NordiCHI'08 conference. October 19, 2008, Lund, Sweden
- Roto, V. (2009). Demarcating User eXperience. In: *Human-Computer Interaction – INTERACT 2009*. INTERACT 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 5727. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Roto, V., Law, E., Vermeeren, A. & Hoonhout, J. (2011). *User experience white paper: Bringing clarity to the concept of user experience*. All about UX. Verfügbar unter: <http://www.allaboutux.org/files/UX-WhitePaper.pdf>., abgerufen am: 25.03.2023
- Rudert, S. & Trumpfheller, J. (2015). Vollumfänglich durchdacht – der Produktentstehungsprozess. Porsche Engineering Magazin, 10–13.

- Rukonić, L., Kervyn de Meerendré, V., & Kieffer, S. (2019). *Measuring UX Capability and Maturity in Organizations* (pp. 346–365). https://doi.org/10.1007/978-3-030-23535-2_26
- Rupp, M. (1988). Produkt-/Markt-Strategien – Handbuch zur marktsicheren Produkt- und Sortimentsplanung in Klein- und Mittelunternehmungen der Investitionsgüterindustrie. 3. Auflage, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1988
- Russell, J. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. In: *Psychological review* 110 (1), S. 145–172.
- Sabisch, H. (1991). *Produktinnovationen*. Poeschel Verlag, Stuttgart, 1991
- Saucken, C. v.; Schröer, B.; Kain, A.; Lindemann, U. (2012). Customer Experience Interaction Model. In: *Proceedings of International Design Conference DE-SIGN 2012*. Dubrovnik, Croatia, 21.24.05. 2012.
- Saucken, C.v.; Michailidou, I.; Lindemann, U. (2013). Emotional Mental Model. In: *2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Bangkok, Thailand, 2013*, pp. 802-806, doi: 10.1109/IEEM.2013.6962522
- Saucken, C.v.; Michailidou, I.; Lindemann, U. (2013). How to Design Experiences: Macro UX versus Micro UX Approach. In: *DUXU/HCI 2013, Part IV, LNCS 8015*.
- Saura, J. R., Palos-Sánchez, P., & Cerdá Suárez, L. M. (2017). Understanding the digital marketing environment with KPIs and web analytics. *Future Internet*, 9(4).
- Schicker, G. & Strassl, J. (2019). *Produktportfolio-Management im Zeitalter der Digitalisierung* (Weidener Diskussionspapiere, Nr. 69). Amberg-Weiden: Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden.
- Schifferstein, H. N. J.; Hekkert, P. (2007). *Product experience*. Amsterdam: Elsevier Science 2007.
- Schlegel, M., Pfaff, F., Rapp, S. and Albers, A. (2022), “Implications of Creating Solution Concepts Based on the Use of References”, *Proceedings of the Design Society*, Vol. 2, pp. 781–790.
- Schmid, M. (2014). Methode zur nutzergerechten Interfacegestaltung auf der Basis eines idealen Informationsablaufs zwischen funktionalen und formalen Anforderungen. In: Krzywinski, J.; Linke, M.; Wölfel, C.; Kranke, G. (Hrsg.): *Entwerfen, Entwickeln, Erleben 2014: Beiträge zum technischen Design*; Dresden, 26. - 27. Juni 2014. Dresden: TUDpress, 2014a, S. 219-231.

- Schmid, M. & Maier, T. (2017), *Technisches Interface Design - Anforderungen, Bewertung und Gestaltung*, Springer, Berlin, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54948-3>
- Schmidtko, H. (1993). *Ergonomie*. München: Hanser 1993.
- Schmitt, B. (1999). *Experiential Marketing: A New Framework for Design and Communications*. In President, C. B. (Hrsg.), *Design Management Journal*, Volume 10, Issue 2, 1999, S. 10-16, <https://doi.org/10.1111/j.1948-7169.1999.tb00247.x>
- Schmitt, A.; Borzillo, S.; Probst, G. (2012). Don't let knowledge walk away: Knowledge retention during employee downsizing. In: *Management Learning* 43.1, Seiten 53–74. DOI: 10.1177/1350507611411630.
- Schröer, B. (2013). *Lösungskomponente Mensch - Nutzerseitige Handlungsmöglichkeiten als Bausteine für die kreative Entwicklung von Interaktionslösungen*. Dissertation, Technische Universität München, München, 2013
- Schubert, B. (1991). *Entwicklung von Konzepten für Produktinnovationen mittels Conjointanalyse*. Stuttgart: Poeschel.
- Schuh, G., & Bender, D. (2012). Strategisches Innovationsmanagement. *Innovationsmanagement: Handbuch Produktion und Management 3*.
- Schulz, M. D. (2014). *Der Produktentstehungsprozess in der Automobilindustrie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-06464-8>
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York, NY, USA: McGraw Hill.
- Schweitzer, G. (1989). *Mechatronik. Aufgaben und Lösungen*. VDI-Berichte, Nr. 787, 1–15.
- Seiffert, U. & Rainer, G. (Hrsg.). (2008). *Virtuelle Produktentstehung für Fahrzeug und Antrieb im Kfz. Prozesse, Komponenten, Beispiele aus der Praxis (ATZ/MTZ-Fachbuch)*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9479-3>
- Sekolec, S. (2005). *Produktstrukturierung als Instrument des Variantenmanagements in der methodischen Entwicklung modularer Produktfamilien*. Dissertation, Zentrum für Produkt-Entwicklung. Zürich, Schweiz: ETH Zürich. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005014499>

- Sengers, P. (2003). The Engineering of Experience. In M.A. Blythe, A.F. Monk, K. Overbeeke & P.C. Wright (Hrsg.), *Funology: From Usability to Enjoyment*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 19-29.
- Sidi, F.; Panahy, P.; Affendey, L. S.; Jabar, M. A.; Ibrahim, H.; Mustapha, A. (2012). Data quality: A survey of data quality dimensions. In: *2012 International Conference on Information Retrieval & Knowledge Management. IEEE*. DOI: 10.1109/infrkm.2012.6204995.
- Spath, D.; Demuß, L.: Entwicklung hybrider Produkte – Gestaltung materieller und immaterieller Leistungsbündel. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Service Engineering*. Springer, Berlin, 2006, S. 463-502
- Souder, W.E.; Sherman, J.D. & Davies-Cooper, R. (1998). Environmental Uncertainty, Organizational Integration, and New Product Development Effectiveness: A Test of Contingency Theory. In: *Journal of Product Innovation*.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer-Verlag.
- Steiner, M. (2007). *Nachfrageorientierte Präferenzmessung. Bestimmung zielgruppenspezifischer Eigenschaftssets auf Basis von Kundenbedürfnissen*. Dissertation. Universität Jena, Jena.
- Steinhauser, N. & Zehle, K.-O. (2010). Risikominimierung in der Produktentwicklung. *Technologie und Management*, 24 (2), 16-20.
- Stier, C. (2014). *Ein Beitrag zur Validierung von Antriebssystemen mit Bezug auf kupplungs- und motorinduzierte Schwingungen*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 82). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000048672>
- Strube, G. (1998). Modelling Motivation and Action Control in Cognitive Systems. In Schmid, U.; Krems, J.; Wysocki, F. (Hrsg.): *Mind Modelling*. Berlin, Pabst, 1998, 89-108
- Sürücü, L.; Maslakci, A. (2020). Validity and reliability in quantitative research. In: *Business & Management Studies: An International Journal*, S. 2694–2726.
- Thurmond, V. A. (2001). The point of triangulation. In: *Journal of nursing scholarship: an official publication of Sigma Theta Tau International Honor Society of Nursing*, S. 253–258. DOI: 10.1111/j.1547-5069.2001.00253.x.

- Töllner, A. (2010). Modelle und Modellierung. In G. Bandow & H. H. Holzmüller (Hrsg.), „Das ist gar kein Modell!“. *Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften* (Gabler Research, 1. Aufl., S. 3-21). Wiesbaden: Gabler. doi:10.1007/978-3-8349-8484-5_1
- Tonetto, L. M., & Desmet, P. M. (2016). Why we love or hate our cars: A qualitative approach to the development of a quantitative user experience survey. *Applied ergonomics*, 56, S. 68-74.
- Tyssen, M., Schneider, C., Gleich, R. & Wald, A. (2012). Corporate Foresight in kleinen und mittleren Unternehmen. *ZfKE-Zeitschrift für KMU und Entrepreneurship*, 60(1), S. 1-28. <https://doi.org/10.3790/zfke.60.1.1>
- Ulrich, H. & Probst, G. (1995). *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Ein Brevier für Führungskräfte* (4. Auflage). Bern: Paul Haupt.
- UXQB. (2020). CPUX-F Curriculum and Glossary. UXQB e.V. Zugriff am: 08.09.2022. Verfügbar unter: https://uxqb.org/public/documents/CPUX-F_EN_Curriculum-and-Glossary.pdf
- Väänänen-Vainio-Mattila, K., Roto, V. & Hassenzahl, M. (2008). Towards practical user experience evaluation methods. In: E. Law, N. Bevan, G. Christou, M. Springett & M. Lárusdóttir (Hrsg.), *Meaningful measures*. Toulouse: Institute of Research in Informatics, S. 19–22.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. (1976). *Elektronische Datenverarbeitung bei der Produktionsplanung und -steuerung. Teil IV*. Düsseldorf: VDI-Verl.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2004). VDI 2206. *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*. Berlin: Beuth.
- VDI-Richtlinie, 2221-2:2019-11 (2019). *VDI 2221 Blatt 2: Entwicklung technischer Produkte und Systeme - Gestaltung individueller Produktentwicklungsprozesse*. Berlin: Beuth Verlag.
- Vermeeren, A.; Roto, V.; Law, E.; Hoonhout, J. (2011). User Experience White Paper: Bringing clarity to the concept of User Experience.
- Verworn, B. (2005). *Die frühen Phasen der Produktentwicklung. Eine empirische Analyse in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik*. Dissertation, Technologie- und Innovationsmanagement. Hamburg: TU Hamburg-Harburg.
- Verworn, B. (2009). A structural equation model of the impact of the "fuzzy front end" on the success of new product development. In: *Research Policy*, 38(10), S.1571–1581.

- Verworn, B. & Herstatt, C. (2007). Strukturierung und Gestaltung der frühen Phasen des Innovationsprozesses. In C. Herstatt & B. Verworn (Hrsg.), *Management der frühen Innovationsphasen. Grundlagen - Methoden - Neue Ansätze* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 111-134). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9293-2_6
- Visser, F., Stappers, P., Lugt, R. Van der, & Sanders, E. (2005). Contextmapping: experiences from practice. *CoDesign*, 1(2), 119-149.
- Volkswagen AG (Hrsg.). (2020). *Mobilität für kommende Generationen. Geschäftsbericht 2019*. Wolfsburg. Zugriff am 21.01.2023. Verfügbar unter: https://www.volkswagenag.com/presence/investorrelation/publications/annual-reports/2020/volkswagen/Y_2019_d.pdf
- Wagenmann, S., Bursac, N., Rapp, S., & Albers, A. (2022). Success Factors for the Validation of Requirements for New Product Generations—A Case Study on Using Field Gathered Data. *Proceedings of the Design Society*, 2, S. 1805-1814.
- Waisberg, D., & Kaushik, A. (2009). Web Analytics 2.0: empowering customer centrality. *The original Search Engine Marketing Journal*, 2(1), S. 5-11.
- Wang, K. Q., Tong, S. R.; Roucoules, L.; Eynard, B. (2008). Analysis of data quality and information quality problems in digital manufacturing". In: *2008 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology. IEEE*. DOI: 10.1109/icmit.2008.4654405.
- Weichert, S., Quint, G.; Bartel, T. (2018). Quick Guide UX Management - So verankern Sie Usability und User Experience im Unternehmen. Springer.
- Wheelwright, S. C. & Clark, K. B. (1995). *Leading Product Development. The Senior Manager's Guide to Creating and Shaping*. New York, NY, USA: Free Press.
- Wiedemann, G. E. (2014). *Ableitung von Elektrofahrzeugkonzepten aus Eigenschaftszielen*. Dissertation, Institut für Maschinen- und Fahrzeugtechnik. München: TU München.
- Wilke, H. (2000). *Systemtheorie I. Grundlagen* (UTB für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher, Bd. 1161, 6. Aufl.). Stuttgart: Fischer.
- Wittmann, W. (1959). *Unternehmung und Unvollkommene Information: Unternehmerische Voraussicht — Ungewißheit und Planung*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1959, <https://doi.org/10.1007/978-3-322-98938-3>

- Wright, P., Blythe, M., McCarthy, J. (2006). User Experience and the Idea of Design in HCI. In Gilroy, S.W., Harrison, M.D. (Hrsg.), *Interactive Systems. Design, Specification, and Verification*. DSV-IS 2005. Lecture Notes in Computer Science, vol 3941. Springer, Berlin, Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/11752707_1
- Wynn, D. C., Eckert, C. M. & Clarkson, P. J. (2007). Modelling Iteration in Engineering Design. In J.-C. Bocquet (Hrsg.), *DS 42: Proceedings of ICED 2007. 16th International Conference on Engineering Design (28.-31.07.2007)*, Paris, France (ICED, n. p.). Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Yang, Q. (2018, March). Machine learning as a UX design material: how can we imagine beyond automation, recommenders, and reminders?. In *AAAI Spring Symposia* (Vol. 1, No. 2.1, S. 2-6).
- Yogasara, T. (2014). *Anticipated user experience in the early stages of product development*. Dissertation. Queensland University of Technology, Brisbane.
- Zaidi, F.; Bastien, C.; Chalandon, X.; Moiselet, L.; Thianche, E. (2018). The Research-Practice Gap: An Explanatory Factor for Automotive HMI Customers' Complaints? In: *Congress of the International Ergonomics Association*.
- Zhang, X.; Brown, H.; Shankar, A. (2016). Data-driven Personas. In Kaye, J; Druin, A.; Lampe, C.; Morris, D.; Pablo, J. (Hrsg.), *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Hourcade. New York, NY, USA: ACM, Seiten 5350–5359. ISBN: 9781450333627.
DOI:10.1145/2858036.2858523.
- Zimmermann, V.; Kempf, C.; Lutz, S.; Bursac, N.; Albers, A. (2021). Dealing with Market Uncertainty in Product Development—A Systematic Literature Review. In: *R&D Management Conference 2021 "Innovation in an Era of Disruption"*, 2021, Glasgow, Scotland
- Zingel, C. (2013). *Basisdefinition einer gemeinsamen Sprache der Produktentwicklung im Kontext der Modellbildung technischer Systeme und einer Modellierungstechnik für Zielsystem und Objektsystem technischer Systeme in SysML auf Grundlage des ZHO-Prinzips*. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 70). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000037421>

Wissenschaftliche Vorveröffentlichungen unter Mitautorenschaft des Autors dieser Dissertation

- Albers, A., Fahl, J., Hirschter, T., Haag, S., Hünemeyer, S. & Staiger, T. (2020). Defining, Formulating and Modeling Product Functions in the Early Phase in the Model of PGE - Product Generation Engineering. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of 6th International Symposium on Systems Engineering (ISSE) 2020* (12.10.-12.11.2020), Wien, Österreich (n. p.). Piscataway, NJ, USA: IEEE.
- Albers, A., Hirschter, T., Fahl, J., Reinemann, J., Spadinger, M., Hünemeyer, S. & Heimicke, J. (2019). Identification of Indicators for the Selection of Agile, Sequential and Hybrid Approaches in Product Development. In G. D. Putnik (Hrsg.), *Procedia 29th CIRP Design. Open Design and Design as Exponential Technology* (08.-10.05.2019), Póvoa de Varzim, Portugal (Procedia CIRP, Vol. 84, S. 838–847). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Albers, A.; Hünemeyer, S.; Pfaff, F.; Kubin, A.; Schlegel, M.; Rapp, S. (2023). Modelling Technical Systems in the Early Phase: Proposing a formal Definition for the System Concept. In tbd (Hrsg.), *Proceedings of ICED 23. 24th International Conference on Engineering Design*, Bordeaux, France. Glasgow, Scotland, UK: The Design Society.
- Albers, A.; Kubin, A.; Hünemeyer, S.; Rapp, S. (2023). Albers, A.; Kubin, A.; Hünemeyer, S.; Rapp, S. (2023). Combining strategic foresight and automotive requirements engineering in the model of SGE - System Generation Engineering. In Dumitrescu, R.; Oehmen, J. & Albers, A. (Hrsg), *Advanced Systems Engineering in Research and Education*. Glasgow, Scotland, UK: The Design Society. Eingereicht.
- Albers, A.; Kürten, C.; Rapp, S.; Birk, C.; Hünemeyer, S.; Kempf, C. (2022). *SGE – Systemgenerationsentwicklung : Analyse und Zusammenhänge von Entwicklungspfaden in der Produktentstehung*. KIT Scientific Working Papers. DOI: 10.5445/IR/1000151151
- Ebel, P.; Orlovska, J.; Hünemeyer, S.; Wickman, C.; Vogelsang, A.; Söderberg, R. (2021). Automotive UX design and data-driven development: Narrowing the gap to support practitioners. In: *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 11*, DOI: 10.5445/IR/1000142418
- Hünemeyer, S.; Bauer, J.; Wagenmann, S.; Kubin, A.; Rapp, S.; Albers, A. (2023). *Datengestützte Automobilentwicklung – Konzeption und Anwendung einer Me-*

thode zur Synthese von Anforderungen aus Produktnutzungsdaten. In Gausemeier, J. (Hrsg.), *Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT)*. Berlin, Deutschland. Eingereicht.

Hünemeyer, S.; Bauer, J.; Wiedner, M.; Wagenmann, S.; Rapp, S.; Albers, A.; Frazzoli, E. (2022). Data-driven Interaction Design – an Analysis of the Status Quo in the Early Phase of Automotive Product Development. In *Proceedings of the R&D Management Conference 2022: Innovation for People and Territories*. Trient, Italien

Hünemeyer, S., Reichelt, F., Rapp, S., Albers, A., & Maier, T. (2022a). Future Automotive-UX–Integrating Foresight in Early Phase Concept Development. In *ISPIM Conference Proceedings* (pp. 1-16). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).

Hünemeyer, S., Reichelt, F., Rapp, S., Albers, A., & Maier, T. (2022b). Challenges, Potentials and Success Factors in Automotive HMI Concept Development in the Early Phase in the Model of PGE–Product Generation Engineering. *DS 118: Proceedings of NordDesign 2022, Copenhagen, Denmark, 16th-18th August 2022*, 1-12.

Reinemann, J., Hirschter, T., Fahl, J., Hünemeyer, S. & Albers, A. (2019). An Investigation of Use Cases for Customer-Integrated Product Validation. In *Proceedings of the 2019 R&D Management Conference* (S. 1–10). Paris, Frankreich.

Wagenmann, S., Krause, A., Rapp, S., Hünemeyer, S., Albers, A., & Bursac, N. (2022, December). Process model for the data-driven identification of machine function usage for the reduction of machine variants. In *IEEE (Hrsg.), 2022 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*

Studentische Abschlussarbeiten die im Kontext dieser Dissertation am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) vom Autor Co-betreut wurden:

Awad, M. R. (2021). *Assessing the UX maturity of product development departments in mechatronic system design companies*. Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betretete Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

- Bauer, J. (2022). *Konzeption und Anwendung einer Systematik zur Synthese von Anforderungen an Anzeige- und Bedienkonzepte aus qualitativen und quantitativen Produktnutzungsdaten*. Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Joly, D. (2022). *Automotive User Experience - Evaluation of methods and approaches from the state of the art for the development of display and operating concepts in automotive development*. Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Kieffer, C. (2022). *Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Anforderungen bei der Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase der automobilen Produktentwicklung*. Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Theilmann, J. (2022). *Entwicklung einer Software-Applikation für die Dokumentation und Auswertung von Trends*. Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Unterseher, M. (2021). *Entwicklung einer Methodik zur Produktlinien-übergreifenden Entwicklung von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase der Automobilentwicklung*. Unveröffentlichte, vom Autor dieser Arbeit Co-betreute Masterarbeit. IKTD – Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Universität Stuttgart, Stuttgart.

Glossar

Anzeige- und Bedienkonzept

Ein Anzeige- und Bedienkonzept im Modell der SGE ist ein Systemkonzept für ein Anzeige- und Bediensystem, das die Anordnung der Benutzungsschnittstellen zueinander und deren inhärente Logik zur Ein- und Ausgabe von Informationen bei der Interaktion mit einer Produktfunktion technisch lösungsoffen und aus Sicht von Kunden und Anwendern beschreibt. Unter Einbezug des Kunden-, Anwender und Anbieternutzens werden dabei die initialen Variationsanteile für priorisierte Anwendungsfälle der betrachteten Produktfunktionen definiert (Albers, Hünemeyer, Pfaff et al., 2023)

Ausprägungsvariation

Die Ausprägungsvariation (AV) ist ein Bündel aus Aktivitäten der Produktentstehung zur Neuentwicklung eines Systemelements einer neuen Systemgeneration, bei der das zu Grunde liegende Lösungsprinzip von einem Referenzsystem-Element (RSE) aus dem Referenzsystem mitsamt aller inhärenter Elemente und Verknüpfungen im Inneren auf eine neue Systemgeneration übertragen jedoch mindestens partiell in seiner Ausprägung variiert wird (Albers, Fahl, Hirschter et al., 2021)

Benutzungsschnittstelle

Alle Bestandteile eines interaktiven Systems (Software oder Hardware), die Informationen und Steuerelemente zur Verfügung stellen, die für den Benutzer notwendig sind, um eine bestimmte Arbeitsaufgabe mit dem interaktiven System zu erledigen (DIN EN ISO 9241-110:2006).

Frühe Phase im Modell der PGE/SGE

„Die Frühe Phase der Produktgenerationsentwicklung ist eine Phase im Entwicklungsprozess einer neuen Produktgeneration, die mit der Initiierung eines Projektes beginnt und mit einer bewerteten technischen Lösung endet, die das initiale Zielsystem hinsichtlich seiner wesentlichen Elemente abdeckt. Die zur technischen Lösung gehörende Produktspezifikation als Teil des Zielsystems enthält u.a. Informationen bzgl. der verwendeten Technologien und Subsysteme sowie deren Übernahme- u. Neuentwicklungsanteile. Sie ermöglicht eine valide Bewertung des zu entwickelnden technischen Systems hinsichtlich der relevanten Parameter wie bspw. der Produzierbarkeit, notwendiger Ressourcen sowie des technischen und ökonomischen Risikos.“ Albers, Rapp, Birk et al. (2017)

Interaktives Produkt	Ein interaktives Produkt bezeichnet ein Produkt, das Eingaben von einem Anwender empfängt und Ausgaben an ihn übermittelt und es dem Anwender so ermöglicht, mit dem Produkt zu interagieren. Interaktiven Produkten stehen Produkte gegenüber, die in keiner Interaktion mit einem menschlichen Anwender stehen, sondern etwa ausschließlich mit anderen technischen Produkten interagieren. (Hassenzahl, 2006; DIN EN ISO 9241-210, 2011; Yogasara, 2014), zit. nach (Reinemann, 2020)
Kundenerlebbar Produkteigenschaft	„Kundenerlebbar Produkteigenschaften sind Produkteigenschaften, welche das Verhalten des technischen Gesamtsystems aus Sicht des Kunden bzw. Anwenders beschreiben. Sie ermöglichen dem Kunden bzw. Anwender (ähnliche) Produkte subjektiv, zum Teil objektiviert, miteinander zu vergleichen und damit Produktdifferenzierung zu beschreiben.“ (Albers, Heitger et al., 2018; zit. nach Heitger, 2019, S. 22)
Prinzipvariation	Die Prinzipvariation (PV) ist ein Bündel aus Aktivitäten der Produktentstehung zur Neuentwicklung eines Systemelements einer neuen Systemgeneration, bei der das zu Grunde liegende Lösungsprinzip von einem Referenzsystem-Element (RSE) aus dem Referenzsystem auf eine neue Systemgeneration durch Hinzufügen und/oder Entfernen inhärenter Elemente und Verknüpfungen im Inneren übertragen und variiert wird. Dadurch wird ein gegenüber dem Referenzsystem-Element (RSE) neues Lösungsprinzip realisiert. Eine Prinzipvariation (PV) geht immer mit einer Ausprägungsvariation (AV) einher – man spricht auch von einer Neuentwicklung eines Systems, beginnend mit der Prinzipvariation (beeinflussbar durch den Produktentwickelnden). (Albers, Fahl, Hirschter et al., 2021)
Produktfunktion im Modell der PGE	Eine Produktfunktion im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung ist eine Funktion eines techn. Systems, anhand der sich eine lösungsoffene Wirkbeziehung des Gesamtproduktes zwischen einer Menge von initiierten Ereignissen und resultierenden Ergebnissen sowie den (inhärenten) Zuständen aus u.a. Kunden-, Anwender- und/oder Anbietersicht in einem definierten Kontext beschreiben lässt. (Albers, Fahl, Hirschter, Haag et al., 2020)
Produktlinie im Mo- dell der PGE	Eine Produktlinie ist eine Gruppe technischer Produkte des Produktportfolios, die jeweils eine zusammenhängende Menge von konsekutiven Produktgenerationen beschreibt. Produktgenerationen innerhalb einer Produktlinie können sich auf den gleichen Produkttyp beziehen, an den gleichen Kunden-/ Anwendertypus gerichtet sein bzw. über ähnliche

	Absatzkanäle vertrieben werden oder sich alle innerhalb einer bestimmten Preisspanne bewegen. (Fahl, Hirschter, Kamp et al., 2019)
Produktportfolio im Modell der PGE	Ein Produktportfolio eines Anbieters ist ein Portfolio, das die Menge der am Markt eingeführten und in der Entwicklung befindlichen Varianten der Produktgenerationen aller Produktlinien eines Anbieters beschreibt. Ein Produktportfolio wird einerseits durch seine Breite (bspw. Anzahl unterschiedlicher Produktlinien), andererseits durch seine Tiefe (bspw. Anzahl Varianten der Produktgenerationen) definiert. (Fahl, Hirschter, Kamp et al., 2019)
Produktvariante im Modell der PGE	Eine Produktvariante ist die Variante eines technischen Produktes, die eine geringfügig variierte Ausprägung einer übergeordneten Ausgangs-Produktgeneration innerhalb einer Produktlinie beschreibt. Die Produktvariante unterscheidet sich somit geringfügig, aber dennoch merklich bspw. auf Ebene der Produkteigenschaften, -funktionen oder physischen Elementen von ihrer Ausgangs-Produktgeneration und realisiert teilweise variierten Kunden-/Anwender- bzw. Anbieter-nutzen. (Fahl, Hirschter, Kamp et al., 2019)
Prototyp	Ein Prototyp bezeichnet ein verkürztes physisches, virtuelles oder gemischt physisch-virtuelles Produktmodell, das für einen bestimmten Einsatzzweck erstellt wird und "zur Analyse, Gestaltung und Bewertung" (DIN EN ISO 9241-210, 2011, S. 6) des Produkts verwendet werden kann.
Referenzsystem	Das Referenzsystem für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration ist ein System, dessen Elemente bereits existierenden oder bereits geplanten sozio-technischen Systemen und der zugehörigen Dokumentation entstammen und Grundlage und Ausgangspunkt der Entwicklung der neuen Produktgeneration sind. (Albers, Rapp, Spadinger et al., 2019)
Systemgeneration	Eine Systemgeneration ist ein sozio-technisches System, das in Abgrenzung zu bestehenden Systemen als Entität eigenständig wahrgenommen wird. Diese Wahrnehmung ergibt sich aus Differenzierungsmerkmalen bspw. Funktionalität, Leistung, Kosten oder optischen Merkmale (Albers et al. 2017). Häufig ermöglicht auch die Projektbezeichnung oder der Markteinführungstermin eine Abgrenzung oder Identifizierung (vgl. Albers, Haug et al., 2016, S. 234). Jede neue Systemgeneration wird auf Basis eines Referenzsystems durch die Aktivitäten der Übernahme-, Ausprägungs- und Prinzipvariation entwickelt. Auch Varianten eines Systems sind in diesem Sinne Systemgenerationen. (Albers et

al. 2015). Bezogen auf Produkte werden Systemgenerationen im Sprachgebrauch auch als Produktgenerationen bezeichnet.

Systemkonzept

Ein Systemkonzept im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung ist ein Konzept eines technischen Systems, das die aus dem Produktprofil abgeleiteten Ziele und Anforderungen an ein System sowie die Systemarchitektur und die zugehörigen Referenzsystemelemente und Variationsanteile unter Berücksichtigung der Randbedingungen definiert und der Validierung zugänglich macht. (Albers, Hünemeyer, Pfaff et al., 2023)

Übernahmevariation im Modell der PGE

Die Übernahmevariation (ÜV) ist ein Bündel aus Aktivitäten der Produktentstehung zur Übernahmeentwicklung eines Systemelements einer neuen System-generation, bei der das zu Grunde liegende Lösungsprinzip von einem Referenzsystem-Element aus dem Referenzsystem in eine neue Systemgeneration im Inneren unverändert (hinsichtlich der Ausprägung) übernommen wird und Anpassungen entsprechend den Anforderungen der Systemintegration und den Randbedingungen nur an den Schnittstellen zu anderen System-elementen vorgenommen werden. (Albers, Rapp, Fahl et al. (2020); Albers, Fahl, Hirschter et al. (2021)

Unsicherheit

„Technologische Unsicherheit bezeichnet fehlendes Wissen in Bezug auf die technische Lösung und deren fertigungstechnische Umsetzbarkeit. Marktliche Unsicherheit resultiert aus fehlendem Wissen in Bezug auf die Größe und Beschaffenheit des Zielmarktes sowie insbesondere die Bedürfnisse und Anforderungen der Kunden und Anwender des zu entwickelnden Produkts.“ (Freudenmann, 2014; Reichwald et al., 2007), zit. nach Reinemann (2020)

Anhang

A1: Konzeptdokumentation und Handlungssystem

Ansätze und die begriffliche Auffassung von Usability und User Experience sind nicht nur Gegenstand ingenieurwissenschaftlicher Forschung, sondern werden vielfach auch von Forschenden aus den Feldern Psychologie, Softwaretechnik und Informatik untersucht. Einigkeit besteht in der Prämisse, dass *gute* Usability und UX bevorzugt dann entstehen können, wenn Teams aus Mitgliedern mit unterschiedlichen fachlichen Hintergründen besetzt werden (vgl. Abschnitt 2.3.5). Gleichzeitig warnen Tokkonen & Saariluoma (2013), dies könne dazu führen, dass die Teammitglieder UX- und Usabilityprobleme unterschiedlich verstehen und unterschiedliche Terminologien verwenden. Folglich läuft das Team Gefahr, dass Produktziele unterschiedlich aufgefasst werden. Dieser Pluralismus der verschiedenen Forschungsansätze ist einerseits eine Chance für Aktivitäten der Ideenfindung oder der Prinzip- und Gestaltmodellierung, andererseits werden dadurch auch hohe Anforderungen an die begriffliche Klarheit und Eindeutigkeit des im Entwicklungsprozess zu erstellenden Systemkonzepts gestellt. Die Aspekte der in Abschnitt 2.3.1 vorgestellten Definition wurden zur inhaltlichen Strukturierung in eine Dokumentenvorlage überführt (vgl. Abbildung A1).

Diese Vorlage soll dem Problemlösungsteam als Strukturierungshilfe dafür dienen, die Aktivitäten der Konzeptdefinition an relevanten Inhalten auszurichten. Die Vorlage wurde zu Beginn der Gestaltung der Entwicklungsunterstützung auf Basis einer Analyse vorliegender vergangener Konzeptdokumentationen erstellt. Die einzelnen Aspekte haben jedoch lediglich verteilt vorgelegen. Weitere Aspekte wie die referenzbasierte Beschreibung von Variationsanteilen wurden aus der Begriffsdefinition (vgl. Abschnitt 2.3.1) hinzugefügt. Im Rahmen des Wissensmanagements in der Frühen Phase ist die Vorlage eine mitgeltende Unterlage zum Produktprofil der jeweiligen Interaktionslösung. Zunächst ist diejenige interaktive Produktfunktion zu beschreiben, zu der ein Anzeige- und Bedienkonzept entwickelt werden soll. Im vorliegenden Beispiel soll dies für die Produktfunktion „Schubreperation“ erfolgen, die wiederum aus drei Teilfunktionen besteht (Stufe 1-3) (Schweizer & Reichenacker, 2019).

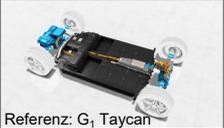
Interaktive Produktfunktion(en): Schubrekuperation <ul style="list-style-type: none">• Stufe 1: Keine Verzögerung (Segeln), 0 m/s²• Stufe 2: Statische Verzögerung von 0,8 m/s²• Stufe 3: Adaptive Verzögerung von bis zu 1,3 m/s² <small>Bildquelle: https://tinyurl.com/J1Recuperation</small>			 <small>Referenz: G₁ Taycan</small>		
Anwendungsfälle und Nutzungskontext Leitfragen: <i>Welche Anwendungsfälle hat die Produktfunktion? In welchem Nutzungskontext befinden sich Kunden und Anwender in den Anwendungsfällen? Welche Produkteigenschaften sind dabei besonders relevant?</i>					
Übergreifende UX-Ziele (der Systemgeneration)	Nutzungsanforderungen (von Kunden/Anwendern)	Randbedingungen (Techn./Gesetzl.)			
Leitfrage: <i>Welche übergreifenden UX-Ziele der Systemgeneration, welche Nutzungsanforderungen von Kunden und Anwendern und welche einschränkende technischen und gesetzlichen Randbedingungen sind bei der Konzeptdefinition zu berücksichtigen?</i>					
Benutzungsschnittstellen und Interaktionsablauf Leitfragen: <i>Welche Benutzungsschnittstellen sind zur Bedienung und Anzeige der (Teil-) Funktionen erforderlich? Wie soll der Interaktionsfluss zwischen Kunde bzw. Anwender und dem Fahrzeug gestaltet sein? Welche initialen Variationsanteile resultieren daraus?</i>					
<small>Projektleitung: Dr. F. Meyer</small>		<small>Version: v0.1 (letzte Änderung: 18.01.2022)</small>			

Abbildung A1: Vorlage zur Strukturierung der Modellierung von Anzeige- und Bedienkonzepten (angelehnt an Albers, Hünemeyer, Pfaff et al., vsl. 2023)

Die weiteren Felder sind Ergebnis der Konzeptdefinition. Die Erläuterung und Erarbeitung der Inhalte sind Gegenstand des Referenzprozesses in Abschnitt 5.1. Die Spezifikation von Anzeige- und Bedienkonzepten erfordert umfassende Kompetenzen in analytischem und kreativem Arbeiten. Teile der Aktivitäten bei der Konzeptdefinition in der Frühen Phase sind zudem in Abstimmung mit weiteren Linien- und Schnittstellenfunktionen wie dem Vertrieb, den Funktionseignern oder der Produktqualität durchzuführen. Die in Abbildung A2 dargestellte Teamstruktur hat sich im Zuge der Entwicklung dieser Systematik als Erfolg versprechend herauskristallisiert.

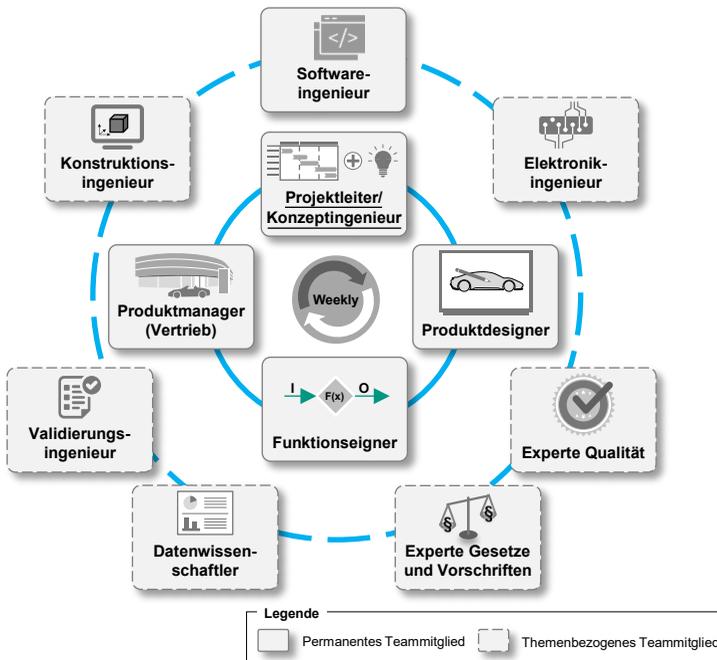


Abbildung A2: Zusammensetzung des Problemlösungsteams zur Definition von Anzeige- und Bedienkonzepten in der Frühen Phase

Das PLT besteht aus permanenten Kernteam-Mitgliedern und aus themenbezogen konsultierten Mitgliedern. Das **Kernteam** wiederum setzt sich neben dem projektleitenden Konzeptingenieur aus den Rollen Produktmanager (Vertrieb), Funktionseigner und Produktdesigner zusammen. Die Entwicklung einer interaktiven Produktfunktion sowie des Anzeige- und Bedienkonzepts sollte stets integriert geschehen, da sich der jeweils angestrebte Kunden- und Anwendernutzen, aber auch der Anbieternutzen (z.B. Erweiterung des Kundenstamms durch fokussiertere Ansprache jüngerer Menschen) nur in Kombination sinnvoll realisieren lässt. Die für das Anzeige- und Bedienkonzept und die Projektleitung verantwortliche Person führt das Problemlösungsteam. Produktmanager aus dem Vertrieb bringen umfassendes Wissen um Märkte sowie Kunden, Anwender und konkurrierende Anbieter ein. Produkt- und Interfacedesigner stellen sicher, dass die modellierten Konzepte eine visuell ansprechende Gestalt haben, die in den Anzeige- und Bediensystemen die jeweilige Marken-DNA widerspiegelt. Dies bezieht sich gleichermaßen auf haptische

wie graphische Benutzungsschnittstellen. Komplettiert wird das PLT durch die **themenbezogene** Teilnahme weiterer **Rollen**: Fachleute der Produktqualität können entwickelte Lösungen bewerten und einen direkten effizienten Abgleich mit definierten Qualitätszielen sicherstellen. Softwareingenieure stellen die termin- und konzeptgerechte Umsetzung der benötigten Software-Teilsysteme sicher. Ihre Teilnahme ist aus Gründen der Machbarkeits- und Risikoabschätzung in der Frühen Phase essenziell (vgl. Abschnitt 4.2.2). Eine vergleichbare Rolle nehmen Konstruktionsingenieure für HW-Teilsysteme ein, wenn das jeweilige Anzeige- und Bedienkonzept eine haptische Benutzungsschnittstelle enthält. Weiterhin zählen Daten-Fachleute, Validierungsingenieure sowie Fachleute für Vorschriften und Gesetze in den einzelnen Märkten zu den themenbezogen konsultierten Teammitgliedern. Diese sind als Teilprojektmitarbeiter zu verstehen, daher ist ihre Teilnahme lediglich in einzelnen Phasen der Konzeptdefinition notwendig – das PLT wird nach jeder Phase bedarfsbezogen angepasst. Die Erläuterung und exemplarische Anwendung des Referenzprozessmodells sind Gegenstand des nun folgenden Abschnitts.

A2: Vorgehen zur Analyse von Trends

Das Vorgehen nach Hünemeyer, Reichelt, Rapp, Albers & Maier (2022a) ist in Abbildung A3 dargestellt.

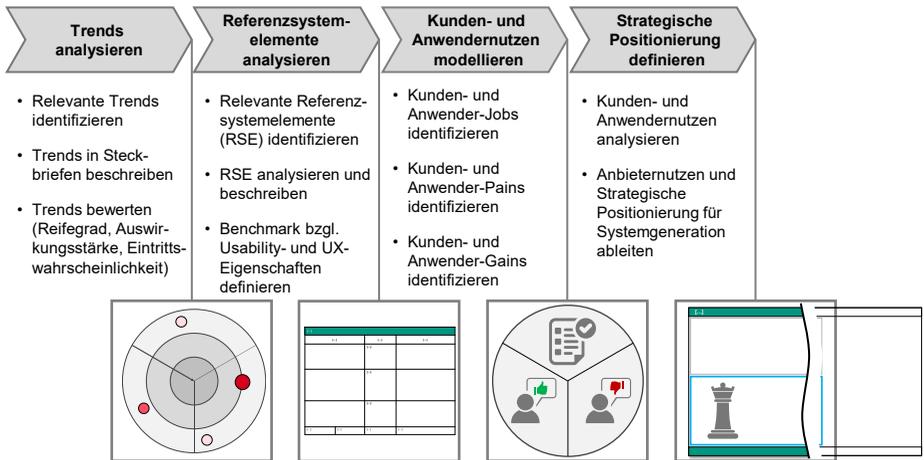


Abbildung A3: Vierstufiges Vorgehen zur Analyse von Trends mit dem Ziel der Ableitung einer strategischen Positionierung je Trend für die $SG_{n+1}^{a,p,v}$

Zunächst werden relevante Trends durch z.B. eine Online-Recherche, Experteninterviews, Foren und Messen oder Forschungsergebnisse identifiziert und prägnant in einem Steckbrief beschrieben. Darauf aufbauend erfolgt eine qualitative Bewertung der Implikationen auf die Entwicklung. Weiterhin kann ein erklärendes Bild in der internen Diskussion und Kommunikation helfen, die Umfänge und Implikationen besser nachzuvollziehen. Anschließend werden die Trends in den drei Dimensionen Reifegrad, Auswirkungsstärke in Bezug auf die $SG_{n+1}^{a,p,v}$ sowie Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet. Die Bewertung erfolgt jeweils auf Basis einer dreistufigen ordinalen Skala mit den Ausprägungen („gering“, „mittel“ und „hoch“), um Anwendern der Systematik ein niedrigschwelliges und intuitiv einsetzbares Werkzeug bereitzustellen. Die Bewertung kann durch punktuelle Recherchen ergänzt und gestützt werden.

A3: Mathematische Grundlagen zur Messung von Unsicherheiten in der DS II

Die Informationsqualität ist eine resultierende Größe, die maßgeblich durch die Kriterien Reliabilität und Validität beeinflusst wird (vgl. Abschnitt 2.4.3). Reliabilität wiederum setzt sich aus den Subkriterien Genauigkeit, Vollständigkeit und Aktualität zusammen (vgl. Abschnitt 2.4.3). Die Informationsqualität Q_i wurde für alle im Verlauf des Projekts erhobenen Konzeptfragen gemäß der beschriebenen Kriterien bewertet. Für die Einzelbewertungen des Kriteriums Validität $Q_{V,i}$ sowie der zum Kriterium der Reliabilität $Q_{R,i}$ gehörenden Subkriterien Aktualität $Q_{R,A,i}$, Vollständigkeit $Q_{R,V,i}$ und Genauigkeit $Q_{R,G,i}$ wurde jeweils eine fünfstufige ordinalskalierte Likert-Skala definiert. Mittels Aussagen zur Abstufung der im Rahmen der Informationserhebung beobachteten Einschränkungen können die Teammitglieder den Erfüllungsgrad des jeweiligen Kriteriums bewerten. Den Aussagen wurden anschließend diskrete Werte zur numerischen Berechnung zugewiesen (vgl. Formel 2):

$$Q_{R,A,i}; Q_{R,V,i}; Q_{R,G,i} \in \left\{ 0; \frac{1}{4}; \frac{1}{2}; \frac{3}{4}; 1 \right\} \quad 2$$

Dadurch kann der tatsächliche Beitrag einer erhobenen Information zur Erweiterung der Wissensbasis des PLT gemessen werden. Die Reliabilität $Q_{R,i}$ resultiert aus den Einzelbewertungen der Subkriterien gemäß Formel 3.

$$Q_{R,i} = \frac{Q_{R,A,i} + Q_{R,V,i} + Q_{R,G,i}}{3} \in [0; 1] \quad 3$$

Die Validität $Q_{V,i}$ wurde analog zu den Einzelkriterien für die Reliabilität bestimmt (vgl. Formel 4):

$$Q_{V,i} \in \left\{ 0; \frac{1}{4}; \frac{1}{2}; \frac{3}{4}; 1 \right\} \quad 4$$

Die Informationsqualität Q_i ergibt sich durch Multiplikation der Reliabilität $Q_{R,i}$ und der Validität $Q_{V,i}$ (vgl. Formel 5):

$$Q_i = Q_{R,i} * Q_{V,i} \in [0; 1] \quad 5$$

Das Ergebnis der Bewertung für das Anwendungsbeispiel zeigt Abbildung A4. Die Bewertung hat an jeweils zwei Zeitpunkten stattgefunden: die initiale Bewertung wurde zum Zeitpunkt der Erhebung der jeweiligen Frage (t_n) durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Informationsqualität häufig $Q_i = 0$, weil noch keine Informationen vorgelegen haben (zur einfacheren Bewertung wurde der Wert dafür definiert). Anschließend wurden die Informationen durch die in Abschnitt 5.1.2 dargelegte Datenanalyse erhoben und zum Zeitpunkt t_{n+1} erneut auf ihre Informationsqualität hin bewertet. Je nach Einschätzung des PLT ist für einzelne Antworten zudem ein erneutes Durchlaufen der Analyseaktivitäten beauftragt worden, sodass in Einzelfällen eine dritte Bewertung zu t_{n+2} durchgeführt worden ist. Insgesamt wurden über den Projektverlauf hinweg 72 offene Konzeptfragen in Bezug auf relevante Trends und zukünftige Entwicklungen sowie das gegenwärtige Nutzungsverhalten von Kunden und Anwendern formuliert.

Bewertung d. Informationsqualität	Reliabilität $Q_{R,i}$ (Verlässlichkeit der Information)			Validität $Q_{V,i}$	Informationsqualität Q_i
	Aktualität $Q_{R,A,i}$ (Information für vorliegende Aufgabe ausreichend aktuell)	Vollständigkeit $Q_{R,V,i}$ (Statistische Breite und Tiefe der Information)	Genauigkeit $Q_{R,G,i}$ (Informationen sind unverfälscht, korrekt und zuverlässig)		
Fragestellung: Welche Informationsqualität gemäß der Kriterien j (Spalte) besitzen die für die Frage i (Zeile) erhobenen Informationen?	$t_0 = 0$			$t_0 = 0$	$t_0 = 0$
	$t_0 = 0$	$t_0 = 0$	$t_0 = 0$		
	$t_1 = 1$			$t_1 = 1$	$t_1 = 1$
	$t_1 = 1$	$t_1 = 1$	$t_1 = 1$		
Welche Entwicklungen im Marktumfeld sind für die Entwicklung der neuen Systemgeneration relevant?	$t_3 = 0$			$t_3 = 0$	$t_3 = 0$
	$t_3 = 0$	$t_3 = 0$	$t_3 = 0$		
	$t_4 = 0,67$			$t_4 = 1$	$t_4 = 0,67$
	$t_4 = 1$	$t_4 = 0,5$	$t_4 = 0,5$		
Wie komplex bewerten Anwender und Kunden die heutige Konfiguration der Funktionsstufen?	$t_5 = 0$			$t_5 = 0$	$t_5 = 0$
	$t_5 = 0$	$t_5 = 0$	$t_5 = 0$		
	$t_6 = 0$			$t_6 = 0$	$t_6 = 0$
	$t_6 = 0$	$t_6 = 0$	$t_6 = 0$		
Wie häufig wird die Teilfunktion zum Setzen von Start- und Zielpunkt einer neuen Strecke genutzt?	$t_6 = 0$			$t_6 = 0$	$t_6 = 0$
	$t_6 = 0$	$t_6 = 0$	$t_6 = 0$		
	$t_6 = 0$			$t_6 = 0$	$t_6 = 0$
	$t_6 = 0$	$t_6 = 0$	$t_6 = 0$		

Legende	
Bewertung der Aktualität $Q_{R,A,i}$: Die erhobenen Informationen sind... 0: ...nicht ausreichend aktuell. 0,25: ...mit starken Einschränkungen aktuell. 0,5: ...mit mittleren Einschränkungen aktuell. 0,75: ...mit geringen Einschränkungen aktuell. 1: ...voll ausreichend aktuell.	Bewertung der Vollständigkeit $Q_{R,V,i}$: Die statistische Breite und Tiefe der erhobenen Information ist... 0: ...nicht ausreichend. 0,25: ...stark eingeschränkt. 0,5: ...mittelmäßig eingeschränkt. 0,75: ...kaum eingeschränkt. 1: ...vollständig gegeben.
Bewertung der Genauigkeit $Q_{R,G,i}$: Die erhobenen Informationen sind... 0: ...nicht... 0,25: ...mit starken Einschränkungen... 0,5: ...mit mittleren Einschränkungen... 0,75: ...mit geringen Einschränkungen... 1: ...vollständig... 1: ...unverfälscht, korrekt und zuverlässig.	Bewertung der Validität $Q_{V,i}$: Die erhobenen Informationen sind auf den vorliegenden Anwendungsfall... 0: ...nicht anwendbar. 0,25: ...mit starken Einschränkungen anwendbar. 0,5: ...mit mittleren Einschränkungen anwendbar. 0,75: ...mit geringen Einschränkungen anwendbar. 1: ...vollständig anwendbar.

Abbildung A4: Bewertung der Qualität der erhobenen Informationen zu den jeweiligen Zeitpunkten im Projekt für die vom Konzeptteam gestellten offenen Fragen

Wird eine durch das PLT gestellte Frage mit hoher Reliabilität und Validität der Informationen beantwortet, ist der Erkenntnisgewinn für das PLT hoch; die Wissensbasis wächst und die Differenz zwischen vorhandenem und benötigtem Wissen verringert sich. Im Umkehrschluss gilt für Informationen mit geringer Reliabilität und Validität, dass die formulierte Frage nicht vollständig beantwortet worden ist; die Wissensbasis wächst mit geringerem Betrag und die Differenz zwischen vorhandenem und benötigtem Wissen verringert sich proportional weniger (vgl. Formel 6):

$$Q_i = \begin{cases} 1, & \text{vollständig beantwortet} \\ (0; 1), & \text{teilweise beantwortet} \\ 0, & \text{nicht beantwortet} \end{cases} \quad 6$$

Die Informationsqualität Q_i indiziert die Bedeutung der Antwort für das PLT: Wird eine Frage i (Zeile) mit hoher Reliabilität beantwortet ($Q_{R,i} = 1$), aber der Transfer auf die Entwicklungsaufgabe ist nicht möglich ($Q_{V,i} = 0$), ergibt sich $Q_i = 0$; die Antwort leistet keinen Beitrag zur Reduktion der Unsicherheit. Umgekehrt gilt die Frage als vollständig beantwortet ($Q_i = 1$), wenn beide Kriterien voll erfüllt sind ($Q_{R,i} = 1$, $Q_{V,i} = 1$).

Die Informationsqualität setzt folglich die erhobenen Informationen in Bezug zu deren Potential, die Wissensbasis des PLT tatsächlich zu erhöhen und damit die Unsicherheit zu reduzieren. Um diesen Sachverhalt zu quantifizieren und im Projektverlauf darzustellen, wurden die Ergebnisse in den eigens konzipierten **Evidenz-Score (ES)** überführt. Diese zeitpunktindividuelle Maßzahl ergibt sich aus dem Quotienten der Summe der Werte der Informationsqualität $Q_{i,t}$ und der Anzahl der Fragen n_t zum Zeitpunkt t (vgl. Formel 7):

$$ES_t = \frac{\sum_{i=0}^{n_t} Q_{i,t}}{n_t} \in [0; 1] \quad 7$$

Tabelle A1 zeigt die diskreten Werte des Evidenz-Score im Verlauf des zugrundeliegenden Entwicklungsprojekts.

Tabelle A1: Berechnung des Evidenz-Score (ES) als Maßzahl für die Reduktion der Marktunsicherheit im Verlauf der diskreten Zeitpunkte im Projektverlauf

Zeitpunkt t	0	1	2	3	4	5	6
n_t	0	11	11	29	29	72	72
$\sum Q_{i,t}$	0	0	2	2	2,25	2,25	6
<i>Nicht beantwortet</i>	0	11	0	18	1	44	24
<i>Teilweise beantwortet</i>	0	0	4	4	5	5	15
<i>Vollständig beantwortet</i>	0	0	7	7	23	23	33
ES_t	0	0	0,82	0,31	0,87	0,35	0,54