

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
TUM School of Engineering and Design

**Verbesserung des Wissensmanagements in der manuellen Montage durch
Einsatz eines Anreizsystems**

Robin Dennis Sochor

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Engineering and Design der
Technischen Universität München zur Erlangung eines

Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub

Prüfer*innen der Dissertation:

1. Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
2. Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

Die Dissertation wurde am 20.04.2023 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die TUM School of Engineering and Design am 21.08.2023
angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abkürzungsverzeichnis.....	vii
Verzeichnis der Formelzeichen.....	xi
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	3
1.3 Forschungsmethodisches Vorgehen.....	5
1.4 Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen.....	11
2.1 Übersicht	11
2.2 Manuelle Montage	11
2.2.1 Begriffsklärung.....	11
2.2.2 Belastung und Beanspruchung in der manuellen Montage	13
2.3 Kognitive Assistenzsysteme	15
2.3.1 Begriffsklärung.....	15
2.3.2 Grundlagen kognitiver Assistenzsysteme	17
2.4 Anreizsysteme	18
2.4.1 Begriffsklärung.....	18
2.4.2 Grundlagen menschlicher Motivation	19
2.4.3 Anreizarten	21
2.5 Wissensmanagement.....	24
2.5.1 Begriffsklärung.....	24

2.5.2	Bausteine des Wissensmanagements	25
2.5.3	Wissensarten.....	27
2.5.4	Wissenstransfer	28
2.6	Softwarearchitektur.....	29
2.6.1	Begriffsklärung.....	29
2.6.2	Automatisierungspyramide	30
2.6.3	Notationsmodelle	31
2.7	Fazit.....	32
3	Stand der Forschung und Technik.....	33
3.1	Übersicht.....	33
3.2	Einsatzbereiche von Anreizsystemen	33
3.2.1	Forschungsansätze.....	33
3.2.2	Außerbetriebliche Ansätze	38
3.2.3	Innerbetriebliche Ansätze.....	40
3.2.4	Gegenüberstellung der betrachteten Ansätze	44
3.3	Modelle und Systeme des Wissensmanagements.....	45
3.3.1	Autorensysteme nach SCHUH ET AL. (2017)	45
3.3.2	Ontologiebasiertes Wissensmanagement nach BERGER ET AL. (2005).....	46
3.3.3	Bewertungsmethode für die Wissensqualität nach PAUSE (2017) ...	47
3.3.4	Wissensmanagement für klein- und mittelständische Unternehmen nach BÖHL (2000).....	48
3.3.5	Methode für einen digitalen Verbesserungsprozess nach HAMBACH (2019).....	49
3.3.6	Wissensmanagementmethodik zur Organisation von Prozesswissen nach PRINZ (2018)	49

3.3.7	Referenzmodell für das Wissensmanagement nach KOHL ET AL. (2016).....	50
3.3.8	Gegenüberstellung der betrachteten Ansätze	51
3.4	Ableitung des Handlungsbedarfs	54
4	Anforderungen an das Anreizsystem.....	57
4.1	Allgemeine Anforderungen.....	57
4.2	Spezielle Anforderungen an das Anreizsystem	58
4.3	Spezielle Anforderungen an die Bewertungsmethode	59
5	Konfigurierbares Anreizsystem	61
5.1	Übersicht	61
5.2	Spezifische Anforderungsermittlung	61
5.2.1	Normen, Richtlinien und Gesetze	61
5.2.2	Manuelle Montage.....	63
5.2.3	Menschentypus	65
5.3	Entwicklung des Anreizsystems	66
5.3.1	Vorgehensweise.....	66
5.3.2	Methodische Bewertung von Anreizelementen	67
5.3.3	Entwicklung eines menschenzentrierten Ansatzes zur Anreizsystemkonzeptionierung	76
5.4	Konfigurationsmethode für das Anreizsystem.....	78
5.4.1	Psychologische Ereignisse.....	80
5.4.2	Anreizgruppe	85
5.4.3	Anreizgewichtung.....	86
5.5	Fazit.....	88

6	Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen.....	89
6.1	Übersicht.....	89
6.2	Auswahl einer Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken.....	90
6.2.1	Methodenvorstellung und -auswahl	90
6.2.2	Bewertungsvorgehen nach dem analytischen Hierarchieprozess	93
6.3	Entwicklung der Bewertungsmethode	99
6.3.1	Vorgehensweise	99
6.3.2	Definition der Zielstellung	101
6.3.3	Ableitung und Gewichtung von Bewertungskriterien	102
6.3.4	Bewertung von Alternativen	107
6.3.5	Ergebnisberechnung und -interpretation	110
6.3.6	Implementation der Bewertungsmethode in das Anreizsystem.....	113
6.4	Fazit.....	116
7	Modellierung einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur	117
7.1	Übersicht.....	117
7.2	Funktionsorientierte Vernetzung	118
7.2.1	Top- und Shopfloor mit dem Anreizsystem.....	118
7.2.2	Anreizsysteminterne Abläufe.....	121
7.3	Funktionsorientierte Datenflüsse	126
7.3.1	Vorgehensweise	126
7.3.2	Anreizsystem - Shopfloor	127
7.3.3	Anreizsystem - Topfloor	129
7.3.4	Anreizsysteminterne Datenflüsse.....	130
7.4	Fazit.....	133

8	Prototypische Umsetzung und Validierung	135
8.1	Übersicht	135
8.2	Technische Umsetzung	135
8.2.1	Umsetzungsumgebung	135
8.2.2	Anwendung des Anreizsystems.....	137
8.3	Validierung.....	139
8.3.1	Vorgehensweise der Validierung	139
8.3.2	Definition des Anwendungsfalls	142
8.3.3	Durchführung der Erprobung	148
8.3.4	Ergebnisse der Kennzahlenanalyse	150
8.3.5	Ergebnisse der Probandenbefragung	153
8.4	Technisch-wirtschaftliche Bewertung.....	158
8.4.1	Anforderungsbezogene technische Bewertung	158
8.4.2	Wirtschaftliche Bewertung.....	161
8.5	Fazit.....	164
9	Zusammenfassung und Ausblick	167
9.1	Zusammenfassung.....	167
9.2	Ausblick	169
10	Literaturverzeichnis	171
11	Anhang.....	191
11.1	Fragebogen zur qualitativen Validierung.....	191
11.2	Ergebnisse der qualitativen Validierung	198
11.3	Verzeichnis betreuter Studienarbeiten	210

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
AGE	Anreizgruppenelement
AHP	Analytic Hierarchy Process
AOK	Allgemeine Ortskrankenkasse
ASLM	Assistenzsysteme für leistungseingeschränkte Mitarbeiter in der manuellen Montage
bdd	Blockdefinitionsdiagramm
BetrVG	Betriebsverfassungsgesetz
BMW	Bayerische Motoren Werke
BVW	Betriebliches Vorschlagswesen
CAx	Computer-Aided
CD	Coredrive
CI	Consistency Index
CR	Consistency Ratio
DIN	Deutsches Institut für Normung
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
E-Learning	Electronic Learning
EN	Europäische Norm
ERP	Enterprise Resource Planning
eTruckPro	Wandlungsfähige und flexible Produktionssysteme zur symbiotischen Herstellung elektrischer und konventioneller Lastkraftwagen
FML	Fördertechnik und Materialfluss

Abkürzungsverzeichnis

GameLog	Gamification in der Intralogistik
HMI	Human-Machine Interface
IGCV	Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik
Innowas	Innovative Weiterbildung mit Autorensystemen
ISO	International Organization for Standardization
KA	Kernantriebe
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität München
LVP	Lernfabrik für vernetzte Produktion
MDA	Mechanik, Dynamik und Ästhetik
MES	Manufacturing Execution System
Mio	Millionen
motionEAP	System zur Effizienzsteigerung und Assistenz bei Produktionsprozessen
Pkt	Punkte
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
RI	Random Consistency Index
RKZ	Referenzkennzahl
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SDT	Self-Determination Theorie
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SVR	Sustainable Value Report
SysML	Systems Modeling Language
TUM	Technische Universität München

TVG	Tarifvertragsgesetz
UML	Unified Modeling Language
VBA	Visual Basic for Application
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WMM	Wissensmanagement
WMS	Warehouse-Management-System

Verzeichnis der Formelzeichen

Symbol	Einheit	Bedeutung
a		<i>Variable für Skalenwert</i>
A		<i>Endliche Menge beliebiger Alternativen</i>
AG_{nmax}		<i>Obergrenze der Anreizgewichtung je Anreizgruppenelement</i>
AG_{nmin}		<i>Untergrenze der Anreizgewichtung je Anreizgruppenelement</i>
b		<i>Variable für lokales Gewicht je Alternative</i>
B		<i>Variable für globales Gewicht je Alternative</i>
β_{max}		<i>Maximale Differenz der globalen Gesamtprioritäten</i>
β_{tat}		<i>Tatsächliche Differenz der globalen Gesamtprioritäten</i>
c		<i>Variable für Kriterien</i>
C		<i>Gesamtmenge an Kriterien</i>
CI		<i>Konsistenzindex</i>
CR		<i>Konsistenzratio</i>
i		<i>Laufvariable für Alternative oder Kriterium</i>
j		<i>Laufvariable für Alternative oder Kriterium</i>
k		<i>Laufvariable für Alternative oder Kriterium</i>
K		<i>Variable für Kriterien</i>
λ_{max}		<i>Größter Eigenwert je Paarvergleichsmatrix</i>
m		<i>Laufvariable für Matrixdimension</i>
M		<i>Variable für Paarvergleichsmatrix</i>

Verzeichnis der Formelzeichen

n		<i>Laufvariable für Anreizgruppenelemente</i>
N		<i>Probandenanzahl</i>
p	%	<i>Variable für Anreizintensität</i>
p_{nmax}	%	<i>Maximaler Wert der Anreizintensität je Anreizgruppenelement</i>
p_{nmin}	%	<i>Minimaler Wert der Anreizintensität je Anreizgruppenelement</i>
RI		<i>Zufallsindex</i>
RKZ_{max}		<i>Maximale Referenzkennzahl</i>
RKZ_{tat}		<i>Tatsächliche Referenzkennzahl</i>
u		<i>Laufvariable für Hierarchieebene</i>
v		<i>Variable für globale Gesamtpriorität je Kriterium</i>
w		<i>Variable für lokale Priorität je Kriterium</i>
x_M		<i>Variable für Konsistenzprüfung</i>

Hinweis: Aus Gründen der Lesbarkeit wird in dieser Arbeit bei Personenbezeichnungen die männliche Form gewählt, jedoch werden weibliche sowie diverse Personen im Hinblick auf die Genderneutralität gleichermaßen angesprochen.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Produzierende Unternehmen sehen sich heutzutage veränderten Marktbedingungen ausgesetzt (EVERSHEIM & SCHUH 2005). Die Losgrößen in der Produktion werden aufgrund zunehmender Individualisierung (REINHART & ZÜHLKE 2017) und größerer Variantenvielfalt immer kleiner (LOTTER & WIENDAHL 2012). Zusätzlich erhöht sich die Komplexität in der Produktion durch eine stetige Reduzierung des Produktlebenszyklus (ABELE & REINHART 2011) bei einer gleichzeitigen Steigerung der Produktkomplexität (EVERSHEIM & SCHUH 2005). Simultan dazu wachsen die Anforderungen an die Unternehmen im Rahmen des steigenden weltweiten Wettbewerbs, Produktivität und Qualität nachhaltig zu erhöhen (WIENDAHL ET AL. 2004). Um diesen Herausforderungen erfolgreich entgegenzutreten zu können, ist es notwendig, eine hochflexible und zugleich prozesssichere Produktion zu etablieren (DRÖGER ET AL. 2017). Da Automatisierungslösungen oftmals nicht die notwendige Flexibilität aufbringen können, gewinnt die manuelle Montage im Bereich der Mittel- und Kleinserienfertigung bis hin zur Losgröße 1 in den letzten Jahren wieder an Bedeutung (SCHUH ET AL. 2017, BÖHL 2000). AEHNELT & BADER (2014) stellen fest, dass 40 % der Kosten und gar 70 % der Produktionszeit in der industriellen Fertigung auf die Montage von Baugruppen und Endprodukten entfallen.

Um die wachsende Komplexität in der manuellen Montage beherrschen zu können, werden im Rahmen der Digitalisierung zunehmend kognitive Assistenzsysteme zur Mitarbeiterunterstützung eingesetzt (MERKEL 2021). Mithilfe dieser Systeme kann, über die reine Informationswiedergabe hinaus, der Aufwand für die Qualitätssicherung beispielsweise durch digitale Checklisten minimiert (BANNAT 2014) sowie die Nutzbarmachung, Erhaltung und Erweiterung des innerbetrieblichen Erfahrungswissens gesteigert werden (HASLWANTER & BLAZEVSKI 2018). Jedoch erfordert die Wiederholung von einzelnen Tätigkeiten mit hoher Präzision bei gleichzeitig angemessener Geschwindigkeit ein hohes Maß an Konzentration und Motivation (KORN 2012). Diese repetitiven Tätigkeiten erhöhen im Tagesverlauf das Risiko von Montagefehlern und führen zu einer Verringerung der Montagegeschwindigkeit (HINRICHSSEN & BENZIOCH 2018). Derzeit ist der Einsatz von kognitiven Assistenzsystemen in der Montage darauf ausgerichtet, die kognitive Belastung zu vermindern, jedoch nicht die zu bewältigende Aufgabe für den Mitarbeiter attraktiver und abwechslungsreicher zu gestalten (SAILER 2016).

1 Einleitung

Die manuelle Montage zeigt derzeit eine hohe Diskrepanz zwischen der stetig zunehmenden Aufgabenkomplexität bezüglich der hohen Qualitäts- und Produktivitätsanforderungen einerseits und der stagnierenden Attraktivität und Motivation der abzuhandelnden Arbeitstätigkeiten z. B. durch Akkordarbeit andererseits (KORN 2012). Hierdurch sind die stressbedingten Krankheitsausfälle wie Burn-out und zeitweise Arbeitsunfähigkeit im Zeitraum von 2004 bis 2019 von 0,6 auf 5,9 Tage je 1000 AOK-Mitgliedern angestiegen (STATISTA 2021). Zudem liegt die Arbeitszufriedenheit laut einer Umfrage aus dem Jahr 2014 unter 4707 Produktionsmitarbeitern im Bereich des deutschen Automobilbaus bei verhältnismäßig geringen 70 von 100 möglichen Punkten (ELLER 2014), was Grund für einen Teil der Fluktuation sowie den damit verbundenen Verlust wertvollen Erfahrungswissens ist (PFEIFFER 2007). Deshalb erfordert das nicht beliebig skalierbare menschliche Leistungsangebot für eine weitere Maximierung und Verbesserung der Arbeitstätigkeit im Umfeld der manuellen Montage das Beschreiten neuer Wege (KORN 2012). In Bereichen wie dem Gesundheitssektor (DRESSLER 2007), dem Bildungswesen (BARATA ET AL. 2013) oder dem Einzelhandel (SAILER 2016) werden bereits flexible Anreizsysteme zur Motivations- und Leistungssteigerung eingesetzt. Flexible Anreizsysteme, wie zum Beispiel ein Fitnesstracker (DOBOSZ ET AL. 2018), welcher getätigte Schritte sowie Herzfrequenz aufzeichnet und dem empfohlenen Tagesziel eines Gesundheitsexperten gegenüberstellt, motivieren durch eine Kombination von intrinsischen und extrinsischen Anreizen den Nutzer und belohnen ihn individuell für erreichte Ziele (LISTER ET AL. 2014).

In Anbetracht des sich beschleunigenden strukturellen Wandels von der Industrie zur Wissensgesellschaft gewinnt der Faktor Wissen neben den Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital als vierter Produktionsfaktor stetig an Bedeutung (REINHART & ZÄH 2011). Aufgrund des demographischen Wandels und der zuvor bereits beschriebenen Fluktuation gelingt es industriellen Unternehmen zum aktuellen Zeitpunkt oftmals nicht, das abwandernde Erfahrungswissen bezüglich der Ausführung von Montagetätigkeiten, Rüstvorgängen und Einstellparametern nachhaltig zu sichern (PRINZ 2018). Obwohl Wissensmanagementmethoden – wie das betriebliche Vorschlagswesen (BVW) oder der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) – in vielen Unternehmen bereits Einzug gehalten haben stellen KINKEL ET AL. (2019) in ihrer Untersuchung fest, dass nicht einmal jeder siebte Betrieb die notwendigen Prozesse zur Sicherung von Expertenwissen aktiv einsetzt.

Jedoch sind *„das Wissen und die Kompetenzen erfahrener Beschäftigter [...] zentrale Faktoren für die Innovationsfähigkeit der Unternehmen, aber vielfach auch zentrale Engpässe“* (KINKEL ET AL. 2019, S. 781). Somit kommt die Untersuchung

zu dem Ergebnis, dass „geeignete Lösungen zur Identifikation und Vermittlung der wichtigsten innovationsrelevanten Kompetenzen und zur inner- und zwischenbetrieblichen Vernetzung der jeweiligen Experten [...] dringender denn je benötigt werden.“ (KINKEL ET AL. 2019, S. 780).

1.2 Zielsetzung der Arbeit

„Der Fortschritt lebt vom Austausch des Wissens.“

Albert Einstein 1879 - 1955

Im Sinne dieses Zitates (BECKER 1995, BENDT 2000, LEHNER 2012) und der dort aufgezeigten Potenziale zielt die vorliegende Arbeit darauf ab, das Wissensmanagement in der manuellen Montage durch den Einsatz eines Anreizsystems zu verbessern, durch welches die Bereitschaft zum Austausch von Wissen und Erfahrung aktiv gesteigert wird. Um dieses Ziel zu erreichen, gliedert sich die Entwicklung des Systems in die drei Module *Konfigurierbares Anreizsystem*, *Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen* und *funktionsorientierte Vernetzungsarchitektur* (vgl. Abbildung 1).

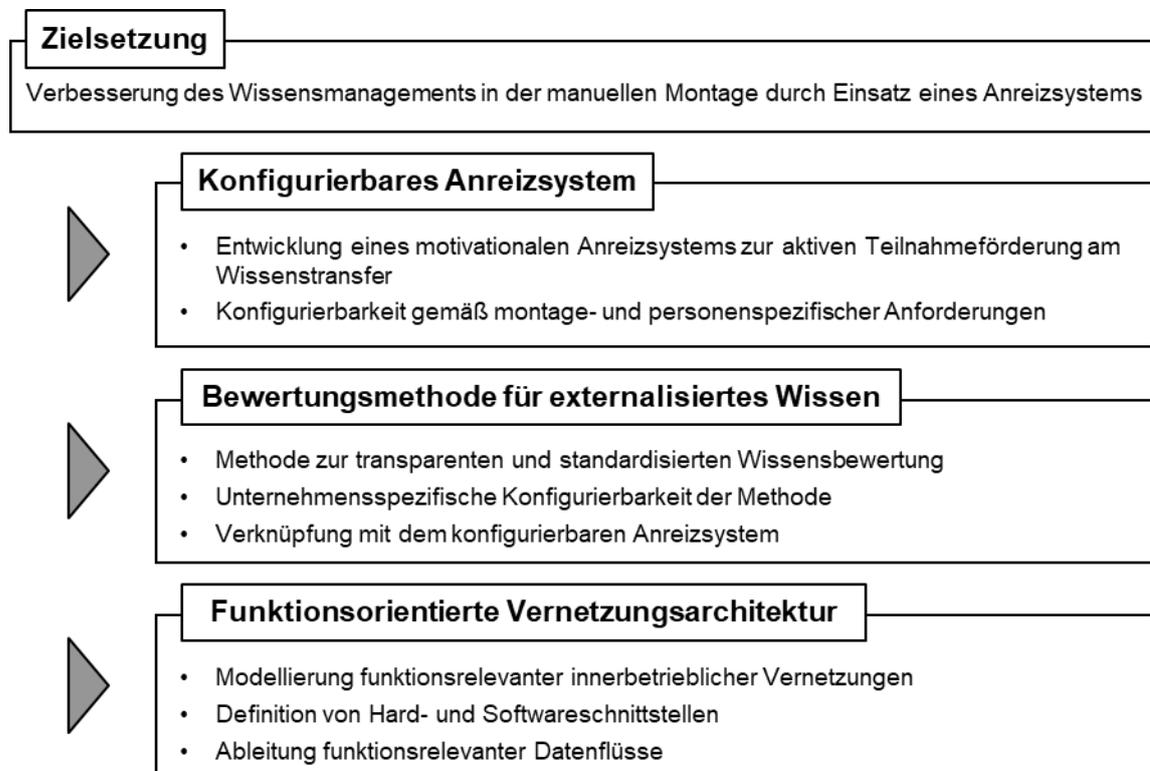


Abbildung 1: Zielsetzung und Module der vorliegenden Arbeit

1 Einleitung

Im Rahmen des ersten Entwicklungsmoduls sollen Mitarbeiter durch ein motivationales Anreizsystem zur aktiven Teilnahme am innerbetrieblichen Wissenstransfer animiert werden. Aufgrund der Diversität auftretender Montagearten sowie der individuumspezifischen Motivationsanforderungen muss das zu entwickelnde Anreizsystem durch entsprechende Konfigurationsmöglichkeiten einerseits an die produktionsspezifischen Anforderungen, andererseits an die menschlichen Charaktere angepasst werden können und somit flexibel gestaltet sein.

Für die Kategorisierung von externalisiertem Wissen ist die Entwicklung einer standardisierten Bewertungsmethode Voraussetzung, die eine effiziente und transparente Bewertung sicherstellt sowie eine Ergebnisverwertung im Zusammenhang mit dem Anreizsystem und der damit einhergehenden Anreizgewichtung ermöglicht. Hierdurch gelingt es, die entwickelte Bewertungsmethode in das konfigurierbare Anreizsystem zu implementieren.

Zudem bedarf es einer Verknüpfung des Anreizsystems sowie der Bewertungsmethode mit aktuellen und marktreifen kognitiven Assistenzsystemen und innerbetrieblichen Softwaresystemen, um den Aufwand des Wissenstransfers sowie der Bewertung auf ein Minimum zu reduzieren. Daher ist es notwendig, eine unternehmensinterne Vernetzungsarchitektur zu entwerfen, welche die funktional notwendigen innerbetrieblichen Vernetzungen sowie die damit einhergehenden Datenflüsse definiert. Darüber hinaus bedarf es einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Anreizsystems, um die entstehenden Kosten dem zu erwartenden Nutzen quantifizierbar gegenüberzustellen.

Als gegebene Voraussetzung für die Anwendung des Systems wird eine manuelle Montage angenommen, die mit aktuellen und marktreifen kognitiven Assistenzsystemen ausgestattet und mit übergeordneten innerbetrieblichen Softwaresystemen vernetzt ist. Als Status Quo wird hierbei ein kognitives Assistenzsystem¹ angenommen, welches die Eingabe von Informationen auf dem Shopfloor zulässt sowie die Fähigkeit einer visuellen Darstellung von motivationalen Feedbackinformationen beinhaltet. Zudem wird davon ausgegangen, dass eine unternehmensinterne Vernetzung von administrativen (topfloor²) und operativen (shopfloor³) Bereichen implementiert ist.

¹ Unter kognitiven Assistenzsystemen werden IT-Systeme, bestehend aus Hardware- und Softwarekomponenten verstanden, die Produktionsmitarbeiter bei der Aufnahme, Verarbeitung und Ausgabe von Informationen unterstützen (MERKEL 2021).

² Der Topfloor beschreibt eine administrative Unternehmensebene, die für die unternehmensweite Planung der Produktion zuständig ist (SIEPMANN 2016).

³ Der Shopfloor beschreibt den operativen Bereich eines Unternehmens (SIEPMANN 2016).

1.3 Forschungsmethodisches Vorgehen

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einem Themengebiet, welches den Ingenieurwissenschaften zuzuordnen ist. Diese können nach SIEMONEIT (2010) als Realtechnikwissenschaften charakterisiert werden, wobei der Fokus auf der interdisziplinären Kombination von mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen mit technologischen Grundlagen liegt. Basierend darauf verfolgen die Ingenieurwissenschaften das Ziel „*der Verbesserung der Lebensmöglichkeiten der Menschen durch Entwicklung und Anwendung technischer Mittel*“ (CZICHOS 2000, S. 1). Darüber hinaus steht bei den Ingenieurwissenschaften als Teil der angewandten Wissenschaften die „*Analyse menschlicher Handlungsalternativen zwecks Gestaltung sozialer und technischer Systeme im Vordergrund*“ (ULRICH & HILL 1976, S. 305). Im Kontext der Ingenieurwissenschaften sowie der in Abschnitt 1.2 definierten Zielsetzung gilt es im Rahmen der vorliegenden Arbeit zunächst, „*Sätze und Systeme von Sätzen aufzustellen*“ (POPPER 1935, S. 1) und diese anschließend systematisch zu überprüfen. Hierbei eignet sich insbesondere die Aufstellung einer These, welche eine zu beweisende Behauptung im Kontext eines definierten Betrachtungsrahmens darstellt. Die Formulierung der These ist so zu treffen, dass die Richtigkeit nicht offensichtlich ist, sondern durch eine nachvollziehbare Argumentationskette begründet werden muss. Darüber hinaus bedarf es der Möglichkeit, jeder aufgestellten These eine entsprechende Antithese entgegenstellen zu können.

Aufbauend hierauf wird die definierte Zielsetzung in folgende vier Thesen untergliedert, die es zunächst im Rahmen der weiteren Ausarbeitung zu bearbeiten und anschließend im Rahmen der Validierung zu bestätigen gilt:

- *These 1:* Anzeielemente können gemäß den Anforderungen der manuellen Montage systematisiert und klassifiziert werden.
- *These 2:* Unternehmensspezifische Anforderungen lassen sich für die Konfiguration eines Anreizsystems verwenden.
- *These 3:* Externalisiertes Wissen aus der manuellen Montage lässt sich methodisch bewerten.
- *These 4:* Ein digitalisiertes Anreizsystem kann durch eine Vernetzungsarchitektur mit der manuellen Montage vernetzt werden.

Die aufgestellten Thesen werden im Folgenden durch ein kreativ-synthetisches Vorgehen bearbeitet. Hierbei werden zunächst ein konfigurierbares Anreizsystem sowie eine Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen entwickelt und diese mithilfe einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur mit der manuellen

1 Einleitung

Montage verknüpft. Das kreativ-synthetische Vorgehen ermöglicht dabei einerseits die kreative Kombination von bestehenden allgemeingültigen Ansätzen, andererseits deren synthetische Zusammenführung durch spezifische Weiterentwicklungen. Dies impliziert, dass bestehende Ansätze im Bereich der Forschung und Technik detailliert betrachtet und im Kontext der vorliegenden Arbeit bewertet werden. Hierauf aufbauend findet anschließend die Initiierung der Entwicklungsarbeit unter der Verwendung von relevanten Vorarbeiten statt. Die ausgewählten Ansätze gilt es, gemäß den Anforderungen des in dieser Arbeit definierten Betrachtungsrahmens, zu kombinieren und weiterzuentwickeln. Ziel des angewendeten Vorgehens ist die vollumfängliche Berücksichtigung der identifizierten Anforderungen im Zuge der Systementwicklung.

Die im Rahmen von wissenschaftlichen Arbeiten notwendige Überprüfung, „*ob sich das Neue, das die Theorie behauptet, auch praktisch bewährt*“ (POPPER 1935, S. 6), wird anschließend anhand einer prototypischen Umsetzung und einer damit verknüpften quantitativen sowie qualitativen Validierung durchgeführt. Dabei dient die Validierung zur „*Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind*“ (DIN EN ISO 9000, S. 31) und somit zur Bestätigung oder Widerlegung der aufgestellten Thesen. Jedoch müssen an dieser Stelle Eingrenzungen getroffen werden, da die Validierung und die hierdurch generierten Ergebnisse sowie Schlussfolgerungen nur für die im Rahmen der prototypischen Umsetzung betrachteten Rahmenbedingungen gültig sind. Aufgrund der Fokussierung dieser Arbeit auf die manuelle Montage, welche mit kognitiven Assistenzsystemen ausgestattet und mit übergeordneten Softwaresystemen verknüpft ist, wird die prototypische Umsetzung in Kapitel 8 hierauf basierend aufgebaut. Die daraus abgeleiteten Validierungsergebnisse können unter Umständen bei veränderten Rahmenbedingungen gleichfalls zutreffen, dies kann jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend bewiesen werden und bietet daher Raum für Spekulationen. Dementsprechend wird mit der Validierung des entwickelten Systems der Nachweis angestrebt, „*ob Nutzer in einem bestimmten Nutzungskontext die zuvor festgelegten Nutzungsziele erreichen können*“ ([HTTPS://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VERIFIZIERUNG_UND_VALIDIERUNG#VALIDIERUNG](https://de.wikipedia.org/wiki/Verifizierung_und_Validierung#Validierung) vom 19.05.2022).

Die im Rahmen der prototypischen Umsetzung sowie der Validierung generierten Ergebnisse werden abschließend im Kontext der definierten Zielsetzung diskutiert.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorangegangenen Abschnitte zeigen den Inhalt sowie die Zielsetzung dieser Arbeit auf und verdeutlichen die Notwendigkeit der Entwicklung eines Anreizsystems sowie die Berücksichtigung des menschlichen Individuums, um das Wissensmanagement in der manuellen Montage zu verbessern. Aufgrund dieser beiden zentralen Aspekte basiert der Aufbau der Arbeit auf der entsprechenden Norm mit dem Titel „Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme“ (DIN EN ISO 9241-210). Dabei zielt der Ansatz darauf ab, „Systeme gebrauchstauglich und zweckdienlich zu machen, indem er sich auf die Benutzer, deren Erfordernisse und Anforderungen konzentriert (DIN EN ISO 9241-210, S. 4). Die Norm untergliedert sich einerseits in die Phase der Initialisierung und des Abschlusses, andererseits in die Entwicklung eines Projektes. Die Entwicklungsphase teilt sich in weitere drei Phasen auf, welche jeweils zwei Ausprägungsstufen annehmen (vgl. Abbildung 2). Die Analysephase umfasst die Identifikation des Nutzungskontextes sowie die Spezifikation der Anforderungen. Darauf aufbauend widmet sich die Designphase einerseits der Entwicklung von Gestaltungslösungen, andererseits der Entwicklung eines Prototypens. Anhand des Prototyps kann die darauffolgende Evaluationsphase initiiert werden, indem der Prototyp zunächst aus der Benutzerperspektive getestet wird und die hieraus generierten Ergebnisse anschließend interpretiert werden. Entsprechend den Ergebnissen ist das Projektziel erreicht oder es sind zusätzliche Iterationsschritte notwendig.

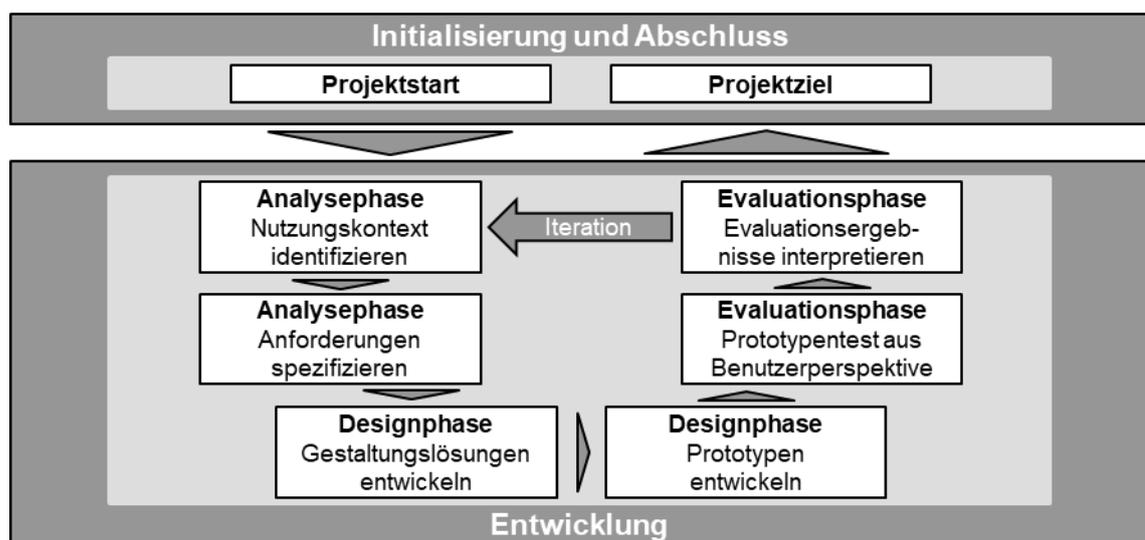


Abbildung 2: Vorgehensmodell für gebrauchstaugliche interaktive Systeme (in Anlehnung an DIN EN ISO 9241-210)

Basierend auf dem aufgezeigten Prozess wird die vorliegende Arbeit in neun inhaltliche Kapitel strukturiert (vgl. Abbildung 4). Zu Beginn stellt die Einleitung in *Kapitel 1* den *Projektstart* dar und stellt wichtige Aspekte vor, um darauf aufbauend die Zielsetzung sowie die erforderlichen Entwicklungsmodule zu definieren. Anschließend beginnt die *Analysephase* mit der Vorstellung der Grundlagen in *Kapitel 2*. Hierbei werden die Themenbereiche der manuellen Montage, der kognitiven Assistenzsysteme, der Anreizsysteme, des Wissensmanagements sowie der Softwarearchitekturen erläutert. Der für die vorliegende Arbeit relevante Stand der Forschung und Technik wird in *Kapitel 3* untersucht und diskutiert, um daraus den Handlungsbedarf und die allgemeinen Anforderungen an das zu entwickelnde Anreizsystem ableiten zu können. Dabei wurde einerseits der Stand der Forschung durch eine umfassende internationale Literaturrecherche festgestellt, andererseits der Stand der Technik durch Experteninterviews im Bereich des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus nach bestem menschlichen Ermessen analysiert. Auf dieser Grundlage gibt *Kapitel 4* einen Überblick der identifizierten Anforderungen und adressiert diese an die spezifischen Teilentwicklungsmodule. Somit schließt *Kapitel 4* die *Analysephase* ab.

Anschließend beginnt die *Designphase* in *Kapitel 5* mit der Konzeptionierung des konfigurierbaren Anreizsystems für den Einsatz in der digitalisierten manuellen Montage. Darauf aufbauend wird die Entwicklung der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie deren Verknüpfung mit dem Anreizsystem im Rahmen von *Kapitel 6* erläutert. In *Kapitel 7* wird eine Vernetzungsarchitektur entworfen, welche die innerbetrieblichen Anforderungen für einen vollumfänglichen Einsatz des Anreizsystems sowie der Bewertungsmethode hinsichtlich den Softwarefunktionen methodisch aufzeigt. Die daran anschließende prototypische Umsetzung in *Kapitel 8* stellt den Abschluss der *Designphase* dar und ermöglicht gleichzeitig den Start der darauffolgenden *Evaluationsphase* im Rahmen der Systemvalidierung. Dabei werden bei der Systemvalidierung sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien herangezogen, um die Richtigkeit der in Kapitel 1.3 aufgestellten Thesen zu beweisen. Den Abschluss von *Kapitel 8* bildet die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des entwickelten Anreizsystems.

Im Rahmen dieser Arbeit stützt sich das Vorgehen zur Erarbeitung der *Design- und Evaluationsphase* auf das V-Modell zur „*Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme*“ (VDI 2206). Wie durch Abbildung 3 nachvollzogen werden kann, unterteilt die Richtlinie die Entwicklung von Systemen in die übergeordneten drei Teilbereiche 1. Systementwurf, 2. Modellbildung und -analyse sowie 3. Systemintegration. Darüber hinaus wird die Entwicklung einerseits durch die ermittelten Anforderungen initiiert, andererseits durch die Integration des Produkts abgeschlossen. Durch Einsatz des V-Modells wird ein „*in der Industrie sowie in der Wissenschaft gut bekanntes*“ (EIGNER ET AL. 2014, S. 86) Modell eingesetzt, welches „*ein systematisches Vorgehen zur Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme*“ (EIGNER ET AL. 2014, S. 86) definiert.

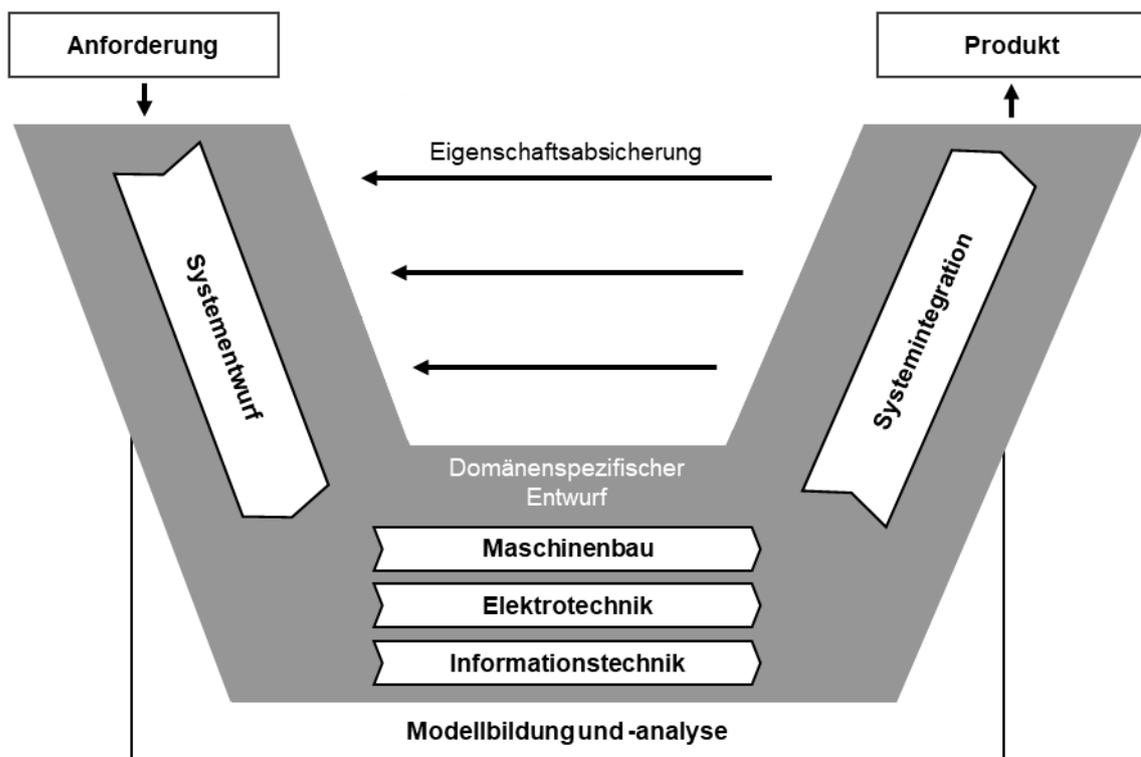


Abbildung 3: Entwicklungsprozess nach dem V-Modell (in Anlehnung an VDI 2206)

Das auf der *Evaluationsphase* aufbauende *Projektziel* wird durch das abschließende *Kapitel 9* dargestellt und beinhaltet die Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit. Darüber hinaus wird ein Ausblick auf weiterführende Forschungsbedarfe im Kontext des betrachteten Themengebiets gegeben.

1 Einleitung

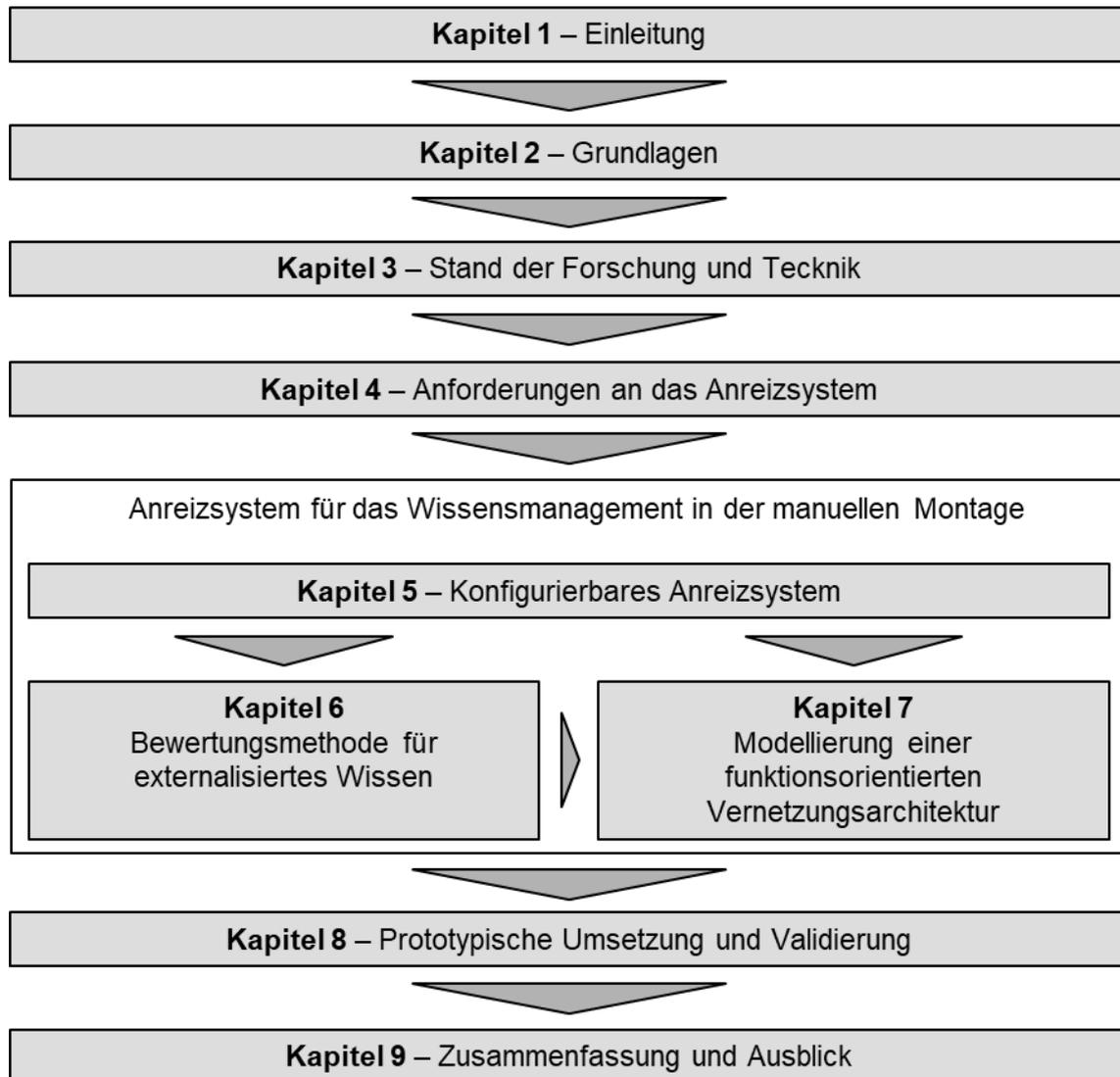


Abbildung 4: Aufbau der vorliegenden Arbeit

2 Grundlagen

2.1 Übersicht

Auf Basis der dargestellten Ausgangssituation und der daraus abgeleiteten Zielsetzung werden im vorliegenden Kapitel die für diese Arbeit relevanten Grundlagen vorgestellt. Hierdurch soll ein einheitliches Verständnis der für die anschließende Forschungsarbeit relevanten Themengebiete und Begriffe geschaffen werden. Zu Beginn werden in Abschnitt 2.2 die Grundlagen der manuellen Montage aufgezeigt, bevor in Abschnitt 2.3 die kognitiven Assistenzsysteme zur Mitarbeiterunterstützung vorgestellt werden. Der Abschnitt 2.4 betrachtet wichtige Begriffe und Modelle im Bereich der Anreizsystemgestaltung. In Abschnitt 2.5 werden allgemeine Grundlagen zum Thema Wissensmanagement beschrieben sowie die damit einhergehenden Zusammenhänge mit der manuellen Montage dargelegt. Abschließend beschäftigt sich Abschnitt 2.6 mit Grundlagen bezüglich innerbetrieblichen Softwarearchitekturen und Informationsflüssen.

2.2 Manuelle Montage

2.2.1 Begriffsklärung

Wie sich am Wort „manuell“ (lat. manus: Hand; engl. manual: von Hand) ableiten lässt, wird bei der manuellen Montage der Arbeitsfortschritt größtenteils durch den Menschen hervorgerufen. Bei nahezu keinem anderen Herstellungsprozess steht der Mensch derart im Mittelpunkt und führt mithilfe seiner physischen und psychischen Eigenschaften und mit Inanspruchnahme von Hilfsmitteln wie Werkzeugen und Vorrichtungen Produktionsvorgänge aus (LOTTER & WIENDAHL 2012). Die manuelle Montage stellt einen bedeutenden Teil des Produktentstehungsprozesses und somit der Wertschöpfung dar, verursacht jedoch auch den höchsten Anteil der Produktentstehungskosten (GAIROLA 1981, LOTTER & WIENDAHL 2012). Zusammen mit der Einzelteilfertigung bildet sie den wichtigsten Abschnitt der industriellen Produktion (SPUR & HELLWIG 1986). Anhand der Normen DIN 8593, DIN 8580 und VDI 2860 wird die manuelle Montage als das Handhaben, Fügen, Kontrollieren und Justieren von Teilen sowie das Abhandeln von Sonderoperatio-

2 Grundlagen

nen definiert, was allgemein den Zusammenbau von vorgefertigten und/oder zugekauften Konstruktionsteilen beschreibt (BRANKAMP 1975) und in Abbildung 5 bildlich dargestellt ist.

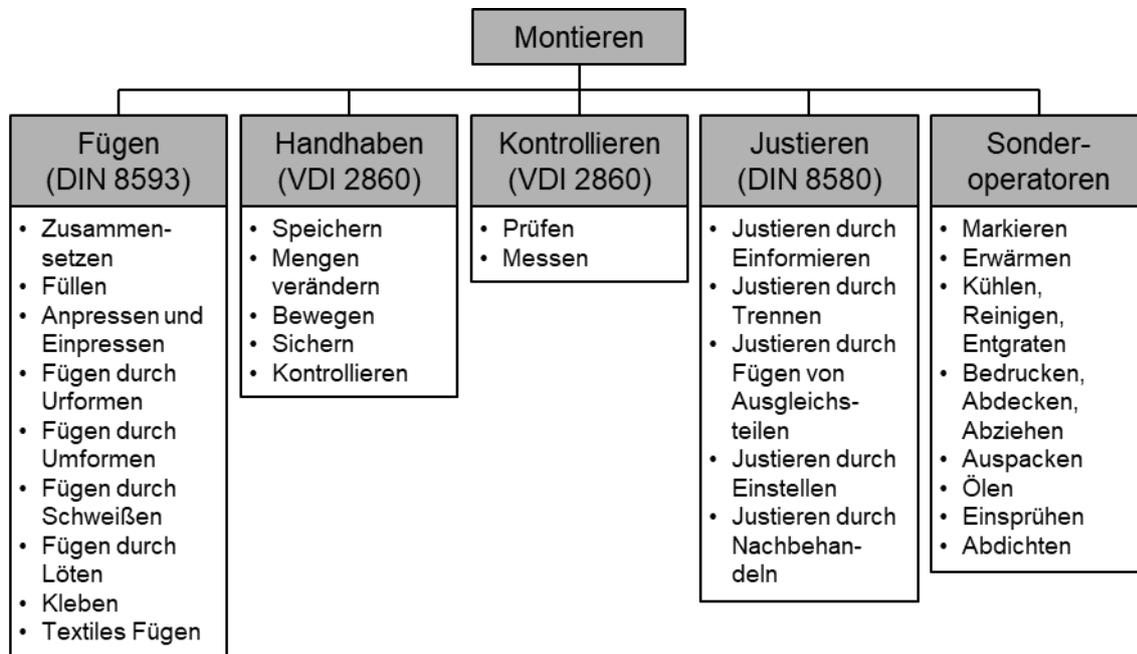


Abbildung 5: Unterteilung von Montagefunktionen (in Anlehnung an LOTTER & WIENDAHL 2012)

Damit stellt die Montage – neben den drei Subsystemen Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung – ein weiteres Teilsystem der ganzheitlichen Produktion dar (WIENDAHL 2010), welches mithilfe zuvor festgelegter Funktionen ein System höherer Komplexität erzeugt (WARNECKE 1996).

Zudem unterliegt die manuelle Montage, wie die ganzheitliche Produktion im Allgemeinen, gewissen Kennzahlen, mithilfe derer eine Vergleichbarkeit je Zeiteinheit ermöglicht wird (EVERSHEIM 1996, SPUR & HELLWIG 1986). Nach LOTTER & WIENDAHL (2012) und EVERSHEIM (1996) sind die zwei Hauptkriterien zur Messung und Vergleichbarkeit der Montage die Qualität sowie die Produktivität. Die Qualität bezieht sich hierbei auf die technische Fehlerrate der produzierten respektive montierten Bauteile (SPUR & HELLWIG 1986). Die Produktivität hingegen bezieht sich auf die kombinatorische Leistung des Menschen, welche mit dem vorhandenen Produktionssystem abrufbar ist (SCHMIDTKE 1993, BLOHM ET AL. 1997). Somit kann die Produktivität auch als Leistungsgrad bezeichnet werden (SCHMIDTKE 1993).

2.2.2 Belastung und Beanspruchung in der manuellen Montage

Das im Rahmen der Ergonomie oftmals zitierte und im Bereich der manuellen Montage angewandte Belastungs-Beanspruchungsmodell nach WIRTZ (2010) dient als Analysegrundlage der Situation von Montagemitarbeitern im heutigen Produktionsumfeld. Basierend auf der Division von personenneutralen objektiven und personenspezifischen subjektiven Beanspruchungen kann die Belastung als Gesamtheit aller Einwirkungen aus Arbeitsgegenstand, -umwelt und -mittel auf den physiologischen oder psychologischen Zustand einer Person im Arbeitsvollzug beschrieben werden (WIRTZ 2010). Dabei setzt sich die Beanspruchung einerseits aus der Belastungsdauer und andererseits aus der Belastungshöhe zusammen. Dem lassen sich die mitarbeiterindividuellen physischen und psychischen Eigenschaften gegenüberstellen, welche die resultierende Beanspruchung des Menschen entweder in Balance (mittig) halten oder entsprechend in Unterforderung (rechts) bzw. Überforderung (links) ausschlagen (WIRTZ 2010). Abbildung 6 zeigt mithilfe einer Federwaagen-Analogie modellhaft die jeweiligen Beanspruchungsmöglichkeiten.

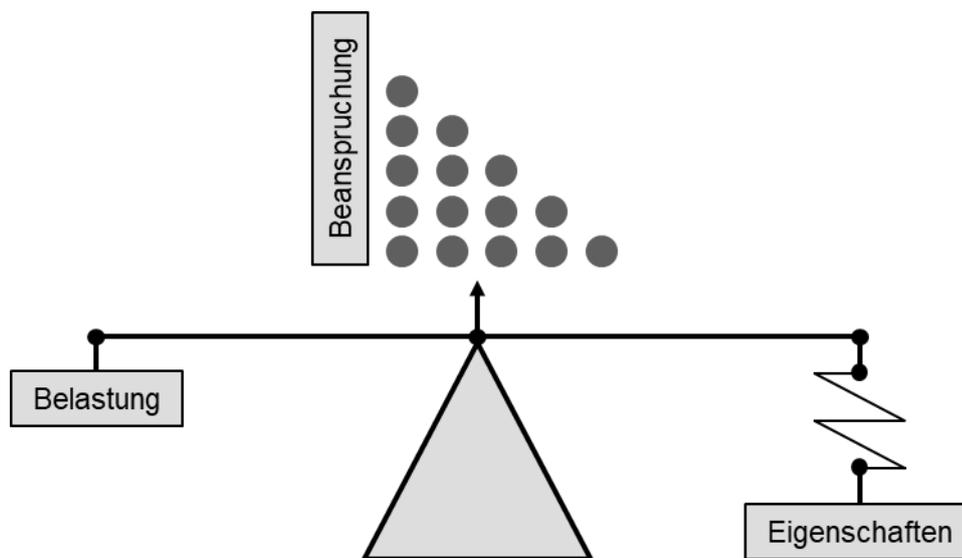


Abbildung 6: Federwaagen-Analogie des Belastungs-Beanspruchungsmodells (in Anlehnung an WIRTZ 2010)

2.2.2.1 Objektive Belastungsfaktoren

Als objektive Belastungsfaktoren werden auf der einen Seite die physischen Beanspruchungen und auf der anderen Seite die psychischen Belastungsfaktoren in der manuellen Montage angesehen (SCHMIDTKE 1993). Die physischen Belastungen umfassen dabei die Arbeitshaltung sowie die Wiederholung von Handgriffen und die damit einhergehende Auswirkung auf Regionen des restlichen Körpers (LOTTER & SCHILLING 1994). Demgegenüber werden unter den psychischen Belastungen die häufigen, mehrstündigen Wiederholungen der Arbeitsaufgaben unter Zeitdruck sowie der Anspruch auf Fehlerfreiheit, die Auswirkungen der Schichtarbeit auf die zirkadiane Rhythmik und die oftmals unsichere Beschäftigungslage sowie die soziale Stellung des Mitarbeiters im Unternehmen verstanden (HETTINGER ET AL. 1993).

2.2.2.2 Subjektive Belastungsfaktoren

Neben den objektiven Belastungsfaktoren, welche durch die Tätigkeiten in der manuellen Montage vorhanden sind, beeinflussen subjektive Belastungsfaktoren in Form individueller menschlicher Eigenschaften die Ausprägung der Beanspruchung (SCHMIDTKE 1993). Der Begriff der individuellen menschlichen Eigenschaft ist als menschliches Leistungsangebot definiert und lässt sich nach SCHMIDTKE (1993) in die beiden Teilbereiche sachliche und menschliche Leistungsvoraussetzung unterteilen. Die sachliche Leistungsvoraussetzung umfasst die technischen und organisatorischen Vorbedingungen des Arbeitsumfelds, während die menschliche Leistungsvoraussetzung die Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft des Individuums betrachtet (vgl. Abbildung 7).

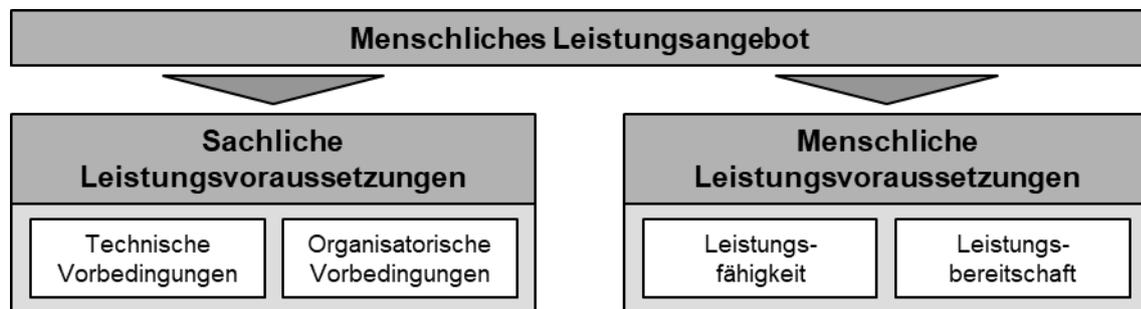


Abbildung 7: Zusammensetzung des menschlichen Leistungsangebotes (in Anlehnung an SCHMIDTKE 1993)

Betrachtet man die menschliche Leistungsvoraussetzung detaillierter, lässt sich die Leistungsfähigkeit laut SCHMIDTKE (1993) als „*die Summe der individuellen Faktoren bezeichnen, die als angeborene Persönlichkeitsmerkmale oder als erworbene Fertigkeiten den Menschen zur Realisierung einer definierten Aufgabe qualifizieren*“ (SCHMIDTKE 1993, S. 111). Somit ist der Begriff ein Indikator für das personengebundene maximal zur Verfügung stehende Leistungspotenzial (BLOHM ET AL. 1997). Demgegenüber bezeichnet die Leistungsbereitschaft das Ausmaß der menschlichen Fähigkeit, dieses Potenzial unter bestimmten Gegebenheiten zu aktivieren und einzusetzen (FLETCHER ET AL. 2008).

2.3 Kognitive Assistenzsysteme

2.3.1 Begriffsklärung

Seit im Jahre 2011 der Begriff der „vierten industriellen Revolution“, kurz Industrie 4.0, den Start der Digitalisierung in Industrieunternehmen offiziell eingeleitet hat, gibt es einige Entwicklungsansätze, um die Belastung in der manuellen Montage sowohl physischer als auch psychischer Natur zu reduzieren (BAUERNHANSL ET AL. 2014). Ein wesentlicher Begriff im Zusammenhang mit dieser Entwicklung sind die „Assistenzsysteme“. Der Begriff „Assistenz“ (lat. assistere: herantreten; engl. to assist: unterstützen) wird im deutschen Sprachraum in erster Linie für die Hilfe oder den Beistand verwendet (KLUGE 1989). Beide Begriffsbeschreibungen charakterisieren die Unterstützung des Menschen durch ein Hilfsmittel.

Die Erweiterung der „Assistenz“ um den Begriff des „Systems“ definiert die DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN E.V. (2016) im Rahmen der industriellen Digitalisierung wie folgt: „*Solche sowohl aus Software als auch aus Hardware bestehenden Systeme unterstützen den Menschen bei der Bewältigung seiner Aufgaben, indem sie ihm assistieren. Diese Hilfe kann beispielsweise in der Vorbereitung der Entscheidungsfindung bei Planungsproblemen (wie im Fall logistischer Assistenzsysteme) bestehen oder bei der ereignisbasierten Unterstützung der operativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mithilfe mobiler smarter Endgeräte erfolgen.*“ (ACATECH 2016, S. 45). Diese Definition von Assistenzsystemen umfasst zunächst sowohl die physische als auch die psychische Unterstützung des Mitarbeiters. Daher ist es an dieser Stelle notwendig, eine weitere Begriffsdefinition zur Differenzierung des Überbegriffs „Assistenzsysteme“ vorzunehmen.

2 Grundlagen

Nach BENGLER ET AL. (2017) gibt es folgende Teilsysteme: „*Unter (Mitarbeiter-) Assistenzsystemen können jegliche Systeme verstanden werden, die den Mitarbeiter bei seinen Handlungen unterstützen. Dabei können sie die Informations-, Entscheidungs- und Ausführungsebene adressieren, wobei Wahrnehmungs- und Entscheidungsassistenzsysteme als kognitive Unterstützung und Ausführungsassistenzsysteme als physische Unterstützung verstanden werden*“ (BENGLER ET AL. 2017, S. 57). Mithilfe dieses Betrachtungsansatzes ist eine eindeutige Definition von kognitiven sowie physischen Assistenzsystemen möglich. Abbildung 8 zeigt graphisch die Differenzierung von kognitiven und physischen Assistenzsystemen.

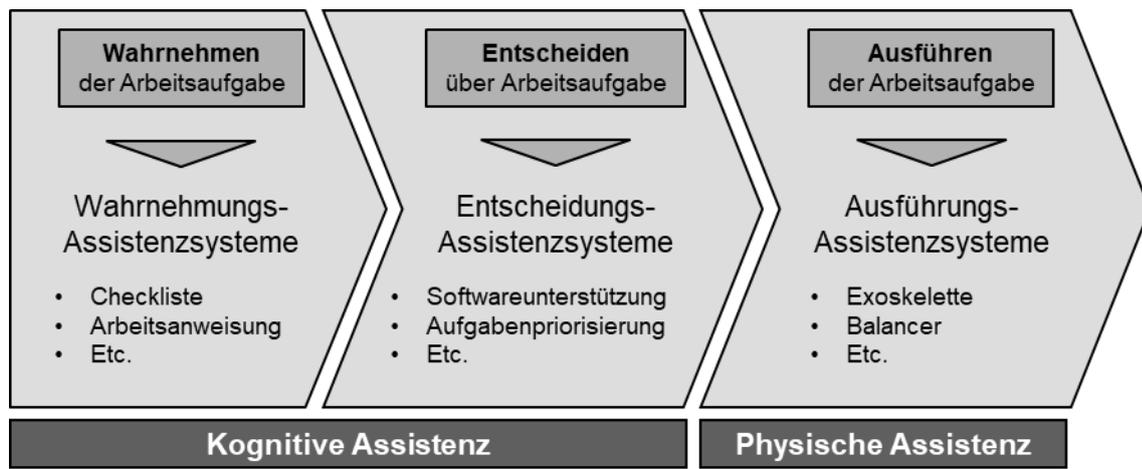


Abbildung 8: Differenzierung der Assistenzsysteme in Abhängigkeit der Handlungsregulation (in Anlehnung an BENGLER ET AL. 2017)

Da die vorliegende Arbeit die Entwicklung eines Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage zum Ziel hat, werden die Automatisierung und die damit eng verbundenen physischen Assistenzsysteme nicht weiter detailliert. Jedoch bedarf es für die nachfolgende Entwicklung weiterer Definitionen im Bereich der kognitiven Assistenzsysteme. Zunächst ist festzuhalten, dass der Begriff „kognitive Assistenzsysteme“ in der Wissenschaft ebenfalls durch die Synonyme „digitale Assistenzsysteme“ (REINHART ET AL. 2009, HOLD ET AL. 2016, APT ET AL. 2018) sowie „informatrische Assistenzsysteme“ (JESKE & LENNINGS 2016, BORNEWASSER ET AL. 2018) beschrieben wird. Darüber hinaus untergliedern VON LIPINSKI ET AL. (2015) sowie ZÄH ET AL. (2007) kognitive Assistenzsysteme, aufgrund ihrer eigenständigen Reaktionsfähigkeit auf unvorhergesehene Ereignisse, in weitere Bereiche, abhängig vom jeweiligen Intelligenzumfang.

Des Weiteren hat MERKEL (2021) seine Definition von kognitiven Assistenzsystemen als „*IT-Systeme, bestehend aus Hardware- und Softwarekomponenten, die Produktionsmitarbeiter durch die Aufnahme, Verarbeitung und Ausgabe von Informationen bei einem oder mehreren Zielen einer definierten Arbeitsaufgabe unterstützen*“ (MERKEL 2021, S. 18) um drei Kriterien erweitert: 1. Mitarbeiterunterstützung mit einem konkreten Ziel ohne Vollautomatisierung, 2. Unterstützungsrahmen umfasst die Aufnahme, Verarbeitung und Ausgabe von Informationen, 3. Assistenzsystembestandteile sind Hard- und Softwarekomponenten (MERKEL 2021). Basierend auf der erweiterten Definition nach MERKEL (2021) wird in der folgenden Arbeit von kognitiven Assistenzsystemen gesprochen.

2.3.2 Grundlagen kognitiver Assistenzsysteme

2.3.2.1 Beanspruchung menschlicher Sinne

Mitarbeiter können auf unterschiedlichste Weise mit kognitiven Assistenzsystemen interagieren (TEUBNER 2021). In Abhängigkeit von den jeweiligen Arbeitsaufgaben und der dafür benötigten Unterstützung gilt es, die einzusetzende Technologie und die damit einhergehende sinnesspezifische Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu definieren (KLEINEBERG ET AL. 2017). Im Rahmen von Montagetätigkeiten stehen drei der vier menschlichen Sinne im Vordergrund. Aufgrund der fehlenden Relevanz für die Montage wird auf den Geruchs- und Geschmackssinn nicht weiter eingegangen, jedoch kann der Mensch mittels Sehen (Optik), Hören (Akustik) und Fühlen (Haptik) mithilfe der entsprechenden Technologien Informationen in das kognitive Assistenzsystem eingeben bzw. Informationen vom kognitiven Assistenzsystem erhalten (SOCHOR ET AL. 2019A).

2.3.2.2 Mensch-Maschine-Schnittstelle

Der Einsatz kognitiver Assistenzsysteme im allgemeinen Produktionskontext und speziell in der manuellen Montage basiert nach SCHLICK ET AL. (2018) auf dem dreistufigen Modell 1. der maschinellen Informationsausgabe, 2. der anschließenden menschlichen Informationsaufnahme und Verarbeitung sowie 3. der abschließenden Informationseingabe und Rückkopplung ausgehend vom Menschen in die Maschine. Die mit diesem Informationskreislauf einhergehende Interaktion zwischen dem Menschen und der Maschine wird als „Mensch-Maschine-Schnittstelle“ bezeichnet (engl.: Human-Machine Interface; abgekürzt: HMI).

2 Grundlagen

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle wird durch die Norm DIN EN ISO 9241-110 allgemein als *„alle Bestandteile eines interaktiven Systems, 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, S. 7) definiert. Die Bezeichnung „interaktive Systeme“ umfasst hierbei alle Systeme bestehend aus einer Hard- und Softwarekombinatorik, wodurch kognitive Assistenzsysteme inbegriffen sind.

Aufbauend auf der allgemeinen Definition der Mensch-Maschine-Schnittstelle gilt es, im Rahmen der vorliegenden Arbeit insbesondere die gebrauchstaugliche Gestaltung interaktiver Systeme zu betrachten. Denn durch eine menschenzentrierte Gestaltung der Systeme kann ein maximales Maß an Akzeptanz sichergestellt werden (SCHLICK ET AL. 2018, SOCHOR ET AL. 2019B). Der Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme wird anhand der Norm DIN EN ISO 9241-210 beschrieben als *„Herangehensweise bei der Gestaltung und Entwicklung von Systemen, die darauf abzielt, interaktive Systeme gebrauchstauglicher zu machen, indem sie sich auf die Verwendung des Systems konzentriert und Kenntnisse und Techniken aus den Bereichen der Arbeitswissenschaft/Ergonomie und der Gebrauchstauglichkeit anwendet.“* (DIN EN ISO 9241-210, S. 6).

2.4 Anreizsysteme

2.4.1 Begriffsklärung

Der Begriff „Anreiz“ (lat. *instinctus*: Antrieb; engl. *incentive*: Ansporn) steht für die Verstärkung oder die Vermeidung gewisser Verhaltensweisen (ZAUNMÜLLER 2005). Im industriellen Umfeld geht es um den Anreiz der Mitarbeiter, um diese bei der Erreichung der Unternehmensziele zu unterstützen (WILD 1973). Je nach Anreizart und deren Intensität kann auf das Verhalten eines Menschen respektive eines Mitarbeiters Einfluss genommen werden (SAILER 2016). Letztlich werden Anreize dafür verwendet, Ziele schneller zu erreichen oder diese erst zu ermöglichen (WILD 1973). Im Rahmen der wissenschaftlichen Betrachtung von Anreizen wird in der Literatur zumeist von Anreizsystemen gesprochen, da *„mehrere Anreize mit der Funktion von Belohnungen angeboten und so aufeinander abgestimmt werden, dass sie im Wirkverbund erwünschte Verhaltensweisen auslösen und unerwünschte Verhaltensweisen unterdrücken oder zurückdrängen“* (DRUMM 2008, S. 125). Somit wird ein Anreizsystem als *„die Summe aller bewusst gestalteten Arbeitsbedingungen, die bestimmte Verhaltensweisen [...] verstärken, die*

Wahrscheinlichkeit des Auftretens anderer dagegen mindern“ (WILD 1973, S. 47) verstanden.

Grundsätzlich können Anreizsysteme die Leistungsbereitschaft von Mitarbeitern jedoch nur erhöhen, wenn sie die Motive des jeweiligen Individuums aktivieren und dessen Bedürfnisse hinreichend befriedigen (WEHLING 1999, WILD 1973). Im Folgenden werden daher die Grundlagen der menschlichen Motivation vorgestellt.

2.4.2 Grundlagen menschlicher Motivation

Die Wirkung von Anreizsystemen auf den Menschen hängt maßgeblich von dessen ausgelöster Motivation ab (PRZYGODDA 2004, WILD 1973). Der Begriff „Motivation“ (lat. *motivus*: Bewegung auslösend; engl. *motivation*: Beweggrund) beschreibt *„das Produkt aus individuellen Merkmalen von Menschen, ihren Motiven und den Merkmalen einer aktuell wirksamen Situation, in der Anreize auf die Motive einwirken und sie aktivieren“* (NERDINGER ET AL. 2014, S. 421). Somit kann durch die Motivation ein Rückschluss auf Ursachen und Ziele eines bestimmten Verhaltens gezogen werden (NERDINGER ET AL. 2014). Den Beweggrund des menschlichen Verhaltens stellt dabei ein Motiv dar, mit welchem bestimmt werden kann *„worauf ein Mensch seine Aufmerksamkeit lenkt, welche Informationen er in seinem Gedächtnis sucht, welche Denkprobleme er lösen will oder welches Verhalten er ausführt“* (PRZYGODDA 2004, S. 49).

Im Hinblick auf die Funktionsweise der menschlichen Motivation gibt es in der Literatur zahlreiche Modelle und Theorien. Nachfolgend werden die für diese Arbeit relevanten Erläuterungen vorgestellt.

2.4.2.1 Basismodell der Motivation nach Rheinberg

Dem Basismodell der Motivation nach Rheinberg liegt das Motivationsaufkommen durch eine Interaktion zwischen einer Situation und einer Person zugrunde (THIEL 2002). Auf der einen Seite wird im Rahmen dieses Modells die Person mit ihren individuellen Handlungszielen in Form von Motiven betrachtet und auf der anderen Seite das Umfeld in Form einer Situation, in welcher die Handlungen der Person stattfinden (THIEL 2002, HOBLITZ 2015). Abhängig von der Zeitpunktbeurteilung erfährt die Person positive Anreize in Form der Gelegenheit zur Realisierung der Motive oder negative Anreize in Form von Stress, ausgehend von der Situation (HOBLITZ 2015). Je nach Form des Anreizes wird die Person schließlich zu einer Handlung aufgefordert.

2 Grundlagen

Eine Motivation nach Rheinberg findet dann statt, wenn die Motive einer Person durch Anreize in einer Situation aktiviert werden, einem sogenannten „Fit“ (THIEL 2002). Die hierdurch entstehende Motivation hat eine Verhaltensintention zur Folge und bestimmt darüber hinaus auch deren Richtung, Dauer und Intensität (THIEL 2002). Das Funktionsprinzip des Basismodells der Motivation nach Rheinberg ist in Abbildung 9 grafisch dargestellt.

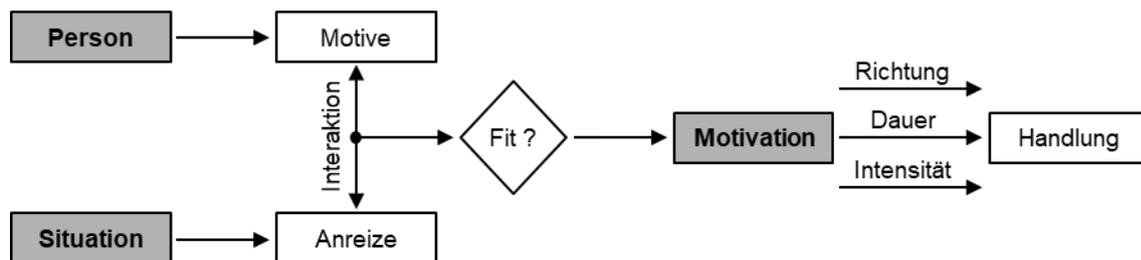


Abbildung 9: Funktionsprinzip des Basismodells der Motivation nach Rheinberg (in Anlehnung an THIEL 2002)

2.4.2.2 Maslowsche Bedürfnispyramide

Der Psychologe Abraham Maslow hat aufbauend auf der Freud'schen Triebtheorie eine Bedürfnispyramide entwickelt, auf deren Basis das menschliche Handeln durch Defizit- oder durch Wachstumsmotive erläutert werden kann (MASLOW 1954). Der Bedürfnispyramide zufolge streben alle Menschen nach einer Bedürfnisbefriedigung entlang einer bestimmten Reihenfolge an Motiven (MASLOW 1954). Die Reihenfolge der Motive ordnet dabei „die Vielzahl von Einzelmotiven und Antrieben einer begrenzten Zahl von elementaren Motiv- bzw. Bedürfnisgruppen“ (ELLER 2014, S. 28) zu. MASLOW (1954) definiert mittels diesem Vorgehen die folgenden fünf Motivklassen der „basic needs“ (MASLOW 1954, S. 19) 1. Physiologische Bedürfnisse, 2. Sicherheitsmotive, 3. Soziale Motive, 4. Ich-Motive und 5. Selbstverwirklichung (MASLOW 1954, NERDINGER 2003). Die vier erstgenannten Bedürfnisklassen bilden die Basis der Pyramide und werden als Defizitmotive bezeichnet, da sie durch Mangelzustände oder Störungen entstehen.

Demgegenüber stellt die fünfte und oberste Bedürfnisklasse ein Wachstumsmotiv dar, wodurch Menschen nach dem erfolgreichen Überwinden der Defizitmotive nach Selbstverwirklichung streben (MASLOW 1954, NERDINGER 2003). ELLER (2014) gibt diesbezüglich zu bedenken, dass „alle Bedürfnisse [...] auch gleichzeitig nebeneinander wirken können – sofern die niederen Bedürfnisse erfüllt bzw. gesättigt sind“ (ELLER 2014, S. 29).

2.4.3 Anreizarten

Anreize als Teil eines Anreizsystems können mittels einer Vielzahl an Systematisierungen geclustert werden. So lassen sie sich beispielsweise nach der Verfahrensvergabe (fix bzw. variabel) oder nach der Empfängeranzahl (Individuum bzw. Gruppe) einteilen (ZAUNMÜLLER 2005). Jedoch stellt ZAUNMÜLLER (2005) fest, dass „in der einschlägigen Literatur [...] eine Klassifizierung nach der Anreizart üblich“ (ZAUNMÜLLER 2005, S. 36) ist. Die für die vorliegende Arbeit relevantesten Anreizklassifizierungen werden nachfolgend vorgestellt.

2.4.3.1 Intrinsische Anreize

Intrinsische (lat. *intrinsicus*: inwendig) Anreize und das hierdurch motivierte Verhalten ist als „*interessensbestimmte Handlung definiert [...], deren Aufrechterhaltung keine vom Handlungsgeschehen separierbaren Konsequenzen erfordert, d. h. keine externen oder intrapsychischen Anstöße, Versprechungen oder Drohungen*“ (DECI & RYAN 1993, S. 225). Somit sind intrinsische Anreize primär abhängig von der Art der Arbeit sowie der Aufgabengestaltung, was zur Folge hat, dass die erarbeiteten Ergebnisse selbst einen Anreiz für den Mitarbeiter darstellen (ZAUNMÜLLER 2005). Hieraus schließt DECI & RYAN (1993), dass intrinsische Anreize zumeist einen immateriellen Charakter besitzen und im Hinblick auf die Bedürfnispyramide maßgebend im Bereich der Wachstumsmotive wiederzufinden sind. BULLINGER ET AL. (2001) nehmen eine weitere Unterteilung intrinsischer Anreize im Arbeitskontext vor und definieren diesbezüglich folgende drei Erlebnismerkmale: 1. das Erleben eines Arbeitsinhaltes, welches durch die Vielfältigkeit, die Ganzheitlichkeit und die Bedeutung der Aufgabe beeinflusst werden kann sowie 2. die erlebte Arbeitsverantwortung, welche personenspezifisch mit steigender Verantwortung erhöht oder gesenkt werden kann und 3. die Kenntnis des Arbeitsergebnisses, was sich durch ein hohes Maß an Transparenz im Arbeitsprozess steigern lässt.

2.4.3.2 Extrinsische Anreize

Eine Motivation, welche durch extrinsische (lat. *extrinsecus*: von außen her) Anreize hervorgerufen wird, resultiert in „*Verhaltensweisen [...] die mit instrumenteller Absicht durchgeführt werden, um eine von der Handlung separierbare Konsequenz zu erlangen*“ (DECI & RYAN 1993, S. 225). Dies bedeutet, dass extrinsische Anreize nicht auf Zielen der Arbeit oder Aufgaben basieren, sondern vielmehr

auf anderweitigen immateriellen oder materiellen Gegebenheiten fußen (SCHIRMER 2016). Deshalb treten extrinsisch motivierte Verhaltensweisen „*in der Regel nicht spontan auf, sie werden vielmehr durch Aufforderungen in Gang gesetzt, deren Befolgung eine (positive) Bekräftigung erwarten lässt, oder die auf andere Weise instrumentelle Funktion besitzt*“ (DECI & RYAN 1993, S. 225). Diesbezüglich nennt SCHIRMER (2016) als mögliche immaterielle Gegebenheiten die Karriereplanung, die Arbeitsbedingungen, die Anerkennung, die Bürogestaltung, das Arbeitsklima oder den Führungsstil. Materielle Gegebenheiten lassen sich in monetär – z. B. Prämien oder Provisionen – und nicht-monetär – z. B. Dienstwagen oder betriebliche Altersvorsorge – unterteilen (ZAUNMÜLLER 2005).

2.4.3.3 Spielerische Anreize

In den vergangenen Jahren ist in einigen Branchen wie beispielsweise dem Gesundheitssektor, dem Einzelhandel oder der Dienstleistung der Bereich der spielerischen Anreize im nicht spielbezogenen Kontext überproportional stark gewachsen (DETERING ET AL. 2011, NORTH 2016). Im Gegensatz zu formalen Anreizsystemen besteht durch den Einsatz von Spieldesignelementen ein großes Potenzial, immaterielle Anreize gezielt einzusetzen und sich deren Motivationsmechanismen zu bedienen (KORN 2014, HENKE & KACZMAREK 2017). Die Aktivierung dieser grundlegenden menschlichen Bedürfnisse durch spielerische Anreize wird „Spielefizierung“ (engl. Gamification) genannt und von DETERING ET AL. (2011) wie folgt definiert: „*Gamification ist die Verwendung von Spieldesignelementen in nicht spielbezogenen Kontexten*“ (DETERING ET AL. 2011, S. 2). Gamification basiert auf dem natürlichen Spieltrieb der Menschen, welcher durch entsprechende Anreize gezielt angesprochen und zur Erreichung eines übergeordneten Ziels verwendet werden kann (HENKE & KACZMAREK 2017). Spielerische Anreize setzen sich dabei aus Prozesselementen wie beispielsweise Punkten oder Levels sowie aus Elementen der Belohnung zusammen und haben primär das Ziel, einem Nutzer ein direktes Feedback über die vorangegangene Handlung zu geben (DETERING ET AL. 2011). Elemente der Belohnung können extrinsische Anreize wie z. B. finanzielle Belohnungen oder Gutscheine sein, aber auch grafische Elemente wie z. B. Trophäen oder die Vergabe von Titeln (WIEGAND & STIEGLITZ 2014). Insbesondere die grafischen Elemente der Belohnung bieten das Potenzial, alle Nutzer des Anreizsystems über die Fähigkeiten, Kenntnisse und Leistungen von einzelnen Mitarbeitern oder Gruppen zu informieren (DETERING ET AL. 2011, KORN 2014).

Die detaillierte Betrachtung des Begriffs „Gamification“ erfordert eine Abgrenzung zu den Begriffen „Ernsthafte Spiele“ (engl. Serious Games) und „Spielerische Interaktion“ (engl. Playful Interaction). CAILLOIS (1960) hat bereits in den 60er Jahren die Klassifizierung der Begriffe mittels der Spielmodi „Ludus“ (CAILLOIS 1960, S. 20) und „Paidia“ (CAILLOIS 1960, S. 20) bzw. „Spielkontext“ (engl. Game context) und „Nicht-Spielkontext“ (engl. Non-game context) durchgeführt. Abbildung 10 zeigt diese Klassifizierung graphisch.

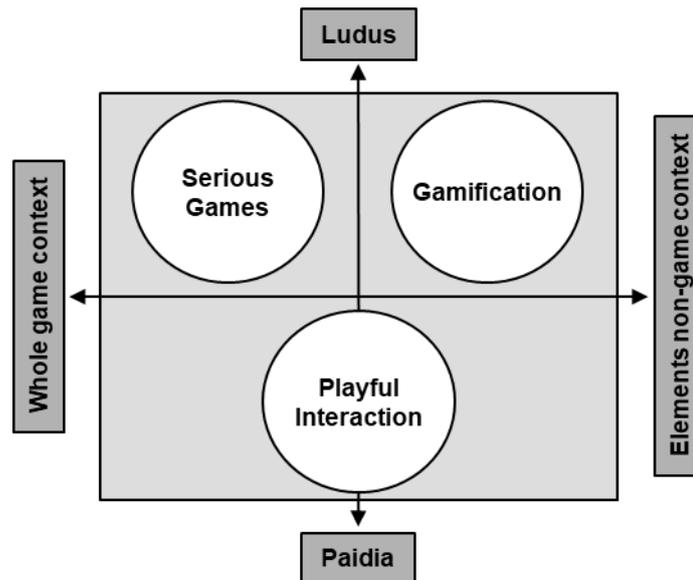


Abbildung 10: Klassifizierungsmatrix bezüglich Serious Games, Gamification und Playful Interaction (in Anlehnung an DETERING ET AL. 2011)

Die in Abbildung 10 gezeigte Klassifizierung nach CAILLOIS (1960) unterteilt die Matrix einerseits mittels der X-Achse in die Bereiche „gesamter Spielkontext“ (engl. Whole game context) sowie „teilweiser Nicht-Spielkontext“ (engl. Elements non-game context), was zur Folge hat, dass sich spielähnliche Systeme gemäß ihrem Umfang und ihrem Kontext messen lassen. Andererseits unterteilt die Y-Achse die Matrix in „Ludus“ und „Paidia“, wobei der Begriff „Ludus“ ein Spiel basierend auf geltenden Regeln erfasst, während „Paidia“ einen Spielmodus ohne Regeln darstellt (DETERING ET AL. 2011, CAILLOIS 1960).

Im Hinblick auf die Einordnung von Playful Interaction, Serious Games und Gamification in der Matrix stellen die beiden letztgenannten, aufgrund der vorhandenen Vorschriften und vordefinierten Zielen, den Spielmodus Ludus dar (DETERING ET AL. 2011, KOCH ET AL. 2013). Ein Unterschied besteht jedoch hinsichtlich der primären Ziele, denn während bei Serious Games das Erlernen neuer Fähigkeiten im Vordergrund steht, ist die Motivation der Nutzer bei Gamification das erklärte

Hauptziel (DETERING ET AL. 2011, KOCH ET AL. 2013). Zudem wird bei Gamification ein Nicht-Spielekontext um Spielelemente zur Anreizgestaltung erweitert, während bei Serious Games neben den Spielelementen der Spielekontext eine tiefere Bedeutung einnimmt (DETERING ET AL. 2011). Bei Playful Interaction ist das Maß an vorhandenen Regeln zumeist sehr gering, jedoch reicht die mögliche Bandbreite entlang der gesamten X-Achse von einem ganzheitlichen Spielekontext bis hin zu einem teilweisen Nicht-Spielekontext (CAILLOIS 1960).

2.5 Wissensmanagement

2.5.1 Begriffsklärung

Der Begriff „Wissen“ (lat. videre: sehen; engl. know: etw. wissen) wird in der Literatur vielfach definiert. Nachfolgend sind die für diese Arbeit relevantesten Definitionen aufgeführt. SEGLER (1985) versteht unter Wissen sehr allumfänglich *„alles, was der jeweilige Akteur zur Generierung von Aktionen, Verhalten, Lösungen etc. verwendet, unabhängig von Rationalität oder Intentionalität der Wissensselemente, also sowohl wissenschaftliche Erkenntnisse und Theorien, praktische Regeln und Techniken, als auch Patentrezepte, Eselsbrücken, Weltbilder, Bräuche, Aberglauben und religiöse und mythische Vorstellungen aller Art“* (SEGLER 1985, S. 138). Ebenso allgemeinbedeutend beschreiben PROBST ET AL. (2012) Wissen als *„die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen“* (PROBST ET AL. 2012, S. 23). Hingegen sieht sich MITTELSTRASS (1990) für eine eindeutige Definition dazu gezwungen, den Begriff „Wissen“ von „Information“ zu differenzieren. Er bezeichnet „Informationen“ als Kenntnisse, welche unter Umständen unbestätigte Meinungen und Glauben widerspiegeln, wohingegen „Wissen“ nach seiner Auffassung begründete und gesicherte Erkenntnisse darstellen.

Basierend auf dieser Differenzierung knüpft SCHREYÖGG & GEIGER (2002) den Begriff „Wissen“ an folgende drei Eigenschaften: 1. bei Wissen handelt es sich um eine Aussage, 2. die Aussage muss begründet sein und 3. die Begründung fußt auf einem anerkannten Prüfverfahren und stellt somit die Wahrheit und Erkenntnis sicher (PAUSE 2017).

Eine Begriffserweiterung von „Wissen“ zu „Wissensmanagement“ nimmt unter anderem NORTH (2016) vor und definiert dies als wissensorientierte Unternehmensführung, was wiederum bedeutet *“die Ressource Wissen einzusetzen, um einerseits die Effizienz zu steigern, andererseits die Qualität des Wettbewerbs zu verändern. Ziel wissensorientierter Unternehmensführung ist es, aus Informationen Wissen zu generieren und dieses Wissen in nachhaltige Wettbewerbsvorteile umzusetzen, die als Geschäftserfolg messbar werden“* (NORTH 2016, S. 10). PROBST ET AL. (2012) nennen als weitere Zielsetzung des Wissensmanagements, insbesondere durch den exponentiellen Anstieg der Ressource Wissen u. a. durch das Internet, dass es Nutzern jederzeit und effizient möglich sein soll, an qualitativ hochwertige Informationen zu gelangen.

2.5.2 Bausteine des Wissensmanagements

In der Literatur wird der Gesamtprozess des Wissensmanagements in die drei Teilbereiche 1. normativer Wissensprozess, 2. strategischer Wissensprozess und 3. operativer Wissensprozess unterteilt (PROBST ET AL. 2012). Diese Teilbereiche sind nach PROBST ET AL. (2012) notwendig, um eine ganzheitliche Betrachtung des Wissensmanagements gewährleisten zu können. Dabei umfasst der normative Wissensprozess eine innovative und wissensbewusste Unternehmenskultur mit einem vom mittleren und oberen Management engagiert verfolgten Wissensleitbild (PAUSE 2017). Unter dem strategischen Wissensprozess wird nach PAUSE (2017) die *„Festlegung des zukünftigen Kompetenzportfolios zur Abgrenzung von der Konkurrenz“* (PAUSE 2017, S. 29) verstanden. Neben dem strategischen Wissensprozess ist der operative Wissensprozess für die manuelle Montage von besonderer Bedeutung. Dieser Teilprozess des Wissensmanagements *„beinhaltet insbesondere die Vernetzung von Informationen zu Wissen, Können und Handeln. [...] Hierbei kommt der Überführung von implizitem in explizites Wissen und umgekehrt große Bedeutung zu. [...] Operatives Wissensmanagement hat daher auch die Aufgabe, Rahmenbedingungen zu schaffen, die Anreize für Wissensaufbau, -teilung und -nutzung bieten“* (SAMMER & BORNEMANN 2002, S. VI).

Aufgrund der hohen Relevanz des strategischen als auch des operativen Wissensprozesses für die vorliegende Arbeit wird nachfolgend detaillierter auf diese Prozesse eingegangen. PROBST ET AL. (2012) untergliedern die beiden Teilprozesse weiter, indem sie den Teilprozessen jeweils gewisse Wissensbausteine zuweisen und miteinander verknüpfen. Hierdurch entsteht die in Abbildung 11 gezeigte Detaillierung sowie die damit einhergehende Vernetzung des strategischen und operativen Wissensprozesses.

2 Grundlagen

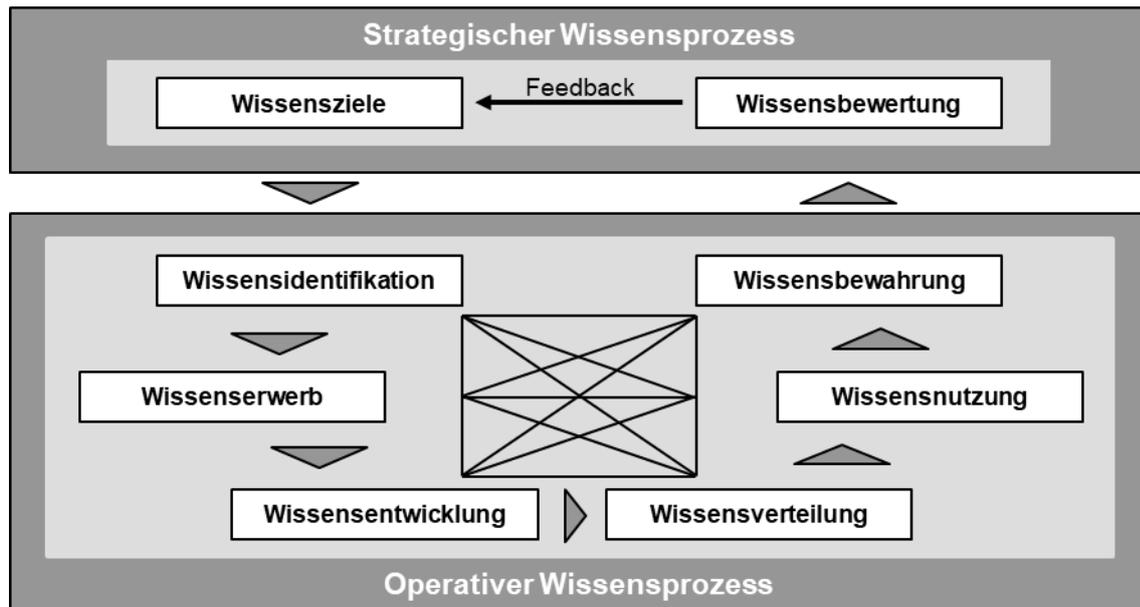


Abbildung 11: Bausteine des strategischen und operativen Wissensprozesses (in Anlehnung an PROBST ET AL. 2012)

Wie aus Abbildung 11 zu entnehmen ist, besteht der strategische Wissensprozess aus den Bausteinen Wissensziele und Wissensbewertung (PROBST ET AL. 2012). Dahingegen werden dem operativen Wissensprozess die Bausteine Wissensidentifikation, Wissenserwerb, Wissensentwicklung, Wissensverteilung, Wissensnutzung und Wissensbewertung zugewiesen (PROBST ET AL. 2012).

Die Wissensziele ergänzen die übergeordneten Unternehmensziele im Hinblick auf den Umgang mit Wissen und nehmen aus Sicht des St. Galler Managementmodells Einfluss auf die Unternehmenspolitik, die Unternehmensverfassung und die Unternehmenskultur (PIETSCH 2009). Sie sind vom Management festzulegen und durch die verschiedenen Führungsebenen eines Unternehmens hindurch an die Mitarbeiter zu kommunizieren. Die Wissensidentifikation stellt ein Maß für den aufzubringenden Aufwand zur Erlangung unternehmensinternen Wissens dar (PROBST ET AL. 2012). Durch eine hohe Transparenz gepaart mit einer technischen Unterstützung kann die Wissensidentifikation erheblich erleichtert werden. Der Wissenserwerb umfasst nach PROBST ET AL. (2012) die Anreicherung unternehmensinternen Wissens durch den Erwerb von externen Unternehmensinformationen. Dies umfasst den Erwerb von Wissen durch externe Kontakte bis hin zur Rekrutierung von externen Knowhow-Trägern. Die Wissensentwicklung beschäftigt sich hingegen mit der nachhaltigen Sicherung von unternehmensinternem Knowhow und dem daraus resultierenden Wissensgewinn (PROBST ET AL. 2012). Gebräuchliche Instrumente hierfür sind Teamarbeit und Lessons learned

(PAUSE 2017, EVERSHEIM 1996). Anschließend gilt es das intern sowie extern erworbene und gesicherte Wissen im Unternehmen zu verteilen, was im Baustein Wissensverteilung betrachtet wird. PAUSE (2017) stellt hierfür einerseits Lösungen wie Workflow- und Groupwaresysteme, andererseits Wissensnetzwerke und Job-Rotation vor. Aufbauend auf der Wissensverteilung gilt es, die Wissensnutzung sicherzustellen. PROBST ET AL. (2012) bezeichnen dies als „*produktiven Einsatz von [...] Wissen zum Nutzen des Unternehmens*“ (PROBST ET AL. 2012, S. 32), woraufhin PAUSE (2017) die möglichen Hilfsmittel wie Space Management, Training-on-the-job oder Hypertext-Verknüpfungen nennt. Den abschließenden Baustein im operativen Wissensprozess bildet die Wissensbewahrung. Dieser Schritt umfasst das Vorgehen zur Filterung und Speicherung relevanten Wissens sowohl auf menschlicher als auch auf technischer Ebene. Aufbauend auf der Wissensbewahrung folgt nach PROBST ET AL. (2012) die Wissensbewertung im strategischen Wissensprozess. Hierunter fallen Kontrollfunktionen, die ein Erreichen der Wissensziele messbar machen. PAUSE (2017) stellt jedoch fest, dass es „*für die quantitative Messung [...] zurzeit keine anerkannten Lösungsvorschläge*“ (PAUSE 2017, S. 32) gibt.

2.5.3 Wissensarten

Neben den Begriffsdefinitionen „Wissen“ sowie „Wissensmanagement“ und deren Abgrenzungen wird in der Literatur zudem die Differenzierung des Wissens in die möglichen vorliegenden Arten vorgenommen. Im Folgenden werden die Wissensarten implizites und explizites Wissen sowie kollektives und individuelles Wissen definiert und differenziert.

2.5.3.1 Implizites und explizites Wissen

Wissen kann beim Menschen in den Formen implizit (Erfahrung) oder explizit (Information) vorliegen (POLANYI 2009). Die begriffliche Unterteilung lässt sich u. a. auf POLANYI (2009) zurückführen, der die Meinung vertritt „*dass wir mehr wissen, als wir zu sagen wissen*“ (POLANYI 2009, S. 4).

Das implizite Wissen beschreibt das persönliche Wissen im Kopf eines Individuums (POLANYI 2009). Dieses Wissen ist gar nicht oder nur schwer durch direkten face-to-face-Kontakt vermittelbar (KATENKAMP 2011). Aus Sicht von NONAKA & TAKEUCHI (1997) setzt sich das implizite Wissen eines Individuums aus einem technischen und einem kognitiven Bestandteil zusammen. Unter der technischen

2 Grundlagen

Komponente wird „*konkretes Know-how, handwerkliches Geschick und Fertigkeiten*“ (NONAKA & TAKEUCHI 1997, S. 72) verstanden. Dahingegen umfasst der kognitive Bestandteil „*Bilder und Visionen, die sich jemand von der Realität und der Zukunft macht: was ist und was sein sollte*“ (NONAKA & TAKEUCHI 1997, S. 73).

Im Gegensatz zum impliziten Wissen kann explizites Wissen einfach in Worte gefasst werden und ist somit dafür geeignet, in Informations- und Kommunikationstechnologien aufgenommen, übertragen, gespeichert und geteilt (NORTH 2016) zu werden.

2.5.3.2 Kollektiv- und Individualwissen

Neben der zuvor beschriebenen Unterscheidung des Wissens anhand von Erfahrung und Information eines Individuums kann anhand von Wissensträgern eine weitere Differenzierung durchgeführt werden. Besitzt eine Person gesicherte Erkenntnisse, welche nur dieser als Problemlösung zur Verfügung stehen, handelt es sich um individuelles Wissen (BROSSMANN & MÖDINGER 2011). Steht das Wissen hingegen mehreren Personen bis hin zur gesamten Organisation zur Verfügung, wird von kollektivem Wissen gesprochen (BROSSMANN & MÖDINGER 2011).

HAMBACH (2019) führt in seiner Arbeit auf, dass „*sich in der Literatur zwei Gruppen von Vertretern identifizieren lassen, die sich durch ihre favorisierte Definition des Wissensbegriffs unterscheiden*“ (HAMBACH 2019, S. 14). So sind beispielsweise SCHREYÖGG & GEIGER (2002) Vertreter der Gruppe des kollektiven Wissens mit der Ansicht, dass „*Wissen tatsächlich explizit abgebildet, kommuniziert und damit von mehreren Individuen einer Organisation angewendet werden kann*“ (HAMBACH 2019, S. 14). Demgegenüber ist die zweite Gruppe der Auffassung „*Wissen ergibt sich [...] aus der erfahrungsbasierten und kontextbezogenen Interpretation der Informationen. Diese Interpretation führt bei jedem Individuum zu einer unterschiedlichen und damit subjektiven Erkenntnis, die nicht explizit abbildbar ist*“ (HAMBACH 2019, S. 14).

2.5.4 Wissenstransfer

Aufbauend auf den zuvor betrachteten Wissensarten gilt es nun, den Wissenstransferprozess und die damit einhergehende definierte Weitergabe ausgehend von sogenannten Wissenssendern hin zu Wissensempfängern zu betrachten. Der Wissenstransfer ist „*kein Selbstzweck. Der Aufbau und Austausch von Wissen*

dient dazu, die Handlungsfähigkeit von Personen, Teams und Organisationen sicherzustellen“ (ACKERMANN ET AL., S. 1). Grundlegend besteht der Wissenstransferprozess aus einem zum Austausch befähigten und gewillten Wissenssender sowie einem Wissensempfänger, der ebenfalls fähig ist, ihm zukommende Informationen aufzunehmen und zu verarbeiten. Der Prozessablauf, wie in Abbildung 12 dargestellt, sieht zu Beginn eine vom Wissenssender entsendete Information in Richtung Wissensempfänger vor. Der Wissensempfänger nimmt die ihm zugesendete Information auf und verarbeitet diese zu einer Problemlösungsfähigkeit. Diese Problemlösungsfähigkeit kommt zu den bereits vorhandenen Fähigkeiten des Empfängers hinzu und kann bestenfalls durch die richtige Verknüpfung zu einem besseren Problemlösungsverhalten führen als dies der ursprüngliche Wissenssender besitzt (BLUT & KENNING 2005).

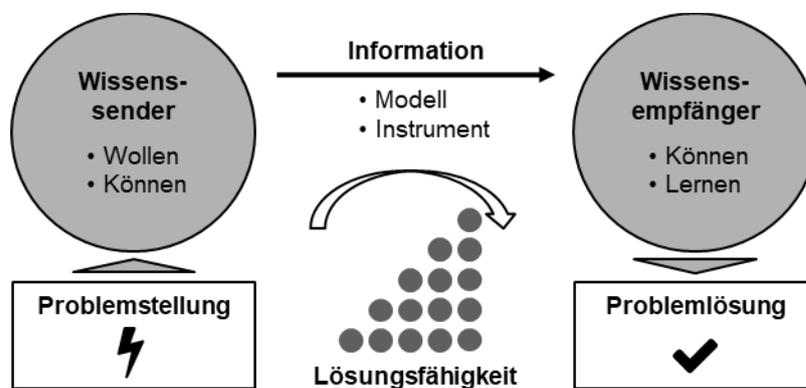


Abbildung 12: Ablaufschema des Wissenstransferprozesses (in Anlehnung an BLUT & KENNING 2005)

2.6 Softwarearchitektur

2.6.1 Begriffsklärung

Eine Architektur (lat. architectura: Baukunst; engl. architecture: Architektur) beschreibt im Allgemeinen eine Struktur zur Realisierung von Funktionalitäten. Der Begriff wird zumeist in den Bereichen Bauwesen und Informatik verwendet. KOLBERG (2018) definiert die Architektur als „zwei Sichten auf ein System: Zum einen beschreibt sie die für das Schaffen eines Mehrwerts, also eine Funktion, notwendigen Komponenten, zum anderen beschreibt sie deren Form, im Besonderen die Zusammenstellung der Komponenten“ (KOLBERG 2018, S. 8). Hieraus lässt sich ableiten, dass „die Architektur [...] im Wesentlichen die nicht-funktionale Qualität eines Systems“ (KOLBERG 2018, S. 8) darstellt. Im Kontext der für diese Arbeit

relevanten Informatik bedeutet dies, dass eine Architektur Bestandteile eines Systems und deren Beziehungen beschreibt (GOLL 2014). Als Bestandteile eines Systems werden sowohl die inner- als auch überbetrieblichen Softwaresysteme verstanden, welche mithilfe geeigneter Modelle hierarchisch untergliedert werden können (MEUDT ET AL. 2017). Aufgrund der hierarchischen Anordnung und der damit einhergehenden Aufgabenteilung zwischen den Softwaresystemen bedarf es zur übergeordneten Bewältigung von Aufgaben einer entsprechenden Vernetzung sowie eines Austauschs von Informationen (MEUDT ET AL. 2017). Dieser Sachverhalt wird als Beziehungen zwischen Systemen bezeichnet und definiert die Informationsflüsse durch entsprechende Notationen (METTERNICH ET AL. 2018).

Im Folgenden wird detailliert auf die hierarchische Untergliederung von Softwaresystemen sowie die Beschreibung von Informationsflüssen eingegangen.

2.6.2 Automatisierungspyramide

Für die vorliegende Arbeit und deren Fokussierung auf die Vernetzung der manuellen Montage sind insbesondere die innerbetrieblichen Softwaresysteme von Relevanz. Hinsichtlich deren hierarchischen Untergliederung wurden in den letzten Jahren und Jahrzehnten verschiedene Modelle entwickelt (FORSTNER & DÜMMLER 2014). Dabei basieren die Weiterentwicklungen auf der Automatisierungspyramide, welche „für die Beschreibung von automatisierten Fertigungslinien und Anlagen in der Produktion eine weitverbreitete Architektur“ (KOLBERG 2018, S. 9) ist. Die Vernetzung und Kommunikation in der Produktion wurde maßgeblich durch die Einführung der Automatisierungspyramide mitgestaltet (KLEINEMEIER 2014). Die DIN EN 62264 mit dem Titel „Integration von Unternehmens-EDV und Leitsystemen“ basiert auf der Automatisierungspyramide nach SIEPMANN (2016) und umfasst Definitionen hinsichtlich der Vernetzung von geschäftsprozessrelevanten mit produktionssteuernden Softwaresystemen (MEUDT ET AL. 2017, DIN EN 62264). Aufgrund der vielfachen Verwendung in der Literatur sowie der Relevanz für die Normreihe DIN EN 62264 wird nachfolgend die Automatisierungspyramide nach SIEPMANN (2016) detailliert betrachtet.

Die Automatisierungspyramide nach SIEPMANN (2016) gliedert sich in die sechs Levels: Prozessebene, Feldebene, Steuerungsebene, Prozessleitebene, Betriebsebene und Unternehmensebene. Der Informationsfluss findet bidirektional sowohl innerhalb der Levels (waagrecht) als auch levelübergreifend (senkrecht) statt (MEUDT ET AL. 2017, ADOLPHS ET AL. 2016). Die Prozessebene (Level 0) umfasst

dabei den Produktionsprozess sowie die Fertigung und ist für die Erfassung, Speicherung und Weitergabe von Informationen hinsichtlich der Produkteigenschaften und des aktuellen Produktionsfortschritts zuständig (MEUDT ET AL. 2017, GÜNTNER ET AL. 2010). Die Feldebene (Level 1) erfasst einerseits produktionsrelevante Ein- und Ausgangssignale mithilfe von z. B. Sensoren und prägt andererseits dem Produktionsprozess Informationen mittels z. B. Aktoren auf (MEUDT ET AL. 2017). Übermittelte Sensordaten aus der Feldebene dienen in der Steuerungsebene (Level 2) zunächst Rechenmaschinen wie z. B. speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) als Eingangssignale, um hierauf basierend einen Soll-Ist-Abgleich durchführen zu können (SIEPMANN 2016) und anschließend die Ergebnisse in Form von Steuerungs- bzw. Regelungssignalen an die Feldebene zurücksenden zu können (MEUDT ET AL. 2017). Die Prozessleitebene (Level 3) erfasst sämtliche zur Verfügung stehenden Informationen aus den sich darunter befindenden Levels und gibt diese als Mensch-Maschine-Schnittstelle in Form von Prozessleit-, Computer-Aided (CAx)- oder Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)-Systemen aus. Die Produktionsplanung und -steuerung (PPS) ist Aufgabe der Betriebsebene (Level 4). Dies umfasst die Planung des Material-, Personal-, und Maschineneinsatzes sowie die Extraktion von Arbeitsplänen ausgehend von Stücklisten und Fertigungsaufträgen (MEUDT ET AL. 2017). Das sogenannte Manufacturing Execution System (MES) stellt als Hauptelement der Betriebsebene das Bindeglied zwischen der Maschinensteuerung und der Unternehmensebene dar (SIEPMANN 2016). Die Unternehmensebene (Level 5), auch Topfloor genannt, ist für die unternehmensweite Planung der Produktion zuständig. Das Enterprise Resource Planning (ERP)-System kann, als Hauptelement der Unternehmensebene, auf die übermittelten Eingangsdaten des MES zurückgreifen und stellt das Hauptsteuerungssystem eines Unternehmens dar (SIEPMANN 2016).

2.6.3 Notationsmodelle

Mithilfe der Automatisierungspyramide können innerbetriebliche Softwaresysteme in Abhängigkeit von ihrem Aufgabenspektrum geclustert werden, jedoch gibt sie keinen Aufschluss über den bidirektionalen Informationsfluss innerhalb der Level oder levelübergreifend (TACQUARD & MARTINEAU 2001, ADOLPHS ET AL. 2016). Deshalb gilt es mittels Notationen die benötigten Schnittstellen zwischen den Systemen sowie die damit einhergehenden Informationsflüsse zu definieren (ADOLPHS ET AL. 2016). Die Notation stellt laut Duden ein „*System von Zeichen oder Symbolen in einer Metasprache*“ (DUDEN 2020) dar. Für den Bereich der Informatik detailliert ALLWEYER (2020) diese Definition, wodurch Notationen

festlegen „mit welchen Symbolen die verschiedenen Elemente von Prozessen dargestellt werden, was sie genau bedeuten und wie sie miteinander kombiniert werden können“ (ALLWEYER 2020, S. 9). Durch die einheitliche Verwendung von Notationen wird es ermöglicht „Prozesse systematisch zu analysieren oder ihr dynamisches Verhalten zu simulieren“ (ALLWEYER 2020, S. 9). Für die Notation innerbetrieblicher Softwaresysteme wird in der Literatur zumeist auf die Systems Modeling Language (SysML) zurückgegriffen (HAUSLADEN 2014, OMG 2010).

2.7 Fazit

In diesem Kapitel wurden die für diese Arbeit relevanten Grundlagen in den Bereichen der Montage, der Anreizsysteme, des Wissensmanagements sowie der Softwarearchitektur vorgestellt. Zunächst erläutert Abschnitt 2.2 die Grundlagen der manuellen Montage, um darauf aufbauend in Abschnitt 2.3 den digitalen Wandel durch den Einsatz von Assistenzsystemen zu betrachten. Hierbei wird der Fokus auf kognitive Assistenzsysteme und deren Differenzierungsmerkmale sowie die damit einhergehende Mensch-Maschine-Schnittstelle gelegt. Des Weiteren werden in Abschnitt 2.4 Motivationsmodelle vorgestellt, mit deren Hilfe die Funktionsweise von Anreizsystemen und die damit einhergehende Wirkung auf die menschliche Motivation erklärt werden können. Darauf aufbauend findet eine Unterteilung der Anreize in ihre extrinsischen und intrinsischen Unterarten sowie die Differenzierung zu spielerischen Anreizen statt, bevor in Abschnitt 2.5 die Grundlagen des Wissensmanagements in Form von Definitionen relevanter Bausteine sowie Wissensarten vorgestellt werden. Dabei wird insbesondere auf die Unterteilung in strategische sowie operative Wissensprozesse und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Wissenstransfer hingewiesen. Aufgrund des zunehmend hohen Softwareeinsatzes in den betrachteten Bereichen der Montage, der Anreizsysteme sowie des Wissensmanagements schließt das vorliegende Kapitel mit den Grundlagen der Softwarearchitektur in Abschnitt 2.6. Darin werden neben der detaillierten Erläuterung der Automatisierungspyramide und der damit verbundenen Hierarchielevel relevante Notationen zur Visualisierung von Informationsflüssen vorgestellt.

Basierend auf den dargelegten Grundlagen beschäftigt sich das nachfolgende Kapitel mit bestehenden Ansätzen aus der Forschung und Technik sowie der Einordnung dieser in den Kontext der vorliegenden Arbeit.

3 Stand der Forschung und Technik

3.1 Übersicht

Aufbauend auf den zuvor vorgestellten Grundlagen werden im vorliegenden Kapitel zunächst die für diese Arbeit relevanten Ansätze in der Forschung und Technik dargelegt. Daran anschließend findet die ganzheitliche Diskussion der betrachteten Ansätze im Kontext der in Abschnitt 1.2 formulierten Zielsetzung statt. Hierfür werden zu Beginn in Abschnitt 3.2 forschungsseitige Modelle für die Entwicklung von Anreizsystemen analysiert, um darauf aufbauend Ansätze im außerbetrieblichen sowie im betrieblichen Bezugsrahmen zu betrachten. Weiterhin werden in Abschnitt 3.3 aktuelle Modelle und Systeme des Wissensmanagements vorgestellt und insbesondere auf ihre Relevanz für die produktionstechnische Umgebung untersucht. Resultierend aus den vorgestellten Ansätzen und den generierten Diskussionsergebnissen wird in Abschnitt 3.4 abschließend der Handlungsbedarf für die vorliegende Arbeit ermittelt.

3.2 Einsatzbereiche von Anreizsystemen

3.2.1 Forschungsansätze

Wie in Abschnitt 2.4.1 vorgestellt, existieren verschiedene Theorien bezüglich der Funktionsweise der menschlichen Motivation. Hierauf aufbauend werden in diesem Abschnitt die relevanten Modelle zur Entwicklung motivationaler Anreizsysteme vorgestellt und im Kontext der Produktionstechnik mit Fokus auf die manuelle Montage diskutiert.

Das von HUNICKE ET AL. (2004) beschriebene Modell der Mechanik, Dynamik und Ästhetik (MDA) ist ein „*formaler Ansatz zum Verständnis von Spielen*“ (HUNICKE ET AL. 2004, S. 1) und wird im Entwicklungskontext von Anreizsystemen oftmals verwendet, da der Fokus auf den Abhängigkeiten zwischen den gewählten Gamificationelementen und den daraus resultierenden Verhaltensänderungen liegt. Das MDA-Modell basiert dabei auf der zentralen Annahme, dass Gamificationelemente bewusst von einer Person (Designer) erstellt werden und Konsumenten (Spieler) unbewusst ihr Verhalten, in Abhängigkeit von den gewählten Elementen, ändern. Aus Spielersicht kann Gamification in die Grundkomponenten Regeln,

3 Stand der Forschung und Technik

System und Spaß eingeteilt werden, wofür den Designern die entsprechenden Entwicklungskomponenten Mechanik, Dynamik und Ästhetik zur Verfügung stehen (HUNICKE ET AL. 2004). Aus Sicht des Gamificationdesigns lassen sich die Entwicklungskomponenten wie folgt in unterschiedliche Dimensionen einteilen:

Mechaniken beschreiben die äußeren Grenzen und Gesetze von Gamification und stellen somit die Regeln dar.

Dynamiken beschreiben das (Öko)-System von Gamification und beherbergen Raum für taktische Spielzüge. Zudem implizieren sie die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Mechanik und Ästhetik.

Ästhetik beschreibt die emotionale Interaktion eines Spielers mit dem Gamificationssystem und stellt somit die Entwicklungskomponente für den Spaß dar. Das MDA-Modell definiert dabei folgende acht Erscheinungsformen von Spaß: „*Sensation, Fantasy, Narrative, Challenge, Fellowship, Discovery, Expression, Submission*“ (HUNICKE ET AL. 2004, S. 2).

Einen gänzlich anderen Ansatz wählten DECI & RYAN (2000) im Rahmen ihrer entwickelten Selbstbestimmungstheorie (engl.: Self-Determination Theory; abgekürzt: SDT). Mithilfe der drei instinktiven psychologischen Faktoren Kompetenz, Autonomie und Verwandtschaft beschreiben die Autoren die Selbstmotivation und psychische Gesundheit eines Menschen (DECI & RYAN 2000). Basierend auf den psychologischen Faktoren findet eine Analyse der möglichen Motivationsformen und ihrer Aktivierung durch entsprechende Gamificationelemente wie folgt statt:

Die **Kompetenz** bezieht sich im Allgemeinen auf die Interaktion eines Menschen mit der Umwelt und beschreibt das grundlegende Bedürfnis, die Funktion eines Sachverhaltes verstehen zu wollen. Dabei wird die Kompetenz durch das Erfolgsgefühl induziert und durch die Effektivität des Handelns ausgedrückt (SAILER 2016).

Die **Autonomie** adressiert das konkurrierende Verlangen, einerseits bestimmte vorgegebene Aufgabe zu erfüllen und andererseits dies mit einem Höchstmaß an psychologischer Freiheit umsetzen zu können. Somit besteht ein Bezug der Autonomie zur Individualität eines Menschen sowie den von ihm getroffenen Entscheidungen und der daraus resultierenden Wahlfreiheit (DETERING ET AL. 2011).

Die **Verwandtschaft** bezieht sich auf das psychologische Bedürfnis eines Menschen nach sozialer Integration sowohl im privaten als auch im beruflichen Umfeld. Dies wird primär durch soziale Bindungen innerhalb von Gruppen sowie durch das Wissen um die eigene Relevanz und Stellung ausgedrückt (SAILER 2016).

Ein weiterer Ansatz, welcher im Rahmen der Anreizsystementwicklung Anwendung findet, ist die Flow-Theorie nach CSIKSZENTMIHALYI (2014). Dabei bezeichnet der Begriff „Flow“ eine Motivation, die zustande kommt, wenn *„wahrgenommene Handlungsmöglichkeiten im Gleichgewicht mit den wahrgenommenen Fähigkeiten der Akteure stehen“* (CSIKSZENTMIHALYI 2014, S. 248). Darauf basierend geht die Flow-Theorie davon aus, dass ein Mensch durch den Zustand eines ausgeglichenen Niveaus der anliegenden Herausforderung sowie der individuellen Fähigkeiten eine Motivation erfährt. CSIKSZENTMIHALYI (2014) beschreibt den Flow-Zustand als Situation, in der sich die Person primär auf die Aufgabe konzentriert und diese mit einem Höchstmaß an Engagement bearbeitet, während das Empfinden für Ort und Zeit sekundär in den Hintergrund rückt. Um den Flow-Zustand zu erreichen gilt es, eine Balance zwischen Unter- und Überforderung herzustellen. Zu beachten gilt es zudem, dass die Intensität des Flow-Zustands in Abhängigkeit von der erreichten individuellen Balancehöhe zwischen Herausforderungen und Fähigkeiten zunimmt. So erfahren nach CSIKSZENTMIHALYI (2014) Personen bei einem niedrigen Balanceniveau eine Apathie, während die Flow-Intensität respektive die damit einhergehende Motivation mit steigendem individuellem Balanceniveau stärker ausgeprägt ist. Im Hinblick auf die möglichen zu erreichenden Zustände in Abhängigkeit von den anliegenden Herausforderungen und den individuellen Fähigkeiten unterscheidet die Flow-Theorie zwischen den acht Kombinationen 1. Flow, 2. Kontrolle, 3. Entspannung, 4. Langeweile, 5. Apathie, 6. Besorgnis, 7. Angst und 8. Erregung (CSIKSZENTMIHALYI 2014). Die Zustandsmöglichkeiten und deren Abhängigkeiten werden in Abbildung 13 grafisch verdeutlicht. Dabei weisen die zentrischen Ringe auf die Intensität der verschiedenen Zustände in Bezug auf das individuelle Herausforderungs-Fähigkeiten-Niveau hin.

3 Stand der Forschung und Technik

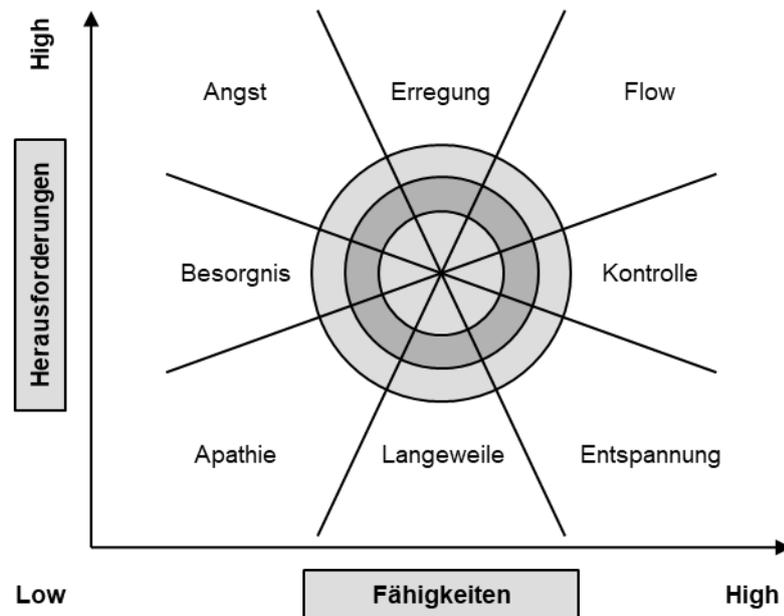


Abbildung 13: Zustandsmöglichkeiten der Flow-Theorie in Abhängigkeit von den Herausforderungen und Fähigkeiten (in Anlehnung an CSIKSZENTMIHALYI 2014)

Als Weiterentwicklung der Selbstbestimmungstheorie nach DECI & RYAN (2000) als auch der Flow-Theorie nach CSIKSZENTMIHALYI (2014) ist das Octalysis-Modell nach CHOU (2015) zu nennen. CHOU (2015) geht im Rahmen seines Ansatzes davon aus, dass Spiele ausschließlich den Zweck haben, zu gefallen und zu unterhalten. Somit fokussiert CHOU (2015) die Entwicklung von Gamificationanwendungen mit einem menschenorientierten Fokus. Im Gegensatz dazu werden Systemen in der Produktion i. d. R. mit einer funktionsorientierten Ausrichtung entwickelt. Die menschlichen Antriebe, welche eine Motivation zur Folge haben, unterteilt CHOU (2015) dabei in sogenannte „Kernantriebe“ (engl.: Coredrive; abgekürzt: CD). Es wird davon ausgegangen, dass jede menschliche Aktion von mindestens einem Kernantrieb motiviert und somit ausgelöst wird. Liegt jedoch kein Kernantrieb vor, besteht keinerlei Motivation, eine Aktion durchzuführen, weshalb diese ausbleibt. Darüber hinaus adressiert CHOU (2015) die Kernantriebe gemäß deren extrinsischen oder intrinsischen Motivationseigenschaften sowie deren positiven oder negativen Emotionseigenschaften. Die Abhängigkeit der Kernantriebe von den Motivations- und Emotionseigenschaften kann mittels einer Doppel-Oktagon-Struktur grafisch dargestellt werden. Dabei beschreibt das innere Oktagon

⁴ Der Begriff „Kernantrieb“ beschreibt im Zusammenhang mit der menschlichen Motivation einen nicht sichtbaren Antrieb, der unterschiedliche Ausprägungsformen der Emotion und Motivation annehmen kann und eine Handlung zur Folge hat (SCHENK 2019).

die Kernantriebe und das äußere Oktagon die Motivations- und Emotionseigenschaften. Die Doppel-Oktagon-Struktur des Octalysis-Modells ist in Abbildung 14 dargestellt.

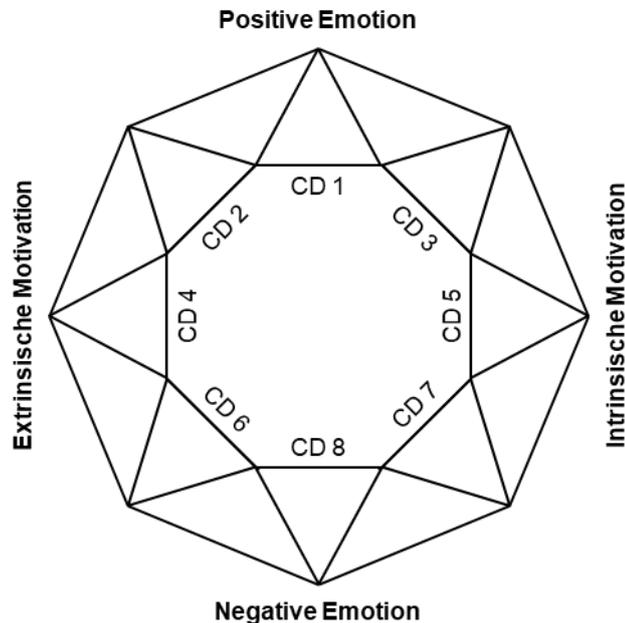


Abbildung 14: Doppel-Oktagon-Struktur des Octalysis-Modells (in Anlehnung an CHOU 2015)

Die acht Kernantriebe des Octalysis-Modells definiert CHOU (2015) wie folgt:

CD 1 (Epische Bedeutung und Berufung): Ist der Wunsch, einerseits Teil eines außerordentlich wichtigen Ereignisses zu sein und andererseits durch die eigene Tätigkeit einen entscheidenden Beitrag zum Ergebnis des Ereignisses leisten zu können (CHOU 2015, SCHENK 2019).

CD 2 (Entwicklung und Leistung): Umfasst die Motivation eines Menschen durch das veranschaulichte Darstellen des eigenen Fortschritts im Rahmen eines kontinuierlichen Feedbacks (CHOU 2015, SCHENK 2019).

CD 3 (Stärkung der Kreativität): Durch die eigenständige Entscheidungsfreiheit und Auswahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Kombinationen und Strategien fühlt sich der Mensch wichtig und als Teil des Systems (CHOU 2015, SCHENK 2019).

CD 4 (Besitz und Eigentum): Motiviert Menschen zum Sammeln von Besitz und adressiert gleichzeitig das Verantwortungsbewusstsein auf das erarbeitete Eigentum aufzupassen (CHOU 2015, SCHENK 2019).

3 Stand der Forschung und Technik

CD 5 (Sozialer Einfluss und Verbundenheit): Umfasst die Motivation durch den Einfluss anderer Menschen und deren Feedback auf eigene Tätigkeiten (CHOU 2015, SCHENK 2019).

CD 6 (Knappheit und Ungeduld): Hierbei wird das generelle Verlangen der Menschen nach dem derzeit Unerreichbaren und das damit einhergehende Streben, dies zu ermöglichen, adressiert (CHOU 2015, SCHENK 2019).

CD 7 (Unberechenbarkeit und Neugier): Zielt auf die Hoffnung ab, mit etwas Außergewöhnlichem belohnt zu werden, auch wenn die Chance hierauf gering und mit Zufall verbunden ist (CHOU 2015, SCHENK 2019).

CD 8 (Verlust und Vermeidung): Menschen erfahren durch die Implementierung eines Countdowns oder durch das Aufzeigen einer Situation, in der sie nicht sein wollen, eine Motivation, dem entgegenzuwirken (CHOU 2015, SCHENK 2019).

Die Kernantriebe CD 2, CD 4 und CD 6 lösen, wie in Abbildung 14 dargestellt wird, eine extrinsische Motivation aus, wohingegen CD 3, CD 5 und CD 7 primär eine intrinsische Motivation hervorrufen. Nicht eindeutig zugeordnet werden können CD 1 und CD 8. Demgegenüber rufen die Kernantriebe CD 1, CD 2 und CD 3 positive Emotionen und CD 6, CD 7, und CD 8 negative Emotionen beim Nutzer hervor. Die Kernantriebe CD 4 und CD 5 können bezüglich deren Emotionseigenschaften keinem Pol eindeutig zugeordnet werden.

3.2.2 Außerbetriebliche Ansätze

Hinsichtlich des praktischen Einsatzes von gamificationbasierten Anreizsystemen gibt es bereits eine Vielzahl an Beispielen. Nachfolgend werden die für die vorliegende Arbeit relevanten Ansätze im nichtindustriellen Umfeld betrachtet.

Einige Unternehmen sind im Gesundheitssektor tätig, dabei verfolgt die Techniker Krankenkasse mit ihrem Ansatz nicht nur die Belohnung besonders treuer Kunden, sondern darüber hinaus auch die Veränderung des Verhaltens ihrer Versicherten (DRESSLER 2007). Mithilfe eines Anreizsystems können insbesondere Studenten und einkommensschwache Kunden ihren Versicherungsbeitrag nachhaltig senken, indem sie sich vorsorglich um ihre Gesundheit kümmern. So können durch eine rückverfolgbare gesunde Ernährung Bonuspunkte gesammelt und anschließend gegen verschiedene Ermäßigungen oder Zusatzleistungen eingetauscht werden (DRESSLER 2007).

Durch ein Punktesystem werden die Kunden spielerisch dazu motiviert, einen gesunden Lebensstil zu führen und sich dies in Form von monetären Belohnungen anschließend anrechnen zu lassen.

Ein weiterer Bereich in dem Anreizsysteme häufig Einsatz finden, ist der Bildungssektor. So ergab etwa eine Analyse der Leistungsdaten von portugiesischen Studenten der Ingenieurwissenschaften, dass elektronisches Lernen (engl.: Electronic Learning; abgekürzt: E-Learning) kaum genutzt wurden (BARATA ET AL. 2013). Um Angebote, wie beispielsweise Moodle, attraktiver zu gestalten, wurden diese daraufhin um Anzelelemente erweitert. So wurden durch das Erreichen eines neuen Levels innerhalb der Lernplattform dem Nutzer Punkte gutgeschrieben, die zum einen der Klausurpunktzahl zugeschlagen wurden und zum anderen Einfluss auf die Platzierung in der Bestenliste hatten. Levels mussten dabei erfolgreich bearbeitet werden, was beim Download der Arbeitsmaterialien begann und mit der erfolgreichen Teilnahme an Übungsaufgaben endete (BARATA ET AL. 2013). Zusätzlich zu der eigenen aktuellen Position in der Bestenliste konnten die Studenten die Positionen der anderen einsehen und sich deren erreichte Abzeichen anzeigen lassen. Durch die Kombination an Belohnungsmechanismen wurden verschiedene Anreize bei den Nutzern aktiviert. BARATA ET AL. (2013) stellte im Rahmen der Untersuchung fest, dass durch das Anreizsystem sowohl die Anzahl der Downloads von Arbeitsmitteln als auch die Posts im Forum und die Bearbeitung der Klausuraufgaben erheblich anstiegen. Zudem fiel das Feedback von Seiten der Studenten durchwegs positiv aus mit dem Hinweis, dass der interpersonelle Wettbewerb zur Motivationssteigerung zukünftig verschärft werden sollte (BARATA ET AL. 2013).

Ein ähnlicher Ansatz wird von KÄHR (2016) beschrieben, indem mithilfe einer anreizerweiterten Lernplattform Unterrichtseinheiten an Schulen vermittelt werden. Im Zuge eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes an der Pädagogischen Hochschule Bern sowie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg entstand eine Plattform, welche den schulischen Unterricht um das spielerische Erlernen von zusätzlichem Wissen sowie das Festigen von bereits Gelerntem erweitert. Die Nutzer nehmen dabei fiktive Rollen in Form von Avataren ein und durchleben verschiedene Welten, in denen Geschichten nachgeahmt werden. Die Welten enthalten thematisch gegliederte Zonen mit entsprechenden Aufgaben. Diese gilt es sukzessive zu lösen, wobei die Richtigkeit der Antwort sowohl farblich (z. B. signalisiert die Hintergrundfarbe Grün die Richtigkeit der Antwort) als auch mittels eines Kommentarfelds angezeigt wird (KÄHR 2016). Insbesondere bei falschen Antworten können Lehrkräfte mithilfe des Kommentarfelds Tipps für das zukünftige

tige Lösen und somit ein persönliches Feedback geben. Wird eine Aufgabe erfolgreich gelöst, bekommt der Nutzer Punkte gutgeschrieben, welche zum Aufsteigen in höhere Levels befähigen. Zudem erhält der persönliche Avatar beim erfolgreichen Absolvieren eines Levels entsprechende Trophäen.

Abhängig von den gesammelten Belohnungen wird der Avatar in einer Bestenliste geführt, wobei diese lediglich die besten drei Ränge sowie den jeweils oberhalb als auch unterhalb der eigenen Platzierung liegenden Rang anzeigt, um der Demotivation von schwächeren Nutzern vorzubeugen. KÄHR (2016) hat im Rahmen der Arbeit festgestellt, dass die Nutzer einerseits in einen Flow-ähnlichen Zustand versetzt werden können und andererseits die Anwendung aufgrund der intuitiven Funktion eine effiziente Nutzung ermöglicht.

3.2.3 Innerbetriebliche Ansätze

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit Anreizsystemen, die im industriellen Umfeld Anwendung finden. Insbesondere im Bereich von Produktion und Logistik gibt es erste relevante Vorarbeiten.

So entwickelten GÜNTNER ET AL. (2015) im Rahmen des Forschungsprojektes „Gamification in der Intralogistik“ (GameLog), welches vom Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (FML) der Technischen Universität München (TUM) sowie vom Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) betreut wurde, ein Anreizsystem für die Intralogistik. Der Fokus des Forschungsprojektes lag explizit auf der Steigerung der Produktivität von Pickvorgängen, was durch den gezielten Einsatz von Gamification erreicht werden sollte. Die im Rahmen des Projektes identifizierten und berücksichtigten Anforderungen hinsichtlich einer hohen Fluktuationsrate, des zunehmenden Mangels an Fachkräften sowie sich wiederholender monotoner Arbeitsschritte bei steigendem Zeitdruck und das Ziel einer geringen Fehlerquote finden sich auch in der manuellen Montage wieder. Basierend auf diesen Anforderungen wurde in GameLog der Logistikarbeitsprozess um eine fiktive Umgebung erweitert, indem die Nutzer Mitspieler in einer „Kommissionier-Liga“ wurden und gegeneinander antraten (GÜNTNER ET AL. 2015, SAILER 2016). Hierzu wurde in ein bestehendes Warehouse-Management-System (WMS) ein gamificationbasiertes Anreizsystem implementiert und dieses anschließend im Rahmen einer Demonstrator-Studie evaluiert. Das Anreizsystem verfügte dabei einerseits über die Möglichkeit zwischen mehrerer Gamificationfunktionen auszuwählen, andererseits über eine direkte Feedbackfunktion mittels positionierter

Bildschirme und Wearables. Die Gamificationfunktionen umfassten die Auswahlmöglichkeit zwischen sechs Avataren mit unterschiedlichen Fähigkeiten in Bezug auf die Schnelligkeit, Genauigkeit und Kraft, welche dem Nutzer im Spielkontext zur Verfügung standen und als Multiplikator für die gesammelten Punkte dienten (SAILER 2016). Als Bemessungsgrundlage für das Anreizsystem wurden die übermittelten Daten der Handscanner herangezogen. So ermöglichte ein korrekter Pickvorgang innerhalb einer zeitlichen Zielvorgabe das Sammeln von Punkten. Die Punkte wurden anschließend dem jeweiligen Avatar respektive Nutzer gutgeschrieben und als direktes Feedback dem Punktekonto hinzuaddiert. Dies hatte wiederum Einfluss auf die Platzierung in der „Kommissionier-Liga“, deren aktueller Stand in Form von Ranglisten und Leistungsgraphen den Nutzern angezeigt wurde. Darüber hinaus war es während des Arbeitsprozesses möglich, vordefinierte Ziele, wie beispielsweise das fehlerfreie Ausführen einer bestimmten Auftragszahl, zu erreichen und sich hierdurch Abzeichen zu verdienen (GÜNTNER ET AL. 2015). Die Evaluation des Anreizsystems im Rahmen einer Demonstrator-Studie umfasste zwei Gruppen mit einer Stichprobengröße von insgesamt 103 Personen mit einem Durchschnittsalter von 25 Jahren (SAILER 2016). Beide Gruppen führten identische Arbeitsaufträge im Rahmen einer 20-minütigen Erprobung durch, wobei einer Gruppe das reguläre WMS und einer das gamificationangereicherte WMS zur Verfügung stand. Im Rahmen der Evaluation wurden eine Vielzahl von Fragestellungen untersucht, welche gesamtheitlich in der Arbeit von SAILER (2016) aufgeführt sind. Zusammenfassend trifft SAILER (2016) folgende drei, für die vorliegende Arbeit relevante Aussagen, basierend auf den generierten Studienergebnissen:

1. *„Innerhalb der Demonstratorumgebung konnten [...] motivational relevante Variablen durch Gamification gefördert werden“* (SAILER 2016, S. 41)
2. *„Ebenso bezüglich leistungsrelevanten Kennzahlen konnten positive Wirkungen erzielt werden“* (SAILER 2016, S. 41)
3. *„Gamification kann erfolgreich in existierende Handhabungsprozesse integriert werden“* (SAILER 2016, S. 41)

Neben dem Forschungsprojekt GameLog wurde in dem ebenfalls öffentlich geförderten Forschungsprojekt „Assistenzsysteme für leistungseingeschränkte Mitarbeiter in der manuellen Montage“ (ASLM) sowie dem Folgeprojekt „System zur Effizienzsteigerung und Assistenz bei Produktionsprozessen“ (motionEAP) der Einsatz von gamificationbasierenden Anreizsystemen untersucht. Hierin wurde unter Federführung von KORN (2014) ein System entwickelt, welches im Produktionskontext eingesetzt wurde und die Anforderungen der Motivationsförderung

3 Stand der Forschung und Technik

von leistungsgeminderten Personen bei der Abhandlung wiederkehrender Montageaufgaben bei gleichzeitiger Steigerung der Produktivität sowie Qualität adressierte. Der entwickelte Ansatz umfasste folgende drei Möglichkeiten zur Gamifizierung der Montagetätigkeiten:

Tetris: Die Montagetätigkeit wurde in Form von herabfallenden Tetris-Steinen gamifiziert, indem während der Bearbeitung ein Stein vom oberen Bildrand nach unten fiel und sich in Abhängigkeit der benötigten Bearbeitungszeit gegenüber der definierten Vorgabezeit von grün nach rot einfärbte (KORN 2014).

Kreis & Balken: Im Rahmen dieses Designs wurde die aktuelle Arbeitsgangnummer in Form eines Würfels dargestellt, um den wiederum ein Kreis aufgespannt wurde. Der Kreis signalisierte einerseits durch seine Durchmesserreduktion und andererseits durch seinen Farbverlauf von grün nach rot die aktuell benötigte Bearbeitungszeit gegenüber der definierten Vorgabezeit (KORN 2014).

Pyramide: Dieser Ansatz besteht aus einer Pyramide, deren Stufen sich in Abhängigkeit der getätigten Arbeitsgänge aufeinander aufbauen. Die Stufen verfärbten sich ebenfalls, abhängig von der aktuellen Bearbeitungszeit gegenüber der definierten Vorgabezeit, von grün nach rot. Darüber hinaus wird der Nutzer innerhalb der Stufen durch einen Avatar mit dem Ziel dargestellt, mittels zunehmend abgeschlossener Montagetätigkeiten an die Pyramidenspitze zu gelangen, um dort einen dargestellten Pokal zu erreichen (KORN 2014).

Eine Demonstrator-Studie mit leistungsgewandelten Personen kam zusammenfassend zu dem Ergebnis, dass die Befragten in dem Pyramiden-Ansatz hinsichtlich Motivations- und Glücksempfinden die größten Potenziale sehen (KORN ET AL. 2017). Zudem konnte durch die Gamifizierung eine Steigerung der Produktivität erzielt werden. Lediglich die Qualität ließ sich mit den vorgestellten Ansätzen nicht erhöhen, hier wurde als primäre Begründung eine zu starke Ablenkung der Nutzer hin zur Gamifizierung und weg von der eigentlichen Tätigkeit aufgeführt (KORN ET AL. 2017).

WARMELINK ET AL. (2020) haben im Rahmen ihrer Arbeit 18 Forschungsarbeiten im Kontext der Produktions- sowie Logistikgamifizierung hinsichtlich der verwendeten Anreizelemente und der damit einhergehenden kontextbezogenen Auswirkungen analysiert. Die Metaanalyse unterteilt die Untersuchung, in Anlehnung an HOUTARI & HAMARI (2017), in die drei Bereiche: 1. Anreizelemente: Beschreibt Gamificationelemente, die eine freiwillige Interaktion des Nutzers mit dem System voraussetzen, 2. Psychologische Ereignisse: Umfasst Emotionen, die

in Folge der verwendeten Gamificationelemente beim Nutzer in Erscheinung treten, 3. Physiologische Ergebnisse: Resultierendes Verhalten des Nutzers, basierend auf den aktivierten Emotionen (WARMELINK ET AL. 2020, HOUTARI & HAMARI 2017). So kann beispielsweise ein multimediales Feedback (Anreizelement) eine erhöhte Motivation (psychologisches Ereignis) hervorrufen, wodurch der Nutzer eine Steigerung der Produktivität (physiologisches Ergebnis) an den Tag legt.

WARMELINK ET AL. (2020) sind bezüglich der bisher am häufigsten verwendeten Anreizelemente zu dem Ergebnis gekommen, dass *Ziele und Vorgaben* gefolgt von *multimediales Feedback* sowie *metaphorische Darstellung* im Produktions- und Logistikbereich verwendet wurden. Hinsichtlich der durch die Anreizelemente vorrangig adressierten psychologischen Ereignisse weist die Literatur auf *die Motivation* sowie *das Erreichen des Flow-Zustandes* und *die Steigerung der Zufriedenheit* im Arbeitsumfeld hin (WARMELINK ET AL. 2020). Bezüglich der zu erreichenden physiologischen Ergebnissen ist nach WARMELINK ET AL. (2020) primär eine Steigerung von *Effizienz*, *Mitarbeiterintegration* und *Produktivität* zu nennen. Die Kohärenz zwischen den Bereichen Anreizelemente, psychologische Ereignisse sowie physiologische Ergebnisse wird in Abbildung 15 grafisch dargestellt. Zudem sind der Abbildung die vorgestellten Untersuchungsergebnisse mit den jeweiligen Prozentsätzen, in Abhängigkeit von der Häufigkeit des Auftretens im Rahmen der betrachteten Literatur, zu entnehmen.

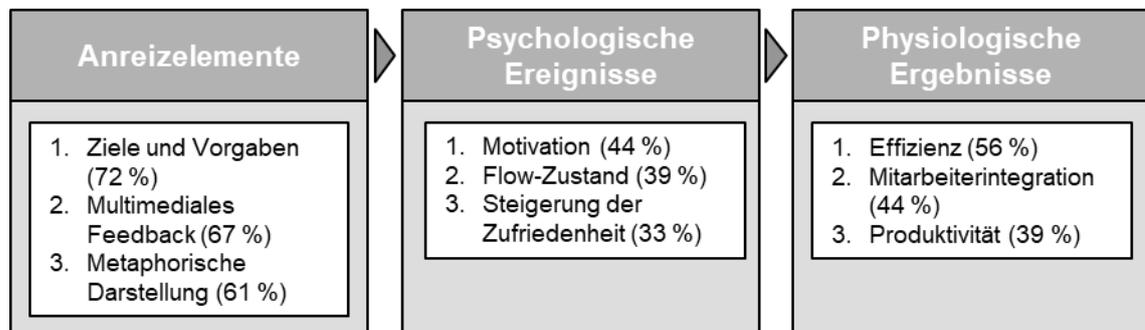


Abbildung 15: Kohärenzverhalten sowie Darstellung der Untersuchungsergebnisse (in Anlehnung an WARMELINK ET AL. 2020)

3.2.4 Gegenüberstellung der betrachteten Ansätze

Wie die untersuchten Ansätze zeigen, beschäftigte sich bereits eine Vielzahl an Vorarbeiten mit der Funktionsweise von Anreizsystemen und den damit erzielten Verhaltensauswirkungen. Um die Ansätze im Kontext der für diese Arbeit definierten Zielsetzung diskutieren zu können, werden diese im Folgenden anhand ausgewählter Kriterien in Tabelle 1 miteinander verglichen.

Tabelle 1: Vergleich vorangegangener Arbeiten bezüglich Anreizsysteme

Legende:	Hunicke et al. 2004	Deci & Ryan 2000	Csikszentmihalyi 2014	Chou 2015	Dressler 2007	Barata et al. 2013	Kähr 2016	Günthner et al. 2015	Korn 2014	Warmelink et al. 2020
○ : Kriterium nicht erfüllt										
◐ : Kriterium teilweise erfüllt										
● : Kriterium vollständig erfüllt										
Methodische Auswahl von Anzelelementen	●	●	●	●	○	◐	◐	◐	○	◐
Kennzahlenbasierte Anreizgestaltung	○	◐	◐	◐	◐	◐	◐	●	●	●
Prämienkombination nicht-monetärer und monetärer Anreize	○	◐	◐	◐	●	○	●	○	○	◐
Berücksichtigung montagerelevanter Anforderungen	◐	○	○	◐	○	○	○	◐	●	●
Integration von kognitiven Assistenzsystemen	○	○	○	○	○	○	○	◐	●	○
Betrachtung der Datenvernetzung	○	○	○	○	○	○	○	◐	◐	○
Eingehende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	○	○	○	○	◐	○	○	○	◐	○

Die Gegenüberstellung der Vorarbeiten zeigt, dass sich die Ansätze von DECI & RYAN (2000), CSIKSZENTMIHALYI (2014) und CHOU (2015) auf die methodische Auswahl von gamifizierten Anzelelementen und die hierdurch aktivierten Motivationsmechanismen fokussieren. Einzelne dieser Arbeiten berücksichtigen bereits Anforderungen aus montagefremden Bereichen, welche auch im Kontext der manuellen Montage Relevanz haben. Jedoch lassen die Ansätze kein methodisches Vorgehen zur Auswahl von Anzelelementen in Bezug auf die manuelle Montage zu. Des Weiteren basiert ein Teil der untersuchten Ansätze auf einer kennzahlenbasierten Anreizgestaltung, wobei insbesondere die Vorarbeiten von KORN (2014) und WARMELINK ET AL. (2020) auf montagebezogene Kennzahlen zurückgreifen, diese jedoch keinerlei Konfigurierbarkeit der Ansätze gemäß dem vorliegenden

Montageprinzip erlauben. Ähnlich zur kennzahlenbasierten Anreizgestaltung verhalten sich die Vorarbeiten in Bezug auf die Kombinatorik von nicht-monetären und monetären Prämierungen. In einigen Ansätzen werden diese adressiert, jedoch fehlt bislang ein methodisches Vorgehen zur individuellen Gewichtung.

Im Hinblick auf die in der manuellen Montage zunehmend eingesetzten kognitiven Assistenzsysteme und deren Verknüpfung mit gamifizierten Anreizsystemen zeigen bisher lediglich die Ansätze von KORN (2014) und GÜNTNER ET AL. (2015) spezifische Lösungsmöglichkeiten auf.

Folglich fehlt es an einer umfassenden Betrachtung der mit den Assistenzsystemen einhergehenden Datenerhebung sowie der innerbetrieblichen Vernetzung. Darüber hinaus wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von gamifizierten Anreizsystemen im Rahmen der manuellen Montage bisher lediglich von KORN (2014) ansatzweise durchgeführt. Die hierbei zugrundeliegenden Daten wurden im Umfeld von leistungsgeminderten Personen erhoben, wodurch eine allgemeingültige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hinsichtlich des Einsatzes eines Anreizsystems im Kontext der manuellen Montage bislang fehlt.

3.3 Modelle und Systeme des Wissensmanagements

Eine Vielzahl an Arbeiten hat sich bereits mit dem innerbetrieblichen Wissensmanagement beschäftigt. Nachfolgend werden die für die vorliegende Ausarbeitung relevanten Ansätze vorgestellt und anschließend im Kontext der Zielsetzung diskutiert.

3.3.1 Autorensysteme nach SCHUH ET AL. (2017)

Das öffentlich geförderte Forschungsprojekt „Innovative Weiterbildung mit Autorensystemen“ (Innowas) setzte sich das Ziel, die Wissensweitergabe im Umfeld der manuellen Montage zu verbessern. Im Rahmen dieses Projektes wurde eine Methode entwickelt, welche die Weitergabe von personenspezifischem Wissen durch eine technologiebasierte Wissensexternalisierung erlaubt (SCHUH ET AL. 2017). So wurden Mitarbeiter durch videobasierte Technologien dazu befähigt, ihr Wissen digital festzuhalten und in Form von Lern-Tutorials anderen Mitarbeitern zur Verfügung zu stellen. Zunächst werden übergeordnete Montageziele vom Management definiert und von dort ausgehend in Richtung Shopfloor kommuniziert. Darauf aufbauend findet, unter Einbeziehung von Arbeitsplanern sowie Montagearbeitern, eine kritische Betrachtung des bestehenden Montageprozesses statt.

Basierend auf dieser Analyse gilt es eine Prozessoptimierung durchzuführen, welche nach erfolgreicher Umsetzung in Form eines Drehbuchs erfasst wird. Die einzelnen Montageprozesse werden anschließend gemäß dem Drehbuch videobasiert festgehalten und mithilfe des Lern-Tutorials anderen Mitarbeitern zur Verfügung gestellt (SCHUH ET AL. 2017). Darüber hinaus können sich Mitarbeiter, welche aktiv an der Prozessverbesserung und deren Dokumentation beteiligt waren, die erarbeiteten Kompetenzen vom Unternehmen zertifizieren lassen.

3.3.2 Ontologiebasiertes Wissensmanagement nach BERGER ET AL. (2005)

BERGER ET AL. (2005) haben im Rahmen ihrer Forschungsarbeit versucht, die personenspezifischen Unterschiede beim Fachvokabular und die damit einhergehenden Beschreibungsprobleme im Bereich des Wissensmanagements zu lösen. Sie nutzten hierfür zunächst das semiotische Dreieck nach STAAB (2002), welches die Verknüpfung zwischen Worten (Symbolen), Begriffen und realen Dingen der Umwelt beschreibt. STAAB (2002) definiert den Zusammenhang von Worten (Symbolen), die aus ihrer Sicht benutzt werden, um Informationen mit anderen Menschen zu teilen und Begriffen, welche versuchen reale Dinge der Umwelt zu beschreiben. Hieraus entsteht eine Dreiecksbeziehung, mithilfe derer sich die Problematik einer unsystematischen Klassifikation von Informationen beschreiben lässt.

Aufbauend auf dem Semiotischen Dreieck nach STAAB (2002) entwickelten BERGER ET AL. (2005) eine Ontologie für die Ablage und die anschließende Suche im Kontext des innerbetrieblichen Wissensmanagements. Hierfür reicherten BERGER ET AL. (2005) Dokumente einer Wissensdatenbank um Metadaten der Ontologie an, um im Falle einer Suchanfrage diese Annotationen zu nutzen und eine entsprechende Auswahl an Ergebnissen auszugeben (BERGER ET AL. 2004, BERGER ET AL. 2005). Darüber hinaus priorisierten BERGER ET AL. (2005) im Rahmen ihres Ansatzes die ausgegebene Ergebnisliste anhand zuvor positiv zurückgemeldeter Treffer bei identischen Suchanfragen. Abbildung 16 stellt den Suchanfrageprozess bei einer ontologieangereicherten Wissensdatenbank nach BERGER ET AL. (2005) graphisch dar.

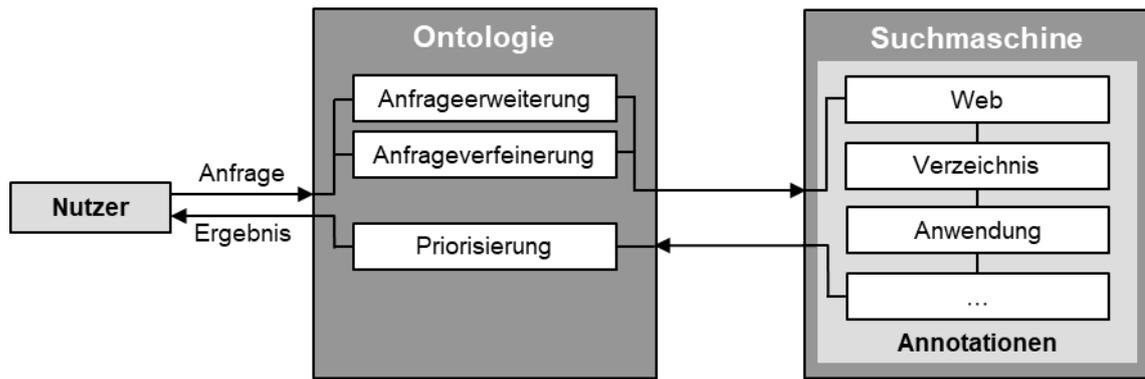


Abbildung 16: *Ontologiebasierter Suchanfrageprozess (in Anlehnung an BERGER ET AL. 2005)*

3.3.3 Bewertungsmethode für die Wissensqualität nach PAUSE (2017)

PAUSE (2017) entwickelte im Rahmen seiner Arbeit eine Methode zur Bewertung von externalisiertem Wissen für die Kostenkalkulation im Einkauf von Fahrzeugkomponenten. Die Methode unterteilt die Kostenkalkulation hierfür in die Positionen Material-, Fertigungs- und Zuschlagskosten. Aufbauend auf dieser Unterteilung wurden relevante Eingangsgrößen identifiziert, mit deren Hilfe die eingegebenen Werte und die daraus resultierende Kalkulation möglichst realistische Ergebnisse liefert (PAUSE 2017). Die identifizierten Eingangsgrößen sind nach PAUSE (2017) Daten zu Standort, Material, Maschinen und Gemeinkosten. Diese Werte werden zunächst von Einkäufern lieferantenspezifisch in die Kostenkalkulation eingetragen und basierend auf dem generierten Ergebnis kann anschließend die Kostenverhandlung mit dem jeweiligen Lieferanten gestartet werden. Die Verknüpfung der Kostenkalkulation mit dem Wissensmanagement findet nach PAUSE (2017) durch die Bereitschaft zur Preisgabe von lieferantenspezifischem Wissen von Seiten des Einkäufers in die Kostenkalkulation statt. Hierfür wurde eine Metrik entwickelt, die preisgegebenes Wissen in Abhängigkeit vom Mehrwert für die Kostenkalkulation analysiert und bewertet. Die Metrik umfasst dabei die Bewertung des preisgegebenen Wissens bezüglich der Dokumentenqualität, der Quellenqualität, der Berechnungsqualität, der Schulungsqualität und der Aktualität (PAUSE 2017). Basierend auf diesen Bewertungskriterien wird für den anwendenden Einkäufer die Qualität des spezifischen Wissens berechnet.

3.3.4 Wissensmanagement für klein- und mittelständische Unternehmen nach BÖHL (2000)

Das entwickelte Wissensmanagement nach BÖHL (2000) betrachtet nichttechnische sowie technische Maßnahmen zur Nutzung der Ressource Wissen speziell im Kontext von klein- und mittelständischen Unternehmen. Der Fokus der Arbeit lag dabei auf der Reduzierung des Dokumentationsaufwands, der optimierten Auffindbarkeit von vorhandenem Wissen sowie der intuitiven Ausgabe und der damit einhergehenden Reduktion des Interpretationsaufwands (BÖHL 2000). Darüber hinaus wurde ein auf diesen Betriebstyp ausgerichtetes EDV-Konzept erarbeitet. BÖHL (2000) untersuchte hierfür zunächst im Rahmen einer umfangreichen Anforderungsanalyse die Faktoren Produkt, Mensch, Organisation und Technik für die Wissensnutzung in klein- und mittelständischen Unternehmen. Hieraus resultierte nach BÖHL (2000) die Berücksichtigung folgender entwicklungsrelevanter Anforderungen:

- **Strategische Anforderungen:** Bedarf einer wirtschaftlichen Abschätzung hinsichtlich der anfallenden Kosten gegenüber dem unternehmerischen Mehrwert.
- **Kulturelle Anforderungen:** Notwendigkeit einer hierarchieübergreifenden Unternehmenskultur zur Förderung der Wissensvermittlung.
- **Organisatorische Anforderungen:** Aufbau einer Organisationsstruktur, die zur ressourceneffizienten Wissensaufnahme, -bewertung und -ausgabe befähigt.
- **Technische Anforderungen:** Erarbeitung eines unternehmensinternen EDV-Konzepts.

Basierend auf den identifizierten Anforderungen entwickelte BÖHL (2000) ein Wissensmanagement, welches entgegen klassischer Ansätze den Mensch und nicht das Wissen in den Mittelpunkt stellt. Hierfür unterteilte er externalisiertes Wissen in die Kategorien A, B und C. Die unterschiedlichen Kategorien lassen Rückschlüsse zu, in welchem Verhältnis der Zeitaufwand zur Aufbereitung des geteilten Wissens zum potenziellen unternehmerischen Nutzen steht (BÖHL 2000). Nach BÖHL (2000) stellt dabei die Kategorie A den geringsten Zeitaufwand und den größten Nutzen dar. Demgegenüber muss Wissen der Kategorie C mit großem zeitlichen Aufwand aufbereitet werden und besitzt gleichzeitig verhältnismäßig wenig Nutzen. Darauf aufbauend leitete BÖHL (2000) ein Konzept zur Identifikation von wirtschaftlich rentablem Wissen, welches aufbereitet und verteilt werden sollte, gegenüber nicht wirtschaftlichem Wissen, welches im Hinblick auf den

Kosten-Nutzen-Vergleich verworfen werden sollte, ab. Darüber hinaus entwickelte BÖHL (2000) unternehmensspezifische und zielabhängige Kommunikationsmaßnahmen zur innerbetrieblichen Förderung des Wissensmanagements sowie eine browsergestützte EDV-Architektur zur Eingabe, Verarbeitung und Verteilung von Wissen.

3.3.5 Methode für einen digitalen Verbesserungsprozess nach HAMBACH (2019)

HAMBACH (2019) entwickelte im Rahmen seiner Arbeit eine Methodik für einen digitalen innerbetrieblichen Verbesserungsprozess mit dem zentralen Fokus auf der menschenzentrierten Gestaltung. Hierfür leitete er Anforderungen an eine menschenzentrierte Entwicklung durch eine Delphi-Studie ab. Dabei betrachtete HAMBACH (2019) insbesondere die Anforderungen für eine KVP-Entwicklung zur Interaktion zwischen „Coach“ und „Coachee“. Ersterer nimmt im Rahmen seiner Arbeit die Rolle einer Leitungsposition auf Werks- oder Produktionsebene ein und bearbeitet mithilfe des Coachees, welcher die fachliche Führungskraft auf Shopfloorebene darstellt, identifizierte Produktionsprobleme bzw. Verbesserungsvorschläge. Als zentralen Entwicklungsaspekt identifizierte HAMBACH (2019) die Art des Informationsaustausches und die darin enthaltenen Daten zwischen den jeweils paarweise zusammenarbeitenden Coaches und Coachees. Hierfür entwickelte er eine KVP-Methodik, welche durch den Prozess des Wertstrom-Managements und der damit verbundenen quantitativen sowie qualitativen Unternehmensziele initiiert wird und in Zusammenwirken von Coach und Coachees das Erreichen dieser Ziele ermöglicht.

3.3.6 Wissensmanagementmethodik zur Organisation von Prozesswissen nach PRINZ (2018)

Die Wissensmanagementmethodik zur Organisation von Prozesswissen nach PRINZ (2018) fokussiert ein systematisches Vorgehen zur Erfassung von Wissen auf dem Shopfloor und befähigt gleichzeitig zur methodischen Bewertung der Verlustrisiken auf Basis der Betriebsfaktoren. Im Gegensatz zu HAMBACH (2019) legte PRINZ (2018) den Betrachtungsfokus auf die Wissensbasis eines Unternehmens. Darauf basierend unterteilt PRINZ (2018) seine Arbeit in die vier aufeinanderfolgenden Entwicklungsbausteine: 1. Identifikation von Prozesswissen, 2. Kategorisierung von Prozesswissen, 3. Bewertung von Prozesswissen und 4. Bewahrung von Wissen. Primär entwickelte PRINZ (2018) aufbauend auf der Wissenstreppe

nach NORTH (2002) eine Methode zur Bewertung des Verlustrisikos von innerbetrieblichem Wissen, um daraus mögliche Gegenmaßnahmen zur Wissenssicherung abzuleiten und zu priorisieren. Hierfür gilt es zunächst das zu bewertende Wissen hinsichtlich der Form und Verfügbarkeit (explizit bzw. implizit), des Ursprungs (erfahrungsbasiert bzw. schulungsbasiert), des Wissensträgers (materiell bzw. personell) sowie der Wissensverteilung (externalisiert bzw. internalisiert) zu kategorisieren (PRINZ 2018). Basierend auf diesem Kategorisierungsschema entwickelte PRINZ (2018) eine Methode zur Bewertung des Wissensverlustrisikos, indem mittels des Analytischen-Hierarchie-Prozesses (AHP) nach SAATY (1987A) die identifizierten Einflussfaktoren Erlernbarkeit, Zeitraum, Wissensverfügbarkeit, Wissensursprung, Wissensverteilung, Mitarbeiterverlustrisiko und Häufigkeit der Wissensanwendung gewichtet und auf das jeweilige Wissen angewendet werden können (PRINZ 2018). In Abhängigkeit vom errechneten Risikofaktor leitet die Wissensmanagementmethodik nach PRINZ (2018) anschließend entsprechende Handlungsempfehlungen zur Wissenssicherung ab.

3.3.7 Referenzmodell für das Wissensmanagement nach KOHL ET AL. (2016)

Das Referenzmodell für das Wissensmanagement nach KOHL ET AL. (2016) basiert einerseits auf umfangreichen Praxisstudien und Unternehmensumfragen, andererseits auf einer Analyse von 160 Wissensmanagementmodellen aus unterschiedlichen Anwendungsgebieten. Das hieraus entstandene Referenzmodell versteht sich als „*Grundlage für die Methodenentwicklung und das generelle Verständnis von Wissensmanagement*“ (KOHL ET AL. 2016, S. 38) und „*bildet die Basis für die Analyse, Gestaltung und Einführung von Wissensmanagement*“ (KOHL ET AL. 2016, S. 31) in der Praxis. Den Ausgangspunkt des Referenzmodells bilden wertschöpfende Geschäftsprozesse, welche sich aus den zentralen Geschäftszielen eines Unternehmens ableiten lassen und die strategische Ausrichtung des Wissensmanagements zentral beeinflussen. Die Geschäftsprozesse können in spezifische Wissensdomänen unterteilt werden und umfassen sowohl externes Wissen z. B. über Kunden oder Wettbewerber als auch internes Wissen wie beispielsweise Produkt- oder Prozesswissen. In direkter Verbindung mit der Wissensdomäne stehen die Wissensbausteine 1. Wissen erzeugen, 2. Wissen speichern, 3. Wissen verteilen und 4. Wissen anwenden, mithilfe derer das Spannungsfeld des „Wissensangebots“ und der „Wissensnachfrage“ domänenspezifisch auf ein Minimum reduziert werden soll. Dabei ist die Verknüpfung der Wissensbausteine als fortwährender Kreislauf anzusehen, welcher jedoch im Vergleich zu PROBST ET AL. (2012) (vgl. Abschnitt

2.5.2) von acht auf vier Bausteine verkleinert wurde, da empirische Studien „belegen, dass Praktiker in Unternehmen lediglich vier Aktivitäten als essenziell oder wichtig einschätzen“ (KOHL ET AL. 2016, S. 34). Aufbauend auf den empirischen Studien identifizierten KOHL ET AL. (2016) darüber hinaus sechs Unternehmensbereiche, welche essenziellen Einfluss auf die Wissensmanagementeinführung sowie -anwendung besitzen und integrierten diese in das Referenzmodell. Diesbezüglich können dem Referenzmodell für die Unternehmensbereiche Organisation, Controlling, Personal, Unternehmenskultur, Führungssysteme und Informationstechnik geeignete Analysewerkzeuge entnommen werden. Abbildung 17 zeigt den schematischen Aufbau des Referenzmodells nach KOHL ET AL. (2016).

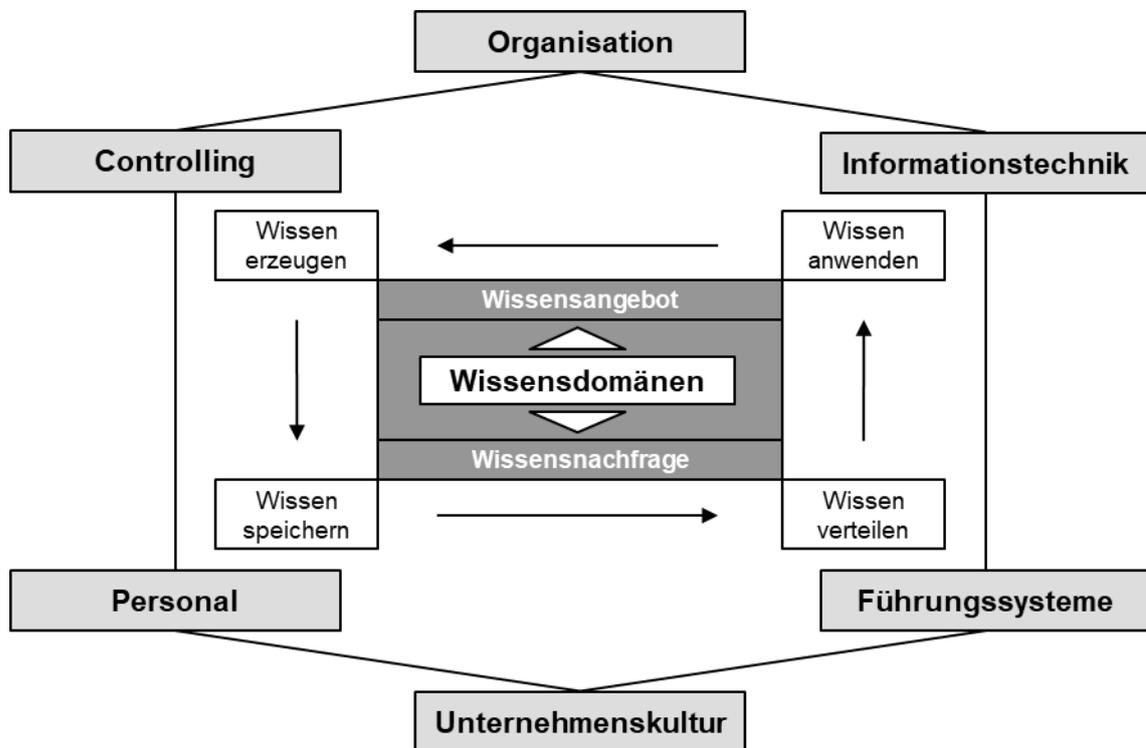


Abbildung 17: Referenzmodell des Wissensmanagements (in Anlehnung an KOHL ET AL. 2016)

3.3.8 Gegenüberstellung der betrachteten Ansätze

Die vorangegangenen Ausführungen zeigen, dass bereits zahlreiche Ansätze im Bereich des innerbetrieblichen Wissensmanagements und der damit einhergehenden Wissensweitergabe erarbeitet wurden. Nun soll ein Vergleich der bisherigen Arbeiten im Kontext der für die vorliegende Arbeit definierten Zielstellung durchgeführt werden. Anhand von Tabelle 2 können die Analyse Kriterien der Gegenüberstellung nachvollzogen werden.

3 Stand der Forschung und Technik

Tabelle 2: Vergleich vorangegangener Arbeiten bezüglich des Wissensmanagements im industriellen Umfeld

Legende:	Schuh et al. 2017	Berger et al. 2005	Pause 2017	Böhl 2000	Hambach 2019	Prinz 2018	Kohl et al. 2016
○ : Kriterium nicht erfüllt							
◐ : Kriterium teilweise erfüllt							
● : Kriterium vollständig erfüllt							
Betrachtung der innerbetrieblichen Datenarchitektur	○	◐	◐	●	◐	◐	◐
Standardisierte und effiziente Wissensbewertung	◐	◐	●	◐	○	●	○
Transparentes Feedback	○	○	◐	○	◐	○	◐
Verknüpfung mit einem Anreizsystem	◐	○	○	○	◐	○	○

Hinsichtlich der für das digitale innerbetriebliche Wissensmanagement notwendigen Datenarchitektur betrachteten die Vorarbeiten primär bilaterale Schnittstellen zwischen dem Ausgangspunkt der Wissenseingabe und der zentralen Bewertungsstelle. So betrachtet HAMBACH (2019) in seiner Arbeit den Informationsaustausch zwischen Coach und Coachee, jedoch ohne allgemeingültiger Betrachtung von softwareübergreifenden Schnittstellen. PRINZ (2018) weist im Rahmen seiner prototypischen Umsetzung auf die Notwendigkeit der Anbindung von übergeordneten Softwaresystemen hin, entwickelt jedoch keine allgemeingültige Architektur für den Informationsaustausch. Die Ansätze von SCHUH ET AL. (2017), BERGER ET AL. (2005) und KOHL ET AL. (2016) geben erste Hinweise auf notwendige Schnittstellen für einen softwareübergreifenden Informationsaustausch, betrachten diesbezüglich jedoch nur marginal die Anforderungen der digitalen manuellen Montage. Lediglich BÖHL (2000) entwickelte ein umfangreiches EDV-Konzept für die Bedürfnisse von klein- und mittelständischen Unternehmen, basierend auf der Integration des Wissenskreislaufs in die Ablauforganisation. Die Anforderungen an eine innerbetriebliche Vernetzung sowie den damit einhergehenden Datentransfer wurden jedoch auch hier nur tangiert. Hieraus zeigt sich, dass bisher keine allgemeingültige innerbetriebliche Vernetzungsarchitektur für den Wissenstransfer sowie die Wissensbewertung vorhanden ist.

Bezüglich der standardisierten und effizienten Bewertung von geteiltem Wissen zeigen die Ansätze von SCHUH ET AL. (2017), BERGER ET AL. (2005), BÖHL (2000) und KOHL ET AL. 2016 Möglichkeiten auf, wie dieses zentralisiert im Unternehmen im Rahmen eines definierten Gremiums bewertet und daraus Handlungsempfeh-

lungen abgeleitet werden können. Wege für eine effiziente Bewertung des Wissens, basierend auf definierten Standards und unter Verwendung automatisierter Bewertungsmechanismen, werden hierbei nur initial aufgezeigt. Dahingegen beschreibt PAUSE (2017) eine Methode zur automatisierten Bewertung von geteiltem Wissen, dies jedoch für den Kontext der Kostenkalkulation für Preisverhandlungen im industriellen Einkauf, ohne Bezug zur manuellen Montage. PRINZ (2018) entwickelte darüber hinaus eine Methode zur automatisierten Bewertung von geteiltem Wissen im Umfeld der Produktion, allerdings mit dem Fokus auf der Bewertung des Verlustrisikos von vorhandenem internalisiertem Wissen. Dies lässt den Rückschluss zu, dass eine standardisierte und transparente Methode zur effizienten Bewertung von externalisiertem Wissen gemäß den Anforderungen der manuellen Montage derzeit fehlt.

Analysiert man die Fähigkeit bisheriger Ansätze bezüglich eines transparenten und nachvollziehbaren Bewertungsfeedbacks sowie die Verknüpfung des Wissensmanagements mit einem motivationsfördernden Anreizsystem zeigt sich, dass diese Analyse Kriterien nur in wenigen Fällen adressiert wurden. So lassen die Ansätze von PAUSE (2017) und von HAMBACH (2019) zu, dass der Nutzer, welcher das Wissen geteilt hat, einen Teil der Bewertungskriterien einsehen kann, jedoch ist die vollständige Transparenz des Bewertungsprozesses nicht gegeben. Im Hinblick auf die Verknüpfung des Wissensmanagements mit einem Anreizsystem weist HAMBACH (2019) im Rahmen seiner Arbeit mehrfach auf diese Notwendigkeit hin und gibt erste Vorschläge für die Implementierung von Gamification, führt diese allerdings nicht weiter aus. SCHUH ET AL. (2017) implementierten im Rahmen ihrer Entwicklung den Anreiz von unternehmensinternen Zertifizierungsebenen einerseits für besonders wertvolles geteiltes Wissen und andererseits für besondere Leistungen bei der anschließenden Prozessverbesserung. Allerdings gibt es in der Literatur derzeit kein Wissensmanagementsystem für die manuelle Montage, welches durch Verknüpfung mit einem konfigurierbaren Anreizsystem die Motivationsförderung hinsichtlich einer aktiven Teilnahme und der daran anschließenden Belohnung in Form eines individuellen Feedbacks ermöglicht.

3.4 Ableitung des Handlungsbedarfs

Im vorangegangenen Kapitel wurde der aktuelle Stand der Forschung und Technik im Hinblick auf die für diese Arbeit relevanten Themenbereiche vorgestellt und diskutiert. Dabei wurden zunächst die Einsatzbereiche bisheriger gamifizierter Anreizsysteme im Rahmen der Forschung sowie außer- und innerbetriebliche Ansätze betrachtet und festgestellt, dass diese Systeme bereits erfolgreich angewendet werden und insbesondere die Vorarbeit von SAILER (2016) das Potenzial zur Motivations- und Leistungssteigerung bei manuellen Arbeitstätigkeiten empirisch beweisen konnte. Zudem beschäftigten sich zahlreiche Vorarbeiten wie beispielsweise CHOU (2015) mit der methodischen Auswahl von Anreizelementen und deren Verknüpfung mit Emotions- und Motivationsmechanismen, jedoch fehlt bislang ansatzübergreifend eine spezifische Anforderungsanalyse sowie eine darauf aufbauende Anwendbarkeitsbewertung von gamifizierten Anreizelementen für die manuelle Montage.

Darüber hinaus zeigen insbesondere die Vorarbeiten von KORN (2014) und WARMELINK ET AL. (2020) erste Verknüpfungen von montagerelevanten Anforderungen mit einer Anreizgestaltung. So gelingt es durch den Ansatz von WARMELINK ET AL. (2020) ausgehend von Anreizelementen zunächst Rückschlüsse auf die damit einhergehenden psychologischen Ereignisse und anschließend auf die physiologischen Ergebnisse ziehen zu können. Jedoch wurde die Konfigurierbarkeit gemäß den individuellen Anforderungen der Mitarbeiter sowie den spezifischen Montageprinzipien bei den bisherigen Ansätzen nicht berücksichtigt.

Im Anschluss an die Betrachtung bisheriger Anreizsystemansätze findet die Analyse aktueller Modelle und Systeme des Wissensmanagements statt. Hier zeigt sich zunächst, dass zahlreiche Vorarbeiten die Problematik der intransparenten und ineffizienten Bewertung von Wissen erkannt und Lösungen für die Bewertung von Wissensverlustrisiken sowie von Eingangswerten für eine Kostenkalkulation erarbeitet haben. Darüber hinaus zeigen die Ansätze von SCHUH ET AL. (2017), BERGER ET AL. (2005) und BÖHL (2000) Lösungsmöglichkeiten für eine zentralisierte Bewertung von Wissen auf und geben erste Hinweise für ein methodisches Vorgehen z. B. im Rahmen eines definierten Expertengremiums. Im Hinblick auf eine standardisierte, transparente und multikriterielle Methode zur Bewertung von externalisiertem Wissen gibt es für die manuelle Montage derzeit jedoch keine Lösung. Zudem wird die Verknüpfung von Bewertungsergebnissen mit einem konfigurierbaren Anreizsystem in den Vorarbeiten zwar mehrfach gefordert, findet dort jedoch keine weitere Berücksichtigung.

Im Hinblick auf den zunehmenden Einsatz digitaler Technologien in der manuellen Montage und die damit einhergehende Vernetzung von operativen und administrativen Unternehmensbereichen zeigen einzelne Vorarbeiten sowohl im Bereich der gamifizierten Anreizsysteme als auch im Bereich des Wissensmanagements Lösungsmöglichkeiten auf. So beschäftigen sich im Rahmen der Anreizsysteme die Arbeiten von GÜNTNER ET AL. (2015) sowie KORN (2014) mit ersten Anforderungen an innerbetriebliche Softwaresysteme und deren Schnittstellen. Hinsichtlich des Wissensmanagements betrachten insbesondere die Ansätze von PAUSE (2017), HAMBACH (2019) und PRINZ (2018) notwendige softwareübergreifende Schnittstellen für den innerbetrieblichen Wissenstransfer. Darüber hinaus beschäftigten sich einerseits KOHL ET AL. (2016) mit möglichen Analyse- und Gestaltungsformen und andererseits BÖHL (2000) mit einem umfangreichen EDV-Konzept für die Integration des Wissenskreislaufs in die Ablauforganisation. Eine allgemeingültige Architektur für die innerbetriebliche Vernetzung von operativen und administrativen Unternehmensbereichen für den Wissenstransfer und die Wissensbewertung sowie die Verknüpfung mit einem gamifizierten Anreizsystem wurde bislang jedoch nicht entwickelt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es folglich, ein Anreizsystem für die manuelle Montage zu entwickeln und dieses mit einer transparenten und standardisierten Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen zu verknüpfen. Ein weiterer Bestandteil der Arbeit ist die Entwicklung einer Softwarearchitektur, mit der die funktionsrelevanten innerbetrieblichen Vernetzungen und die damit einhergehenden Datenflüsse aufgezeigt werden können und letztlich das entwickelte System zum vollumfänglichen Einsatz befähigen.

Um diese Zielsetzung erreichen zu können, bedarf es mehrerer Innovationsschritte. So müssen zunächst die menschlichen Anforderungen zur Initiierung von Motivation mit den unternehmerischen Anforderungen an das Wissensmanagement in der manuellen Montage geeignet verknüpft werden. Darauf aufbauend sind allgemeingültige Anzeilelemente gemäß den identifizierten Anforderungen zu clustern und anschließend systematisch in die Entwicklung zu integrieren. Zudem gilt es eine Standardisierung der Bewertung von externalisiertem Wissen zu entwickeln. Dabei ist der subjektive Bewertungsanteil auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren respektive der objektive Anteil zu maximieren. Hierfür sind wissenschaftlich anerkannte mathematische Vorgehensweisen gemäß den definierten Anforderungen anzupassen. Darüber hinaus ist für die Implementation des Systems in bestehende Softwareumgebungen die Entwicklung einer Vernetzungsarchitektur notwendig, die den international anerkannten Standards folgt und diese für die Lösungsbeschreibung verwendet.

4 Anforderungen an das Anreizsystem

Das folgende Kapitel 4 definiert konkrete Anforderungen an das zu entwickelnde Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage. Hierbei wird das in der Norm DIN EN ISO 9241-210 beschriebene standardisierte Vorgehen für die Analysephase (vgl. Abschnitt 1.4) mit dem Ziel „*einer möglichst vollständigen Erhebung der Anforderungen an das zu entwickelnde System*“ (EIGNER ET AL. 2014, S. 33) angewendet. Dabei geht es einerseits „*darum zu verstehen, was das System leisten soll*“ (EIGNER ET AL. 2014, S. 33), andererseits um die Schaffung der „*juristischen Grundlage für spätere Abnahmetests*“ (EIGNER ET AL. 2014, S. 33). Somit stellen die identifizierten Anforderungen die Rahmenbedingungen für die Entwicklung des Systems dar und werden anschließend auf deren Einhaltung im Rahmen der Validierung überprüft. Aufbauend auf den in Kapitel 2 dargelegten Grundlagen sowie dem in Kapitel 3 vorgestellten und diskutierten Stand der Forschung und Technik wurde in Abschnitt 3.4 ein konkreter Handlungsbedarf abgeleitet. Die aus dem Handlungsbedarf resultierenden Anforderungen lassen sich in die drei Teilbereiche *allgemeine Anforderungen*, *spezielle Anforderungen an das Anreizsystem* sowie *spezielle Anforderungen an die Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen* unterteilen und werden im Folgenden vorgestellt.

4.1 Allgemeine Anforderungen

Im Hinblick auf die allgemeinen Anforderungen (AA) an das Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage ist zunächst die Notwendigkeit der Praxistauglichkeit zu nennen.

AA1: Das System wird im Rahmen der anwendungsnahen Forschung entwickelt und muss daher den Bedürfnissen der Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus genügen. So stellt die Konfigurierbarkeit des zu entwickelnden Anreizsystems eine zentrale Anforderung dar. Das System muss sich einerseits gemäß den spezifischen Anforderungen des vorliegenden Montageprinzips, andererseits gemäß den motivationalen Anforderungen der Nutzer konfigurieren lassen. Dabei ist das System derart zu entwickeln, dass ein möglichst großer Umfang an Konfigurierbarkeit bei einem gleichzeitig minimalen manuellen Aufwand ermöglicht wird.

4 Anforderungen an das Anreizsystem

AA2: Darüber hinaus gilt es das System gemäß aktueller innerbetrieblicher Vernetzungsmöglichkeiten von operativen und administrativen Unternehmensbereichen zu entwickeln. Diesbezüglich müssen funktionsrelevante Vernetzungen und Datenflüsse sowohl hardware- als auch softwareseitig anhand von allgemeingültigen Modellen analysiert und definiert werden.

AA3: Des Weiteren ist die Entwicklung des Systems auf den in Kapitel 2 vorgestellten Grundlagen sowie dem in Kapitel 3 erläuterten Stand der Forschung und Technik aufzubauen, indem relevante Ansätze zunächst auf die Problemstellung dieser Arbeit adaptiert und anschließend weiterentwickelt werden. Wie in Abschnitt 3.4 erörtert wurde, gibt es bereits einige Vorarbeiten, die sich einerseits mit dem Einsatz von Anreizsystemen, andererseits mit dem Wissensmanagement im Allgemeinen und mit Bewertungsmethoden im Speziellen beschäftigt haben. Unter Verwendung dieser Vorarbeiten gilt es nun, ein Anreizsystem sowie eine Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen für die spezifischen Anforderungen der manuellen Montage zu entwickeln.

4.2 Spezielle Anforderungen an das Anreizsystem

Bei der Entwicklung des Anreizsystems lassen sich spezielle Anforderungen (SAA) aus dem Handlungsbedarf ableiten.

SAA1: Gerade im Hinblick auf die Mensch-Maschine-Schnittstelle gibt es im industriellen Umfeld zahlreiche Normen und Richtlinien, welche die Grundlage einer benutzerfreundlichen Interaktion sowie eines menschenorientierten Designs von Systemen darstellen. Des Weiteren sind sowohl die Ergonomie als auch der Prozess zur Gestaltung von gebrauchstauglichen interaktiven Systemen in spezifischen Satzungen vorgegeben und als Basis für die folgende Entwicklungsarbeit heranzuziehen. Darüber hinaus gilt es das Anreizsystem im Einklang mit den geltenden arbeitsrechtlichen Gesetzen wie dem Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) sowie dem Tarifvertragsgesetz (TVG) zu entwickeln. Diese Gesetze umfassen insbesondere das innerbetriebliche Mitbestimmungsrecht bei der Einführung und Anwendung von technischen Systemen als auch die entgeltlichen Abweichungen von Tarifverträgen durch den Einsatz von Anreizsystemen. Zudem sind die Anforderungen der europäischen Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) in Bezug auf die aufgenommenen und transferierten personenbezogenen Daten zu berücksichtigen. Eine umfangreiche Recherche zu Beginn der Entwicklung muss daher die gesetzlichen Rahmenbedingungen analysieren und definieren, damit die innerbetrieblichen Einführungshürden auf ein Minimum reduziert werden können.

SAA2: Zudem sind derzeitige literatur- und umfragebasierte Erkenntnisse im Hinblick auf die betrieblichen sowie menschlichen Anforderungen an Anreizsysteme zu nutzen, um darauf aufbauend eine fundierte Systementwicklung durchzuführen. So hat eine im Rahmen dieser Arbeit stattgefundene branchenübergreifende Umfrage ergeben, dass aus Unternehmenssicht die Transparenz sowie die Belohnungsart die wichtigsten Anforderungen an ein innerbetriebliches Anreizsystem sind (SOCHOR ET AL. 2020A). Dieses Umfrageergebnis wird literaturseitig sowohl von BULLINGER ET AL. (2001) als auch von PRZYGODDA (2004) bestätigt.

4.3 Spezielle Anforderungen an die Bewertungsmethode

Hinsichtlich der zu entwickelnden Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen müssen die allgemeinen Anforderungen um folgende spezifische Anforderungen (SAB) ergänzt werden. Durch die angestrebte Verknüpfung der Bewertungsmethode mit dem Anreizsystem ist die zuvor beschriebene Notwendigkeit der Transparenz auch hier zu adressieren. So gilt es bei der Entwicklung auf ein Höchstmaß an Transparenz für alle an der Methode beteiligten Mitarbeiter zu achten. Darüber hinaus lassen sich literaturbasiert folgende Anforderungen an die zu entwickelnde Bewertungsmethode stellen.

SAB1: Durch ein möglichst hohes Maß an Standardisierbarkeit gelingt eine faire Bewertung. Deshalb muss mittels definierter Bewertungskriterien und einer methodischen Berechnung des Bewertungsergebnisses ein abteilungs- und personenübergreifend identisches Vorgehen entwickelt werden.

SAB2: Die Objektivität bei der Bewertung von externalisiertem Wissen ist zu fokussieren. Aufgrund dessen gilt es eine Methode zu entwickeln, welche den (subjektiven) manuellen Anteil auf ein notwendiges Minimum reduziert und demgegenüber den (objektiven) automatisierten Anteil bei der Wissensbewertung maximiert.

SAB3: Eine Maximierung des automatisierten Bewertungsanteils wird zudem durch die Effizienzanforderung adressiert. Die entwickelte Bewertungsmethode muss unternehmensintern effizient anwendbar sein, um diese unabhängig von der zu bewertenden Menge an externalisiertem Wissen verwenden zu können.

5 Konfigurierbares Anreizsystem

5.1 Übersicht

Basierend auf dem in Abschnitt 3.4 abgeleiteten Handlungsbedarf sowie den daraus resultierenden Anforderungen, welche in Kapitel 4 definiert wurden, findet im Folgenden die Entwicklung des konfigurierbaren Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage statt. Hierfür werden zunächst die in Kapitel 4 identifizierten allgemeinen Anforderungen an die Anreizsystementwicklung in Abschnitt 5.2 detailliert betrachtet sowie im Kontext der Zielsetzung dieser Arbeit analysiert. Aufbauend hierauf findet in Abschnitt 5.3 die Entwicklung des Anreizsystems statt, welche sich in die methodische Bewertung von Anreizelementen sowie in die Entwicklung eines menschenzentrierten Ansatzes zur Anreizsystemkonzeptionierung unterteilt. Daran anschließend wird in Abschnitt 5.4 eine Methode zur parameterbasierten Konfiguration des Anreizsystems entwickelt, bevor Abschnitt 5.5 das Kapitel kurz zusammenfasst.

5.2 Spezifische Anforderungsermittlung

5.2.1 Normen, Richtlinien und Gesetze

Aufbauend auf den bereits identifizierten allgemeinen Anforderungen in Abschnitt 4.1 sowie den speziellen Anforderungen an das Anreizsystem in Abschnitt 4.2 gilt es relevante Normen, Richtlinien und Gesetze im Kontext der Anreizsystementwicklung für den Einsatz in der manuellen Montage detailliert zu betrachten. Diese sind anschließend in Form von Anforderungen in der Entwicklungsarbeit zu berücksichtigen. Insbesondere die Norm DIN EN ISO 9241-11 mit dem Titel „*Ergonomie der Mensch-System-Interaktion*“ sowie die Norm DIN EN ISO 9241-210 mit dem Titel „*Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher Systeme*“ geben folgende Hinweise hinsichtlich der effektiven, effizienten und gebrauchstauglichen Entwicklung von Systemen:

Effektivität: Die Effektivität beschreibt „*die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen*“ (DIN EN ISO 9241-11, S. 4). Im Rahmen der Anreizsystementwicklung ist auf eine eindeutige Beschreibung der Zieldimensionen zu achten, wodurch die Anforderung entsteht: *Eine Motivationsförderung zur aktiven Teilnahme am Wissenstransfer durch das Anreizsystem darf zu*

5 Konfigurierbares Anreizsystem

keiner Reduktion der Montagequalität und -produktivität führen. Darüber hinaus müssen die angewendeten Anreizelemente ein gewisses Maß an Verwendbarkeit in Bezug auf die manuelle Montage vorweisen, wodurch eine Bewertung dieser anhand von montage- und personenspezifischen Anforderungen notwendig wird. Um eine möglichst hohe Effektivität zu erreichen ist daher folgendes notwendig: Verwendung von situativ zugeordneten und individuell auswählbaren Anreizelemente.

Effizienz: Die Effizienz ist „*der im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen*“ (DIN EN ISO 9241-11, S. 4) und beschäftigt sich daher mit dem Ressourcenverbrauch im Verhältnis zu den erzielten Ergebnissen. Übertragen auf die Zielsetzung dieser Arbeit bedeutet dies, dass insbesondere die eingebrachte Ressource Zeit der Mitarbeiter bestmöglich vom Anreizsystem genutzt werden muss und somit keine produktive Zeit respektive Montagezeit unnötig in Anspruch genommen werden darf. Deshalb gilt es im Hinblick auf die Systemeffizienz folgendes zu berücksichtigen: *Die Systeminteraktion muss aus Sicht des Nutzers im Hinblick auf den Wissenstransfer sowie die Wissensbewertung als auch das anschließende Feedback in Form von Anreizelementen einfach verständlich sein und somit einen minimalen Zeitaufwand in Anspruch nehmen.*

Zufriedenstellung: Die Zufriedenstellung umfasst die „*Freiheit von Beeinträchtigungen und positive Einstellungen gegenüber der Nutzung des Produkts*“ (DIN EN ISO 9241-11, S. 4) und hat im Hinblick auf die Entwicklung des Anreizsystems sowohl auf die Konfigurierbarkeit als auch auf die Nutzung des Systems einen Einfluss. Bezüglich der Konfigurierbarkeit gilt es: *Das System muss einerseits gemäß dem vorliegenden Montageprinzip und andererseits gemäß den individuellen menschlichen Motivationsmechanismen aufwandsarm angepasst werden können.* Darüber hinaus sind folgende Anforderungen zu berücksichtigen, um eine Zufriedenstellung bei der Nutzung des Systems zu erreichen: *Das Anreizsystem muss die Funktionalitäten hinsichtlich des Wissenstransfers, der Wissensbewertung sowie der Anreizgestaltung auf die Anforderungen der manuellen Montage abstimmen.* Die detaillierte Betrachtung der spezifischen Montageanforderungen findet in Abschnitt 5.2.2 statt.

Aufbauend auf den betrachteten Rahmenbedingungen bezüglich der Mensch-System-Interaktion sowie der Entwicklung von gebrauchstauglichen Systemen werden im Folgenden geltende Gesetze zum Datenschutz sowie zum innerbetrieblichen Mitbestimmungsrecht analysiert und hieraus Anforderungen abgeleitet. In diesem Zusammenhang schreibt die seit dem 25. Mai 2018 in Europa geltende

DSGVO vor, dass die Verarbeitung von personenbezogenen Daten unzulässig ist und nur dann rechtmäßig durchgeführt werden kann, wenn „*die betroffene Person [...] ihre Einwilligung zu der Verarbeitung der sie betreffenden personenbezogenen Daten für einen oder mehrere bestimmte Zwecke*“ (ART. 6 ABS. 1A DSGVO) zuvor erteilt hat. Jedoch enthält die DSGVO im Beschäftigungskontext die Öffnungsklausel, dass europäische Mitgliedsstaaten „*durch Rechtsvorschriften oder durch Kollektivvereinbarungen spezifische Vorschriften zur Gewährleistung des Schutzes der Rechte und Freiheiten hinsichtlich der Verarbeitung personenbezogener Beschäftigungsdaten im Beschäftigungskontext*“ (ART. 88 ABS. 2 DSGVO) definieren können. Basierend hierauf empfehlen sowohl KLEINEBRINK (2018) als auch KRAUSE (2018) den Abschluss von Betriebsvereinbarungen zwischen dem Betriebsrat und dem Arbeitgeber. Hierdurch kann unternehmensintern ein einheitliches Vorgehen bezüglich des Umgangs mit personenbezogenen Daten definiert werden. Grundsätzlich gilt hinsichtlich des Betriebsrates ohnehin für jede „*Einführung und Anwendung von technischen Einrichtungen, die dazu bestimmt sind, das Verhalten oder die Leistung der Arbeitnehmer zu überwachen*“ (§ 87 ABS. 1 NR. 6 BETRVG) ein Mitbestimmungsrecht (SOCHOR ET AL. 2021A). Darüber hinaus ist hinsichtlich der Einführung und des Betriebs von innerbetrieblichen leistungsorientierten Anreizsystemen zu beachten, dass Abweichungen vom eventuell geltenden Tarifvertrag nur zulässig sind, „*soweit sie durch den Tarifvertrag gestattet sind oder eine Änderung der Regelungen zugunsten des Arbeitnehmers enthalten*“ (§ 4 ABS. 3 TVG). Andernfalls muss der Sachverhalt ebenfalls im Rahmen einer Betriebsvereinbarung geregelt und einvernehmlich von Seiten des Betriebsrates als auch des Arbeitgebers gestattet werden. Aufgrund dessen sind folgende Anforderungen an das zu entwickelnde Anreizsystem zu stellen: *Das Anreizsystem muss einerseits eine Möglichkeit zur Anonymisierung von personenbezogenen Daten bereitstellen und andererseits ausschließlich Begünstigungen für den Arbeitnehmer enthalten, damit eine innerbetriebliche Einführung unabhängig von der abgeschlossenen Betriebsvereinbarung möglich ist.*

5.2.2 Manuelle Montage

Aufbauend auf den zuvor betrachteten Normen, Richtlinien und Gesetzen beschäftigt sich der vorliegende Abschnitt mit spezifischen Anforderungen ausgehend vom Anwendungsgebiet der manuellen Montage. Dabei ist insbesondere auf die Anwendbarkeit des Systems im Umfeld der möglichen vorliegenden Montageprinzipien zu achten. Basierend auf den dargelegten Grundlagen der manuellen Montage in Abschnitt 2.2 werden nachstehend die unterschiedlichen Organisationsformen mit ihren jeweiligen spezifischen Anforderungen analysiert.

5 Konfigurierbares Anreizsystem

Wie Tabelle 3 zeigt, wird in der Literatur zwischen unterschiedlichen Produktionsprinzipien und Produktionsarten differenziert. Dabei weisen die Produktionsarten eine Korrelation zu den Produktionsprinzipien auf und sind primär abhängig von der zu fertigenden Produktstückzahl (PILLER 2006, KETTNER ET AL. 1984). Bei den Produktionsarten wird zwischen der Kleinstserie, Kleinserie, Mittelserie, Großserie und Größtserie unterschieden. Demgegenüber stehen die Produktionsprinzipien der Baustellen-, Werkstatt-, Gruppen-, und Flussmontage. Tabelle 3 zeigt die Produktionsarten sowie die Produktionsprinzipien und deren Korrelation.

Tabelle 3: Korrelation zwischen Produktionsprinzip und Produktionsart

Produktionsart	Produktionsprinzip			
	Baustelle	Werkstatt	Gruppe	Fluss
Kleinstserie	x	x		
Kleinserie	x	x	x	
Mittelserie		x	x	
Großserie			x	x
Größtserie				x

Hinsichtlich der Entwicklung des Anreizsystems gilt es, insbesondere die spezifischen Anforderungen des jeweiligen Produktionsprinzips und des damit einhergehenden Prinzips des Mitarbeitereinsatzes zu berücksichtigen. So zeigt sich, dass ausgehend von der Baustellenmontage, bei der das herzustellende Produkt fest platziert ist und die Einzelkomponenten zur Baustelle transportiert werden, bis hin zur Flussmontage, bei der die Arbeitstätigkeiten aufeinanderfolgend räumlich angeordnet sind, die Mitarbeiter die anfallenden Montagetätigkeiten einzeln oder in Teamarbeit durchführen können (LOTTER & WIENDAHL 2012). Somit besteht die Möglichkeit der Einzel- oder Teambeteiligung am Anreizsystem. Aufgrund dessen ist bei der Konfigurierbarkeit des Anreizsystems Folgendes zu beachten: *Das Anreizsystem muss gemäß dem vorliegenden Prinzip des Mitarbeitereinsatzes eine Konfiguration hinsichtlich der Einzel- und/oder Teambeteiligung ermöglichen.*

5.2.3 Menschentypus

Basierend auf den in Abschnitt 2.4.2 vorgestellten Grundlagen der menschlichen Motivation gilt es im Folgenden, die Anforderungen an das Anreizsystem ausgehend von den unterschiedlichen Menschentypen zu definieren. Um eine mitarbeiterspezifische und damit personenspezifische Motivation zur aktiven Teilnahme am Wissenstransfer durch das Anreizsystem erzeugen zu können, ist es notwendig, Erkenntnisse aus der Verhaltenswissenschaft zu analysieren und basierend hierauf die Systementwicklung durchzuführen. Im Kontext der Verhaltenswissenschaft wird dabei zwischen drei Menschentypen unterschieden, dem Eigennützigem, dem Reziproken und dem Tätigkeitsfokussierten (WILLENBACHER 2017). Hinsichtlich des eigennützigen Menschentyps ist einerseits dessen Motivation durch monetäre Anreize beachtenswert, andererseits sein Streben nach sozialem Status und Anerkennung. Somit sind eigennützige Menschentypen *„kompetitiv und möchten andere in jeder Hinsicht übertrumpfen, wobei Erfolge anderer Personen ihren Nutzen mindern können“* (WILLENBACHER 2017, S. 216). Hieraus lässt sich schließen, dass der eigennützige Menschentyp primär durch extrinsische Anreize wie finanzielle oder materielle Güter motiviert werden kann (WILLENBACHER 2017). Demgegenüber charakterisiert einen reziproken Menschen sein ausgeprägtes Verlangen nach Fairness eines Prozesses oder eines Systems, weshalb dieser Menschentyp bei der Wahrnehmung eines fairen Systems ein *„positiv reziprokes Verhalten und damit verbunden eine positive Wirkung auf die Leistung“* (WILLENBACHER 2017, S. 221) zeigt. Hinsichtlich der zu verwendenden Anreizelemente postuliert WILLENBACHER (2017) extrinsische Anreize, die nach Möglichkeit statisch und damit unveränderlich sind. Der tätigkeitsfokussierte Menschentyp hat dahingegen *„eine dominante Präferenz dafür, interessante Tätigkeiten wahrzunehmen. Diesen wollen sie ohne äußeren Druck und frei von inneren Zwängen nachgehen“* (WILLENBACHER 2017, S. 224), wodurch dieser Menschentyp, im Unterschied zu den beiden zuvor betrachteten, nicht oder nur kaum durch extrinsische Anreize motiviert werden kann und stattdessen intrinsische Anreize zur Anwendung kommen sollten. Wie bereits in Abschnitt 2.4.3.1 beschrieben, gehen intrinsische Anreize mit einem in hohem Maße transparenten Prozess oder System einher und sind daher insbesondere für tätigkeitsfokussierte Menschentypen unabdingbar. Die vorangegangene Analyse der unterschiedlichen Menschentypen lässt nun die Formulierung folgender Anforderung zu: *Das Anreizsystem benötigt zur charakterübergreifenden Motivationserzeugung sowohl intrinsische als auch extrinsische Anreizelemente, welche gemäß dem vorliegenden Menschentypen ausgewählt und eingesetzt werden können.*

5.3 Entwicklung des Anreizsystems

5.3.1 Vorgehensweise

Aufbauend auf der umfangreichen Anforderungsanalyse in Kapitel 4 sowie in Abschnitt 5.2 folgt nun die Entwicklung des Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage. Die Vorgehensweise gliedert sich in die drei Teilerwicklungsschritte: 1. Methodische Bewertung von Anzelelementen, 2. Entwicklung eines menschenzentrierten Ansatzes zur Anreizsystemkonzeptionierung und 3. Konfigurationsmethode für das Anreizsystem. Dabei bauen die Teilschritte, wie in Abbildung 18 schematisch dargestellt, aufeinander auf.

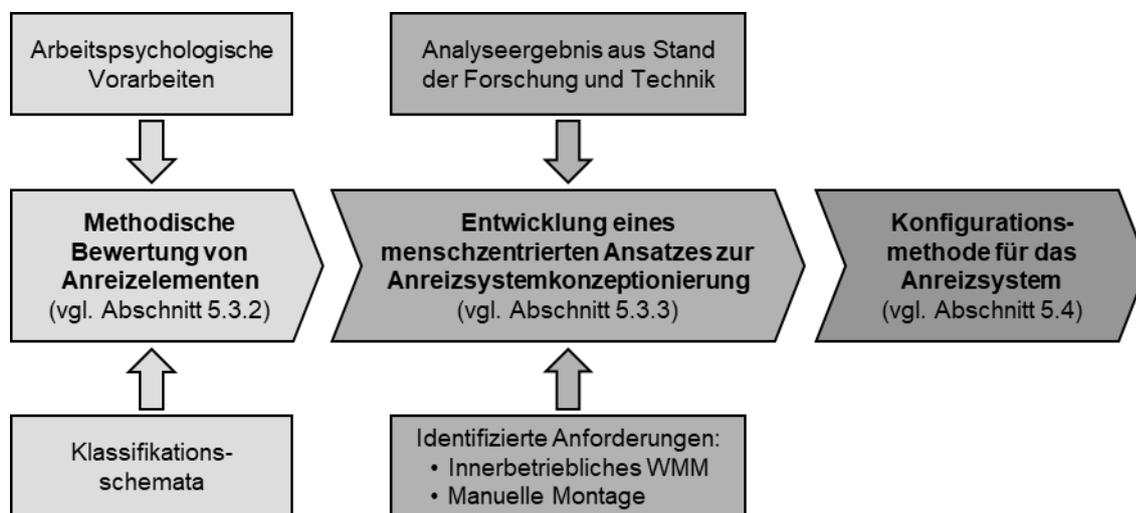


Abbildung 18: Vorgehen bei der Entwicklung des Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage

Im ersten Entwicklungsschritt werden allgemeingültige Anzelelemente, welche branchenübergreifend Anwendung finden, mithilfe von arbeitspsychologischen Vorarbeiten analysiert und anschließend bewertet. Die hieraus abgeleitete Korrelationsmatrix lässt Rückschlüsse auf die Verwendbarkeit der spezifischen Elemente im Kontext der manuellen Montage zu. Aufbauend auf der methodischen Bewertung von Anzelelementen findet die Entwicklung eines menschenzentrierten Ansatzes zur Anreizsystemkonzeptionierung statt. Hierfür wird das Analyseergebnis der zuvor betrachteten Ansätze (vgl. Abschnitt 3.2.4) herangezogen und basierend hierauf ein dreistufiger Entwicklungsprozess zur menschenzentrierten Konzeptionierung von Anreizsystemen gemäß den Anforderungen des innerbetrieblichen Wissensmanagements (WMM) sowie der manuellen Montage entworfen. Daran anschließend findet die Integration der bewerteten Anzelelemente in den Prozess

zur Anreizsystemkonzeptionierung statt, wodurch der Grundbaustein für die unternehmensspezifische Konfigurierbarkeit des Anreizsystems gelegt wird (vgl. Abschnitt 5.4). Im Folgenden werden die ersten beiden Entwicklungsschritte umfassend beschrieben.

5.3.2 Methodische Bewertung von Anreizelementen

Die methodische Bewertung von Anreizelementen basiert auf einer umfassenden Literaturrecherche hinsichtlich der zu berücksichtigenden Elemente. Insbesondere die Vorarbeit von SAILER (2016) lässt durch die darin beschriebene empirische Studie, welche im Umfeld der Produktion durchgeführt wurde (vgl. Abschnitt 3.2.3), Rückschlüsse auf die Klassifikation der Anreizelemente zu. Darüber hinaus beschäftigten sich sowohl WERBACH & HUNTER (2012) im Rahmen eines Modells als auch WARMELINK ET AL. (2020) im Rahmen einer Metaanalyse detailliert mit den psychologischen Korrelationen von Anreizelementen mit dem menschlichen Verhalten (vgl. Abschnitt 3.2.3).

Hinsichtlich des Klassifikationsschemas wird auf das von CHOU (2015) entworfene Octalysis-Modell zurückgegriffen, da dieses eine sehr feingranulare Verknüpfung von Anreizelementen mit den spezifischen Kernantrieben zulässt und eine bewährte Weiterentwicklung der Selbstbestimmungstheorie nach DECI & RYAN (2000) sowie der Flow-Theorie nach CSIKSZENTMIHALYI (2014) darstellt (vgl. Abschnitt 3.2.1). Basierend auf dem Octalysis-Modell und den genannten arbeitspsychologischen Vorarbeiten gelingt eine methodische Bewertung allgemeingültiger Anreizelemente, wie in Abbildung 19 dargestellt. Die dabei resultierende Korrelationsmatrix fasst die Bewertungsergebnisse zusammen und bildet die Basis für die weitere Entwicklungsarbeit.

5 Konfigurierbares Anreizsystem

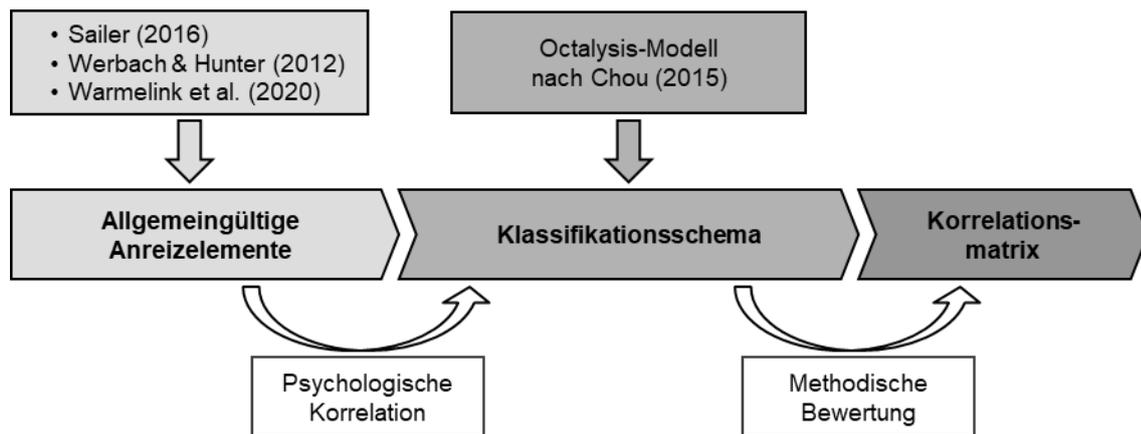


Abbildung 19: Methode zur Bewertung von Anzeizelementen

Die Analyse der arbeitspsychologischen Vorarbeiten zeigt, dass sich die betrachteten Anzeizelemente in 13 übergeordnete Gruppen einteilen lassen, mithilfe derer eine Allgemeingültigkeit der Bewertung erreicht wird (SOCHOR ET AL. 2021B). So lassen sich auch zukünftig entstehende Anzeizelemente einer Anreizgruppe zuordnen, wodurch entsprechende Folgerungen auf deren psychologische Korrelation gezogen werden können. Nachfolgend werden die 13 Anreizgruppen, gemäß den arbeitspsychologischen Vorarbeiten bewertet und anschließend den spezifischen Klassifikationsparametern in Form der Kernantriebe (KA) – in Anlehnung an das Octalysis-Modell – zugeordnet:

Punkte eignen sich für die Anzeige eines erreichten Fortschritts und werden zumeist in Form eines Feedbacks bei Systemen oder Prozessen dafür eingesetzt, Transparenz zu erzeugen. Der häufige Einsatz ist nicht zuletzt auf die aufwandsarme Erstellung hinsichtlich des Designs sowie der Implementierung bei Systemen bzw. Prozessen zurückzuführen. Sie dienen darüber hinaus als Grundlage für die Vergleichbarkeit einer Situation wie beispielsweise bei einem Wettbewerb. Somit lassen sich Punkte folgenden Kernantrieben zuordnen (SOCHOR ET AL. 2021B): *Entwicklung und Leistung (KA 2)*, *Stärkung der Kreativität (KA 3)*, *Besitz und Eigentum (KA 4)*

Levels und Scores stellen primär den aktuellen Status dar, den eine Person im Rahmen eines Spielsystems oder -kontextes innehat. Aufgrund der hierarchischen Anordnung animiert diese Anreizgruppe besonders stark zum Erreichen der nächsten Stufe, basierend auf der Erwartung einer Belohnung oder der Einschränkung eines vorherigen Verlustes. Angewendet werden Levels und Scores überwiegend für die Messbarkeit von Leistung. Aufgrund dessen lässt sich folgende Zuordnung definieren (SOCHOR ET AL. 2021B): *Besitz und Eigentum (KA 4)*, *Knappheit und Ungeduld (KA 6)*

Abzeichen und Erfolge werden als digitale und visuelle Besitztümer bezeichnet, die oftmals in Form von Trophäen dargestellt werden und somit als Statussymbol fungieren. Insbesondere die Möglichkeit diese zu sammeln lässt den Rückschluss zu, dass Abzeichen und Erfolge eine langfristige Motivation zum Ziel haben. Darüber hinaus visualisieren Trophäen das erfolgreiche Erreichen eines Ziels bzw. eines Zwischenziels. So animieren sie bei einem möglichen Verlust dazu, die Leistung beizubehalten bzw. die Leistung zu erhöhen, sofern es die Option zur Erreichung einer weiteren Trophäe gibt. Dies trifft auf folgende Kernantriebe zu (SOCHOR ET AL. 2021B): *Besitz und Eigentum (KA 4)*, *sozialer Einfluss und Verbundenheit (KA 5)*

Zähler und Timer betrachtet CHOU (2015) als „visuelle Anzeigen, die den Zeitablauf in Richtung eines konkreten Ereignisses kommunizieren“ (CHOU 2015, S. 330) und auf Gelegenheiten aufbauen, „die verschwinden, wenn der Benutzer nicht sofort die gewünschte Aktion ausführt“ (CHOU 2015, S. 330). Diese Anreizgruppe eignet sich einerseits zur kurzfristigen Motivation durch die Initiierung von zeitlichem Druck oder andererseits zum Aufbau eines Spannungsbogens in Form eines zeitnah zur Verfügung stehenden Ereignisses. Basierend hierauf kann folgende Zuordnung getroffen werden (SOCHOR ET AL. 2021B): *Stärkung der Kreativität (KA 3)*, *Knappheit und Ungeduld (KA 6)*, *Verlust und Vermeidung (KA 8)*

Quests sind Aufgaben, die in Form von Erzählungen beschrieben werden und „die sich auf aufeinanderfolgende Ziele beziehen, die die Probanden sofort verstehen und verfolgen können“ (WARMELINK ET AL. 2020, S. 334). Hierdurch gelingt es, auf besonders bedeutsame Ziele bzw. Zwischenziele aufmerksam zu machen, indem diese im Sinne von Meilensteinen in eine Erzählung integriert werden. Besonders hervorzuheben ist bei dieser Anreizgruppe die Möglichkeit, diese sowohl für einen kurzen als auch für einen langen Zeitraum als Motivationstreiber einsetzen zu können. Der Zeitraum kann hierbei einerseits durch den Umfang der Erzählung, andererseits durch die Anzahl der darin verordneten Ziele detailliert definiert werden. Aufgrund dessen lassen sich Quests folgenden Kernantrieben zuordnen (SOCHOR ET AL. 2021B): *Besitz und Eigentum (KA 4)*, *Knappheit und Ungeduld (KA 6)*, *Verlust und Vermeidung (KA 8)*

Leistungsdiagramme und Fortschrittsbalken eignen sich insbesondere für die dynamische Visualisierung von Leistung und werden vorwiegend eingesetzt, um einen Wettbewerb zu initiieren. Dieser Wettbewerb kann bei Einzelpersonen gegen sich selbst in Form eines Vergleichs von historischen Daten oder einem vorgegebenen Ziel entstehen und ist hinsichtlich der Intensität von der Belohnung abhängig. Bei einer Team-Anwendung entsteht der Wettbewerb dagegen zwischen

5 Konfigurierbares Anreizsystem

den beteiligten Personen. Hinsichtlich des gewählten Zielhorizonts ist bei dieser Anreizgruppe darauf zu achten, dass sehr ambitionierte Ziele gerade zu Beginn einer Tätigkeit bzw. zu Beginn des Wettbewerbs demotivierende Auswirkungen haben können. Basierend hierauf lässt sich folgende Zuordnung definieren (SOCHOR ET AL. 2021B): *Entwicklung und Leistung (KA 2)*, *Stärkung der Kreativität (KA 3)*, *Verlust und Vermeidung (KA 8)*

Bestenlisten klassifizieren die beteiligten Personen nach einem oder mehreren Kriterien mit dem Ziel, ähnlich wie bei Leistungsdiagrammen und Fortschrittsbalken, einen Wettbewerb entstehen zu lassen. Dabei sind die Platzierungen innerhalb der Liste in der Regel öffentlich einsehbar oder zumindest von allen gelisteten Personen einsehbar, was dazu führt, dass Personen mit einer guten Platzierung eine zusätzliche Motivation aufgrund des öffentlichen Status erfahren, jedoch schlecht-platzierte Personen entsprechend stärker demotiviert werden. Einer starken Demotivation kann allerdings entgegenwirkt werden, indem die Liste anonymisiert wird. Aufgrund der offenen Zielsetzung eignet sich die Anreizgruppe nicht dazu, eine feste Zielsetzung zu definieren und diesbezüglich einen Vergleich zum aktuellen Status zu ziehen. Somit treffen die Bestenlisten auf folgende Kernantriebe zu (SOCHOR ET AL. 2021B): *Entwicklung und Leistung (KA 2)*, *Unberechenbarkeit und Neugier (KA 7)*

Krönung ist eine Anreizgruppe zur öffentlichkeitswirksamen Auszeichnung einer Person für besondere Leistungen. Hierbei wird mithilfe der Steigerung des sozialen Ansehens eine Motivation bei der betroffenen Person geweckt, die eine langanhaltende Wirkung hat. Die Motivationsintensität ist dabei abhängig vom Rahmen, in dem die Krönung stattfindet. Findet die Auszeichnung eines Mitarbeiters von Person zu Person oder rein digital statt, ist die Motivation geringer gegenüber einer Verleihung in einem entsprechenden Rahmen und der Teilnahme einer größeren Personenanzahl. Hinsichtlich der Motivation kann der Effekt der Steigerung des sozialen Ansehens mit zusätzlichen immateriellen oder materiellen Belohnungen ergänzt werden. Diesbezüglich trifft diese Anreizgruppe auf folgende Kernantriebe zu (SOCHOR ET AL. 2021B): *Epische Bedeutung und Berufung (KA 1)*, *Sozialer Einfluss und Verbundenheit (KA 5)*

Multimediales Feedback umfasst nach WARMELINK ET AL. (2020) sämtliche Formen der visuellen, akustischen sowie textuellen Kommunikation mit dem Ziel, der Person eine Rückmeldung bezüglich des aktuellen Standes der zu erledigenden Aufgabe oder Tätigkeit zu geben. Im Rahmen dieser Anreizgruppe gibt es ein großes Spektrum hinsichtlich der verwendeten Medienform als auch des spezifischen Anreizelements. Ein Beispiel für ein umfangreiches multimediales Feedback im

Rahmen der manuellen Montage ist der in Abschnitt 3.2.3 vorgestellte Ansatz nach KORN (2014). Die in diesem Rahmen entwickelten Anwendungen Kreis & Balken sowie Pyramide geben dem Mitarbeiter sowohl visuell als auch textuell eine Rückmeldung über die aktuelle Montagetätigkeit. Je nach Anwendungsart kann mittels dieser Anreizgruppe ein positives Feedback zurückgegeben werden – z. B. durch eine Gratulation – oder auch ein negatives Feedback – z. B. durch eine Warnung. Hieraus lässt sich schließen, dass diese Anreizgruppe folgende Kernantriebe bedient (SOCHOR ET AL. 2021B): *Stärkung der Kreativität (KA 3)*, *Sozialer Einfluss und Verbundenheit (KA 5)*, *Verlust und Vermeidung (KA 8)*

Vorschläge und Ratschläge befähigen dazu, Personen im Falle einer drohenden Ahnungslosigkeit und einer damit einhergehenden Frustration spezifische Hinweise zu geben. Stehen Personen vor einer Entscheidungsproblematik, bei der sie durch einen entsprechenden Hinweis eine Unterstützung erfahren, steigert dies einerseits die Akzeptanz des Systems oder des Prozesses und führt andererseits zu einer Motivation basierend auf dem erfolgreichen Durchlaufen von Entscheidungsproblematiken. Darüber hinaus kann durch den gezielten Einsatz dieser Anreizgruppe die personenspezifische Entwicklung eines lösungsorientierten Handelns unterstützt werden. Somit treffen Vorschläge und Ratschläge auf folgende Kernantriebe zu (SOCHOR ET AL. 2021B): *Entwicklung und Leistung (KA 2)*, *Stärkung der Kreativität (KA 3)*

Metaphorische oder fiktionale Darstellung umfasst die audiovisuelle Darstellung eines Sachverhaltes, um dessen Priorität im Rahmen einer spezifischen Situation hervorzuheben. Oftmals kombiniert diese Anreizgruppe mehrere Informationen oder Hinweise in einer Anwendung. So gelingt es, die Leistung sowie die Qualität einer Tätigkeit vereint darzustellen und dies gleichzeitig für die Initialisierung eines Wettbewerbs zu nutzen. Hier sei als Beispiel auf den Tetris-Ansatz von KORN (2014) verwiesen (vgl. Abschnitt 3.2.3), in dessen Rahmen manuelle Tätigkeiten als Bausteine dargestellt werden und mittels Farben sowie Schatten spezifische Informationen visualisiert werden. Aufgrund der hohen Informationsdichte ist jedoch darauf zu achten, dass diese Anreizgruppe bei der Anwendung in einem Nicht-Spielkontext stark von der eigentlichen Tätigkeit ablenken kann. Aufgrund dessen erfüllen metaphorische oder fiktionale Darstellungen folgende Kernantriebe (SOCHOR ET AL. 2021B): *Epische Bedeutung und Berufung (KA 1)*, *Unberechenbarkeit und Neugier (KA 7)*

Avatare sind eine „visuelle Repräsentation des Spielers“ (SAILER 2016, S. 41) und haben die Hauptaufgabe, dass sich der Nutzer bestmöglich mit der fiktiven Figur identifiziert. Hierfür gilt es umfangreiche Individualisierungsmöglichkeiten

5 Konfigurierbares Anreizsystem

vorzusehen und diese mit entsprechenden Belohnungen zu verknüpfen. So gelingt es, mithilfe dieser Anreizgruppe Nutzer dazu zu motivieren, eine entsprechend hohe Leistung abzurufen, um sich in Form des Avatars weiterzuentwickeln. Die vorgestellten Beispiele von KÄHR (2016) sowie von SAILER (2016) zeigen, dass Avatare branchenübergreifend erfolgreich eingesetzt werden, um einerseits die Leistungsbereitschaft zu steigern und andererseits die Identifikation mit dem System und die damit einhergehende Akzeptanz zu erhöhen (vgl. Abschnitte 3.2.2 und Abschnitt 3.2.3). Basierend hierauf lässt sich folgende Zuordnung definieren (SOCHOR ET AL. 2021B): *Stärkung der Kreativität (KA 3), Besitz und Eigentum (KA 4)*

Narrativ ist die englische Bezeichnung für eine Geschichte, die die „*reale Welt in einer Geschichte widerspiegelt*“ (SAILER 2016, S. 39). Darin kann sich der Nutzer selbst oder in Form einer fiktiven Figur z. B. eines Avatars weiterentwickeln und parallel zur realen Welt vordefinierte Aufgaben lösen. Diese Anreizgruppe kann durch die Nähe zur Realität auch als Simulation angesehen werden, mit deren Hilfe sich ein Nutzer beispielsweise auf einen zukünftigen Zustand oder eine zukünftige Aufgabe vorbereiten kann. Dies ruft im Falle einer erfolgreichen Absolvierung nicht nur Sicherheit im Nutzer hervor, sondern kann durch eine Verknüpfung mit einer Belohnung darüber hinaus zu einer Motivation führen. Zudem gelingt es mittels dieser Anreizgruppe, einen monotonen Sachverhalt durch eine ansprechende virtuelle Geschichte interessanter zu gestalten. Dies lässt folgende Rückschlüsse auf die adressierten Kernantriebe zu (SOCHOR ET AL. 2021B): *Epische Bedeutung und Berufung (KA 1), Unberechenbarkeit und Neugier (KA 7)*

Aufbauend auf der definierten Verknüpfung der Anreizgruppen mit den spezifisch adressierten Kernantrieben lassen sich nun Rückschlüsse auf die damit auslösbaren Motivations- und Emotionsmechanismen ziehen. So lässt sich für jede Anreizgruppe gemäß ihrer Klassifizierung innerhalb des Octalysis-Modells eine Aussage über die hervorgerufene Emotionalität im Spannungsfeld der positiven bzw. negativen Emotionen sowie der hervorgerufenen Motivation im Spannungsfeld der extrinsischen bzw. intrinsischen Motivation tätigen. Diese Korrelation ist in Abbildung 20 visuell dargestellt.

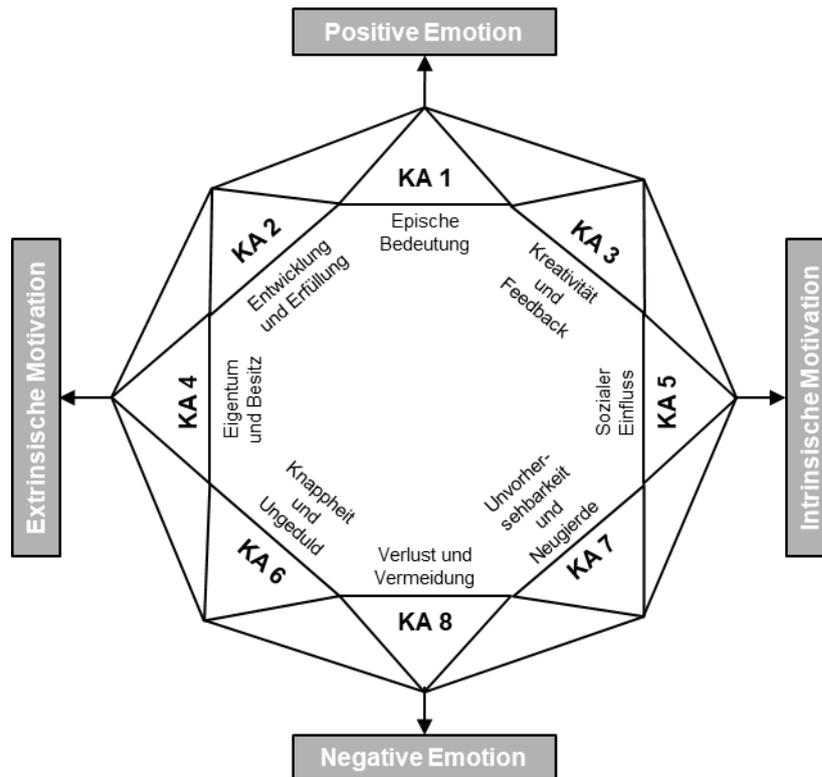


Abbildung 20: Korrelation der Kernantriebe mit den Emotions- und Motivationsmechanismen (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2021B und CHOU 2015)

Hierdurch gelingt es zukünftig, entsprechend des geforderten Emotions- und Motivationsmechanismus, spezifische Anreizgruppen auszuwählen und diese im Kontext eines Anreizsystems anzuwenden. Diese Klassifizierung befähigt dazu, die in Abschnitt 5.2.3 geforderte Motivationserzeugung in Abhängigkeit des vorliegenden Menschentypus individuell auszuwählen. Zudem gelingt es, die in Abschnitt 4.1 sowie in Abschnitt 5.2.1 geforderte Effektivität, durch situativ zugeordnete und individuell auswählbare Anreize zu adressieren. Jedoch kann die in Abschnitt 5.2.2 geforderte montageprinzipabhängige Auswahl von Einzel- und Gruppenanreizen mit der bisherigen Klassifikation nicht durchgeführt werden. Aufgrund dessen ein zusätzlicher Klassifikationsparameter in Form einer „Sozialen-Komponente“ eingeführt und die bisherige Korrelation von Anreizgruppen mit den Emotions- und Motivationsmechanismen entsprechend erweitert wird.

Der soziale Klassifikationsparameter bezieht sich auf die Notwendigkeit einer Differenzierung von Anreizgruppen hinsichtlich deren Eignung für Einzel- und/oder Gruppenanreize (vgl. Abschnitt 5.2.2). Diesbezüglich wird auf den arbeitspsychologischen Vorarbeiten von WIEGAND & STIEGLITZ (2014) sowie von HOUTARI & HAMARI (2017) aufgebaut, indem die Analyseergebnisse dieser Arbeiten für eine

5 Konfigurierbares Anreizsystem

Klassifizierung der Anreizgruppen gemäß deren Sozialität herangezogen werden. Basierend auf der Zuordnung der Anreizgruppen können anschließend Rückschlüsse auf die damit verknüpften Kernantriebe gezogen werden und, wie Abbildung 21 zeigt, Definitionen hinsichtlich deren Einsatzfähigkeit für Einzel- und/oder Gruppenanreize erstellt werden.

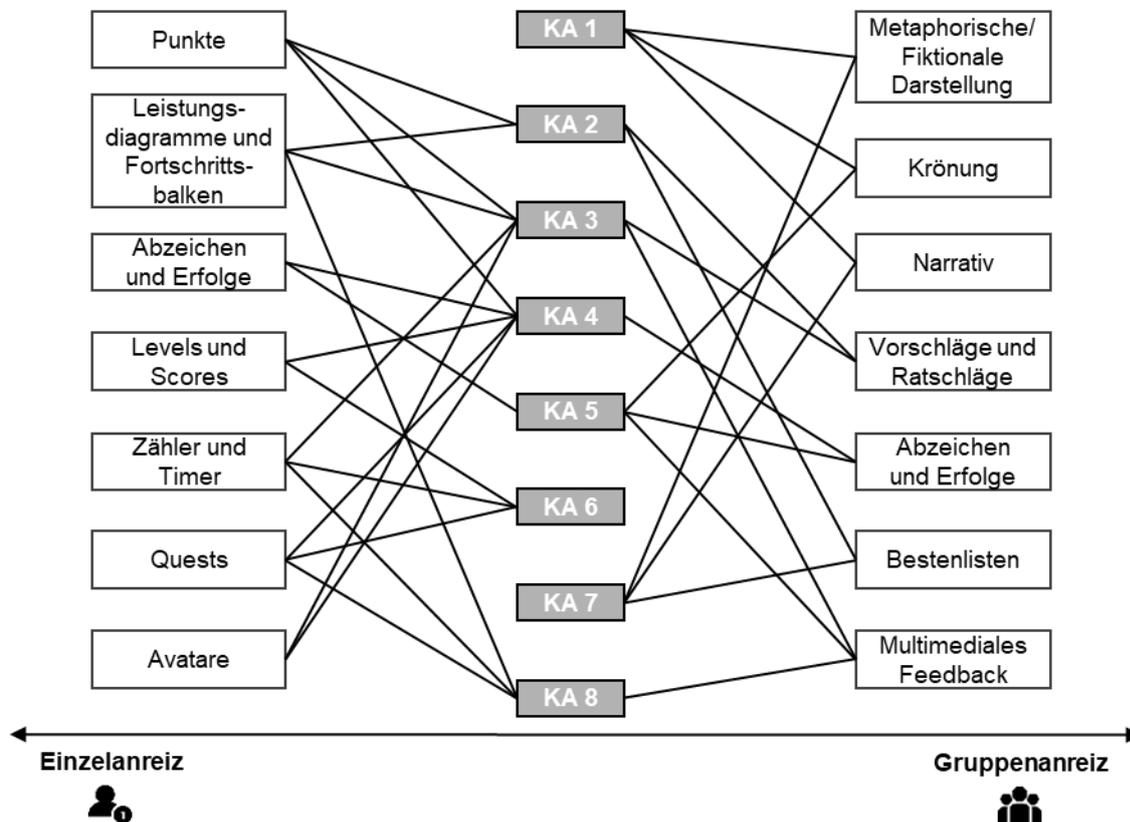


Abbildung 21: Klassifikation der Anreizgruppen hinsichtlich deren Sozialität (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2021B)

So zeigt sich, dass für Einzelanreize auf die Kernantriebe *Stärkung der Kreativität* (KA 3), *Besitz und Eigentum* (KA 4), *Knappheit und Ungeduld* (KA 6) sowie auf *Verlust und Vermeidung* (KA 8) zurückgegriffen werden sollte (SOCHOR ET AL. 2021B). Diese Kernantriebe sprechen Einzelpersonen im Kontext von Anreizsystemen besonders stark an und rufen damit einhergehend eine entsprechend der anreizsystemspezifischen Zielsetzung definierte Verhaltensweise hervor. Demgegenüber eignen sich die Kernantriebe *epische Bedeutung und Berufung* (KA 1), *sozialer Einfluss und Verbundenheit* (KA 5) sowie *Unberechenbarkeit und Neugier* (KA 7) besonders für den Einsatz bei Gruppenanwendungen (SOCHOR ET AL. 2021B). So können beispielsweise durch gruppenbasierte Bestenlisten mehrere Teams gegeneinander in den Wettbewerb treten oder es kann in Form einer Krö-

5.3 Entwicklung des Anreizsystems

nung eine besondere Gruppenleistung ausgezeichnet und hierdurch ein teambezogener Anreiz geschaffen werden. Lediglich der Kernantrieb *Entwicklung und Leistung* (KA 2) eignet sich gleichermaßen in Form von Punkten und Leistungsdiagrammen bzw. Fortschrittsbalken für die Anwendung bei Einzelanreizen als auch in Form von Vorschlägen und Bestenlisten für die Anwendung bei Gruppenanreizen. Abzeichen und Erfolge stellen eine Besonderheit dar, da diese Anreizgruppe sowohl den Einzel- als auch den Gruppenanreizen zugeordnet werden kann.

Die folgende Korrelationsmatrix fasst die erarbeiteten Klassifikationsergebnisse in Form von Tabelle 4 zusammen und bereitet damit deren Verwendung für die weiterführende Entwicklungsarbeit vor.

Tabelle 4: Korrelationsmatrix der Kernantriebe

# KA	Klassifikationsparameter			Anreizgruppe
	Motivation	Emotion	Sozialität	
KA 1	Intrinsisch & Extrinsisch	Positiv	Gruppe	<ul style="list-style-type: none"> • Metaphorische/Fiktionale Darstellung • Krönung • Narrativ
KA 2	Extrinsisch	Positiv	Einzel	<ul style="list-style-type: none"> • Punkte • Leistungsdiagramme & Fortschrittsbalken
			Gruppe	<ul style="list-style-type: none"> • Vorschläge & Ratschläge • Bestenlisten
KA 3	Intrinsisch	Positiv	Einzel	<ul style="list-style-type: none"> • Punkte • Leistungsdiagramme & Fortschrittsbalken • Zähler & Timer • Avatare
KA 4	Extrinsisch	Positiv & Negativ	Einzel	<ul style="list-style-type: none"> • Punkte • Abzeichen & Erfolge • Levels & Scores • Quests • Avatare
KA 5	Intrinsisch	Positiv & Negativ	Gruppe	<ul style="list-style-type: none"> • Krönung • Abzeichen & Erfolge • Multimediales Feedback
KA 6	Extrinsisch	Negativ	Einzel	<ul style="list-style-type: none"> • Levels & Scores • Zähler & Timer • Quests
KA 7	Intrinsisch	Negativ	Gruppe	<ul style="list-style-type: none"> • Metaphorische/Fiktionale Darstellung • Narrativ • Bestenlisten
KA 8	Intrinsisch & Extrinsisch	Negativ	Einzel	<ul style="list-style-type: none"> • Leistungsdiagramme & Fortschrittsbalken • Zähler & Timer • Quests

Aufbauend auf den definierten Korrelationen zwischen den Kernantrieben und den spezifischen Klassifikationsparametern sowie den zugeordneten Anreizgruppen folgt im Anschluss die Entwicklung eines Ansatzes zur menschenzentrierten Anreizsystemkonzeptionierung.

5.3.3 Entwicklung eines menschenzentrierten Ansatzes zur Anreizsystemkonzeptionierung

Die betrachteten und analysierten Vorarbeiten in Abschnitt 3.2 zeigen, dass sich bereits einige Ansätze mit der Anreizsystemkonzeptionierung auseinandergesetzt haben. Im Hinblick auf das Kohärenzverhalten von Anreizen und dem hieraus resultierenden menschlichen Verhalten stellt insbesondere der Ansatz nach WARMELINK ET AL. (2020) einen direkten Zusammenhang her. Dabei werden ausgehend von Anzelelementen anhand von zwei darauffolgenden Schritten zunächst deren psychologische Ereignisse und daran anschließend die resultierenden physiologischen Ergebnisse abgeleitet (vgl. Abschnitt 3.2.3). Basierend auf den in Abschnitt 4.2 definierten Anforderungen an das zu entwickelnde Anreizsystem und dem damit einhergehenden Fokus auf den spezifischen Anforderungen des innerbetrieblichen Wissensmanagements sowie den motivationalen Anforderungen der Nutzer eignet sich der Ansatz nach WARMELINK ET AL. (2020) im Besonderen, um darauf aufbauend einen menschenzentrierten Ansatz zur Anreizsystemkonzeptionierung zu entwickeln.

Der entwickelte Ansatz sieht, wie in Abbildung 22 dargestellt, drei aufeinander folgende Schritte zur Anreizsystemkonzeptionierung vor. Diese werden im Vergleich zu WARMELINK ET AL. (2020) invers durchgeführt und haben zum Ziel, ausgehend von dem zu erzielenden menschlichen Verhalten (physiologisches Ergebnis) zunächst einen Rückschluss auf die dafür geeigneten Motivations- und Emotionsmechanismen (psychologische Ereignisse) und anschließend auf die damit korrelierenden Kernantriebe ziehen zu können.

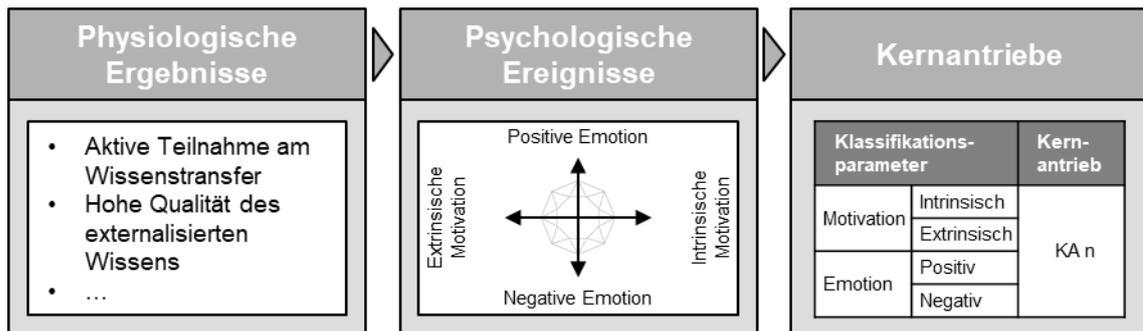


Abbildung 22: Menschzentrierter Ansatz zur Anreizsystemkonzeptionierung (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2021B)

Der erste Schritt des entwickelten Ansatzes sieht vor, die zu erzielenden physiologischen Ergebnisse hinsichtlich des innerbetrieblichen Wissensmanagements zu definieren und diese innerhalb der Anreizsystemkonzeptionierung entsprechend zu adressieren. Aufgrund der Anreizsystemanwendung bei Mitarbeitern in der manuellen Montage sind insbesondere die zu erzielenden Ergebnisse ausgehend von dem nach PROBST ET AL. (2012) definierten Baustein (vgl. Abschnitt 2.5.2) des innerbetrieblichen Wissenserwerbs im Rahmen des ganzheitlichen Wissensprozesses zu berücksichtigen (vgl. Abbildung 23). Diesbezüglich lassen sich, basierend auf den in Abschnitt 2.5 sowie in Abschnitt 3.3 vorgestellten Grundlagen und Vorarbeiten, folgende zu erzielende physiologische Ergebnisse ableiten:

- Aktive Teilnahme der Mitarbeiter am Wissenstransfer
- Hohe Qualität des externalisierten Wissens
- Freiwillige Teilnahme am Anreizsystem
- Positive Auswirkung auf das Stressniveau

Gemäß den definierten zu erzielenden physiologischen Ergebnissen gilt es im zweiten Schritt, die psychologischen Ereignisse auszuwählen. Hierfür wurde der Ansatz nach WARMELINK ET AL. (2020) um die Klassifikationsschemata des Octalysis-Modells erweitert, wodurch eine gezielte Auswahl der situativ bedingten Emotions- und Motivationsmechanismen möglich ist (SOCHOR ET AL. 2021B). Basierend auf den in Schritt zwei ausgewählten Emotions- und Motivationsmechanismen können die den physiologischen Ergebnissen (Schritt 1) sowie den psychologischen Ereignissen (Schritt 2) zugrundeliegenden Kernantriebe in einem dritten Schritt abgeleitet werden. Mittels des bzw. der abgeleiteten spezifischen Kernantriebe wird eine Verknüpfung zu der in Abschnitt 5.3.2 entwickelten Korrelationsmatrix erreicht, wodurch unter Einbeziehung der Sozialität auf eine konkrete Anreizgruppe zurückgeschlossen werden kann.

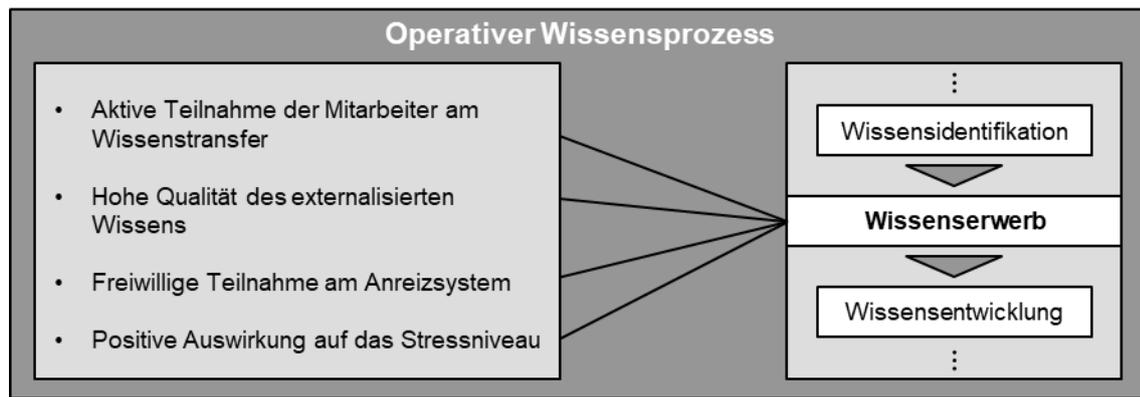


Abbildung 23: Physiologische Ergebnisse im Kontext des Wissensprozesses

Die detaillierte Verknüpfung der Korrelationsmatrix mit dem Ansatz zur menschenzentrierten Anreizsystemkonzeptionierung wird im anschließenden Abschnitt 5.4 im Rahmen der Konfigurationsmethode ausführlich beschrieben.

5.4 Konfigurationsmethode für das Anreizsystem

Um das entwickelte Anreizsystem an die individuellen Anforderungen der spezifischen manuellen Montage und das damit in Verbindung stehende Wissensmanagement sowie an die nutzerspezifischen Anforderungen der Montagemitarbeiter anpassen zu können, ist eine Methode zur Konfiguration vonnöten (vgl. Abschnitt 4.1). Die entwickelte Konfigurationsmethode baut auf der in Abschnitt 5.3.2 vorgestellten Korrelationsmatrix sowie dem in Abschnitt 5.3.3 erläuterten Ansatz zur menschenzentrierten Anreizsystemkonzeptionierung auf (vgl. Abbildung 24). Dabei werden die für die Konfiguration notwendigen unternehmensspezifischen Parameter in Form der geforderten Motivation, Emotion und Sozialität sowie die für die Anreizgenerierung notwendige Verknüpfung zur Wissensbewertung berücksichtigt und in das methodische Vorgehen integriert.

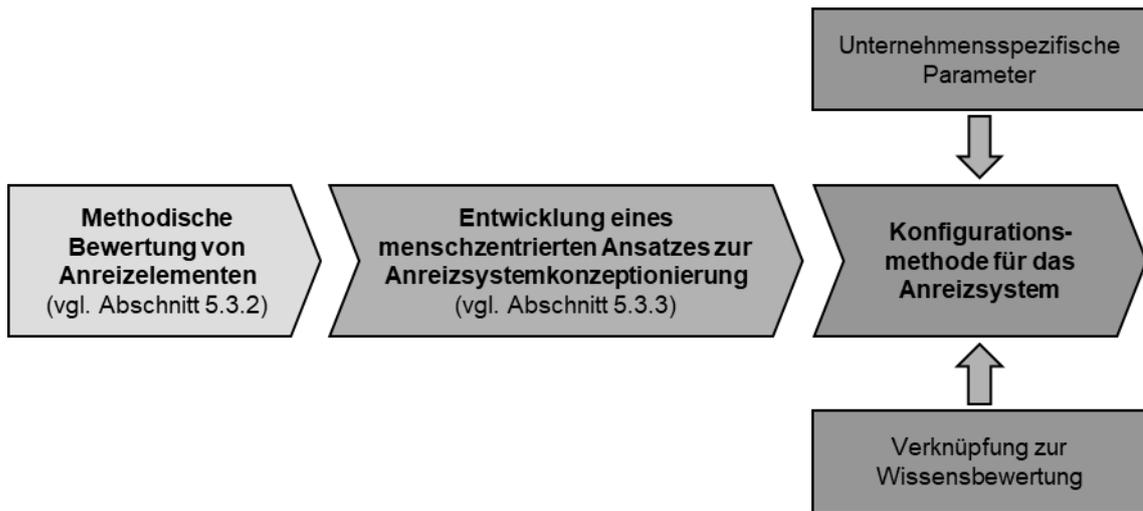


Abbildung 24: Methode zur Konfiguration des Anreizsystems

Die Konfigurationsmethode besteht aus den in Abbildung 25 dargestellten vier Schritten, wobei der erste Konfigurationsschritt aufgrund der Eingrenzung dieser Arbeit auf das Wissensmanagement in der manuellen Montage (vgl. Kapitel 1) unveränderlich ist und daher konstant bleibt (1. Schritt). Möglich wäre jedoch eine Anreizsystemkonfiguration beispielsweise gemäß den Anforderungen zur Produktivitäts- oder Qualitätssteigerung in der manuellen Montage und damit einhergehenden physiologischen Ergebnissen. Der darauffolgende zweite Schritt gliedert sich in zwei Teilbereiche, wobei sich ein Teilbereich mit den nutzerspezifischen Parametern hinsichtlich der Motivations- und Emotionsmechanismen und der zweite Teilbereich mit den montagespezifischen Parametern hinsichtlich Gruppen- und Einzelanreizen befasst (2. Schritt). Als Ergebnis aus dem zweiten Schritt werden die ausgewählten Klassifikationsparameter an den dritten Schritt übergeben und zur Befüllung der Korrelationsmatrix herangezogen. Hierdurch lässt sich auf eine geeignete Anreizgruppe zurückschließen (3. Schritt) und diese als Eingangparameter an den vierten Schritt übergeben. Dieser Schritt befasst sich basierend auf einer ausgewählten Anreizgruppe und der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen mit der Konfiguration der Anreizgewichtung (4. Schritt).

Die spezifischen Konfigurationsmöglichkeiten der Schritte zwei bis vier werden in den folgenden Abschnitten detailliert beschrieben.

5 Konfigurierbares Anreizsystem

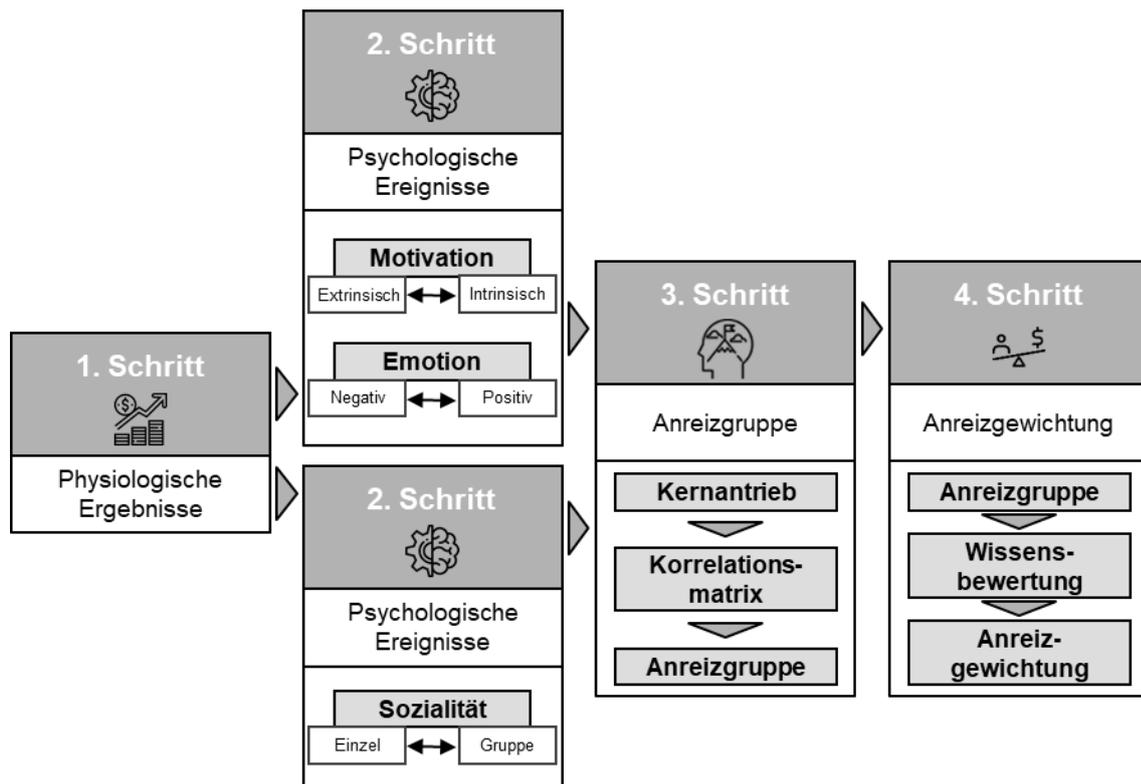


Abbildung 25: Konfigurationsabfolge

5.4.1 Psychologische Ereignisse

Wie zuvor beschrieben, befasst sich der zweite Schritt innerhalb der Konfigurationsabfolge mit der individuellen Auswahl der Motivations- und Emotionsmechanismen sowie der Sozialität und adressiert somit einerseits die nutzerspezifischen, andererseits die montagespezifischen Parameter. Im Hinblick auf die motivationalen Parameter sieht die Methode eine Konfiguration des Anreizsystems in Anlehnung an das Octalysis-Modell anhand folgender Bereiche vor (vgl. Abbildung 26):

- **Bereich I:** Extrinsische Motivation
- **Bereich II:** Extrinsische & intrinsische Motivation
- **Bereich III:** Intrinsische Motivation

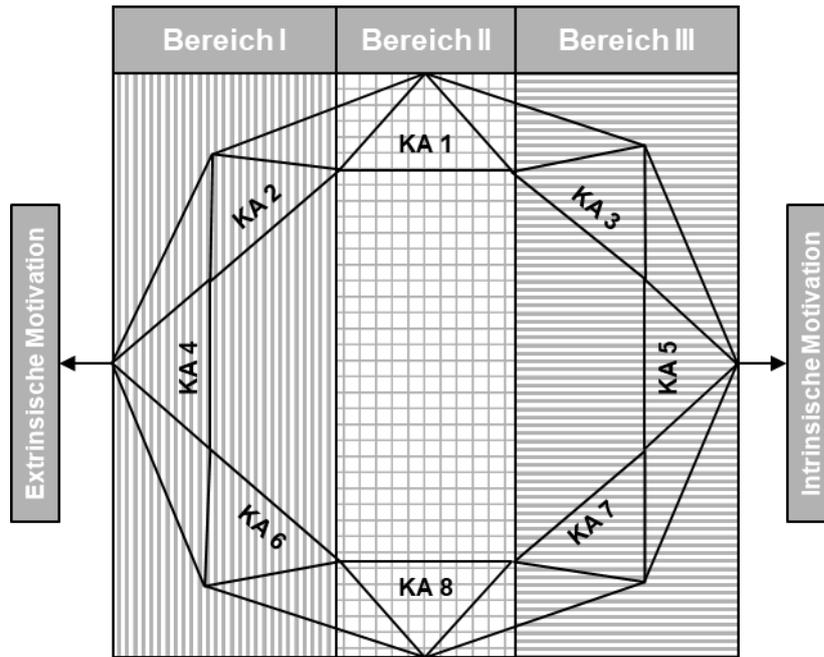


Abbildung 26: Motivationale Konfigurationsbereiche

Bereich I (Kennzeichnung durch vertikale Linien) umfasst, wie Abbildung 26 zu entnehmen ist, extrinsische Motivationsmechanismen und somit die Kernantriebe *Entwicklung und Leistung* (KA 2), *Besitz und Eigentum* (KA 4) sowie *Knappheit und Ungeduld* (KA 6).

Bereich II (Kennzeichnung durch Quadrate) beinhaltet Kernantriebe, welche sowohl extrinsische als auch intrinsische Motivationsmechanismen adressieren und somit keinem motivationalen Pol zugeordnet werden können. Dies sind die Kernantriebe *epische Bedeutung und Berufung* (KA 1) sowie *Verlust und Vermeidung* (KA 8).

Bereich III (Kennzeichnung durch horizontale Linien) enthält intrinsisch motivierende Kernantriebe in Form von *Stärkung der Kreativität* (KA 3), *sozialer Einfluss und Verbundenheit* (KA 5) sowie *Unberechenbarkeit und Neugier* (KA 7).

Hinsichtlich der emotionalen Parametrierung enthält die Methode folgende Parametrierungsbereiche für die Konfiguration des Anreizsystems (vgl. Abbildung 27):

- **Bereich IV:** Positive Emotion
- **Bereich V:** Positive & negative Emotion
- **Bereich VI:** Negative Emotion

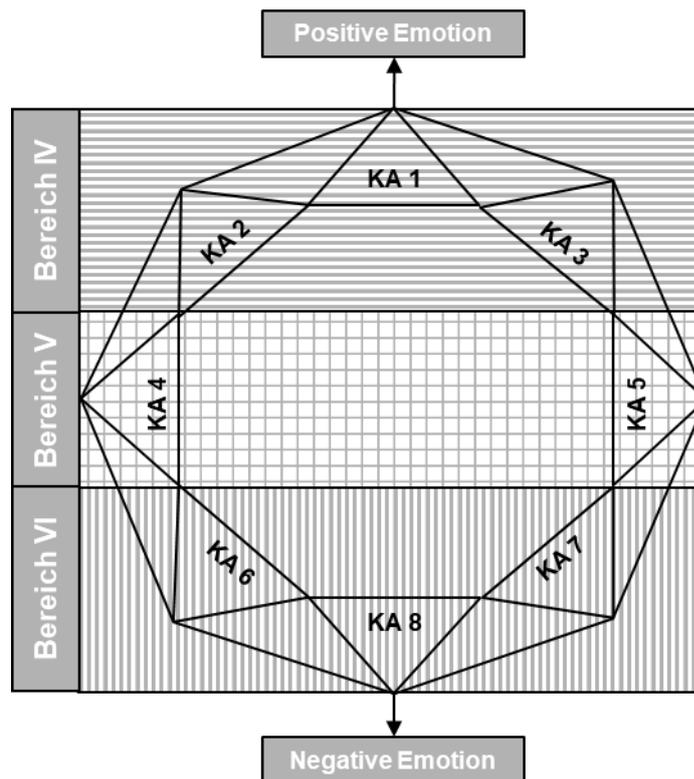


Abbildung 27: Emotionale Konfigurationsbereiche

Bereich IV (Kennzeichnung durch horizontale Linien) enthält die Kernantriebe *epische Bedeutung und Berufung* (KA 1), *Entwicklung und Leistung* (KA 2) sowie *Stärkung der Kreativität* (KA 3), welche primär eine positive Emotion beim Nutzer hervorrufen.

Bereich V (Kennzeichnung durch Quadrate) umfasst Kernantriebe, die sowohl positive als auch negative Emotionen hervorrufen können und somit nicht eindeutig einem Pol zuzuordnen sind. Diese sind zum einen *Besitz und Eigentum* (KA 4) und zum anderen *sozialer Einfluss und Verbundenheit* (KA 5).

Bereich VI (Kennzeichnung durch vertikale Linien) beinhaltet Kernantriebe mit negativen Emotionsmechanismen, was auf *Knappheit und Ungeduld* (KA 6), *Unberechenbarkeit und Neugier* (KA 7) sowie *Verlust und Vermeidung* (KA 8) zutrifft.

Die Überlagerung der Bereiche I bis VI, welche in Abbildung 28 visuell dargestellt ist, zeigt die mögliche Kombinatorik der Anreizsystemkonfiguration im Rahmen der motivationalen und emotionalen Parametrierung.

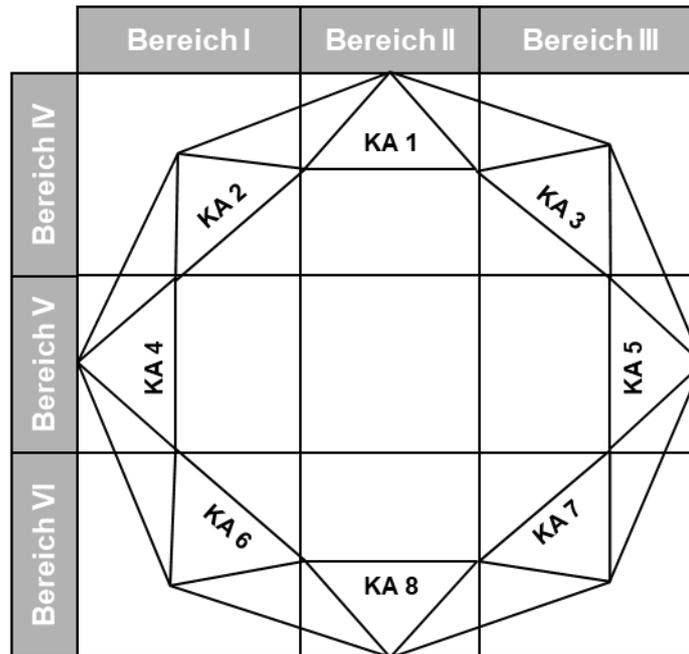


Abbildung 28: Motivationale und emotionale Konfigurationskombinatorik

Dabei zeigt sich, dass in Abhängigkeit von den gewählten motivationalen und emotionalen Parametern, mit einer Ausnahme, auf einen geeigneten Kernantrieb zurückgeschlossen werden kann. Ausschließlich bei der Kombination von Bereich II und Bereich V kann kein Kernantrieb als geeignet herauskristallisiert werden, da diese Kombination darauf abzielt, dass sowohl intrinsische als auch extrinsische Motivation sowie positive und negative Emotionen adressiert werden sollen und somit zu unspezifisch für eine Zuordnung sind. Bei dieser Kombinatorik kann daher auf keinen spezifischen Kernantrieb zurückgeschlossen werden bzw. sind die acht Kernantriebe gleichermaßen geeignet.

Aufbauend auf der motivationalen und emotionalen Konfigurationskombinatorik wird im zweiten Teilbereich dieses Konfigurationsschritts der zusätzliche Parameter der Sozialität eingeführt. Hierbei kann in Abhängigkeit vom Montageprinzip zwischen Einzelanreizen und Gruppenanreizen unterschieden werden. Abbildung 29 zeigt grafisch den in Abschnitt 5.3.2 definierten Zusammenhang zwischen Einzel- bzw. Gruppenanreizen und den Kernantrieben. Dabei zeigt sich, dass in Abhängigkeit von den ausgewählten Bereichen I bis VI sowie des sozialen Parameters nur begrenzt Rückschlüsse auf einen geeigneten Kernantrieb gezogen werden können.

5 Konfigurierbares Anreizsystem

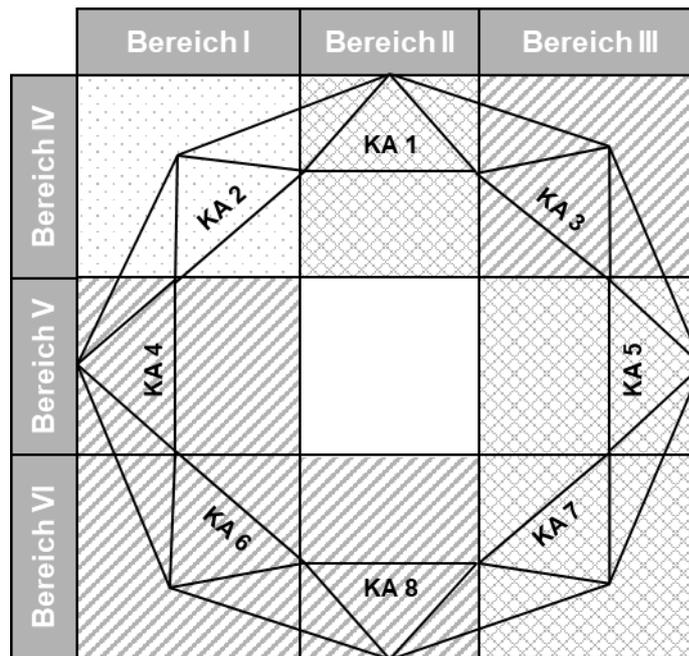


Abbildung 29: Zusammenhang zwischen den Einzel- bzw. Gruppenanreizen und den Kernantrieben

Einzelanreize (Kennzeichnung durch diagonale Linien) sind demnach für folgende Bereichskombinatorik einsetzbar (vgl. Abschnitt 5.3.2):

- Bereich III & Bereich IV
- Bereich I & Bereich V
- Bereich I & Bereich VI
- Bereich II & Bereich VI

Gruppenanreize (Kennzeichnung durch Rauten) sind dahingegen bei folgender Kombination von Bereichen einsetzbar (vgl. Abschnitt 5.3.2):

- Bereich II & Bereich IV
- Bereich III & Bereich V
- Bereich III & Bereich VI

Lediglich bei der Kombination von Bereich I und Bereich IV sind **Einzel- und Gruppenanreize** gleichermaßen einsetzbar (Kennzeichnung durch Punkte) und können daher individuell ausgewählt werden.

Basierend hierauf können anhand des zweiten Konfigurationsschrittes – in Abhängigkeit von motivationalen, emotionalen und sozialen Parametern – Rückschlüsse auf einen für das Anreizsystem geeigneten Kernantrieb gezogen werden. Ergibt die ausgewählte Kombinatorik kein Ergebnis, müssen entweder die äußeren Rah-

menbedingungen so abgeändert werden, dass der Konfigurationsschritt einen geeigneten Kernantrieb definiert oder für die gegebenen Rahmenbedingungen ein Kompromiss gefunden wird, bei dem der Konfigurationsschritt einen geeigneten Kernantrieb bestimmen kann.

Als Ergebnis dieses Konfigurationsschrittes wird der spezifisch bestimmte Kernantrieb an den folgenden dritten Konfigurationsschritt übergeben und dort für die Auswahl einer geeigneten Anreizgruppe verwendet. Das hierbei angewendete Vorgehen wird im folgenden Abschnitt detailliert beschrieben.

5.4.2 Anreizgruppe

Das im Rahmen des zweiten Konfigurationsschrittes definierte Ergebnis, der spezifisch bestimmte Kernantrieb, wird im darauffolgenden dritten Schritt dafür verwendet, eine entsprechend korrelierende Anreizgruppe abzuleiten. Hierfür wird einerseits auf den bestimmten Kernantrieb, andererseits auf die in Abschnitt 5.3.2 definierte Korrelationsmatrix zurückgegriffen (vgl. Tabelle 4).

Wie Abbildung 30 zu entnehmen ist, befähigt der definierte Kernantrieb aufgrund des in der Korrelationsmatrix hergestellten Zusammenhangs zwischen Kernantrieben und Anreizgruppen zur direkten Ableitung einer korrelierenden Anreizgruppe. Für eine bessere Verständlichkeit wird das Vorgehen innerhalb des dritten Konfigurationsschrittes in Abbildung 30 anhand des Beispiels von Kernantrieb 1 (KA 1) dargestellt.

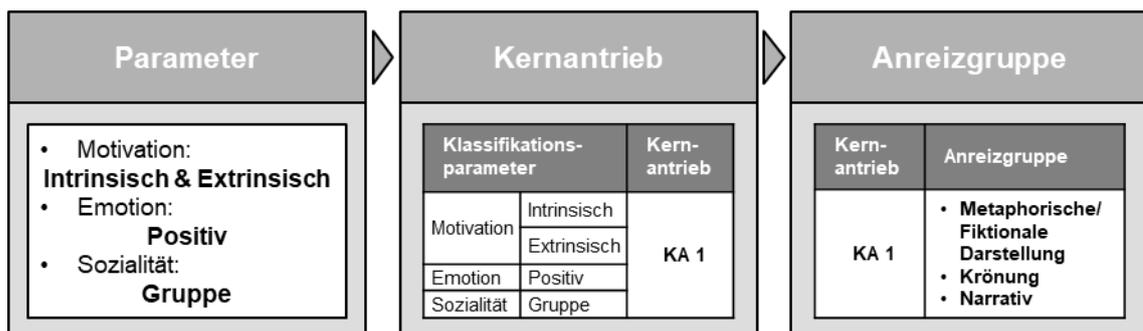


Abbildung 30: Ableitung einer korrelierenden Anreizgruppe ausgehend von spezifischen Eingabeparametern

Wie an dem Beispiel in Abbildung 30 zu erkennen ist, werden basierend auf dem spezifischen Kernantrieb mehrere korrelierende Anreizgruppen abgeleitet. Dies ist auf die in Abschnitt 5.3.2 aufgezeigten Zusammenhänge zurückzuführen und bedeutet im Kontext der Konfiguration, dass die finale Auswahl der anschließend im Rahmen des Anreizsystems zum Einsatz kommenden Anreizgruppe durch eine

5 Konfigurierbares Anreizsystem

manuelle Auswahl getroffen werden muss. Dies ist aufgrund der großen Freiheiten bei der Gestaltung jeder einzelnen Anreizgruppe unabdingbar.

Hierdurch kann im Rahmen des dritten Konfigurationsschrittes eine methodische Vorauswahl, entsprechend dem definierten Kernantrieb, getroffen und mit der darauffolgenden manuellen Auswahl eine spezifische Anreizgruppe definiert werden. Diese Anreizgruppe gilt es in einem weiteren Schritt hinsichtlich der Anreizgewichtung und des damit einhergehenden Belohnungsmaßes mit einer entsprechenden Referenzkennzahl zu verknüpfen.

5.4.3 Anreizgewichtung

Basierend auf der ausgewählten Anreizgruppe sieht die Konfigurationsmethode für das Anreizsystem im vierten Schritt ein Vorgehen zur individuellen Gewichtung der spezifischen Anreize vor. Hierfür muss zunächst eine Verknüpfung zu einer Referenzkennzahl (RKZ) erzeugt werden, um entsprechend, die Anreizgewichtung durchführen zu können. Aufgrund der Eingrenzung dieser Arbeit auf das Wissensmanagement in der manuellen Montage wird hinsichtlich der Referenzkennzahl eine Verknüpfung zur Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen hergestellt. An die in Kapitel 6 beschriebene Bewertungsmethode wird daher die Anforderung gestellt, dass ausgehend von der Wissensbewertung eine Kennzahl generiert und diese anschließend an das Anreizsystem übergeben wird, auf deren Basis die Anreizgewichtung durchgeführt werden kann.

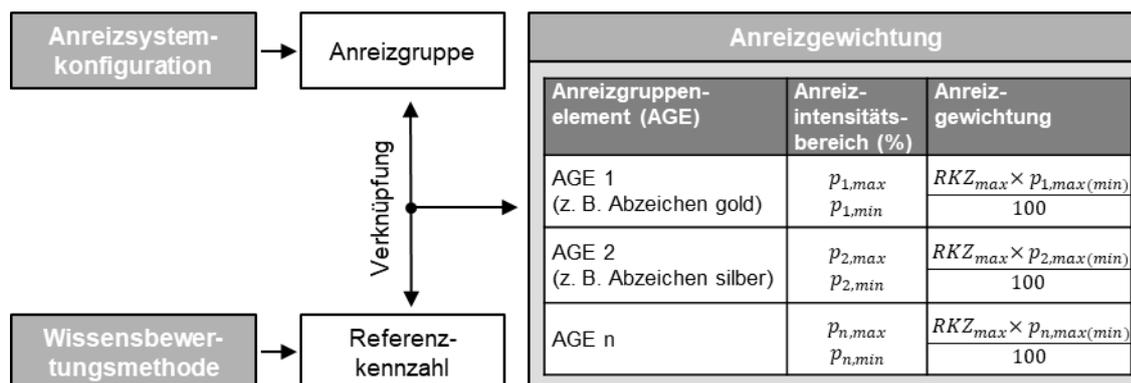


Abbildung 31: Verknüpfungsschema zur Anreizgewichtung

5.4 Konfigurationsmethode für das Anreizsystem

Wie Abbildung 31 zeigt, sind für die Anreizgewichtung die spezifischen Anreizgruppenelemente (AGE), wie beispielsweise im Kontext der Anreizgruppe Abzeichen & Erfolge die Elemente „Abzeichen Gold“ bzw. „Abzeichen Silber“, hinsichtlich ihrer gewünschten Anreizintensität durch einen individuellen Eingabeparameter ($p_{n,max(min)}$) einzustufen. Dabei steht die Anreizintensität (p) in Bezug zur verknüpften Referenzkennzahl der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen und bemisst die tatsächlich übermittelte Kennzahl (RKZ_{tat}) im Vergleich zu einem maximal erreichbaren Wert (RKZ_{max}) in Prozent (vgl. Formel 1). Durch die Definition eines maximalen ($p_{n,max}$) und eines minimalen ($p_{n,min}$) Eingabeparameterwerts umfasst die Anreizintensität für jedes Anreizgruppenelement einen spezifischen Bereich. Anhand des Anreizintensitätsbereichs kann anschließend der Anreizgewichtungsbereich (AG_n) bestehend aus der minimalen Anreizgewichtung ($AG_{n,min}$) sowie der maximalen Anreizgewichtung ($AG_{n,max}$) je Anreizgruppenelement rechnerisch abgeleitet werden (vgl. Formel 2).

$$p = \frac{RKZ_{tat}}{RKZ_{max}} \times 100 \quad (1)$$

mit	p	Anreizintensität
	RKZ_{max}	Maximal erreichbare Referenzkennzahl des Wissensbewertungsprozesses
	RKZ_{tat}	Tatsächlich übermittelte Referenzkennzahl des Wissensbewertungsprozesses

$$AG_{n,max(min)} = \frac{RKZ_{max} \times p_{n,max(min)}}{100} \quad (2)$$

mit	$AG_{n,max}$	Obergrenze der Anreizgewichtung je AGE
	$AG_{n,min}$	Untergrenze der Anreizgewichtung je AGE
	n	Laufvariable der Anreizgruppenelemente

Hierdurch kann für jedes Anreizgruppenelement einer Anreizgruppe eine individuelle Anreizgewichtung definiert werden und die Anreizgewährung in Abhängigkeit von einer verknüpften Referenzkennzahl stattfinden.

5.5 Fazit

Im Rahmen des vorangegangenen Kapitels wurde, ausgehend von einer umfangreichen spezifischen Anforderungsanalyse, ein konfigurierbares Anreizsystem entwickelt. Hierbei ist es gelungen, die durch einen Anreizsystemeinsatz im Kontext der manuellen Montage sowie des innerbetrieblichen Wissensmanagements zu erzielenden physiologischen Ergebnisse methodisch mit geeigneten Anreizgruppen zu verknüpfen. Der entwickelte Ansatz zur menschenzentrierten Anreizsystemkonzeptionierung ermöglicht es, mittels psychologischer Ereignisse in Form von Kernantrieben die Brücke zwischen den physiologischen Ergebnissen und den spezifischen Anreizgruppen zu schlagen. Für die damit einhergehende Bewertung von allgemeingültigen Anzeilelementen wurden diese zunächst in 13 übergeordnete Gruppen eingeteilt, um sie anschließend den entsprechenden Kernantrieben zuzuordnen zu können. Zudem wurde eine vierstufige Konfigurationsmethode für das Anreizsystem entwickelt, welche ein Vorgehen zur individuellen Parametrisierung hinsichtlich motivationaler, emotionaler und sozialer Mechanismen aufzeigt und darüber hinaus eine Verknüpfung zu einer Referenzkennzahl erzeugt, um darauf basierend spezifische Anreizgewichtungen definieren zu können.

Ausgehend von der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen, beschäftigt sich das folgende Kapitel 6 detailliert mit der methodischen Generierung dieser Kennzahl sowie deren anschließenden Verknüpfung mit dem konfigurierbaren Anreizsystem.

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

6.1 Übersicht

Aufbauend auf dem in Kapitel 5 entwickelten konfigurierbaren Anreizsystem widmet sich das folgende Kapitel 6 der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen. Dabei stellt die Bewertung von externalisiertem Wissen grundsätzlich eine Entscheidungsproblematik dar, da der potenzielle Mehrwert einer abgegebenen Idee (externalisiertes Wissen) gegenüber dem aktuellen Zustand beziffert werden muss.

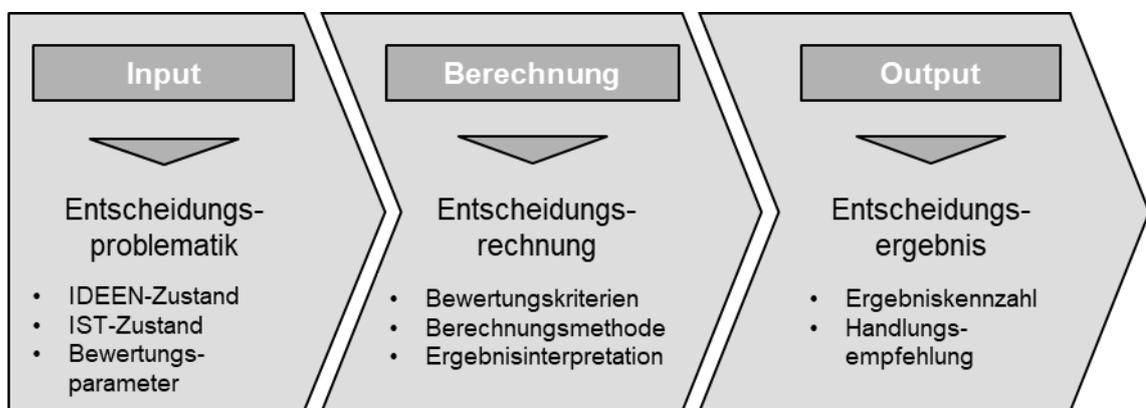


Abbildung 32: Übersicht über die Bewertungsmethode

Wie Abbildung 32 zeigt, besteht die entwickelte Bewertungsmethode aus den drei Teilbereichen: 1. Input, 2. Berechnung und 3. Output. Dabei stellt der Input die Eingangsparameter dar, die innerhalb der Bewertungsmethode zur Lösung des Entscheidungsproblems zur Verfügung stehen. Dies umfasst den IDEEN-Zustand in Form einer abgegebenen Idee und den damit in Verbindung stehenden Zustand eines Produktes, eines Prozesses oder einer Situation. Demgegenüber stellt der IST-Zustand die aktuelle Gegebenheit dar, welche mit dem IDEEN-Zustand verglichen wird und somit die Basis für die anschließende Entscheidungsrechnung bildet. Die darauffolgende Berechnung fußt auf Bewertungsparametern, die anhand definierter Bewertungskriterien den Vergleich von IST- zu IDEEN-Zustand quantifizieren und hierdurch eine rechnerische Lösung des Entscheidungsproblems ermöglichen. Dabei liegt der Fokus der entwickelten Berechnungsmethode auf einer Maximierung der Transparenz sowie einer Maximierung der Standardisierbarkeit (vgl. Kapitel 4). Infolgedessen wird zunächst eine geeignete Lösungsmethode ausgewählt (vgl. Abschnitt 6.2), um diese anschließend gemäß den in Kapitel 4 definierten Anforderungen weiterzuentwickeln (vgl. Abschnitt 6.3.2 und

Abschnitt 6.3.3) und im Kontext der Zielsetzung dieser Arbeit anzuwenden (vgl. Abschnitt 6.3.4). Darauf aufbauend wird das Berechnungsergebnis interpretiert und eine entsprechende Handlungsempfehlung abgeleitet (vgl. Abschnitt 6.3.5). Der Output der Bewertungsmethode greift anschließend sowohl auf die berechnete Ergebniskennzahl als auch auf die generierte Handlungsempfehlung zu und verknüpft diese mit dem konfigurierbaren Anreizsystem (vgl. Abschnitt 6.3.6).

6.2 Auswahl einer Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken

6.2.1 Methodenvorstellung und -auswahl

Im Rahmen der Bearbeitung von Entscheidungsproblematiken weist die Literatur auf zahlreiche bereits bestehende Lösungsmethoden hin. Diese umfassen sowohl rechnerische Methoden als auch argumentative Entscheidungstechniken. Basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche wurden die vier Lösungsansätze: 1. Nutzwertanalyse, 2. Prioritätenanalyse, 3. Szenarioanalyse und 4. Analytischer Hierarchieprozess vorausgewählt und einer weiterführenden Analyse unterzogen. Die anschließende Gegenüberstellung der Lösungsansätze fußt auf folgenden fünf Kriterien, die sich anhand der in Kapitel 4 definierten Anforderungen ableiten lassen:

- Bewertung anhand quantitativer und qualitativer Kriterien
- Geringer (subjektiver) manueller Bewertungsanteil und hoher (objektiver) automatisierter Bewertungsanteil
- Softwaretechnische Umsetzbarkeit
- Komplexität bei der Anwendung
- Anwendung in industriellen Unternehmen

Bei der Nutzwertanalyse handelt es sich um eine rechnerische Methode zur Quantifizierung eines Entscheidungsproblems in Abhängigkeit von vordefinierten Zielen. Diese Ziele sind, als Teil der Methode, von einem oder mehreren Entscheidungsträgern vor Anwendung der Berechnung festzulegen. Im Hinblick auf deren Erreichung gilt es anschließend, die Alternativen (zwei oder mehr) anhand quantitativer als auch qualitativer Kriterien zu bewerten. Ziel der Nutzwertanalyse ist, basierend auf der getroffenen Bewertung einen Gesamtnutzen je Alternative zu beziffern und diesen schließlich im Kontext der definierten Ziele einzuordnen. Wird die Bewertung dabei durch mehrere Personen durchgeführt, eignet sich die Nutzwertanalyse zur Reduzierung der Subjektivität bei gleichzeitiger Steigerung

6.2 Auswahl einer Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken

der Objektivität durch gewichtete Berechnungen. In Anbetracht der softwaretechnischen Umsetzbarkeit gibt es vorgefertigte Lösungen, die jedoch nur eine bedingte Allgemeingültigkeit aufweisen und vorwiegend zur Auswahl von Softwaresystemen eingesetzt werden. Aufgrund der hohen Komplexität findet die Nutzwertanalyse im industriellen Umfeld selten Anwendung und wird primär bei kostenintensiven Entscheidungsproblemen angewandt.

Die Prioritätenanalyse zeichnet sich durch die Gewichtung von unabhängigen Kriterien aus, um diese anschließend clustern zu können. Dabei entsteht durch den paarweisen Vergleich der einzelnen Kriterien eine Präferenzmatrix. Diese lässt durch Addition der kriterienspezifischen Einzelbewertungen eine Berechnung der Gesamtbewertung zu, wodurch die Bildung einer priorisierten Rangfolge möglich ist. Die Subjektivität kann durch die Gewichtung mittels mehrerer Personen gesenkt werden, jedoch gelingt eine Objektivitätssteigerung basierend auf automatisierbaren Berechnungsschritten nur sehr eingeschränkt. Demzufolge beschränkt sich die softwaretechnische Umsetzung auf eine mögliche Implementation der Präferenzmatrix. Im Hinblick auf die industrielle Anwendung findet die Prioritätenanalyse zumeist im Rahmen des Projektmanagements und der damit einhergehenden Priorisierung von Projektzielen statt, jedoch nicht oder nur selten bei der Gegenüberstellung von Alternativen.

Eine in der Betriebswirtschaft weit verbreitete Entscheidungsunterstützung ist die Szenarioanalyse. Hierbei wird das primäre Ziel verfolgt, die Auswahl einer Alternative zu begründen, indem ein Trend in Form eines zukünftigen Szenarios beschrieben wird und darauf basierend alternativspezifische Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Die drei zu durchlaufenden Hauptschritte sind: 1. Analysephase, 2. Szenariobildung sowie 3. Auswertung und Ableitung der Handlungsempfehlungen. Die Vorgehensweise umfasst dabei zunächst die Analyse des IST-Zustands sowie die Definition eines zukünftigen Szenarios. Darauf aufbauend werden mögliche Einflussfaktoren identifiziert, priorisiert und anschließend gemäß ihrer kombinatorischen Konsistenz überprüft. Das hieraus resultierende Ergebnis lässt Rückschlüsse auf die Auswirkungen der Einflussfaktoren auf das definierte Szenario zu und dient somit als Grundlage für die alternativspezifische Handlungsempfehlung. Die Szenarioanalyse wird in der Regel durch mehrere Personen durchgeführt und greift auf automatisierbare Berechnungen z. B. bei der Konsistenzprüfung zurück, für die es vorgefertigte Softwarelösungen gibt. Hinsichtlich des Anwendungsfeldes findet sich die Szenarioanalyse vor allem im Bereich der Strategieentwicklung sowie des Risikomanagements wieder.

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Der analytische Hierarchieprozess (AHP) ist eine multikriterielle Entscheidungsmethode und basiert, wie auch die Nutzwertanalyse, auf der Bewertung von Alternativen anhand individuell festzulegender (qualitativer und quantitativer) Kriterien. Die Namensgebung dieser Entscheidungsmethode basiert dabei auf (RIEDL 2006) 1. Analyse: Ein Entscheidungsproblem wird gemäß allen Abhängigkeiten analysiert, 2. Hierarchie: Zur Problemlösung wird eine hierarchische Struktur angewandt und 3. Prozess: Ein prozessuales Vorgehen stellt die Wiederholungsfähigkeit sicher. Im Rahmen der Bewertung werden die Kriterien zunächst alternativspezifisch und paarweise miteinander verglichen und anschließend mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor verrechnet. Durch die darauffolgende Konsistenzprüfung erhält man ein widerspruchsfreies Ergebnis in Form von normierten Kennzahlen. Um die Subjektivität zu reduzieren ist es empfehlenswert, die manuellen Tätigkeiten wie die Kriteriengewichtung sowie die Alternativbewertung anhand eines Mehraugenprinzips durchzuführen. Die hohe Komplexität des analytischen Hierarchieprozesses lässt sich durch spezifisch entwickelte Softwaresysteme wie z. B. „Expert Choice“ reduzieren, weshalb Vorarbeiten wie beispielsweise MEIXNER & HAAS (2012), PAUSE (2017) und PRINZ (2018) dieser Entscheidungsmethode eine breite Anwendung in den industriellen Unternehmen attestieren.

Tabelle 5: Analyse bestehender Lösungsansätze für Entscheidungsproblematiken

Legende:	Nutzwertanalyse	Prioritätenanalyse	Szenarioanalyse	Analytischer Hierarchieprozess
○ : Kriterium nicht erfüllt				
◐ : Kriterium teilweise erfüllt				
● : Kriterium vollständig erfüllt				
Bewertung anhand quantitativer und qualitativer Kriterien	●	○	◐	●
Geringer (subjektiver) manueller Bewertungsanteil und hoher (objektiver) automatisierter Bewertungsanteil	●	◐	◐	●
Softwaretechnische Umsetzung	◐	◐	●	●
Komplexität bei der Anwendung	◐	○	◐	◐
Anwendung in industriellen Unternehmen	◐	●	◐	●

Anhand der in Tabelle 5 dargestellten Gegenüberstellung, der analysierten Lösungsmethoden, den anforderungsbasierten Kriterien zeigt sich, dass sowohl die Nutzwertanalyse als auch der analytische Hierarchieprozess eine grundsätzliche Eignung aufweisen. Jedoch zeigt insbesondere der analytische Hierarchieprozess

6.2 Auswahl einer Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken

bei den betrachteten Kriterien eine große Übereinstimmung und stellt deshalb analyseübergreifend die geeignetste Lösungsmethode dar, um darauf aufbauend eine Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen zu entwickeln.

Aufbauend auf dieser Auswahl wird im Folgenden das Vorgehen des analytischen Hierarchieprozesses zur Lösung einer Entscheidungsproblematik detailliert beschrieben.

6.2.2 Bewertungsvorgehen nach dem analytischen Hierarchieprozess

Der analytische Hierarchieprozess (AHP) wurde in den 1970er Jahren von dem amerikanischen Mathematiker Thomas L. Saaty entwickelt, um Entscheidungsprobleme in Abhängigkeit von mehreren Kriterien lösen zu können. Den Grundsatz seiner Theorie bilden die vier Axiome (SAATY 1987A): 1. Reziprozität, 2. Homogenität, 3. Hierarchisierung und 4. Vollständigkeit. Dabei wird unter den Axiomen folgendes verstanden:

Axiom 1 – Reziprozität: Der AHP befähigt dazu, zwei Alternativen oder Kriterien i und j aus einer endlichen Menge A beliebiger Alternativen bezüglich eines Kriteriums c aus der Gesamtmenge C an Kriterien paarweise zu vergleichen und zu bewerten (RIEDL 2006). Für den paarweisen Vergleich wird auf eine von SAATY (1987A) entwickelte reziproke Ratioskala mit den Werten a_{ij} von 1 bis 9 zurückgegriffen, wobei für alle $i, j \in A$ gilt:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (3)$$

mit a Variable für Skalenwert

i Laufvariable für Alternative oder Kriterium

j Laufvariable für Alternative oder Kriterium

Axiom 2 – Homogenität: Der Vergleich zweier beliebiger Alternativen $i, j \in A$ bezüglich eines Kriteriums c aus der Gesamtmenge C kann keine unendliche Differenz aufweisen, weshalb eine Alternative nie unendlich viel besser als die andere Alternative sein kann (RIEDL 2006). Daher gilt für alle Werte a_{ij} mit $i, j \in A$:

$$a_{ij} \neq \infty \quad (4)$$

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Axiom 3 – Hierarchisierung: Ein Entscheidungsproblem ist durch eine hierarchische Struktur darzustellen, bei der jede Ebene eine höhere Ebene beeinflusst, respektive selbst nur von einer darunterliegenden Ebene beeinflusst wird und die ebenspezifischen Elemente keine wechselseitigen Einflüsse besitzen (RIEDL 2006).

Axiom 4 – Vollständigkeit: Die Hierarchie enthält alle Kriterien und Alternativen, die das Entscheidungsproblem beeinflussen (RIEDL 2006).

Aufbauend auf den vier Axiomen zeigt Abbildung 33 die fünf Hauptschritte des AHP: 1. Hierarchie, 2. Paarweiser Vergleich, 3. Gewichtungsvektoren, 4. Konsistenzprüfung und 5. Synthese. Bei jeder Anwendung des AHP müssen diese fünf Schritte sukzessive durchlaufen werden.

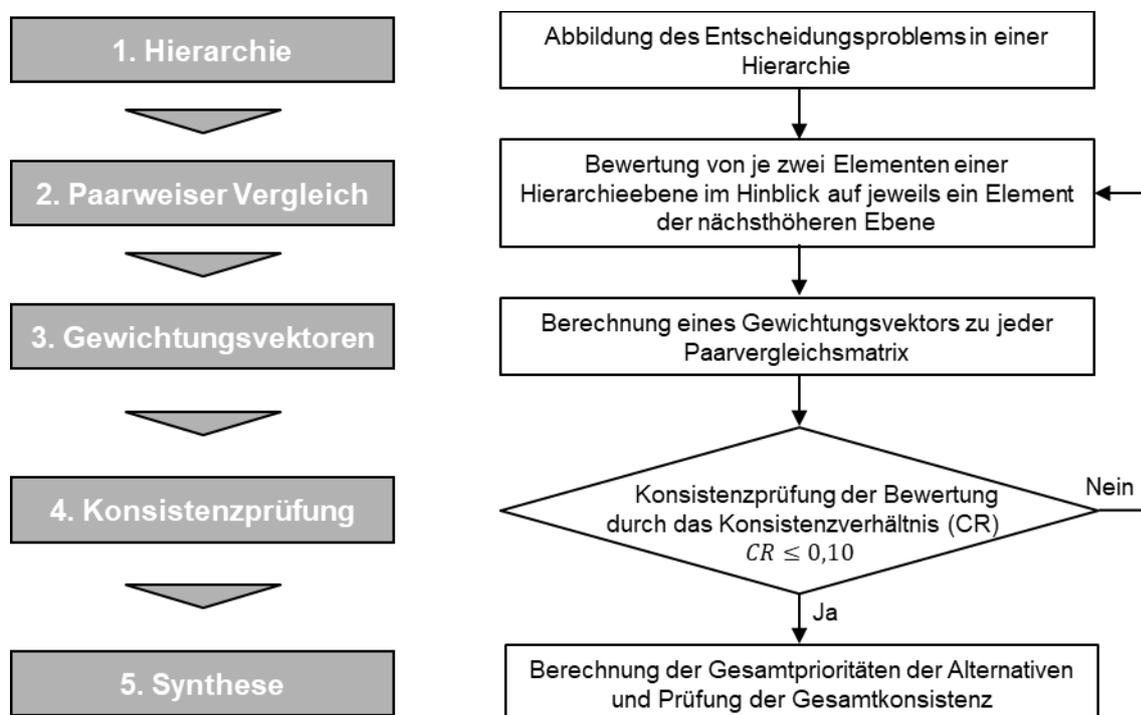


Abbildung 33: Hauptschritte des AHP (in Anlehnung an RIEDL 2006)

Im ersten Schritt des AHP (1. Hierarchie) gilt es, das Entscheidungsproblem top-down in eine hierarchische Struktur zu bringen. Hierfür muss ausgehend von der definierten Zielstellung diese zunächst in einzelne Kriterien aufgegliedert werden, um daran anschließend vorhandene Alternativen in einer weiteren Ebene auflisten zu können. Abbildung 34 zeigt den schematischen Aufbau der hierarchischen Struktur.

6.2 Auswahl einer Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken

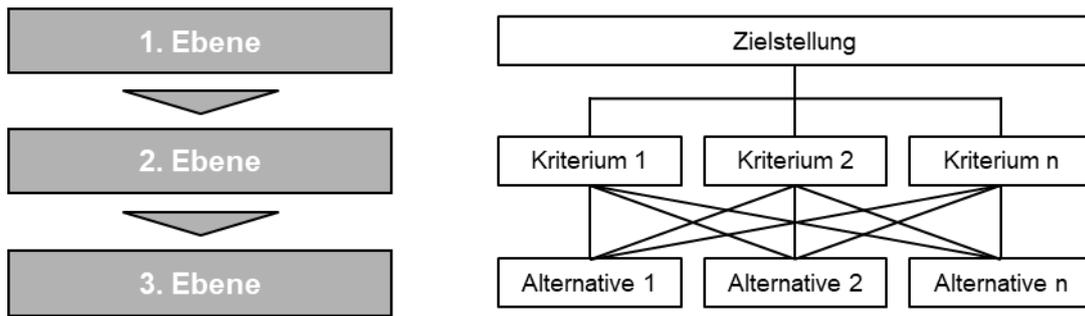


Abbildung 34: Hierarchische Struktur eines Entscheidungsproblems (in Anlehnung an SAATY 1987A)

Darauf aufbauend folgt im zweiten Schritt (2. Paarweiser Vergleich) der paarweise Vergleich jedes einzelnen Elements einer Hierarchieebene anhand der spezifischen Elemente der nächsthöher gelegenen Ebene. Hierdurch entstehen die in Abbildung 34 dargestellten Beziehungen zwischen zwei Ebenen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Vergleichbarkeit der hierarchiespezifischen Elemente gewährleistet sein muss und somit z. B. alle Elemente der dritten Ebene paarweise anhand der Elemente der zweiten Ebene verglichen werden können. Der Vergleich von Elementen basiert auf einer numerischen Gewichtung und bedient sich einer von SAATY (1987B) entworfenen neunstufigen Skala (vgl. Tabelle 6). Darin werden Skalenwerte definiert und an eine Interpretation geknüpft, wodurch ein individuumsunabhängiges Verständnis der zu verwendenden Gewichtungen erreicht wird. Das Ergebnis des paarweisen Vergleichs wird gemäß der m -relevanten Elemente in einer $m \times m$ Matrix dargestellt.

Tabelle 6: Neunstufige Saaty-Skala (in Anlehnung an RIEDL 2006)

Werte für a_{ij}	Definition	Interpretation
1	Gleiche Bedeutung	Beide verglichenen Elemente haben die gleiche Bedeutung für das nächsthöhere Element.
3	Etwas größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine etwas größere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen.
5	Erheblich größere Bedeutung	Erfahrung und Einschätzung sprechen für eine erheblich größere Bedeutung eines Elements im Vergleich zu einem anderen.
7	Sehr viel größere Bedeutung	Die sehr viel größere Bedeutung eines Elements hat sich in der Vergangenheit klar gezeigt.
9	Absolut dominierend	Es handelt sich um den größtmöglichen Bedeutungsunterschied zwischen zwei Elementen.
2, 4, 6, 8	Zwischenwerte	-

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Der dritte Schritt (3. Gewichtungsvektoren) befasst sich ausgehend von den in Schritt zwei erzeugten Paarvergleichsmatrizen mit der Ermittlung der Gewichtungsvektoren mit dem Ziel, den größten Eigenvektor je Matrix zu berechnen. Die Ermittlung der Gewichtungsvektoren wird in der Fachliteratur auch „Eigenvektormethode“ genannt und kann mittels unterschiedliche Berechnungsmethoden durchgeführt werden. SAATY (1987A) greift hierfür auf ein iteratives Näherungsverfahren zurück, welches die Paarvergleichsmatrix sukzessive quadriert und hieraus das Ergebnis in Form eines Eigenvektors errechnet, bis die Differenz zweier aufeinanderfolgender Rechenschritte kleiner als ein zuvor bestimmter Wert ist (vgl. Formel 5). Der so errechnete Eigenvektor stellt die relative Gewichtung der Kriterien dar (WESTPHAL 2016).

$$a_{kj}^2 = \sum_{j=1}^m a_{ji} a_{kj} \quad (5)$$

mit m Laufvariable der Matrixdimension
 k Laufvariable für Alternative oder Kriterium
 $i, j, k \in A$

Die hierdurch entstehenden hierarchiespezifischen Gewichtungen werden als „lokale Prioritäten“ bezeichnet und sind für alle in der Hierarchie existenten Kriterienebenen zu ermitteln. Existiert mehr als eine Kriterienebene, folgt die Berechnung der „globalen Gesamtpriorität“ je Kriterium (vgl. Formel 6), wodurch die Priorität des spezifischen Elements im Rahmen der Gesamthierarchie beziffert werden kann (RIEDL 2006).

$$v = w_u \times w_{u-1} \quad (6)$$

mit v Variable für globale Gesamtpriorität je Kriterium
 w Variable für lokale Priorität je Kriterium
 u Laufvariable für die Hierarchieebene

Die errechneten Ergebnisse gilt es im vierten Schritt (4. Konsistenzprüfung) hinsichtlich eines möglichen Widerspruchs zu prüfen, um darauf aufbauend eine konsistente und somit widerspruchsfreie Entscheidungsfindung sicherstellen zu können. Zur Feststellung möglicher Widersprüche wird im Rahmen des AHP ein Konsistenzmaß (engl. consistency index; abgekürzt: CI) ermittelt, welches das

6.2 Auswahl einer Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken

Verhältnis zwischen dem größten Eigenwert (λ_{max}) einer Paarvergleichsmatrix und der Anzahl der verglichenen Elemente (m) darstellt (WESTPHAL 2016). Anhand dieses Maßes lassen sich Rückschlüsse auf eine konsistente Matrix ($\lambda_{max} = m$) sowie auf eine zunehmend widersprüchliche Matrix ziehen, bei der sich in Abhängigkeit von einer zunehmenden Inkonsistenz die Differenz von λ_{max} zu m vergrößert ($\lambda_{max} > m$). Die Konsistenzprüfung ist, gemäß Formel 7, für jede Hierarchieebene durchzuführen.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1} \quad (7)$$

mit CI Konsistenzindex

λ_{max} Größter Eigenwert je Paarvergleichsmatrix

Aufbauend auf dem errechneten Konsistenzindex ermittelt SAATY (1987A) ein Konsistenzverhältnis (engl. consistency ratio; abgekürzt CR), indem der Konsistenzindex durch einen Zufallsindex (engl. random consistency index; abgekürzt: RI) dividiert wird (vgl. Formel 8). Der Zufallsindex basiert dabei auf 500 generierten CI-Werten (vgl. Tabelle 7), die ausgehend von reziproken Matrizen per Zufallsgenerator abgeleitet wurden (RIEDL 2006). Somit stellt der CR ein Verhältnis zwischen einer berechneten und einer zufälligen Bewertung dar (WESTPHAL 2016).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

mit CR Konsistenzratio

RI Zufallsindex

SAATY (1987B) definiert als Konsistenzschwelle einen akzeptablen Wert von 0,10 was bedeutet, dass eine Beurteilung als akzeptabel gilt, wenn diese höchstens 10 % des Resultats ($CR \leq 0,10$) einer Zufallsverteilung entspricht. Im Falle einer inakzeptablen Beurteilung wird empfohlen, die ausschlaggebenden Ursachen aufzudecken und anschließend die Beurteilung zu wiederholen (RIEDL 2006).

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Tabelle 7: Zufallsindex bei gegebener Matrixgröße (in Anlehnung an SAATY 1987B)

Größe der Matrix (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zufallsindex (RI)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Der daran anschließende fünfte Hauptschritt (5. Synthese) des AHP bildet die Synthese der errechneten Einzelgewichtung je Element einer Hierarchieebene (lokale Gewichtung) zu einer vergleichbaren Gesamtgewichtung der Elemente (globale Gewichtung) innerhalb der Gesamthierarchie. Hierfür werden, wie Formel 9 zeigt, die lokalen Gewichte (b_i) je Alternative (B) mit dem darüber verordneten globalen Gewicht (v_i) des jeweiligen Kriteriums multipliziert (WESTPHAL 2016). Danach werden die globalen Gewichte je Alternative aufsummiert, was eine ebenenübergreifende Vergleichbarkeit der Alternativen ermöglicht.

$$B = \sum_{i=1}^u b_i v_i \tag{9}$$

mit B Variable für globales Gewicht je Alternative

b Variable für lokales Gewicht je Alternative

$i \in A$

Für eine detailliertere Beschreibung der jeweiligen Einzelvorgänge sei an dieser Stelle auf die einschlägige Literatur (z. B. SAATY 1987A, RIEDL 2006) verwiesen.

Basierend auf den vorgestellten Prozessschritten im Rahmen der Anwendung des AHP wird im Anschluss die Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen entwickelt.

6.3 Entwicklung der Bewertungsmethode

6.3.1 Vorgehensweise

Die Entwicklung der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen lässt sich in die folgenden fünf Teilschritte untergliedern: 1. Definition der Zielstellung, 2. Ableitung und Gewichtung von Bewertungskriterien, 3. Bewertung der Alternativen, 4. Ergebnisberechnung und -interpretation sowie 5. Verknüpfung mit dem Anreizsystem. Dabei setzt die Entwicklungsarbeit einerseits auf den in Kapitel 4 definierten Anforderungen an die Bewertungsmethode sowie auf die in Abschnitt 6.2 ausgewählte Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken auf.

Anhand Abbildung 35 lassen sich die Zusammenhänge der jeweiligen Entwicklungsschritte mit den definierten Anforderungen sowie der Lösungsmethode für Entscheidungsproblematiken nachvollziehen. Dabei berücksichtigt die Definition der Zielstellung (1. Entwicklungsschritt) die Anforderungen der manuellen Montage, des innerbetrieblichen Wissensmanagements sowie des in Kapitel 5 entwickelten konfigurierbaren Anreizsystems (vgl. Abschnitt 6.3.2). Daran anschließend gilt es, ausgehend von der definierten Zielstellung, die relevanten Bewertungskriterien abzuleiten (2. Entwicklungsschritt) und einen Mechanismus zu deren spezifischen Gewichtung zu implementieren (vgl. Abschnitt 6.3.3). Die darauffolgende Bewertung der Alternativen (3. Entwicklungsschritt) adressiert eine Methode zum Vergleich des externalisierten Wissens (IDEEN-Zustand) mit der aktuellen Situation (IST-Zustand) anhand der definierten Bewertungskriterien und einer damit verknüpften Expertenbewertung (vgl. Abschnitt 6.3.4). Basierend auf dem methodischen Vergleich gilt es, im Rahmen der Ergebnisberechnung und -interpretation (4. Entwicklungsschritt) zunächst ein Vorgehen zur rechnerischen Ermittlung des Bewertungsergebnisses aufzuzeigen und anschließend ein Vorgehen zur Diskussion dieses im Kontext der verfügbaren Handlungsoptionen zu entwerfen (vgl. Abschnitt 6.3.5). Das hieraus resultierende Bewertungsergebnis in Form einer Ergebniskennzahl (Referenzkennzahl) ist anschließend mit dem in Kapitel 5 entwickelten Anreizsystem zu verknüpfen (5. Entwicklungsschritt) und darüber hinaus die abgeleitete Handlungsempfehlung dem innerbetrieblichen Wissensmanagement zur Verfügung zu stellen (vgl. Abschnitt 6.3.6).

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

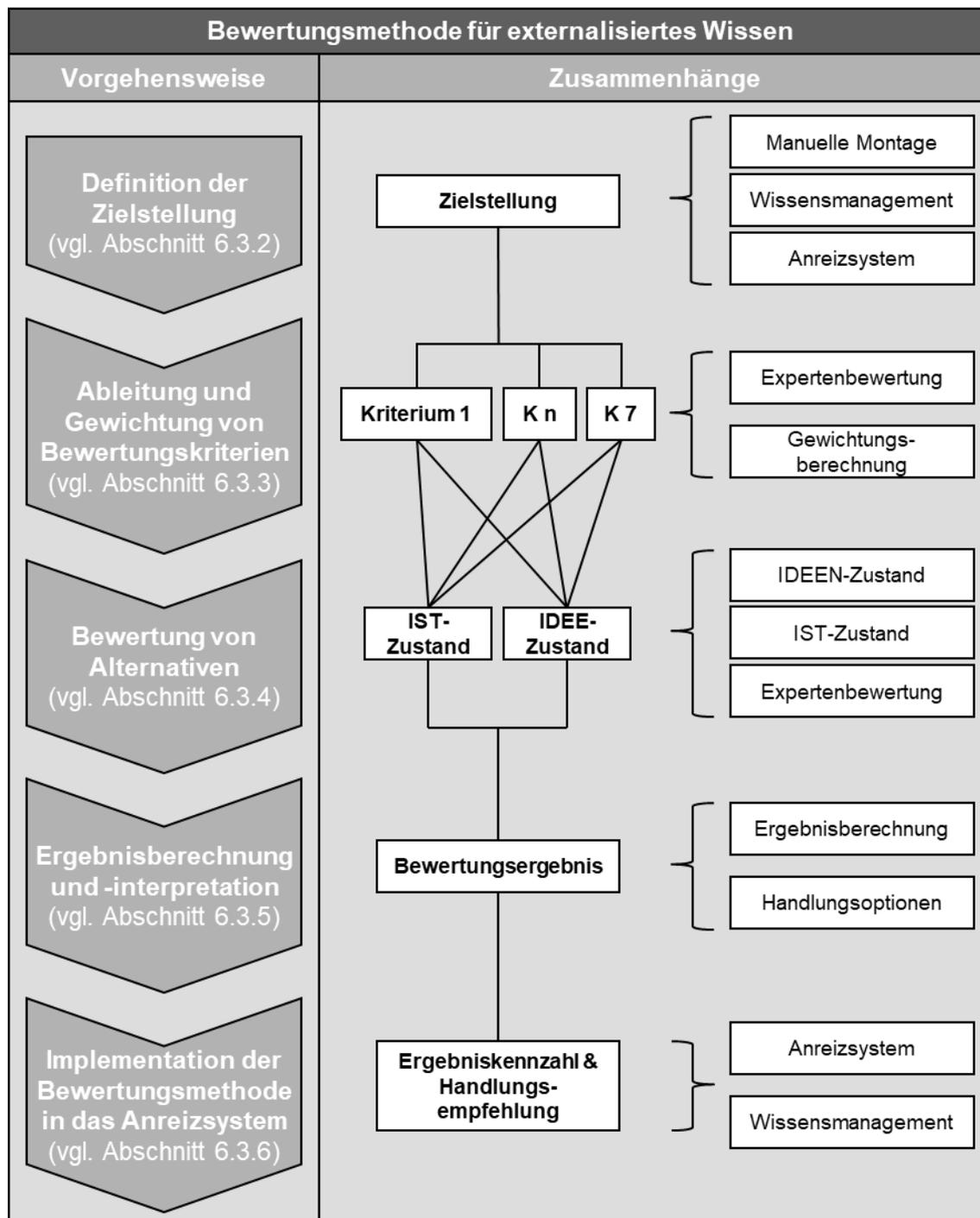


Abbildung 35: Vorgehen zur Entwicklung der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Entwicklungsschritte, ausgehend von der Definition der Zielstellung bis hin zur Implementation der Bewertungsmethode in das Anreizsystem, detailliert beschrieben.

6.3.2 Definition der Zielstellung

Die Definition der Zielstellung für die zu entwickelnde Bewertungsmethode findet in Anlehnung an den im Kontext der Forschung sowie der Praxis häufig verwendeten und im Abschnitt 2.5.2 vorgestellten Grundprozess des Wissensmanagements nach PROBST ET AL. (2012) statt. Hierin verankerten PROBST ET AL. (2012) den Baustein der Wissensziele im Bereich des strategischen Wissensmanagementprozesses (vgl. Abschnitt 2.5.2) mit der Funktion, den Umgang mit externalisiertem Wissen zu definieren. In der vorliegenden Arbeit wird die Zielstellung der Bewertungsmethode durch die damit in Verbindung stehenden Rahmenbedingungen der manuellen Montage, des innerbetrieblichen Wissensmanagements sowie des entwickelten konfigurierbaren Anreizsystems bestimmt (vgl. Abbildung 36). Darauf aufbauend lassen sich ein geeignetes Vorgehen sowie relevante Bewertungskriterien ableiten, mithilfe derer ein Entscheidungsproblem im Rahmen der definierten Zielstellung gelöst werden kann (vgl. Abschnitt 6.3.3).

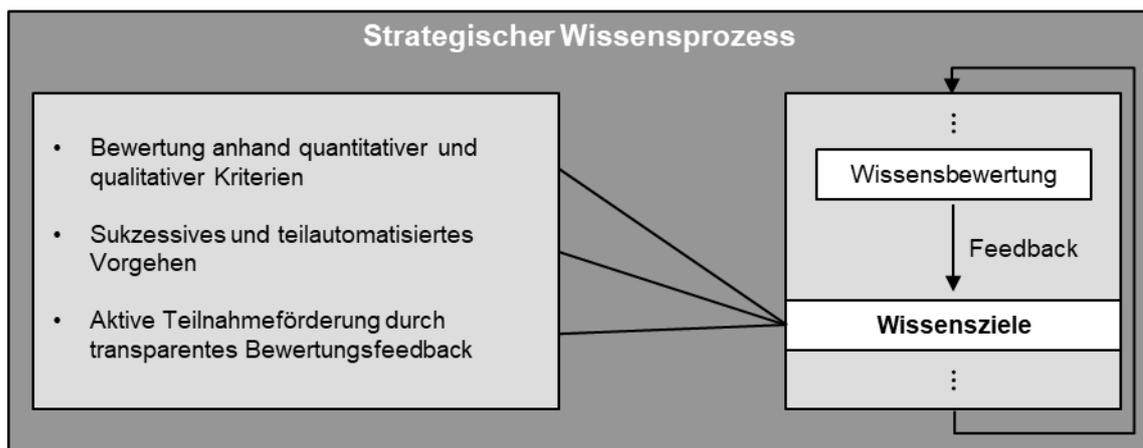


Abbildung 36: Zielstellung der Bewertungsmethode im Kontext des Wissensprozesses (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020A)

Hinsichtlich der manuellen Montage zeigt eine umfassende Literaturrecherche, dass sowohl quantitative als auch qualitative Kennzahlen eine zentrale Rolle bei der Bewertung von Situationen, Prozessen und Produkten einnehmen (WIENDAHL ET AL. 2004, ADAMI ET AL. 2008). So dienen quantitative Kennzahlen primär der Messung der Performance von Prozessen und Produkten, wohingegen qualitative Kennzahlen in der Regel die Rahmenbedingungen von Situationen und Prozessen beschreiben. Aufgrund dessen gilt es das Entscheidungsproblem anhand quantitativer als auch qualitativer Kriterien zu betrachten.

Im Hinblick auf das innerbetriebliche Wissensmanagement sind die in Abschnitt 4.3 aufgezeigten Anforderungen zu berücksichtigen, weshalb eine standardisierbare, objektive und effiziente Bewertung von externalisiertem Wissen ermöglicht werden muss. Bezüglich der Effizienz ist insbesondere die Anzahl der abzuleitenden Kriterien relevant, da diese maßgeblich den manuellen Aufwand für die Bewertung von externalisiertem Wissen beeinflussen. Darüber hinaus gilt es den manuellen Aufwand hinsichtlich der Objektivität der Bewertungsmethode auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren. Die Standardisierbarkeit des Bewertungsprozesses ist zudem einerseits durch die Definition eines verbindlichen Vorgehens, andererseits durch die Verwendung von definierten Berechnungsmethoden zu forcieren. Deshalb ist die Bewertung von externalisiertem Wissen anhand einer definierten sukzessiven und teilautomatisierten Methode durchzuführen.

Das in Kapitel 5 entwickelte Anreizsystem steht in direktem Austausch mit der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen in Form einer Referenzkennzahl (vgl. Abschnitt 5.4.3). Basierend auf dieser Kennzahl wird das Anreizsystem dazu befähigt, die aktive Teilnahme am innerbetrieblichen Wissensmanagement durch Anzelelemente zu fördern. Diesbezüglich lässt sich das Ziel formulieren, dass die Bewertungsmethode das Ergebnis des Entscheidungsproblems in Form einer Referenzkennzahl ausdrückt und diese Kennzahl anschließend mit dem Anreizsystem verknüpft werden kann. Darüber hinaus ist anhand der in Kapitel 4 aufgeführten allgemeinen Anforderungen abzuleiten, dass die Transparenz der Bewertungsmethode einen entscheidenden Anteil zur Akzeptanz des Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage beiträgt. Aufgrund dessen gilt es das Bewertungsergebnis allen am Anreizsystem sowie der damit einhergehenden Bewertungsmethode beteiligten Personen transparent in Form einer Handlungsempfehlung bereitzustellen.

6.3.3 Ableitung und Gewichtung von Bewertungskriterien

Basierend auf der definierten Zielstellung gilt es nun relevante Bewertungskriterien abzuleiten, welche eine Lösung des Entscheidungsproblems ermöglichen (vgl. Abbildung 35). Aufbauend hierauf wird anschließend ein Vorgehen, in Anlehnung an den AHP, zur spezifischen Gewichtung der Bewertungskriterien entwickelt.

Die definierte Zielstellung, nämlich die Bewertung anhand quantitativer und qualitativer Kriterien, kann im Wissensmanagementprozess nach PROBST ET AL. (2012) dem Baustein der Wissensbewertung zugewiesen werden und ist demnach dem strategischen Wissensprozess zuzuordnen (vgl. Abschnitt 2.5.2).

Diesbezüglich sind Indikatoren und Messverfahren zu berücksichtigen, die zu einer Erfolgsbewertung im Kontext der Wissensziele befähigen (PROBST ET AL. 2012). Im Hinblick auf das Produktionsumfeld im Allgemeinen und auf die manuelle Montage im Speziellen hebt sich zunächst die Dreiecksbeziehung aus (1) Qualität, (2) Kosten und (3) Zeit hervor (WIENDAHL ET AL. 2004). Diese quantitativen Kriterien eignen sich zur Messung der Produktions- und Montageziele und befähigen zu einer Einschätzung der Montageeffizienz (FELDMANN ET AL. 2004). Dabei gilt es die gegenläufigen Zielkriterien, ausgehend von einer Qualitätssteigerung bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten sowie der Zeit, stetig weiterzuentwickeln. Zusätzlich stellt die (4) Reduzierung von Verschwendung ein weiteres Kriterium dar, welches im Rahmen der effizienten Produktion und Montage zunehmend forciert wird. So definiert der Ansatz One-Touch-Assembly im Kontext der verschwendungsfreien Handhabung das Ziel, für jede Tätigkeit lediglich einen Handgriff zu verwenden, weshalb ein nachträgliches Justieren, Einstellen oder Prüfen zu vermeiden ist (BERTAGNOLLI 2018). Zudem kann mittels der Reduzierung von Verschwendung ein möglichst effizientes Vorgehen hinsichtlich endlicher Rohstoffe adressiert werden. Ein weiteres essenzielles Kriterium bei der Bewertung von externalisiertem Wissen im Rahmen der manuellen Montage ist die (5) technische Umsetzbarkeit. Aufgrund einer zunehmend digitalisierten und damit einhergehend vernetzten Montageumgebung ist eine Umsetzbarkeit sowie eine Implementationsfähigkeit von neuartigen Hard- und Softwaresystemen frühzeitig abzuschätzen (SOCHOR ET AL. 2019B).

Abgesehen von den produktions- und montageorientierten Kriterien gilt es darüber hinaus, relevante menschenorientierte Kriterien in die Bewertungsmethode zu integrieren (vgl. Kapitel 4). Diesbezüglich ist insbesondere auf die (6) ergonomische Gestaltung von Montageprozessen zu achten, um eine Über- bzw. Unterbeanspruchung von Mitarbeitern zu vermeiden (SCHMIDTKE 1993). Anhand des in Abschnitt 2.2.2 erläuterten Belastungs-Beanspruchungsmodell nach WIRTZ (2010) kann eine Über- bzw. Unterbeanspruchung festgestellt und analysiert werden. Des Weiteren ist die (7) Mitarbeiterzufriedenheit in der manuellen Montage ein wichtiger Indikator für die Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter (vgl. Abschnitt 2.2.2.2). Mit einer hohen Mitarbeiterzufriedenheit steigt simultan die Leistungsbereitschaft, was sich wiederum positiv auf die Montageeffizienz auswirkt (FLETCHER ET AL. 2008).

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Die sieben abgeleiteten quantitativen sowie qualitativen Kriterien für die Bewertung von externalisiertem Wissen werden in Abbildung 37 zusammengefasst und in den Kontext des strategischen Wissensprozesses eingeordnet.

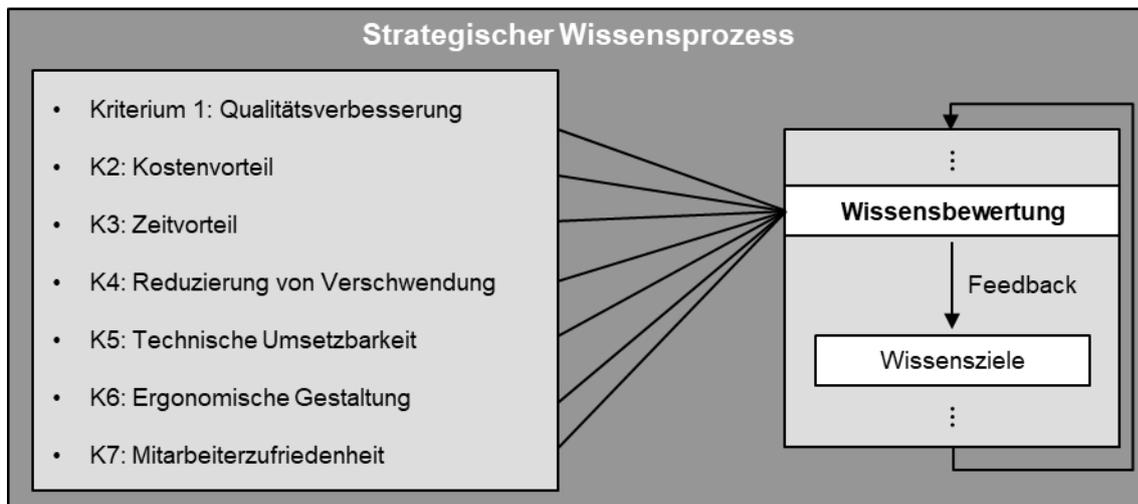


Abbildung 37: Abgeleitete Bewertungskriterien im Kontext des Wissensprozesses (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020A)

Im Anschluss an die Ableitung der Kriterien werden diese nun in die Bewertungsmethode implementiert. Hierzu findet, in Anlehnung an den AHP, zunächst die manuelle Gewichtung der Kriterien anhand einer Paarvergleichsmatrix sowie der Saaty-Skala statt, um darauf aufbauend die Eigenvektormethode anwenden und die kriterienspezifischen Gewichtungsvektoren berechnen zu können (vgl. Abschnitt 6.2.2). Im Rahmen dieses Schrittes sind die Kriterien im Bezug zueinander mit den Werten 1 bis 9 (Saaty-Skala) zu gewichten. Die Gewichtung der Kriterien ist dabei einmalig initial im Rahmen der Bewertungsmethode unternehmensspezifisch durch einen Experten oder durch ein Expertengremium durchzuführen und kann bei Bedarf in definierten Zeitabständen wiederholt bzw. angepasst werden. Tabelle 8 zeigt exemplarisch den paarweisen Vergleich der Bewertungskriterien anhand von Gewichtungsvariablen (a) in Matrixform.

6.3 Entwicklung der Bewertungsmethode

Tabelle 8: Paarvergleichsmatrix zur Gewichtung der Bewertungskriterien (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020A)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1: Qualitätsverbesserung	1	a_{K1K2}	a_{K1K3}	a_{K1K4}	a_{K1K5}	a_{K1K6}	a_{K1K7}
K2: Kostenvorteil	$\frac{1}{a_{K1K2}}$	1	a_{K2K3}	a_{K2K4}	a_{K2K5}	a_{K2K6}	a_{K2K7}
K3: Zeitvorteil	$\frac{1}{a_{K1K3}}$	$\frac{1}{a_{K2K3}}$	1	a_{K3K4}	a_{K3K5}	a_{K3K6}	a_{K3K7}
K4: Reduzierung von Verschwendung	$\frac{1}{a_{K1K4}}$	$\frac{1}{a_{K2K4}}$	$\frac{1}{a_{K3K4}}$	1	a_{K4K5}	a_{K4K6}	a_{K4K7}
K5: Technische Umsetzbarkeit	$\frac{1}{a_{K1K5}}$	$\frac{1}{a_{K2K5}}$	$\frac{1}{a_{K3K5}}$	$\frac{1}{a_{K4K5}}$	1	a_{K5K6}	a_{K5K7}
K6: Ergonomische Gestaltung	$\frac{1}{a_{K1K6}}$	$\frac{1}{a_{K2K6}}$	$\frac{1}{a_{K3K6}}$	$\frac{1}{a_{K4K6}}$	$\frac{1}{a_{K5K6}}$	1	a_{K6K7}
K7: Mitarbeiterzufriedenheit	$\frac{1}{a_{K1K7}}$	$\frac{1}{a_{K2K7}}$	$\frac{1}{a_{K3K7}}$	$\frac{1}{a_{K4K7}}$	$\frac{1}{a_{K5K7}}$	$\frac{1}{a_{K6K7}}$	1

Basierend auf der Paarvergleichsmatrix erfolgt anschließend die Berechnung der kriterienspezifischen Gewichtungsvektoren anhand des Näherungsverfahrens (vgl. Formel 5). Hierzu wird zunächst die in Tabelle 8 erzeugte Paarvergleichsmatrix quadriert und die Reihensumme gebildet. Die anschließende Normierung der Reihensumme mittels der Division durch die Reihengesamtsumme ergibt die normierten Gewichtungsvektoren (lokale Prioritäten) je Kriterium. Gemäß dem iterativen Näherungsverfahren sind diese Schritte, ausgehend von der Quadratur der Matrix, bis hin zur Normierung der Gewichtungsvektoren (v) solange durchzuführen, bis die Differenz zweier Ergebnisse kleiner als ein zuvor bestimmter Wert ist (vgl. Abschnitt 6.2.2). In der Regel wird dieser Wert mit < 4 Nachkommastellen definiert (WESTPHAL 2016, SAATY & SODENKAMP 2008). Tabelle 9 zeigt einen Iterationsschritt der Berechnung anhand von drei exemplarischen Kriterien $K1$ bis $K3$ sowie einer beispielhaft getroffenen Kriteriengewichtung in der Paarvergleichsmatrix M .

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Tabelle 9: Iterationsschritt zur Ermittlung von kriterienspezifischen Gewichtungsvektoren (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020A)

	M			M^2			\sum Zeile	Gewicht (v_{K1K2K3})
	$K1$	$K2$	$K3$	$K1$	$K2$	$K3$		
$K1$	1,0000	0,5000	3,0000	3,0000	1,7500	8,0000	12,7500	0,3194
$K2$	2,0000	1,0000	4,0000	5,3332	3,0000	14,0000	22,3332	0,5595
$K3$	0,3333	0,2500	1,0000	1,1666	0,6667	3,0000	4,8333	0,1211
\sum Spalte							39,9165	1,0000

Ist die Differenz zweier aufeinanderfolgender Ergebnisse kleiner als der definierte Wert, folgt die Konsistenzprüfung der Paarvergleichsmatrix in Form der Ermittlung des Konsistenzindex (vgl. Formel 7). Hierfür muss zunächst der größte Eigenwert (λ_{max}) der Paarvergleichsmatrix ermittelt werden, um basierend hierauf den Konsistenzindex (CI) berechnen zu können. Tabelle 10 zeigt anhand der beispielhaften Paarvergleichsmatrix M die Ermittlung des größten Eigenwertes λ_{max} .

Tabelle 10: Eigenwertermittlung für die Konsistenzprüfung

	M			$x_M(\lambda)$			λ_{max}
	$K1$	$K2$	$K3$				
$K1$	1,0000	0,5000	3,0000	$(1,0000 - \lambda)$	0,5000	3,0000	3,0183
$K2$	2,0000	1,0000	4,0000	2,0000	$(1,0000 - \lambda)$	4,0000	
$K3$	0,3333	0,2500	1,0000	0,3333	0,2500	$(1,0000 - \lambda)$	

Aufbauend auf der Eigenwertermittlung kann nun der Konsistenzindex (CI) errechnet und dieser anschließend zur Konsistenzprüfung dem entsprechenden Zufallsindex gegenübergestellt werden (vgl. Formel 8). Der hierbei ermittelte Wert in Form der Konsistenzratio (CR) darf den durch SAATY (1987A) definierten Schwellenwert von 10 % des Resultats ($CR \leq 0,10$) einer Zufallsverteilung nicht

überschreiten (vgl. Abschnitt 6.2.2). Die folgende Tabelle 11 greift das Beispiel der Paarvergleichsmatrix M auf und überprüft exemplarisch deren Konsistenz.

Tabelle 11: Konsistenzprüfung einer Paarvergleichsmatrix

	M			λ_{max}	CI_M	$RI_{3 \times 3}$	CR_M	$CR_M \leq 0,10$
	$K1$	$K2$	$K3$					
$K1$	1,0000	0,5000	3,0000	3,0183	0,0092	0,58	0,02	0,02 \leq 0,10
$K2$	2,0000	1,0000	4,0000					
$K3$	0,3333	0,2500	1,0000					

Das Berechnungsbeispiel in Tabelle 11 zeigt eine ausreichend konsistente Paarvergleichsmatrix, welche daher in der weiteren Bewertungsmethode berücksichtigt werden könnte. Im Falle eines inkonsistenten paarweisen Vergleichs muss die Kriterienbewertung anhand eines Experten oder eines Expertengremiums erneut durchgeführt und sowohl die Kriteriengewichtung als auch die Konsistenzprüfung müssen neu berechnet werden.

Aufbauend auf den abgeleiteten Bewertungskriterien sowie der aufgezeigten Berechnungsmethode zur unternehmensindividuellen und konsistenten Gewichtung folgt im nächsten Abschnitt 6.3.4 die Entwicklung eines Vorgehens zur Bewertung von Alternativen.

6.3.4 Bewertung von Alternativen

Die im Rahmen der Bewertungsmethode zu lösende Entscheidungsproblematik fußt auf der Abgabe von externalisiertem Wissen in Form einer Idee durch einen Montagemitarbeiter und der damit einhergehenden Gegenüberstellung des IST-Zustand mit dem IDEEN-Zustand (vgl. Abbildung 38).

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

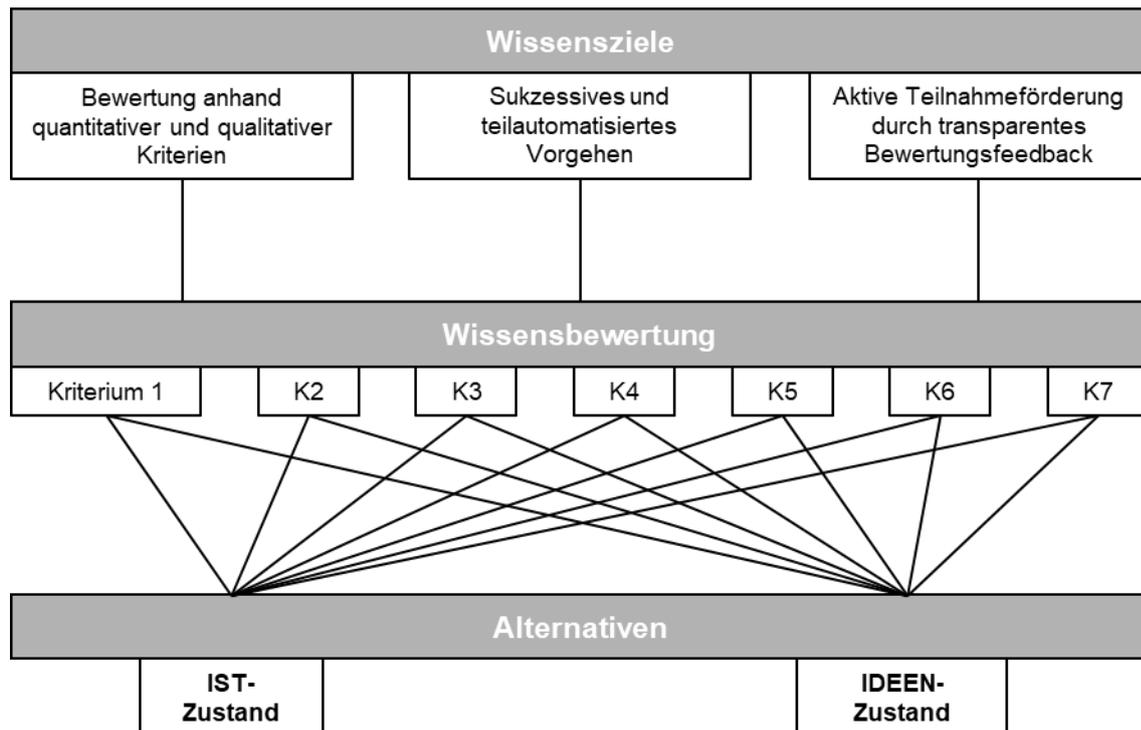


Abbildung 38: Bewertung der Alternativen IST-Zustand und IDEEN-Zustand
(in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020A)

Der in Abbildung 38 dargestellte IST-Zustand (Alternative 1) stellt die aktuelle Situation, den aktuellen Prozess oder das aktuelle Produkt in der manuellen Montage dar. Demgegenüber umfasst der IDEEN-Zustand (Alternative 2) das externalisierte Wissen in Form einer abgegebenen Idee, dessen potenziellen Mehrwert es gegenüber dem IST-Zustand anhand der sieben abgeleiteten Bewertungskriterien methodisch zu beziffern gilt. Hierfür werden die beiden Alternativen unabhängig voneinander anhand der Kriterien bewertet und so ein paarweiser Vergleich erzeugt (SOCHOR ET AL. 2020A). Im Rahmen des paarweisen Vergleichs werden die Alternativen mittels der neunstufigen Skala nach SAATY (1987B) durch einen Experten oder wahlweise ein Expertengremium bewertet. Zu beachten ist hierbei, dass die Alternativbewertung maßgeblich den potenziellen Mehrwert des externalisierten Wissens beeinflusst und somit unternehmensintern von einer entsprechend geschulten und kompetenten Person bzw. wahlweise von einem entsprechenden Gremium durchgeführt werden sollte. In der Regel verfügen Unternehmen bereits über einen Wissensmanagementbeauftragten oder ein entsprechendes Gremium. Tabelle 12 zeigt die Matrizen für den paarweisen Vergleich der Alternativen in Abhängigkeit von den Bewertungskriterien und den entsprechenden Skalensvariablen (a).

6.3 Entwicklung der Bewertungsmethode

Tabelle 12: Paarvergleichsmatrizen der Alternativen

K1: Qualitätsverbesserung	Alternative 1	Alternative 2
Alternative 1	1	a_{K1A1A2}
Alternative 2	$\frac{1}{a_{K1A1A2}}$	1
K2: Kostenvorteil		
Alternative 1	1	a_{K2A1A2}
Alternative 2	$\frac{1}{a_{K2A1A2}}$	1
K3: Zeitvorteil		
Alternative 1	1	a_{K3A1A2}
Alternative 2	$\frac{1}{a_{K3A1A2}}$	1
K4: Reduzierung von Verschwendung		
Alternative 1	1	a_{K4A1A2}
Alternative 2	$\frac{1}{a_{K4A1A2}}$	1
K5: Technische Umsetzbarkeit		
Alternative 1	1	a_{K5A1A2}
Alternative 2	$\frac{1}{a_{K5A1A2}}$	1
K6: Ergonomische Gestaltung		
Alternative 1	1	a_{K6A1A2}
Alternative 2	$\frac{1}{a_{K6A1A2}}$	1
K7: Mitarbeiterzufriedenheit		
Alternative 1	1	a_{K7A1A2}
Alternative 2	$\frac{1}{a_{K7A1A2}}$	1

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Anhand der Paarvergleichsmatrizen können anschließend Gewichtungsvektoren (b) ermittelt werden, welche die lokale Priorität der jeweiligen Alternative in Bezug auf das bewertete Kriterium darstellen. Die Gewichtungsvektoren sind für jedes Bewertungskriterium alternativspezifisch durch die Bildung einer Reihen-summe und deren anschließende Normierung zu ermitteln. Eine beispielhafte Ermittlung des Gewichtungsvektors von Alternative 1 (A1) sowie Alternative 2 (A2) in Bezug auf das Bewertungskriterium Qualitätsverbesserung (K1) ist in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Ermittlung der alternativspezifischen Gewichtungsvektoren

K1 Qualitäts- verbesserung	M_{K1}		\sum Zeile	$Gewicht(b_{K1A1A2})$
	A1	A2		
A1	1,0000	a_{K1A1A2}	$1 + a_{K1A1A2}$	$\frac{1 + a_{K1A1A2}}{a_{K1A1A2} + \frac{1}{a_{K1A1A2}} + 2}$
A2	$\frac{1}{a_{K1A1A2}}$	1,0000	$\frac{1}{a_{K1A1A2}} + 1$	$\frac{\frac{1}{a_{K1A1A2}} + 1}{a_{K1A1A2} + \frac{1}{a_{K1A1A2}} + 2}$
\sum Spalte			$a_{K1A1A2} + \frac{1}{a_{K1A1A2}} + 2$	1,0000

Die ermittelten alternativspezifischen Gewichtungsvektoren je Bewertungskriterium bilden im Zusammenhang mit den kriterienspezifischen Gewichtungsvektoren aus Abschnitt 6.3.3 die Basis für die darauffolgende Berechnung einer konsistenten Ergebniskennzahl.

6.3.5 Ergebnisberechnung und -interpretation

Die Ergebnisberechnung ist eng mit den Anforderungen ausgehend des in Kapitel 5 entwickelten, konfigurierbaren Anreizsystems verknüpft. Diesbezüglich wird eine interpretierbare Referenzkennzahl als Ergebnis der Entscheidungsproblematik benötigt, welche eine direkte Verknüpfung des Anreizsystems mit der Bewertungsmethode ermöglicht (vgl. Abschnitt 5.4.3). Aufgrund dessen gilt es eine übergeordnete und kriterienübergreifende Referenzkennzahl zu ermitteln und diese anschließend gemäß den vorliegenden Handlungsoptionen zu interpretieren.

Aufbauend auf den Gewichtungsvektoren der Bewertungskriterien aus Abschnitt 6.3.3 (vgl. Tabelle 9) sowie den Gewichtungsvektoren der Alternativen aus Abschnitt 6.3.4 (vgl. Tabelle 13) lässt sich eine übergeordnete und kriterienübergreifende Referenzkennzahl in Form von globalen Gesamtprioritäten errechnen (vgl. Formel 9). Hierfür wird eine Gesamtmatrix (B) durch Multiplikation der Einzelmatrizen mit den Gewichtungen der Alternativen (b) sowie mit den Gewichtungen der Kriterien (v) gebildet. Tabelle 14 zeigt unter Einbeziehung entsprechender Variablen das schematische Vorgehen zur Ermittlung der alternativspezifischen globalen Gesamtpriorität.

Tabelle 14: Ermittlung der globalen Gesamtprioritäten (in Anlehnung an Sochor et al. 2020A)

	$\sum_{i=1}^u b_i v_i$							B	
	b_i								v_i
A1	b_{K1A1}	b_{K2A1}	b_{K3A1}	b_{K4A1}	b_{K5A1}	b_{K6A1}	b_{K7A1}	v_{K1}	B_{A1} B_{A2}
A2	b_{K1A2}	b_{K2A2}	b_{K3A2}	b_{K4A2}	b_{K5A2}	b_{K6A2}	b_{K7A2}	v_{K2} v_{K3} v_{K4} v_{K5} v_{K6} v_{K7}	

Die globalen Gesamtprioritäten stellen für die jeweilige Alternative das Bewertungsergebnis in Form einer transparenten Kennzahl unter Berücksichtigung der unternehmensspezifischen Kriteriengewichtungen dar (SOCHOR ET AL. 2020A).

Im Rahmen der Bewertungsmethode gilt es nun, das ermittelte Ergebnis den verfügbaren Handlungsoptionen gegenüberzustellen und in deren Kontext zu diskutieren, um in einem weiteren Schritt entsprechende Handlungsempfehlungen ableiten zu können (vgl. Abbildung 35). Um die Zielsetzung – das Ableiten von Handlungsempfehlungen – zu erreichen, müssen die Handlungsoptionen eine Einordnung des ermittelten Bewertungsergebnisses zulassen. Diesbezüglich zeigt Tabelle 15 ein in Anlehnung an eine 5-stufige Likert-Skala entwickeltes Ranking möglicher Handlungsoptionen.

6 Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen

Tabelle 15: Ranking möglicher Handlungsoptionen

$B_{A1} \Delta B_{A2}$ (für $B_{A1} \leq B_{A2}$)	Priorität	Handlungsempfehlung
$\geq 0,75 \times \beta_{max}$	Sehr hohe Priorität	IDEE-Zustand besitzt einen sehr deutlichen Mehrwert gegenüber IST-Zustand Das externalisierte Wissen ist umgehend zu kommunizieren und vom betroffenen Unternehmens- bzw. Fachbereich umzusetzen. Ggf. ist der reguläre Prozess des innerbetrieblichen Wissensmanagements aus Dringlichkeitsgründen zu beschleunigen.
$\geq 0,50 \times \beta_{max}$	Hohe Priorität	IDEE-Zustand besitzt einen deutlichen Mehrwert gegenüber IST-Zustand Das externalisierte Wissen ist im Rahmen des innerbetrieblichen Wissensmanagements weiterzuverfolgen und darüber hinaus ein direkter Kontakt zu dem betroffenen Unternehmens- bzw. Fachbereich herzustellen, um frühzeitig die bevorstehenden Änderungen zu kommunizieren.
$\geq 0,25 \times \beta_{max}$	Erhöhte Priorität	IDEE-Zustand besitzt einen erhöhten Mehrwert gegenüber IST-Zustand Das externalisierte Wissen ist im Rahmen des innerbetrieblichen Wissensmanagements weiterzuverfolgen.
$\geq 0,01 \times \beta_{max}$	Geringe Priorität	IDEE-Zustand besitzt einen geringen Mehrwert gegenüber IST-Zustand Die Bewertung ist erneut durchzuführen, um den geringen Mehrwert des IDEEN-Zustands zu bestätigen. Durch eine Bestätigung ist das externalisierte Wissen im Rahmen des innerbetrieblichen Wissensmanagements weiterzuverfolgen.
$B_{A1} = B_{A2}$	Sehr geringe Priorität	Äquivalentes Bewertungsergebnis Bei Bedarf ist eine individuelle Aufwand-Nutzen-Abschätzung durchzuführen, um ggf. Vorteile des externalisierten Wissens zu identifizieren.
$B_{A1} \Delta B_{A2}$ (für $B_{A1} > B_{A2}$)		
$B_{A1} > B_{A2}$	Keine Priorität	IDEEN-Zustand besitzt keinen Mehrwert gegenüber IST-Zustand Das externalisierte Wissen ist nicht weiter zu bearbeiten, da der IST-Zustand zu bevorzugen ist.

Das Ranking weist eine Abhängigkeit zur Differenz des Bewertungsergebnisses ($B_{A1} \Delta B_{A2}$) auf und umfasst für $B_{A1} \leq B_{A2}$ Handlungsoptionen, die fünf spezifische Handlungsempfehlungen definieren. Die Verknüpfung des Bewertungsergebnisses mit einer entsprechenden Handlungsempfehlung basiert auf dem prozentualen Anteil des Ergebnisses an der theoretisch maximalen Differenz (β_{max}) der alternativspezifischen globalen Gesamtpriorität. Die maximale Differenz lässt sich ermitteln, indem die Annahme getroffen wird, dass die Alternative 1 (IST-Zustand) ausnahmslos mit null Punkten bewertet wird und demgegenüber die Alternative 2 (IDEEN-Zustand) ausnahmslos mit den maximal verfügbaren neun Punkten bewertet wird ($B_{A1} \ll B_{A2}$).

Das minimale Bewertungsergebnis tritt ein, wenn der IST-Zustand eine höhere globale Gesamtpriorität als der IDEEN-Zustand aufweist ($B_{A1} > B_{A2}$). Für den Fall einer Äquivalenz der globalen Gesamtprioritäten ($B_{A1} = B_{A2}$) ist aufgrund der fehlenden eindeutigen Lösung des Entscheidungsproblems bei Bedarf eine zusätzliche individuelle Aufwand-Nutzen-Abschätzung notwendig.

Durch die dargestellten Handlungsoptionen (vgl. Tabelle 15) ist eine Einordnung des spezifischen Bewertungsergebnisses in Abhängigkeit von der maximalen Differenz der alternativspezifischen globalen Gesamtprioritäten in prozentualen Abstufungen möglich. Das Bewertungsergebnis in Form der alternativspezifischen Referenzkennzahlen (globale Gesamtprioritäten) sowie die hieraus abzuleitenden Handlungsempfehlungen gilt es im folgenden Abschnitt 6.3.6 einerseits mit dem Anreizsystem, andererseits mit dem innerbetrieblichen Wissensmanagement zu verknüpfen.

6.3.6 Implementation der Bewertungsmethode in das Anreizsystem

Die im Rahmen der Bewertungsmethode abgeleitete Handlungsempfehlung ist dem innerbetrieblichen Wissensmanagement zur Verfügung zu stellen, um entsprechende nächste Schritte einzuleiten bzw. durchzuführen. Diesbezüglich ist die generierte Lösung der Entscheidungsproblematik, in Anlehnung an den Wissensmanagementprozess nach PROBST ET AL. (2012), dem Baustein der Wissensentwicklung im Kontext des operativen Wissensprozesses zuzuordnen. Die Wissensentwicklung verfolgt dabei das Ziel der nachhaltigen Sicherung von unternehmensinternem Wissen und der Durchführung von damit verbundenen Bearbeitungsschritten, um die anschließende Wissensverteilung zu ermöglichen (vgl. Abschnitt 2.5.2). Die zu verknüpfenden Ergebnisse umfassen die Priorität des externalisierten Wissens, die abgeleitete Handlungsempfehlung sowie die alternativspezifischen Bewertungsdetails in Form der einzelnen Kriterienbewertungen (vgl. Abbildung 39). Die Priorität des externalisierten Wissens zeigt mit der damit einhergehenden Handlungsempfehlung die nachfolgenden Schritte auf, welche aufbauend auf der durchgeführten Bewertungsmethode anschließend im Rahmen des innerbetrieblichen Wissensmanagements durchzuführen sind. Darüber hinaus ermöglichen die alternativspezifischen Bewertungsdetails die Nachvollziehbarkeit des Bewertungsergebnisses sowie der damit einhergehenden Handlungsempfehlung und zeigen somit die Transparenz des Ergebnisentstehungsprozesses auf.

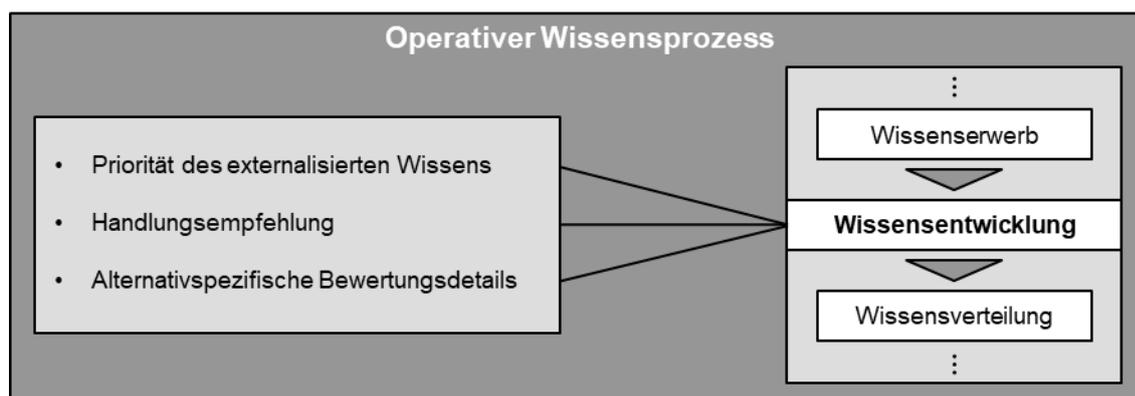


Abbildung 39: Generierte Bewertungsergebnisse im Kontext des Wissensprozesses (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020A)

Im Hinblick auf die Verknüpfung des generierten Bewertungsergebnisses mit dem in Kapitel 5 entwickelten konfigurierbaren Anreizsystem ist es notwendig, dass eine Referenzkennzahl ausgehend von der Bewertungsmethode an das Anreizsystem übermittelt wird. Diesbezüglich ist die tatsächliche Differenz (β_{tat}) der globalen Gesamtprioritäten von Alternative 1 und Alternative 2 zu ermitteln (vgl. Formel 10). Durch Subtraktion der globalen Gesamtprioritäten wird eine – wie in Abschnitt 5.4.3 geforderte – Referenzkennzahl erzeugt, die eine individualisierte Anreizgewichtung basierend auf dem Ergebnis der Bewertungsmethode ermöglicht (SOCHOR ET AL. 2020A).

$$RKZ_{tat} = \beta_{tat} = B_{A2} - B_{A1} \quad (10)$$

Die im Rahmen des Anreizsystems stattfindende Anreizgewichtung ist in Anlehnung an die – in Tabelle 15 dargestellten – Abstufungen durchzuführen. So sollte die Höhe der gewährten Anreize mit den Handlungsempfehlungen übereinstimmen. Abbildung 40 zeigt graphisch den Zusammenhang zwischen der übermittelten Referenzkennzahl (RKZ_{tat}) und einer beispielhaften Anreizgewichtung (AG_n) im Rahmen des konfigurierbaren Anreizsystems unter Verwendung der Anreizgruppe Abzeichen & Erfolge (vgl. Abschnitt 5.4.3).

Zusätzlich zur Referenzkennzahl sind aufgrund der Transparenzanforderungen (vgl. Abschnitt 4.2) dem konfigurierbaren Anreizsystem die alternativspezifischen Bewertungsdetails zu übermitteln, damit zusätzlich zur Anreizgewährung eine Rückverfolgbarkeit der Ergebnisentstehung möglich ist.

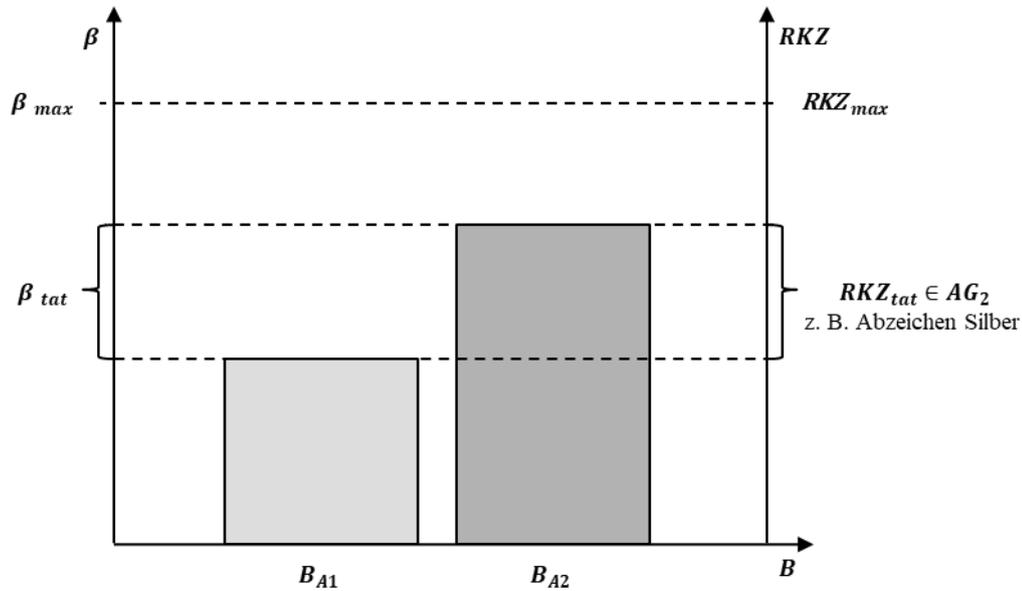


Abbildung 40: Zusammenhang zwischen der Referenzkennzahl und der Anreizgewichtung (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020A)

Die Generierung der bewertungsspezifischen Referenzkennzahl sowie deren Verknüpfung mit dem konfigurierbaren Anreizsystem benötigt hinsichtlich der innerbetrieblichen Implementation eine unternehmensinterne und hierarchieübergreifende Vernetzung. Zunächst gilt es das externalisierte Wissen ausgehend von einem kognitiven Assistenzsystem in der manuellen Montage (operativer Unternehmensbereich bzw. Shopfloor) an eine übergeordnete Stelle im Unternehmen (administrativer Unternehmensbereich bzw. Topfloor) zu transferieren, um dieses dort mittels einer Mensch-Maschine-Schnittstelle bewerten zu können. Die hierdurch erzeugte Referenzkennzahl muss anschließend an das konfigurierbare Anreizsystem übermittelt werden, um abhängig davon eine entsprechende Anreizgewährung zu initiieren. Die vom Topfloor generierte Bewertung ist in Form der Anreizgewährung sowie der alternativspezifischen Bewertungsdetails an den Shopfloor zu transferieren und dort dem Mitarbeiter zur Verfügung zu stellen.

6.4 Fazit

Die im vorangegangenen Kapitel entwickelte Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen fußt auf dem analytischen Hierarchieprozess nach SAATY (1987A) und wurde um die Anforderungen des innerbetrieblichen Wissensmanagements sowie des in Kapitel 5 entwickelten Anreizsystems erweitert. Basierend auf der Bewertungsmethode gelingt es, eine Entscheidungsproblematik im Rahmen des Wissensmanagements anhand standardisierten Bewertungskriterien zu lösen und dabei ein auf Konsistenz geprüftes Ergebnis zu erhalten. Darüber hinaus kann aufgrund des definierten Vorgehens die Entstehung einer Handlungsempfehlung für alle an der Methode beteiligten Personen transparent dargestellt werden. Das im Rahmen der Bewertungsmethode generierte Ergebnis, die Differenz der globalen Gesamtprioritäten, erfüllt die Anforderungen des in Kapitel 5 entwickelten Anreizsystems zum Zwecke der Anreizgewichtung und dient somit als zu übermittelnde Referenzkennzahl.

Wie anhand der anreizsysteminternen Übermittlung der Referenzkennzahl sowie der funktionalen Notwendigkeit der Vernetzung des Topfloor und des Shopfloor mit dem Anreizsystem nachvollzogen werden kann, ist die Entwicklung einer innerbetrieblichen Vernetzungsarchitektur notwendig. Das folgende Kapitel 7 beschäftigt sich daher mit der Modellierung einer innerbetrieblichen Vernetzungsarchitektur, gemäß den funktionsrelevanten Anforderungen, ausgehend von dem konfigurierbaren Anreizsystem sowie der damit einhergehenden Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen.

7 Modellierung einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur

7.1 Übersicht

Ausgehend von dem in Kapitel 5 entwickelten konfigurierbaren Anreizsystem mit der damit verknüpften Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen (vgl. Kapitel 6) werden im Rahmen der Implementierung funktionsseitige Anforderungen an die Vernetzung mit den innerbetrieblichen Softwaresystemen gestellt. Diese funktionsorientierten Anforderungen werden im Folgenden durch die Modellierung einer entsprechenden Vernetzungsarchitektur adressiert. Hierdurch zeigen sich einerseits notwendige Schnittstellen zu innerbetrieblichen Softwaresystemen, andererseits die damit einhergehenden Datenflüsse. Abbildung 41 visualisiert die anreizsysteminternen sowie die top- und shopfloorübergreifenden innerbetrieblichen Zusammenhänge in Form von Vernetzungen.

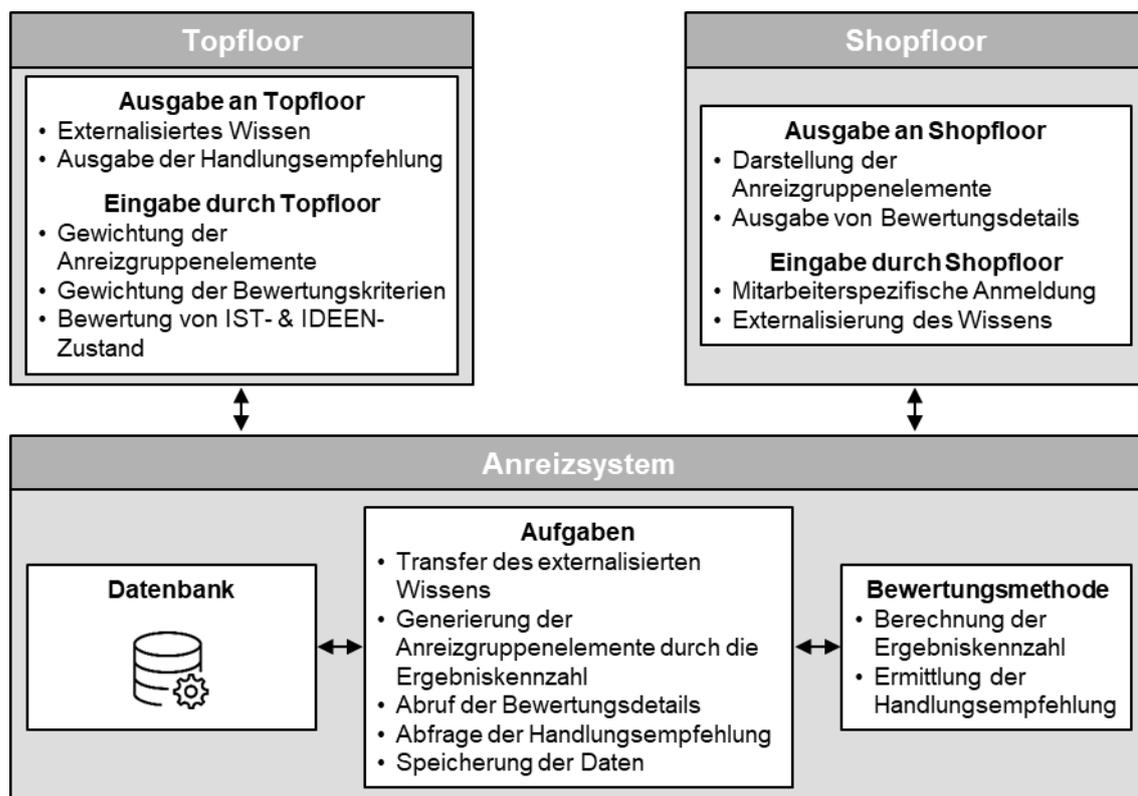


Abbildung 41: Funktionsorientierte innerbetriebliche Vernetzung

Für die Modellierung der funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur wird auf die – in der Softwareentwicklung standardmäßig verwendete – Modellierungssprache Unified Modeling Language (UML) zurückgegriffen (HAUSLADEN 2014). Die hierauf basierende Modellierungssprache SysML fokussiert die graphische Modellierung von Systemen und Systembezügen und ermöglicht somit Analyse, Design, Überprüfung sowie Validierung von Systemen (vgl. Abschnitt 2.6.3). Als Systeme gelten hierbei Software- und Hardwarekomponenten getrennt oder in Kombination miteinander (PLÖDERER ET AL. 2014). Die Modellierungssprache SysML lässt sich mit anderweitigen Notationsdiagrammen wie beispielsweise Flusselementen (Flow-Ports) erweitern, jedoch müssen die vorhandenen Normen und Regeln, welche eine einheitliche Verwendung sicherstellen, eingehalten werden. Aufgrund des bewährten Einsatzes der vorgestellten Modellierungsmöglichkeiten im Forschungs- und Industriekontext werden in den folgenden Abschnitten 7.2 und 7.3 die Modellierungssprachen UML und SysML verwendet.

7.2 Funktionsorientierte Vernetzung

7.2.1 Top- und Shopfloor mit dem Anreizsystem

Die unternehmensinterne Vernetzung des konfigurierbaren Anreizsystems fußt auf der Notwendigkeit, dass die Eingabeparameter bzw. die Inputs (1) Gewichtung der Anreizgruppenelemente, (2) Gewichtung der Bewertungskriterien sowie (3) Bewertung des IST- und IDEEN-Zustands durch administrative Bereiche des Unternehmens wie z. B. durch die Arbeitsvorbereitung durchgeführt werden, jedoch die (4) mitarbeiterspezifische An- bzw. Abmeldung am Anreizsystem sowie die (5) Externalisierung des Wissens in operativen Unternehmensbereichen stattfindet (SOCHOR ET AL. 2020B). Der diesbezügliche Zusammenhang, welcher in Abbildung 41 dargestellt wird, zeigt, dass der digitale Transfer des externalisierten Wissens ausgehend vom Shopfloor notwendig ist, um diesen anschließend im Topfloor kriterienspezifisch bewerten zu können. Dabei ist zu beachten, dass die Rahmenbedingung dieser Arbeit einen digital angebandenen Shopfloor- bzw. Topfloorarbeitsplatz vorsieht, welcher beispielsweise durch ein Tablet den Zugriff auf interne Softwaresysteme besitzt (vgl. Abschnitt 1.2). Basierend hierauf wird die detaillierte inputseitige Vernetzung von Topfloor und Shopfloor mit dem Anreizsystem durch das folgende UML-Diagramm dargestellt (vgl. Abbildung 42). Dabei sind vertikal die drei Bereiche Topfloor, Shopfloor und Anreizsystem aufgezeigt, welche durch die Inputsignale eins bis fünf wie folgt miteinander in Verbindung stehen.

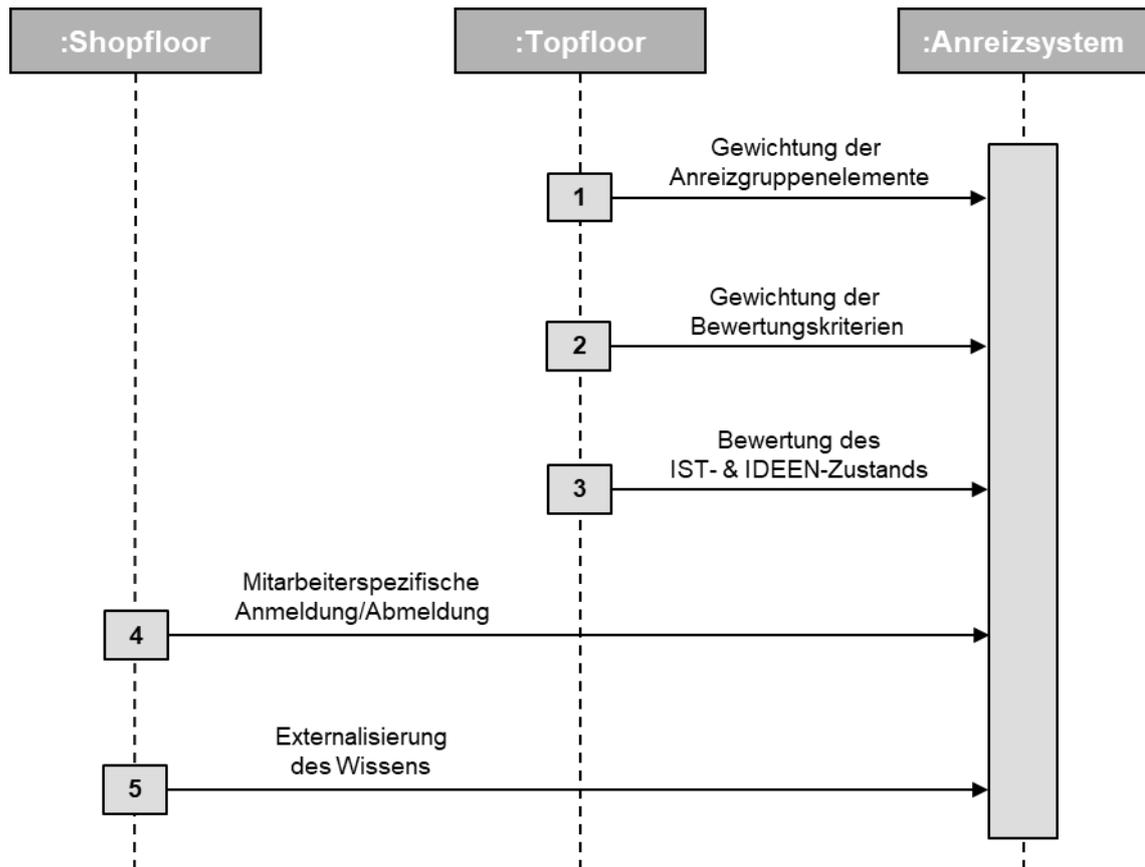


Abbildung 42: *Inputseitige Vernetzung des Anreizsystems mit dem Top- und dem Shopfloor (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)*

Durch die Vernetzung der Eingabeparameter können spezifische Ausgabeparameter bzw. Outputs generiert werden. Anhand des (6) Transfers des externalisierten Wissens und der hierdurch ermöglichten Bewertung des Wissens im Topfloor kann anreizsystemintern die Ergebniskennzahl sowie die entsprechende Handlungsempfehlung ermittelt werden. Diese Bewertungsergebnisse ermöglichen die anschließende (7) Generierung der Anreizgruppenelemente, welche als Output an den Shopfloor übermittelt werden. Darüber hinaus werden den Mitarbeitern auf dem Shopfloor, aufgrund der Transparenzanforderung des Ergebnisentstehungsprozesses, die (8) spezifischen Bewertungsdetails in Form der Kriterienbewertungen mitgeteilt. Demgegenüber wird dem Topfloor die ermittelte (9) Handlungsempfehlung zur Verfügung gestellt, um darauf aufbauend die nächsten Schritte bzgl. des bewerteten externalisierten Wissens initiieren zu können (SOCHOR ET AL. 2020B). Abbildung 43 visualisiert die beschriebenen Outputs 6 bis 9 ausgehend vom Anreizsystem zum Topfloor bzw. Shopfloor.

7 Modellierung einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur

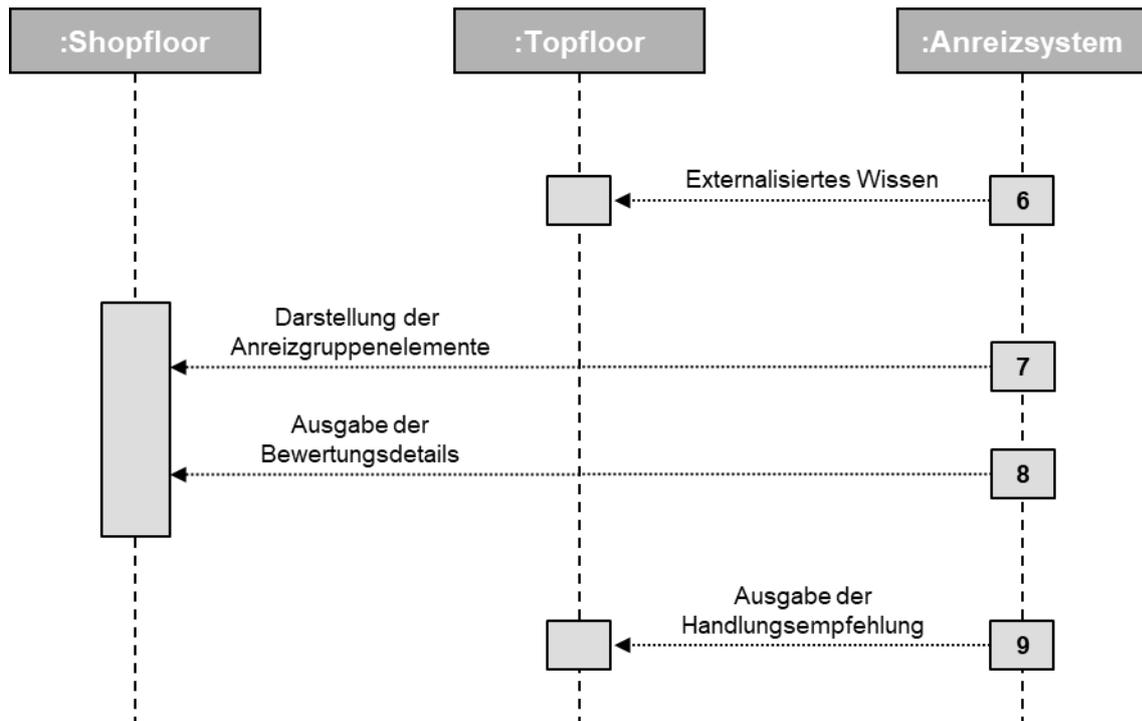


Abbildung 43: *Outputseitige Vernetzung des Anreizsystems mit dem Top- und dem Shopfloor (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)*

Der Ablauf des Anreizsystems mit den damit einhergehenden funktionsorientierten Vernetzungen, hinsichtlich der Gewichtung, der Wissensexternalisierung, der Bewertung sowie dem anschließenden Feedback an den Shopfloor und den Topfloor, wird in Abbildung 44 dargestellt. Dabei werden die neun definierten Input- und Outputparameter, ausgehend vom Start des Anreizsystems und der damit verbundenen Notwendigkeit der Gewichtung der Anreizgruppenelemente (1) sowie der Bewertungskriterien (2) sequenziell dargestellt. Die daran anschließende mitarbeiterspezifische Anmeldung (4) befähigt das Anreizsystem dazu, die entsprechenden Anreizgruppenelemente initial darzustellen (7). Beginnend mit der Externalisierung von Wissen auf dem Shopfloor (5) wird dieses zunächst an den Topfloor zur Bewertung transferiert (6). Basierend auf der von dort übermittelten Bewertung (3) generiert das Anreizsystem anschließend eine entsprechende Handlungsempfehlung, welche wiederum an den Topfloor ausgegeben wird (9). Darüber hinaus dient die ermittelte Ergebniskennzahl zur anreizsysteminternen Generierung entsprechender Anreizgruppenelemente (7), welche anschließend dem Shopfloor in aktualisierter Form und in Kombination mit den ideenspezifischen Bewertungsdetails (8) zurückübermittelt werden. Die Beendigung des Anreizsystems findet durch die shopfloorseitige Abmeldung (4) statt.

Die Gewichtungen der Anreizgruppenelemente (1) sowie die Bewertungskriterien (2) können bei Bedarf während des Systemablaufs durch den Topfloor individuell angepasst werden (vgl. Abschnitt 5.4.3 und 6.3.3).

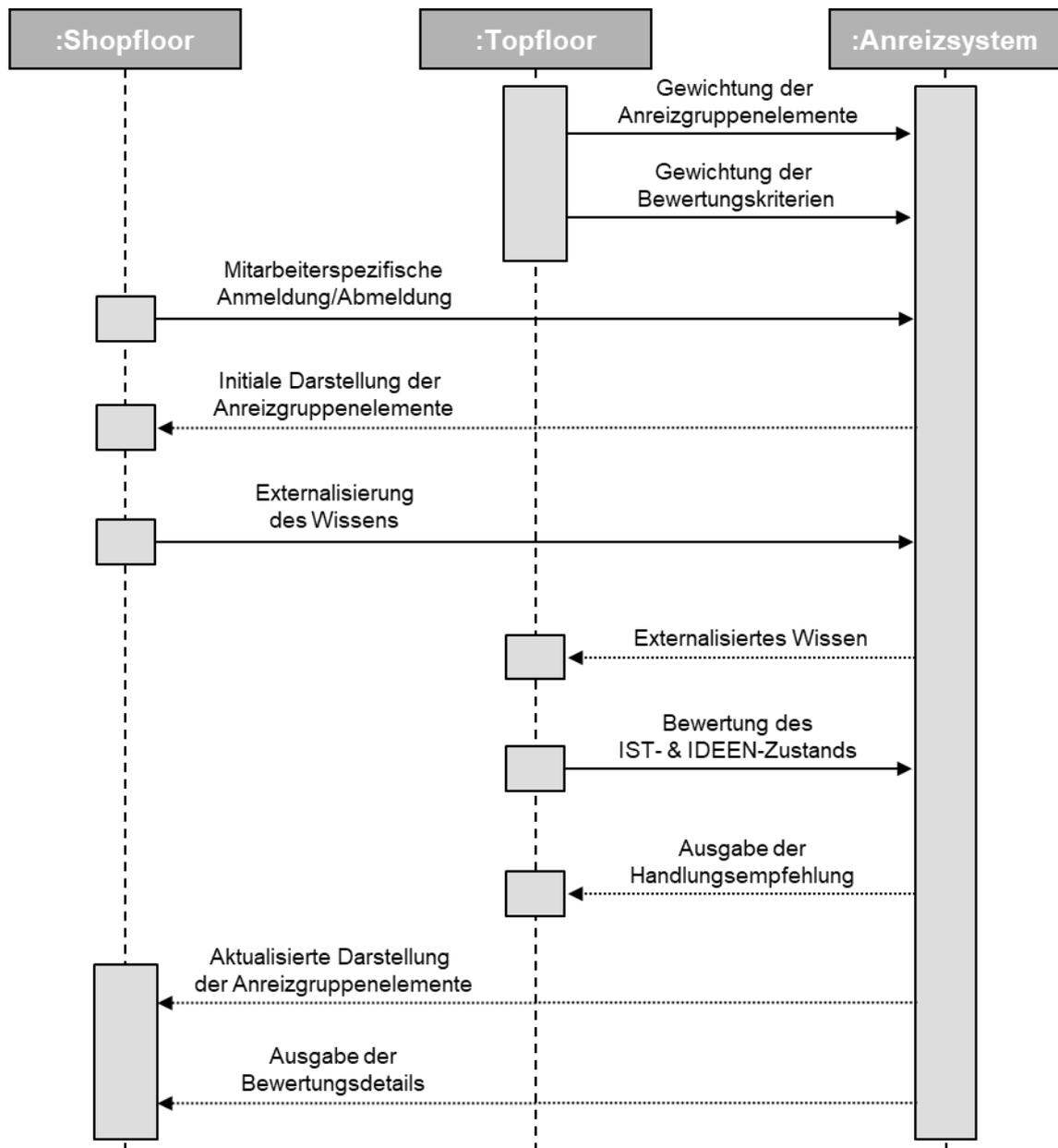


Abbildung 44: Funktionsorientierte Vernetzung des Anreizsystems mit dem Top- und dem Shopfloor (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)

7.2.2 Anreizsysteminterne Abläufe

Im Hinblick auf die anreizsysteminternen Abläufe sind die funktionsorientierten Vernetzungen zwischen der Anreizgenerierung, der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie einer Datenbank zur Datenspeicherung notwendig

7 Modellierung einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur

(vgl. Abbildung 41). Die Outputparameter, welche ausgehend von der Anreizgenerierung an die Bewertungsmethode sowie die Datenbank übermittelt werden, sind in Abbildung 45 graphisch dargestellt. Dabei sind zunächst die (1) mitarbeiterspezifischen An- und Abmeldedaten sowie anreizspezifische Aktualisierungen an die Datenbank zu übermitteln, um darauf basierend entsprechende Datenbankabfragen bzw. -sicherungen durchführen zu können. Zudem sind die Gewichtungen der (2) Anreizgruppenelemente sowie der (3) Bewertungskriterien in der Datenbank zu hinterlegen. Hinsichtlich der Abgabe von (4) externalisiertem Wissen, ist dieses zunächst an die Datenbank zu transferieren, um die Rohdaten zu speichern. Darüber hinaus sind die (5) kriterienspezifischen Bewertungen an die Bewertungsmethode für die daran anschließende Berechnung zu übermitteln.

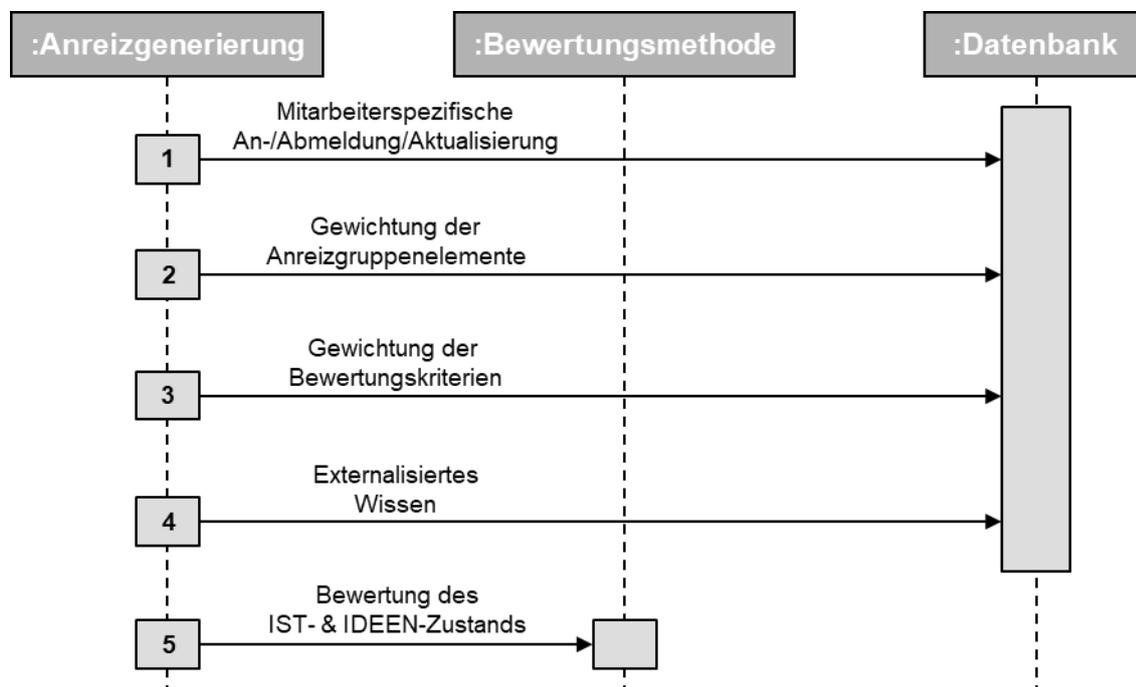


Abbildung 45: *Outputseitige Vernetzung der Anreizgenerierung mit der Bewertungsmethode sowie einer Datenbank (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)*

Basierend auf der Abgabe von externalisiertem Wissen (4) und der daran anschließenden kriterienspezifischen Bewertung (5) des IST- und IDEEN-Zustands beginnt die – in Abbildung 46 dargestellte – Interaktion zwischen der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen und der Datenbank. Hierbei wird zunächst die Gewichtung der (6) Bewertungskriterien ausgehend von der Datenbank an die Bewertungsmethode übergeben. Die darauf aufbauende Berechnung der (7) Ergebniskennzahl sowie die Ermittlung der (8) Handlungsempfehlung wird mittels der Bewertungsmethode durchgeführt und an die Datenbank zur Datenspeicherung

übergeben. Darüber hinaus werden die (9) kriterienspezifischen Bewertungsdetails an die Datenbank transferiert.

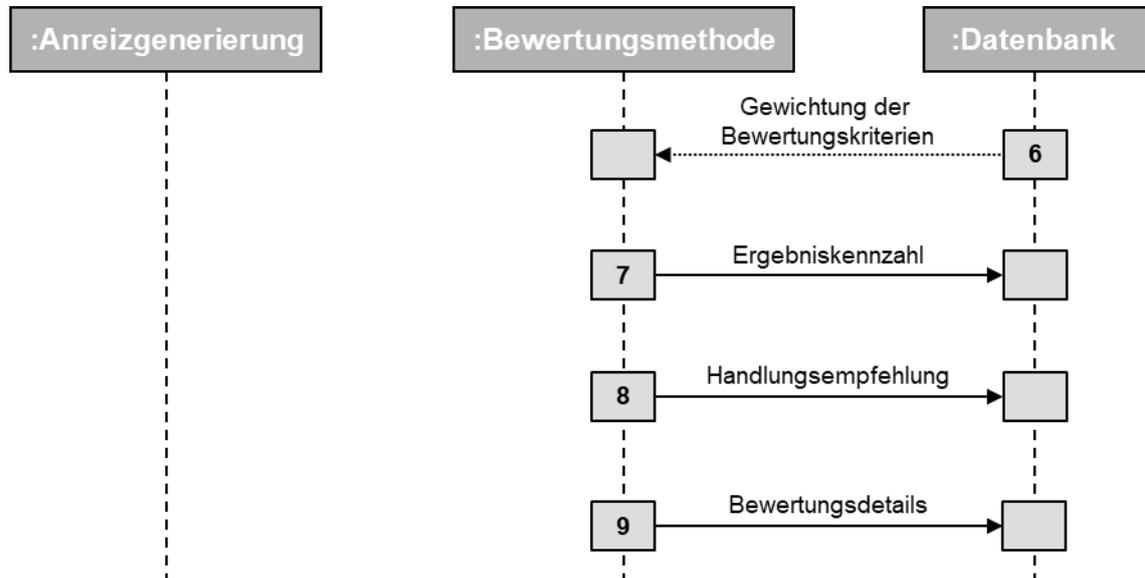


Abbildung 46: Vernetzung der Bewertungsmethode mit einer Datenbank (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)

Die ermittelten und gespeicherten Ergebnisse der Bewertungsmethode dienen anreizsystemintern zur Generierung der Anreizgruppenelemente (vgl. Abbildung 47). Hierfür wird in Abhängigkeit vom Inputparameter der (10) Gewichtung der Anreizgruppenelemente sowie der (11) Ergebniskennzahl die Anreizgruppenelemente bzw. das Anreizgruppenelement dementsprechend parametrisiert. Darüber hinaus werden einerseits die ermittelte (12) Handlungsempfehlung, andererseits die (13) Bewertungsdetails ausgehend von der Datenbank an die Anreizgenerierung übermittelt, um diese anschließend dem Topfloor bzw. Shopfloor zur Verfügung stellen zu können. Hinsichtlich möglicher (14) historischer mitarbeiterspezifischer Anreizgruppenelemente sind diese ebenfalls an die Anreizgenerierung zu übermitteln und bei der dort stattfindenden Anreizgruppenparametrierung zu berücksichtigen. Abbildung 47 zeigt die inputseitige Vernetzung der Anreizgenerierung mit einer entsprechenden Datenbank.

7 Modellierung einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur

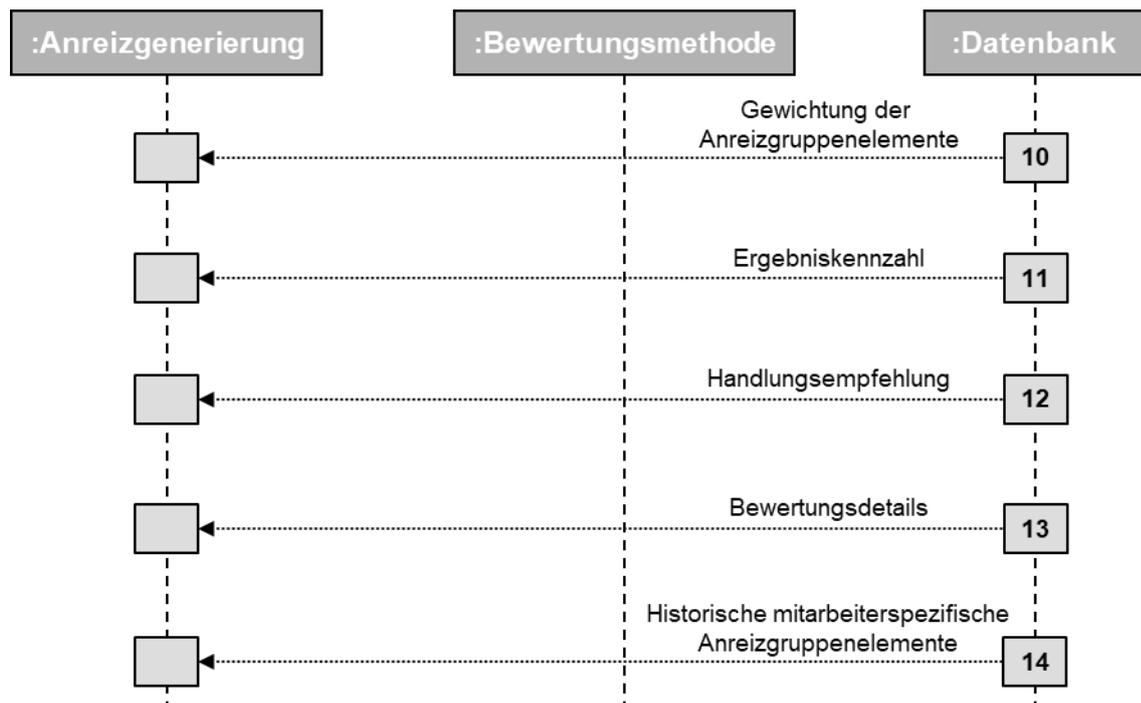


Abbildung 47: *Inputseitige Vernetzung der Anreizgenerierung mit einer Datenbank (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)*

Der sequenzielle Ablauf der funktionsorientierten Vernetzung von der Anreizgenerierung, der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie einer Datenbank zur Datenspeicherung sieht zunächst den Transfer der mitarbeiterspezifischen Anmeldedaten (1) vor (vgl. Abbildung 48). Daran anschließend wird die aktuell definierte Gewichtung der Anreizgruppenelemente (2) sowie der Bewertungskriterien (3) an die Datenbank übermittelt. Basierend auf den mitarbeiterspezifischen Daten kann eine Datenbankabfrage hinsichtlich möglicher historischer Anreizgruppenelemente (14) durchgeführt und anschließend der Anreizgenerierung zurückgemeldet werden. Wird durch den Shopfloor Wissen externalisiert, transferiert die Anreizgenerierung dieses zur Speicherung an die Datenbank (4). Die vom Topfloor ausgehende Bewertung des externalisierten Wissens wird hingegen direkt an die Bewertungsmethode übermittelt (5) und dort unter Einbeziehung der Gewichtung der Bewertungskriterien (6) zur Ergebnisberechnung herangezogen. Die hierbei ermittelte Ergebniskennzahl (7) sowie die abgeleitete Handlungsempfehlung (8) werden inklusive der kriterienspezifischen Bewertungsdetails (9) zunächst an die Datenbank übermittelt, bevor die Daten von dort an die Anreizgenerierung zurückgemeldet (11, 12, 13) werden. Darüber hinaus wird der Anreizgenerierung, ausgehend von der Datenbank, die Gewichtung der Anreizgruppenelemente (10) zur Parametrierung dieser transferiert (SOCHOR ET AL. 2020B).

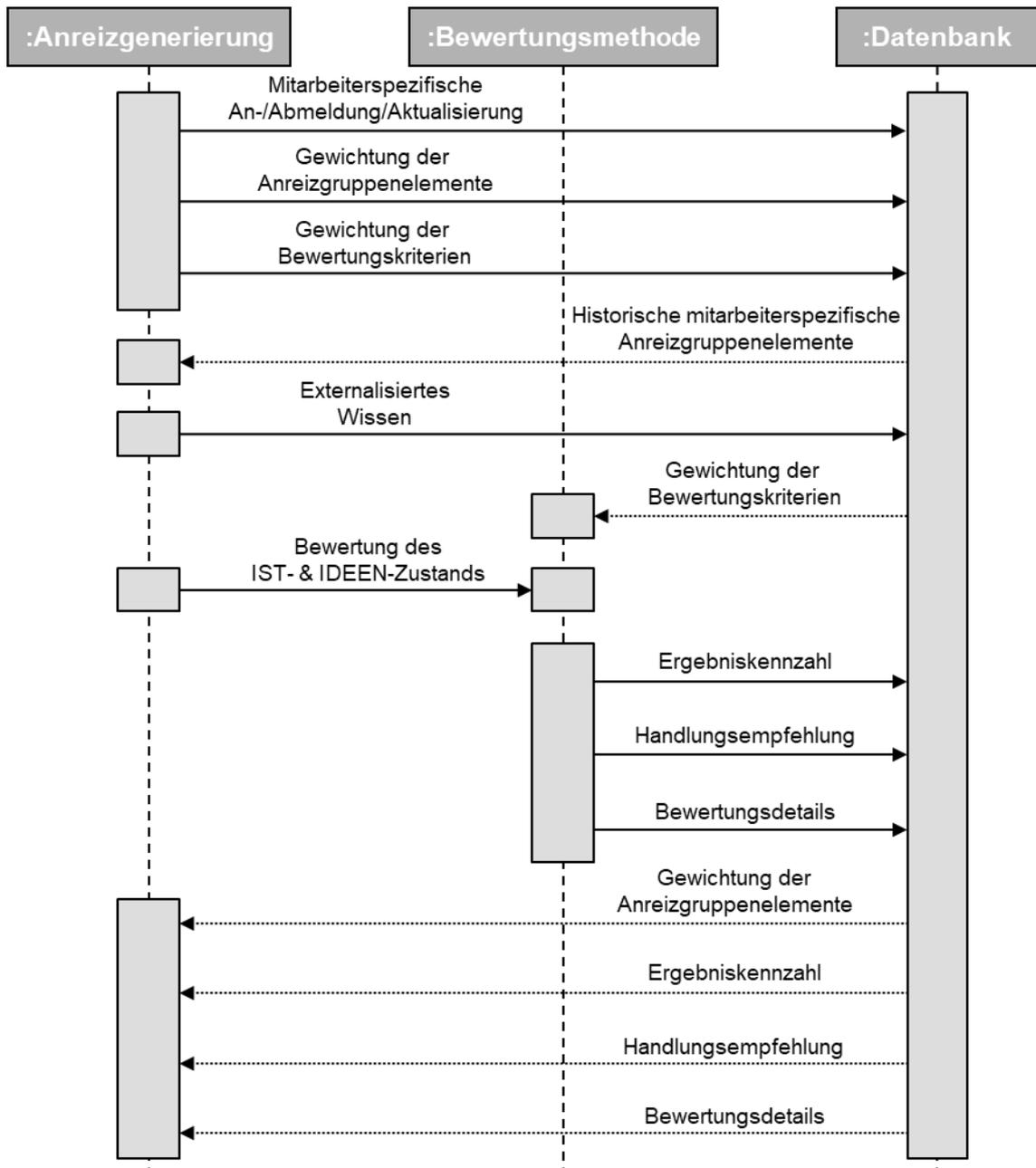


Abbildung 48: Funktionsorientierte Vernetzung der Anreizgenerierung mit der Bewertungsmethode sowie einer Datenbank (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)

Die aufgezeigte funktionsorientierte Vernetzung des Anreizsystems mit dem Topfloor und dem Shopfloor sowie intern mit der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen und einer Datenbank zur Datenspeicherung zeigt die notwendigen Schnittstellen bei einer innerbetrieblichen Implementierung, um die vollständige Funktionsfähigkeit des Systems sicherzustellen. Bisher kann jedoch kein Rückschluss auf die schnittstellenspezifischen Datenflüsse gezogen werden, weshalb der folgende Abschnitt 7.3 dies ausführlich betrachtet.

7.3 Funktionsorientierte Datenflüsse

7.3.1 Vorgehensweise

Basierend auf der in Abschnitt 7.2 dargestellten funktionsorientierten Vernetzung gilt es nun, die spezifischen innerbetrieblichen Datenflüsse aufzuzeigen. Hierfür wird auf die Modellierungssprache SysML zurückgegriffen, mithilfe derer die Abhängigkeiten von zwei oder mehr Elementen durch ein Blockdefinitionsdiagramm (bdd) dargestellt werden können. Das Blockdefinitionsdiagramm verknüpft dabei die Blöcke (Elemente) logisch miteinander, wodurch ein Diagramm entsteht. Blöcke wiederum beinhalten die Informationen des betrachteten Objekts u. a. in Form von Werten (Values), Operationen (Operations) und/oder Teilen (Parts). Dabei ist jeder Block im Blockdefinitionsdiagramm eindeutig durch seine Kopfbezeichnung bestehend aus dem Kürzel „<<block>>“ und dem individuellen Namen definiert (vgl. Abbildung 49). Hinsichtlich der Verknüpfung von Blöcken kann mittels des Blockdefinitionsdiagramms das Abhängigkeitsverhältnis der Blöcke dargestellt werden. Bei der Vielzahl an Verknüpfungsmöglichkeiten soll insbesondere auf die für diese Arbeit relevante Art der Aggregation und der Komposition eingegangen werden. Diese Verknüpfungsarten definieren die Abhängigkeit der Blöcke als Teil eines Ganzen. Die Aggregation verdeutlicht eine Teil-Ganz-Abhängigkeit, wobei ein oder mehrere Teil-Blöcke einen Ganz-Block bilden. Der Ganz-Block kann jedoch ohne den oder die Teil-Blöcke bestehen. Dahingegen zeigt die Komposition als Sonderform der Aggregation eine Teil-Ganz-Abhängigkeit, bei der der Ganz-Block ebenfalls aus einem oder mehreren Teil-Blöcken besteht, jedoch nicht ohne dem oder den Teil-Blöcken bestehen kann. Zusätzlich zu den Verknüpfungsmöglichkeiten gibt die damit in Verbindung stehende Zahl (Multiplizität) an, ob das Abhängigkeitsverhältnis mit genau einem oder mehreren Blöcken besteht bzw. bestehen kann. Abbildung 49 zeigt exemplarisch vier Blöcke mit ihrer Kopfbezeichnung, den Attributen/Operationen sowie den beiden vorgestellten Verknüpfungsmöglichkeiten.

Darüber hinaus sind weitere Diagrammtypen definiert, welche jedoch keine Relevanz für die vorliegende Arbeit besitzen, für ihre Detailvorstellung wird auf die Arbeit von OMG (2010) verwiesen.

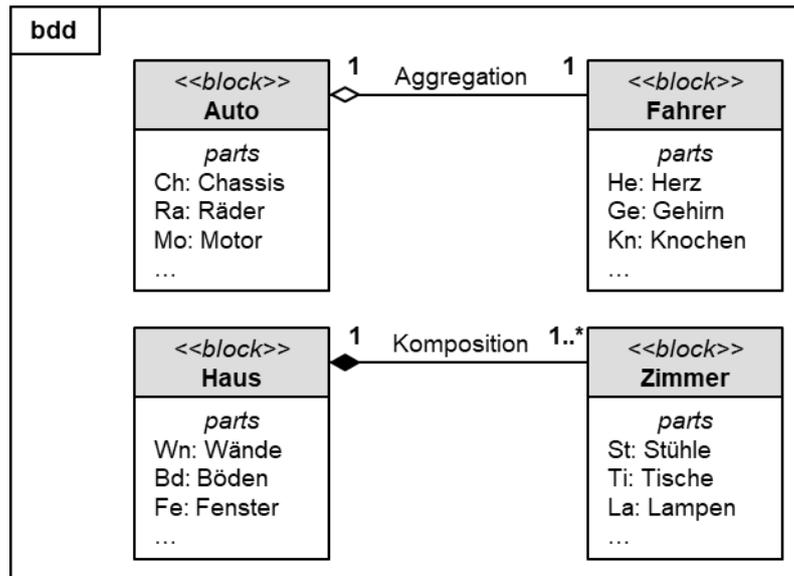


Abbildung 49: Blockinhalte und -verknüpfungsarten bei SysML (in Anlehnung an OMG 2010)

Zudem wird für die Betrachtung der funktionsorientierten Datenflüsse im Bereich der blockspezifischen Werte (Values) auf die in der Informatik standardisiert verwendeten Datentypen zurückgegriffen. Daher werden für folgende Werte die entsprechenden Datentypen verwendet:

- **Text:** Bestehend aus einer beliebigen Länge an Zeichenketten wird hierfür der Datentyp „**string**“ verwendet.
- **Ganze Zahl:** Der standardgemäße Datentyp für ganze Zahlen, für die gilt $\in \{-2.147.483.648; 2.147.483.647\}$, ist „**integer**“.
- **Gleitkommazahlen:** Für Gleitkommazahlen ist der Datentyp „**double**“ standardmäßig zu verwenden.
- **Binäre Datenobjekte:** Bei binären Datenobjekten, wie z. B. Bild- und Audiodateien, wird der Datentyp „**blob**“ verwendet.

7.3.2 Anreizsystem - Shopfloor

Hinsichtlich des Abhängigkeitsverhältnisses zwischen dem Shopfloor und dem Anreizsystem ist festzustellen, dass ein Anreizsystem mit mehreren shopfloorseitigen Ausgabegeräten und den damit verbundenen Mitarbeitern verknüpft werden kann. Zudem besteht eine Teil-Ganz-Abhängigkeit in Form der Aggregation, da das Anreizsystem ohne den oder die Shopfloor-Blöcke bestehen kann. Abbildung 50 visualisiert das Abhängigkeitsverhältnis sowie die funktionsorientierten Datenflüsse mittels eines Blockdefinitionsdiagramms.

7 Modellierung einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur

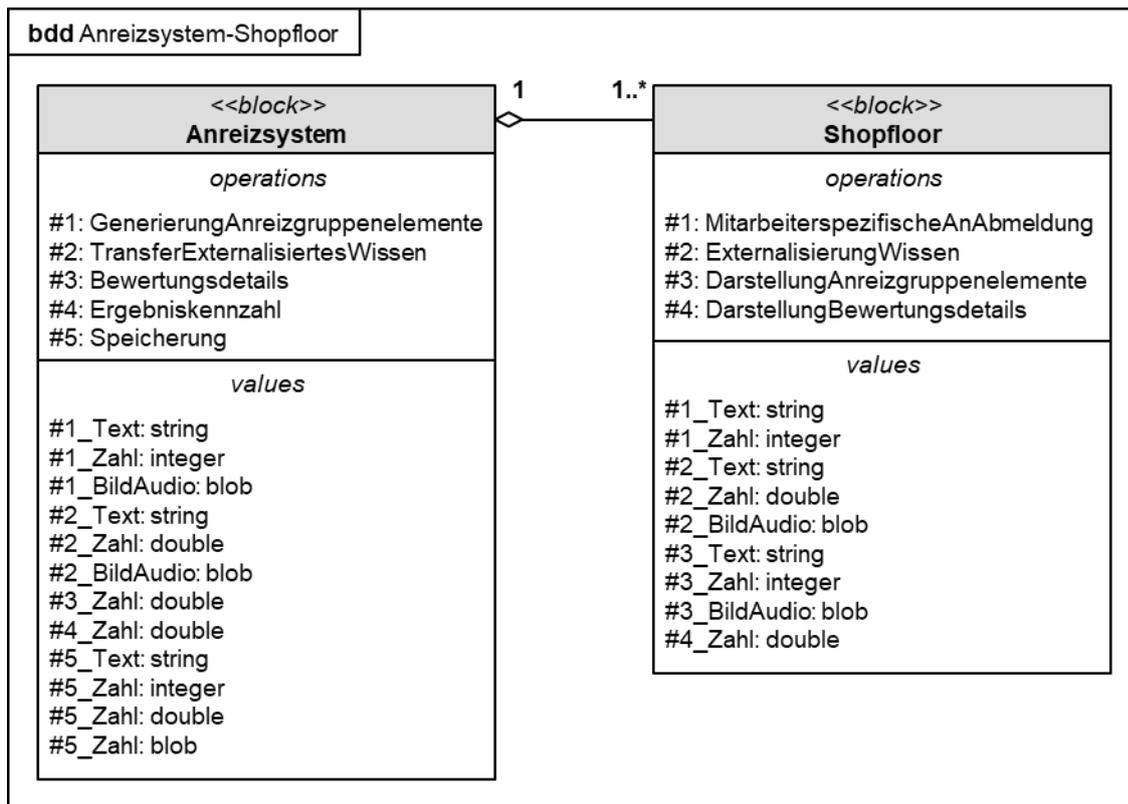


Abbildung 50: Abhängigkeitsverhältnis und Datenflüsse zwischen dem Anreizsystem und dem Shopfloor (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)

Bezüglich der funktionsorientierten Datenflüsse zwischen dem Anreizsystem und dem Shopfloor bedarf es operationsabhängiger Datentypen. So besteht für die vollumfängliche Generierung von Anreizgruppenelementen die Notwendigkeit, diese mittels text- (string) und zahlenbasierten (integer) Datentypen für z. B. eine Bestenliste sowie bildbasierten (blob) Datentypen für z. B. einen Avatar zu beschreiben. Darüber hinaus bedarf der Transfer von externalisiertem Wissen auf Text (string) und Zahlenbasis (double) ebenfalls einer entsprechenden Datenschnittstelle zwischen dem Shopfloor und dem Anreizsystem. Ist die Möglichkeit einer visuellen oder audiovisuellen Eingabe von externalisiertem Wissen shopfloorseitig z. B. durch ein Tablet gegeben, ist zudem eine Datenschnittstelle für binäre Datenobjekte (blob) vorzuhalten. Hinsichtlich der Übermittlung der Bewertungsdetails sowie der Ergebniskennzahl wird eine Schnittstelle für Gleitkommazahlen (double) benötigt. Die mitarbeiterspezifischen An- und Abmeldedaten sind in der Regel durch den Namen (string) und eine Identifikationsnummer (integer) gekennzeichnet (SOCHOR ET AL. 2020B). Sollte die Anmeldung ohne Namen oder ohne Identifikationsnummer erfolgen, ist die entsprechende Datenschnittstelle folglich nicht notwendig. Die anreizsysteminterne Speicherung und die damit einhergehenden

Bedürfnisse bezüglich der Datenflüsse werden in Abschnitt 7.3.4 detailliert betrachtet.

7.3.3 Anreizsystem - Topfloor

Das Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Anreizsystem und dem Topfloor verhält sich ähnlich zum zuvor beschriebenen Shopfloor. Da das Anreizsystem ohne den Topfloor-Block bestehen kann, liegt eine Aggregation vor. Zudem kann das Anreizsystem sowohl mit einem als auch mit mehreren Topfloor-Blöcken verknüpft werden (vgl. Abbildung 51).

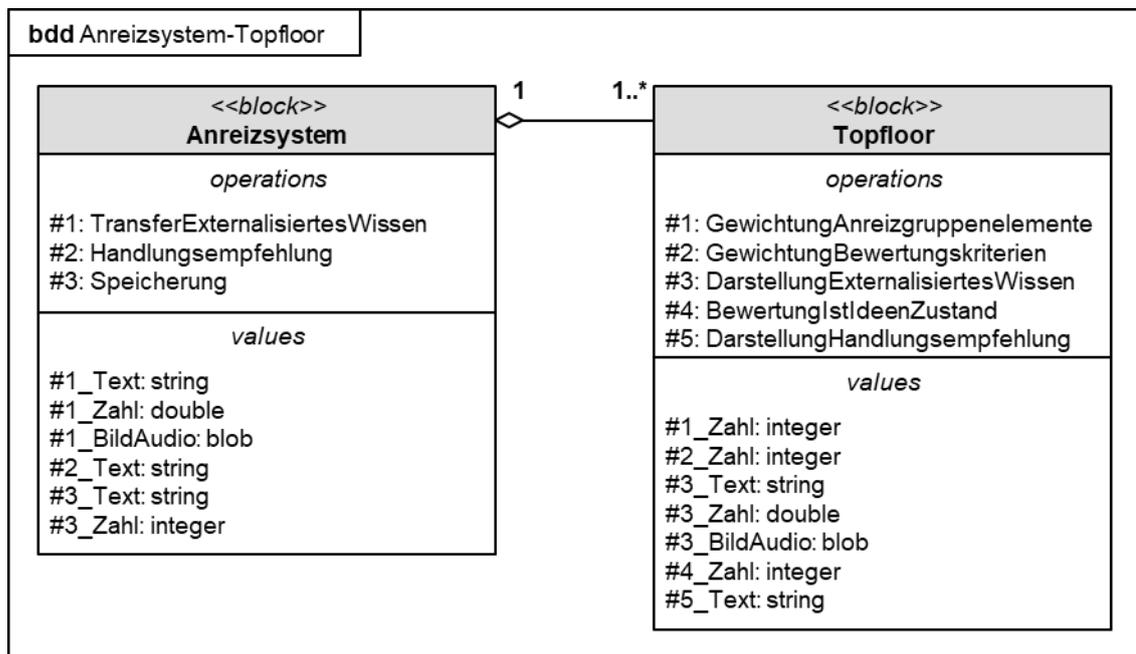


Abbildung 51: Abhängigkeitsverhältnis und Datenflüsse zwischen dem Anreizsystem und dem Topfloor (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)

Hinsichtlich der funktionsorientierten Datenflüsse ist zunächst der Transfer des externalisierten Wissens ausgehend vom Shopfloor mittels des Anreizsystems zum Topfloor zu betrachten. Diesbezüglich sind sowohl text- (string) und zahlenbasierte (double) als auch binäre Datentypen zu übermitteln (vgl. Abschnitt 7.3.2). Ausgehend vom Topfloor besteht die Notwendigkeit, die Gewichtung der Anreizgruppenelemente und der Bewertungskriterien sowie die Bewertung des IST- und des IDEEN-Zustands in Form von Zahlen dem Anreizsystem zur Verfügung zu stellen. Aufgrund der hierfür verwendeten Saaty-Skala für die Gewichtung der Bewertungskriterien und die Bewertung des IST- und IDEEN-Zustands sowie der prozentualen Gewichtung der Anreizgruppenelemente bedarf es des Datentyps für

ganze Zahlen (integer). Darüber hinaus ist die durch die anreizsysteminterne Bewertungsmethode abgeleitete Handlungsempfehlung dem Topfloor zur Verfügung zu stellen. Die Handlungsempfehlung basiert auf Textbausteinen (vgl. Tabelle 15), weshalb für deren Transfer vom Anreizsystem zum Topfloor eine textbasierte (string) Datenschnittstelle benötigt wird (SOCHOR ET AL. 2020B). Die für die Speicherung notwendigen anreizsysteminternen Datenflüsse werden im folgenden Abschnitt 7.3.4 hinsichtlich der funktionalen Aufteilung zwischen der Anreizgenerierung, der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie einer Datenbank zur Datenspeicherung detailliert betrachtet.

7.3.4 Anreizsysteminterne Datenflüsse

Die Betrachtung der anreizsysteminternen Datenflüsse bedarf, wie bereits in Abschnitt 7.2.2 beschrieben, der funktionalen Unterscheidung zwischen der Anreizgenerierung, der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie einer Datenbank zur Datenspeicherung. Zunächst werden die funktionsorientierten Datenflüsse zwischen der Anreizgenerierung und einer Datenbank sowie der Anreizgenerierung und der Bewertungsmethode erläutert. Diesbezüglich besteht bei beiden Verknüpfungen ein Abhängigkeitsverhältnis in Form einer Komposition begründet in der Tatsache, dass die Anreizgenerierung ohne eine Datenbank sowie ohne die Bewertungsmethode nicht existieren kann (vgl. Abbildung 52). Hinsichtlich der Anzahl an möglichen Verknüpfungen ist festzustellen, dass die Anreizgenerierung an eine oder mehrere Datenbanken angebunden werden kann, jedoch nur eine Bewertungsmethode für die rechnerische Generierung der Ergebniskennzahl sowie der Handlungsempfehlung existieren kann. Bezüglich der Verknüpfung mit einer oder mehreren Datenbanken besteht die Möglichkeit, dass eine software- und hierarchieübergreifende Struktur gewählt wird, bei der beispielsweise ein Teilbereich der Datenspeicherung durch das Manufacturing Execution System und der andere Teilbereich durch das Enterprise Resource Planning-System übernommen wird (SOCHOR ET AL. 2020B). Eine eventuelle Aufteilung der Datenbank ist hierbei abhängig von der jeweiligen vorhandenen IT-Infrastruktur unternehmensspezifisch festzulegen. Im Folgenden wird hinsichtlich der funktionsorientierten Datenflüsse repräsentativ von einer Datenbank ausgegangen.

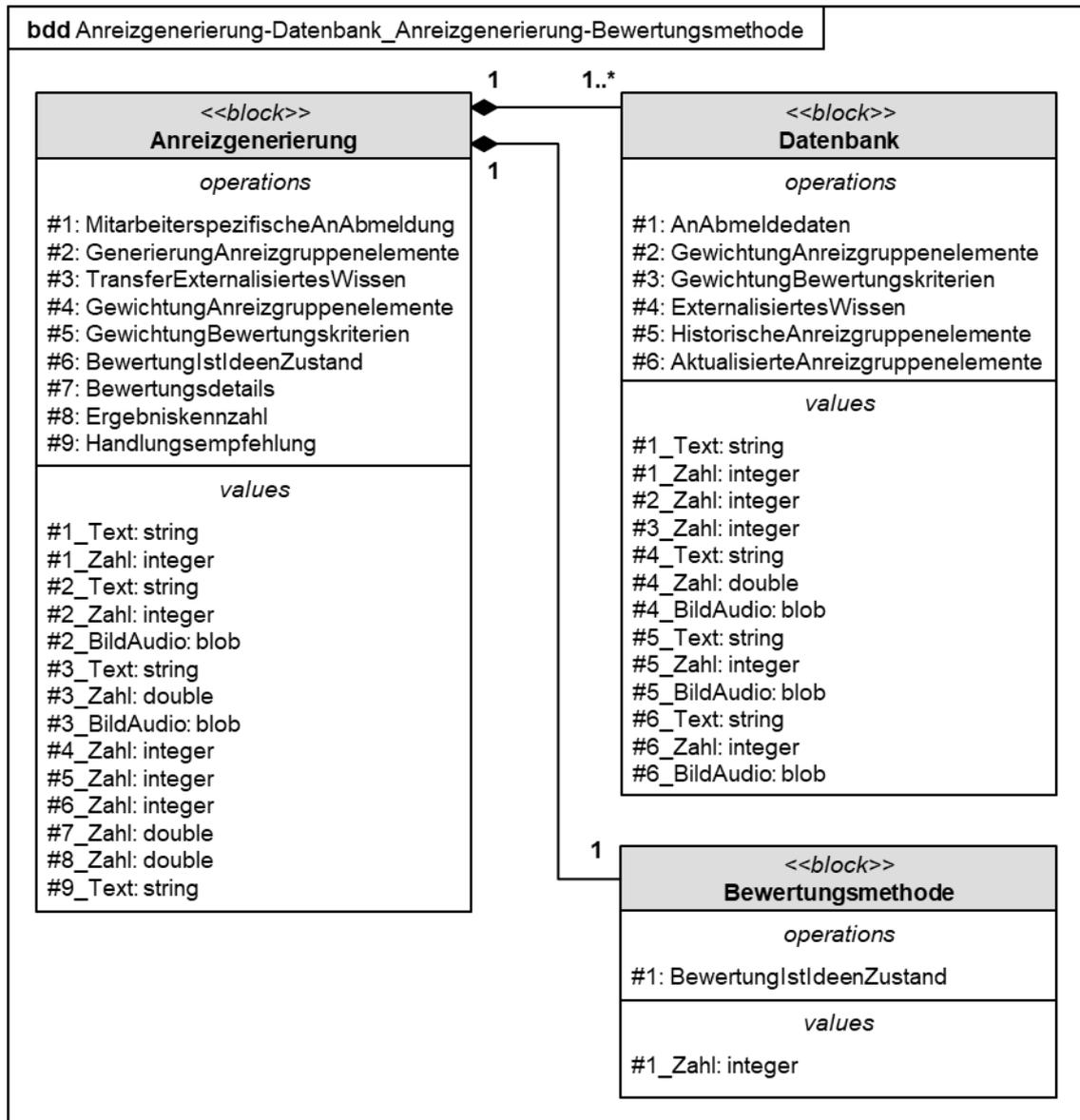


Abbildung 52: Abhängigkeitsverhältnis und Datenflüsse zwischen der Anreizgenerierung und der Datenbank sowie der Anreizgenerierung und der Bewertungsmethode (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)

Die funktionsorientierten Datenflüsse zwischen der Anreizgenerierung und einer Datenbank zur Datenspeicherung umfassen die textuell- (string) und zahlenbasierten (integer) mitarbeiterspezifischen An- und Abmeldedaten. Zudem sind die Gewichtungen der Anreizgruppenelemente (integer) sowie der Bewertungskriterien (integer) zu transferieren. Das externalisierte Wissen (string, double, blob) wird darüber hinaus, ausgehend vom Shopfloor, mittels der Anreizgenerierung an die Datenbank zur Datenspeicherung übergeben. Aufbauend auf den übermittelten mitarbeiterspezifischen An- und Abmeldedaten ist eine Datenbankabfrage durchzuführen, um eventuelle historische Anreizgruppenelemente (string, integer, blob)

7 Modellierung einer funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur

aufzurufen und diese der Anreizgenerierung zur Verfügung zu stellen. Im Umkehrschluss werden generierte Anreizgruppenelemente (string, integer, blob) in Form einer Aktualisierung an die Datenbank zur Datenspeicherung übergeben. Basierend auf einer durchgeführten Bewertung werden die damit einhergehenden Ergebnisse in Form der kriterienspezifischen Bewertungsdetails (double), der Ergebniskennzahl (double) sowie der Handlungsempfehlung (string), ausgehend von der Datenbank, an die Anreizgenerierung transferiert. Im Hinblick auf die durchzuführende Ergebnisermittlung im Rahmen der Bewertungsmethode wird die Bewertung des IST- und IDEEN-Zustands (integer), ausgehend vom Topfloor, mittels der Anreizgenerierung an die Bewertungsmethode übermittelt. Der daraufhin stattfindende Datentransfer zwischen der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen und der Datenbank wird in Abbildung 53 graphisch dargestellt.

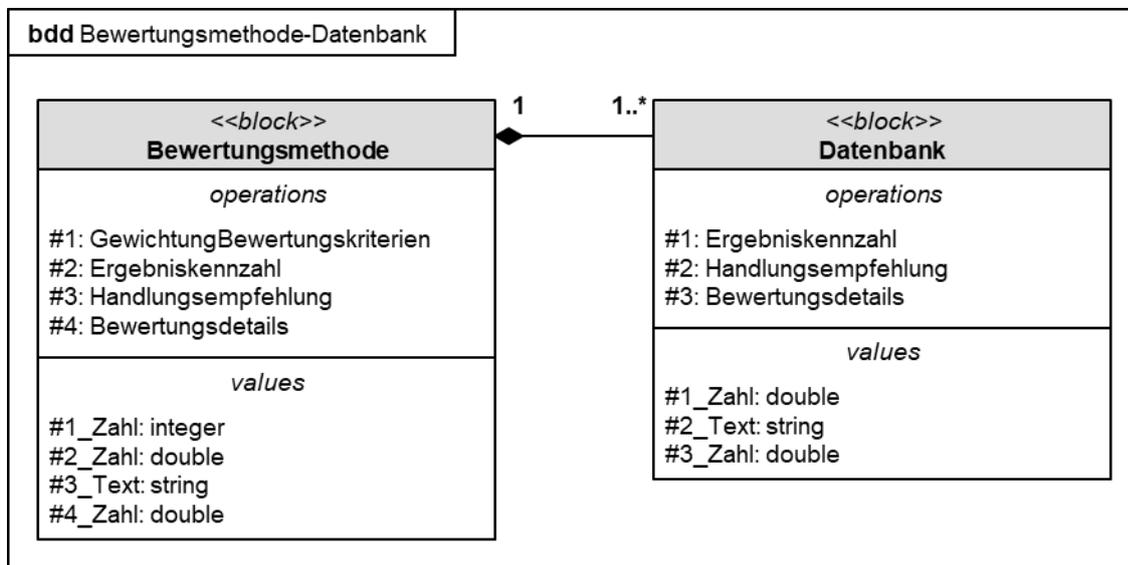


Abbildung 53: *Abhängigkeitsverhältnis und Datenflüsse zwischen der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen und der Datenbank (in Anlehnung an SOCHOR ET AL. 2020B)*

Hinsichtlich des Abhängigkeitsverhältnisses besteht eine Komposition, da die Bewertungsmethode ohne die Datenbank nicht bestehen kann. Jedoch kann die Bewertungsmethode, wie auch schon die Anreizgenerierung, mit einer Datenbank oder mehreren Datenbanken verknüpft werden. Die dabei stattfindenden Datenflüsse umfassen die Übermittlung der Gewichtung der Bewertungskriterien (integer) von der Datenbank an die Bewertungsmethode. Durch die Verwendung der Bewertung des IST- und IDEEN-Zustands kann die Ergebnisermittlung durchgeführt werden und daran anschließend können die resultierende Ergebniskennzahl (double), die abgeleitete Handlungsempfehlung (string) sowie die Bewertungsdetails (double) an die Datenbank zur Speicherung zurückgemeldet werden.

7.4 Fazit

Die betrachteten funktionsorientierten Datenflüsse in Abschnitt 7.3 stellen, in Verbindung mit den aufgezeigten funktionsorientierten Vernetzungen in Abschnitt 7.2, eine Vernetzungsarchitektur dar, die zur vollumfänglichen Funktionalität des entwickelten Anreizsystems bei einer entsprechenden innerbetrieblichen Implementation befähigt.

Die funktionsorientierte Vernetzung zeigt einerseits, wie sich das Anreizsystem hierarchieübergreifend mit den betreffenden Unternehmensbereichen verknüpfen lässt und definiert andererseits softwareübergreifende Schnittstellen zur funktionalen Befähigung der Anreizgenerierung, der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie einer Datenbank zur Datenspeicherung. Basierend auf der hierarchie- und softwareübergreifenden Vernetzung lassen die funktionsorientierten Datenflüsse Rückschlüsse auf die schnittstellenspezifisch zu übermittelten Datentypen zu. Hierbei wurden, für jede Funktion des Anreizsystems und der damit einhergehenden Bewertungsmethode, die funktionsrelevanten Daten spezifiziert. Darüber hinaus definiert die entwickelte Vernetzungsarchitektur die anreizsystemübergreifenden sowie die anreizsysteminternen Abhängigkeiten und deren Multiplizitäten.

Aufbauend hierauf kann das entwickelte Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage prototypisch umgesetzt werden, wodurch zunächst die Validierung und daran anschließend die technisch-wirtschaftliche Bewertung des Systems durchgeführt werden kann. Das folgende Kapitel 8 beschäftigt sich mit der prototypischen Umsetzung des Systems und den daran anschließenden Untersuchungen.

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

8.1 Übersicht

Das entwickelte konfigurierbare Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage wird im Folgenden prototypisch umgesetzt. Die Umsetzungsumgebung bildet einerseits die am Fraunhofer IGCV in Augsburg ansässige „Lernfabrik für vernetzte Produktion“ (LVP), andererseits das öffentlich geförderte Forschungsprojekt „eTruckPro – Wandlungsfähige und flexible Produktionssysteme zur symbiotischen Herstellung elektrischer und konventioneller Lastkraftwagen“. Durch die Kombination, bestehend aus der Trainings- und Demonstrationsumgebung der LVP sowie dem Forschungsprojekt eTruckPro, kann die prototypische Umsetzung sowohl von Experten aus dem Forschungskontext als auch von Experten aus dem Industriekontext validiert werden. Das folgende Kapitel beschäftigt sich hinsichtlich der prototypischen Umsetzung und Validierung zunächst in Abschnitt 8.2.1 mit der technischen Umsetzung und der damit einhergehenden Umsetzungsumgebung sowie in Abschnitt 8.2.2 mit der technischen Anwendung des Anreizsystems. Darauf aufbauend findet in Abschnitt 8.3 die Validierung des Systems von der Beschreibung der Vorgehensweise bis hin zur Ergebnisinterpretation statt. Abschließend wird in Abschnitt 8.4 eine technisch-wirtschaftliche Bewertung des entwickelten Anreizsystems durchgeführt.

8.2 Technische Umsetzung

8.2.1 Umsetzungsumgebung

Die Lernfabrik für vernetzte Produktion am Fraunhofer IGCV wird für die Aufgabe verwendet, mittels einer Modellfabrik und der darin herzustellenden hochvariantenreichen Produkte die Digitalisierung in der Produktion erlebbar zu machen. Mithilfe der aufgebauten Demonstratoren und des damit verknüpften Trainingskonzepts mit dem Titel „Von papiergebundener zu papierloser Produktion“, wird interessierten Personen und Unternehmen ein sukzessiv aufsteigendes Level der Digitalisierung in der Produktion gezeigt. Das hierbei verfolgte Hauptziel besteht darin, die Auswirkungen des zunehmenden Digitalisierungsgrads auf die Mitarbeiterrollen Meister, Monteur, Logistiker und Qualitätssicherer herauszustellen. Diesbezüglich sieht das Trainingskonzept die Montage einer möglichst hohen An-

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

zahl an hochvariantenreichen Remote-Control (RC) Fahrzeugen⁵ vor, die im Rahmen von drei Demonstrationsrunden mit einem jeweils aufsteigenden Digitalisierungsgrad innerhalb von je 30 Minuten hergestellt und geprüft werden müssen. Das hierbei umfassende mitarbeiterspezifische Aufgabenspektrum ist der Abbildung 54 zu entnehmen.

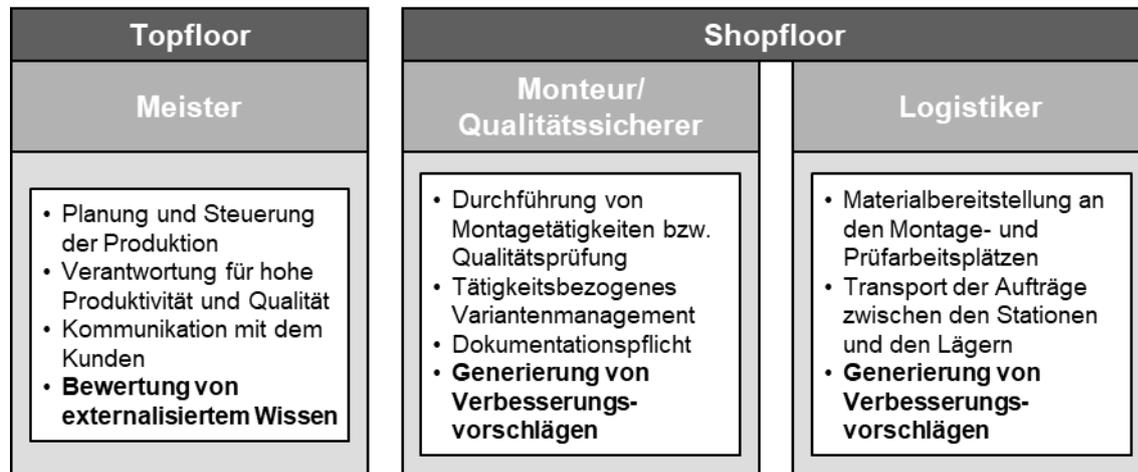


Abbildung 54: Mitarbeiterspezifisches Aufgabenspektrum beim Digitalisierungsstraining in der Lernfabrik für vernetzte Produktion

Im Hinblick auf die für diese Arbeit relevante technische Ausstattung der LVP sei zunächst auf die Möglichkeit der Interaktion zwischen Shopfloor und Topfloor hingewiesen. Die Shopfloormitarbeiter, bestehend aus fünf Monteuren, einem Qualitätssicherer sowie einem Logistiker, haben jeweils Zugang zu einem Tablet, welches in das LVP-interne Netzwerk eingebunden ist und hierdurch mit den übergeordneten Softwaresystemen kommunizieren kann. Darüber hinaus hat der Meister die Möglichkeit, sich wahlweise mittels seines Meisterrechners oder eines Tablets mit den übergeordneten Softwaresystemen zu verbinden. Hinsichtlich der relevanten und implementierten übergeordneten Softwaresysteme ist anhand Abbildung 55 nachzuvollziehen, dass Topfloor sowie Shopfloor Zugriff auf das MES haben, welches die Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung, wie beispielsweise das Auftragsmanagement, übernimmt. Darüber hinaus besteht eine Verbindung zwischen dem MES und einer cloudbasierten Anwendung (CAx) zur Generierung und Speicherung von auftragsbezogenen Daten, wie beispielsweise den variantenspezifischen Arbeitsanweisungen oder den Montagezeiten.

⁵ Bei den verwendeten Fahrzeugen handelt es sich um Modellfahrzeuge im Maßstab von 1:6.

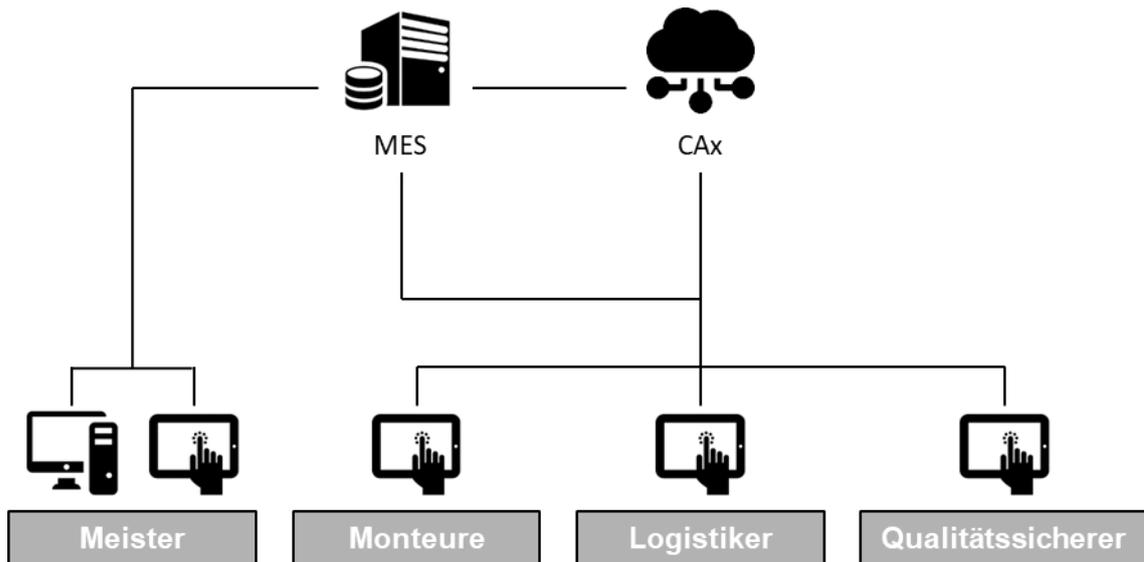


Abbildung 55: *Bestehende Vernetzungsarchitektur in der Lernfabrik für vernetzte Produktion*

8.2.2 Anwendung des Anreizsystems

Die Anwendung des konfigurierbaren Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage findet softwareseitig durch drei getrennt voneinander bestehende Teilsysteme statt. Hierbei ist zwischen (1) dem Konfigurator für die Auswahl der spezifischen Anreizgruppe, der Software für die (2) Anreizgenerierung und die Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie der (3) Datenbank zur Datenspeicherung zu unterscheiden. Die Teilsysteme wurden folgendermaßen umgesetzt:

1. Konfigurator: Der Konfigurator basierte auf der in Abschnitt 5.4 entwickelten Konfigurationsmethode, durch die das Anreizsystem einerseits an die individuellen Anforderungen der spezifischen manuellen Montage und das damit verknüpfte Wissensmanagement, andererseits an die nutzerspezifischen Anforderungen der Montagemitarbeiter angepasst werden konnte. Die softwareseitige Umsetzung des Konfigurators basierte auf einer VBA-programmierten (Visual Basic for Application) Excel-Anwendung, welche die Eingabe der unternehmensspezifischen Parameter in Form der Motivation (intrinsisch, extrinsisch, intrinsisch & extrinsisch), der Emotion (positiv, negativ, positiv & negativ) sowie der Sozialität (Einzel-, Gruppen-, Einzel- & Gruppenanreiz) ermöglichte und diesbezüglich geeignete Anreizgruppen ausgab (vgl. Abschnitt 5.4.1 und 5.4.2). Durch Auswahl einer korrelierenden Anreizgruppe bzw. mehrerer korrelierender Anreizgruppen folgte die individuelle Gewichtung der spezifischen Anreize durch das in Abschnitt 5.4.3 entwickelte Vorgehen. Hierbei wurde die Excel-Anwendung um eine entsprechende

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

Eingabemöglichkeit zur Definition der Anreizintensitäten und der damit einhergehenden Berechnung der anreizgruppenelementspezifischen Gewichtung erweitert.

2. Anreizgenerierung und Bewertungsmethode: Die Aufgabenumfänge der Anreizgenerierung (vgl. Abschnitt 5.4.3 und 7.2.2) sowie der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen (vgl. Abschnitt 6.3) wurden in der Softwareumgebung „Microsoft PowerApps“ umgesetzt. Durch die gewählte Softwareumgebung konnten die notwendigen Funktionsumfänge aufwandsarm in Form einer App in die bestehende LVP-interne Microsoftumgebung integriert werden. Die umgesetzten Funktionen der Anreizgenerierung sowie der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen umfassten die in Abbildung 48 dargestellten Umfänge (Back-end⁶). Darüber hinaus wurden die Funktionen bezüglich der Interaktion des Anreizsystems mit dem Shopfloor bzw. dem Topfloor gemäß Abbildung 44 in die App-Anwendung integriert (Front-end⁷). Die visuelle Umsetzung der Anwendung hinsichtlich der Anreizgenerierung sowie der Bewertungsmethode mittels Microsoft PowerApps kann in Abschnitt 8.3.2 nachvollzogen werden. Abbildung 56 zeigt die schematische Anwendung des Front-end in der Lernfabrik für vernetzte Produktion.

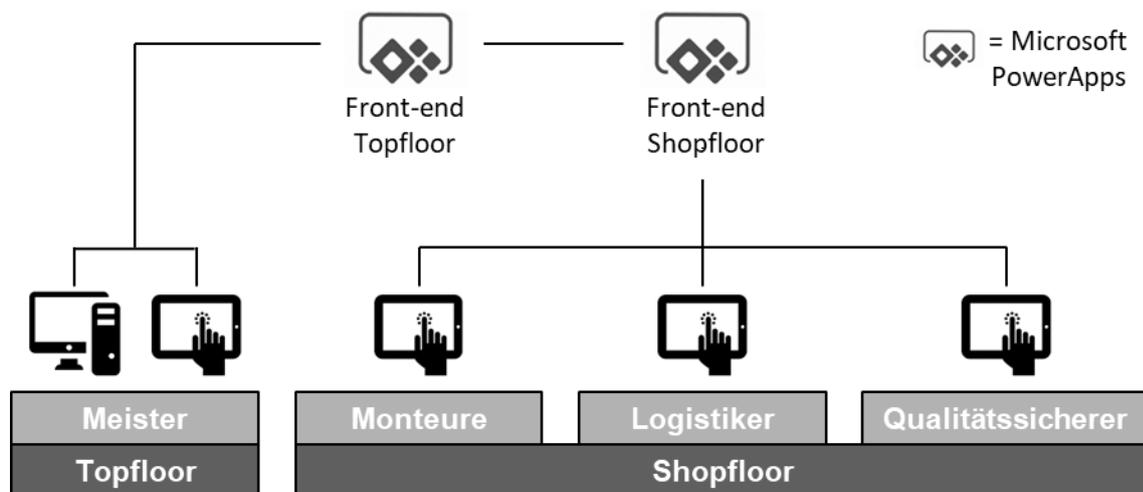


Abbildung 56: Schematische Darstellung des Front-end in der Lernfabrik für vernetzte Produktion

3. Datenbank: Die Datenbank zur Datenspeicherung und die damit einhergehenden Funktionsumfänge wurden mittels der Softwareumgebung „Microsoft SharePoint“ umgesetzt. Aufgrund der effizienten Integrationsfähigkeit einer

⁶ Das Back-end beschreibt die für den User nicht sichtbaren Teile eines Softwaresystems, welche im Hintergrund für die Funktionalitäten verantwortlich sind (SIEPMANN 2016).

⁷ Durch das Front-end ist der User eines Softwaresystems in der Lage, mit dem System zu kommunizieren, d. h. er kann dem System Anweisungen erteilen (SIEPMANN 2016).

SharePoint-basierten Datenbank in eine bestehende Microsoftumgebung wurden die Funktionen bezüglich der Datenspeicherung sowie der Interaktion mit der Anreizgenerierung und der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen in Anlehnung an Abbildung 48 in eine entsprechende Datenbank implementiert (Back-end). Abbildung 57 zeigt den schematischen Aufbau des Back-end innerhalb der Lernfabrik für vernetzte Produktion.

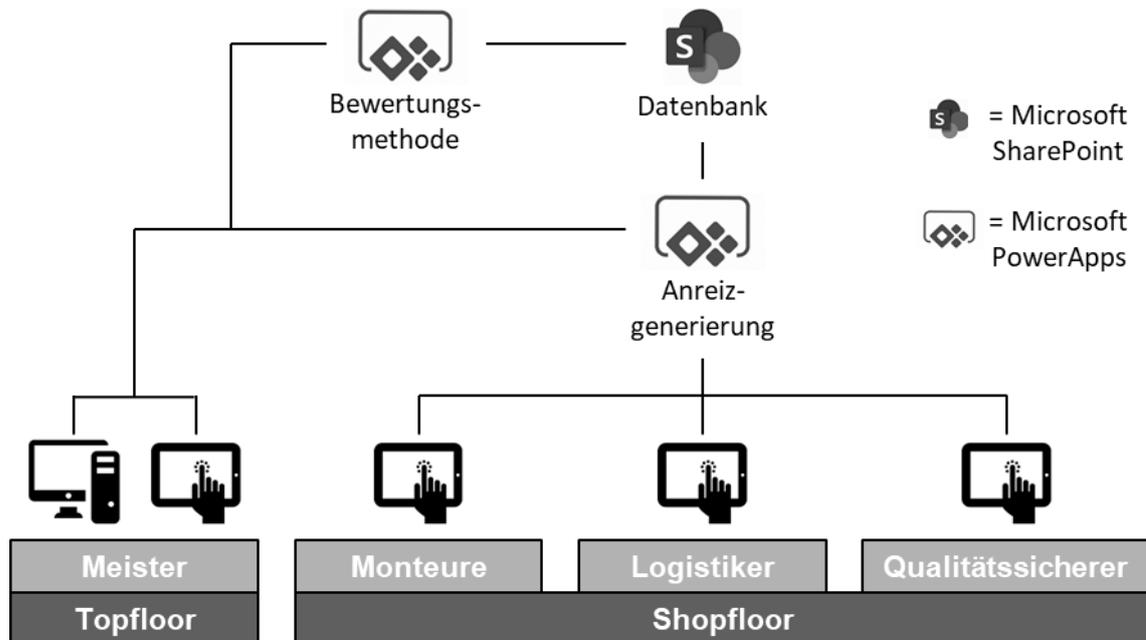


Abbildung 57: Schematische Darstellung des Back-end in der Lernfabrik für vernetzte Produktion

Basierend auf der vorgestellten softwareseitigen Anwendung des entwickelten Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage hinsichtlich der teilsystemspezifischen Funktionsumfänge sowie der damit einhergehenden und umgesetzten Vernetzung in der Lernfabrik für vernetzte Produktion wird im Folgenden die Validierung des Systems durchgeführt.

8.3 Validierung

8.3.1 Vorgehensweise der Validierung

Die Validierung des entwickelten Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage hat zum Ziel, den Nachweis für das System zu liefern, „ob Nutzer in einem bestimmten Nutzungskontext die zuvor festgelegten Nutzungsziele

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

erreichen können“ ([HTTPS://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VERIFIZIERUNG_UND_VALIDIERUNG#VALIDIERUNG](https://de.wikipedia.org/wiki/Verifizierung_und_Validierung#Validierung) vom 19.05.2022).

Dabei gelten die generierten Ergebnisse sowie die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen ausschließlich für die im Rahmen der prototypischen Umsetzung betrachteten Rahmenbedingungen (vgl. Abschnitt 1.3).

Basierend auf der technischen Umsetzung wurde das bestehende Trainingskonzept „Von papiergebundener zu papierloser Produktion“ um den Einsatz des entwickelten Anreizsystems erweitert. Hierfür wurde der Ablauf der zweiten und dritten Demonstrationsrunde⁸ geändert. Aufbauend auf der papiergebundenen ersten Demonstrationsrunde wurden in der zweiten Demonstrationsrunde Tablets für die Externalisierung von Wissen auf dem Shopfloor bereitgestellt. Dabei konnten lediglich textuelle Eingaben getätigt (Front-end Shopfloor) und diese vom Shopfloor mithilfe der PowerApps-Applikation an den Topfloor gesendet werden. Das externalisierte Wissen wurde am Topfloor durch die PowerApps-Applikation (Front-end Topfloor) angezeigt und konnte dort mit individuellen Notizen versehen werden. Die Eingaben des Shopfloors sowie des Topfloors wurden in der SharePoint-Datenbank gespeichert. Die Funktionalität eines Feedbacks von Topfloor zu Shopfloor sowie eine Vorgabe für die Bewertung von externalisiertem Wissen wurden in der zweiten Demonstrationsrunde softwareseitig nicht zur Verfügung gestellt. Aufbauend hierauf sah die dritte Demonstrationsrunde die vollumfängliche Bereitstellung des entwickelten Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage vor, wodurch die entsprechenden Funktionalitäten der Anreizgenerierung sowie der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowohl shopfloor- als auch topfloorseitig in der PowerApps-Applikation enthalten waren. Hierdurch wurde das Front-end des Shopfloors durch Anreizgruppenelemente sowie um Bewertungsdetails ergänzt. Hinsichtlich des Front-end für den Topfloor konnte das externalisierte Wissen kriterienspezifisch bewertet und die damit einhergehenden Berechnungsschritte automatisiert durchgeführt werden. Zudem wurden die abgeleiteten Handlungsempfehlungen in Form eines Feedbacks ausgegeben. Die detaillierte Ausgestaltung des jeweiligen Front-end wird in Abschnitt 8.3.2 beschrieben.

⁸ Der Begriff „Demonstrationsrunde“ beschreibt die zeitlich begrenzte Montage der Modellfahrzeuge im Rahmen des jeweiligen Digitalisierungsgrades. Dabei müssen die teilnehmenden Personen ihrer spezifisch zugewiesenen Rolle und des damit einhergehenden Aufgabenspektrums (z. B. Meister) nachgehen.

Hinsichtlich des Probandenkreises konnte durch die gewählte Umsetzungsumgebung der Lernfabrik für vernetzte Produktion ein breiter Personenkreis aus dem Forschungsumfeld für die Validierung gewonnen werden. Zudem konnten sich unter Einbeziehung des öffentlich geförderten Forschungsprojektes eTruckPro und der damit verbundenen industriellen Projektpartner zahlreiche Personen aus dem industriellen Umfeld an der Validierung beteiligen. Eine detaillierte Betrachtung des Probandenkreises findet in Abschnitt 8.3.3 statt.

Im Hinblick auf die im Rahmen der Validierung aufgenommenen Daten wurden bei den durchgeführten Digitalisierungstrainings die rundenspezifischen Montagekennzahlen der Produktivität (Anzahl der montierten und geprüften Fahrzeuge) sowie der Qualität (Anzahl der montierten Fahrzeuge, die in Ordnung bzw. nicht in Ordnung waren) ermittelt. Darüber hinaus wurde die Gesamtanzahl an abgegebenen Ideen (externalisiertes Wissen) sowie die arbeitsplatzspezifische Anzahl an abgegebenen Ideen je Runde aufgenommen. Hinsichtlich des Topfloors wurde zudem rundenspezifisch die Anzahl an Ideen notiert, die eine Handlungsempfehlung bezüglich des weiteren Vorgehens bzw. keine Handlungsempfehlung für das weitere Vorgehen besaßen. Dabei wurden dem Topfloor in der zweiten Runde (ohne Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen) bei der Herangehensweise zur Ableitung einer Handlungsempfehlung keine Vorgaben gemacht. Daher bestand die Möglichkeit, sich für eine umfangreiche bzw. weniger umfangreiche Gestaltungsmöglichkeit zur Ableitung einer Handlungsempfehlung zu entscheiden. Anhand der aufgenommenen Daten konnte im Anschluss an das jeweilige Digitalisierungstraining ein rundenspezifischer Vergleich angestellt werden und basierend hierauf Rückschlüsse hinsichtlich der Auswirkungen des Anreizsystems auf die montagerelevanten Kennzahlen gezogen werden. Die Analyse der Kennzahlen ist in Abschnitt 8.3.4 ausführlich dargestellt.

Zusätzlich zu den quantitativ aufgenommenen und analysierten Kennzahlen fand im Rahmen der Validierung eine qualitative Befragung der Probanden statt. Hierfür wurde ein standardisierter Fragebogen entwickelt, mit dessen Hilfe die motivationalen Auswirkungen des Anreizsystems auf die Nutzer ermittelt wurde. Hierbei lag der Fokus der Validierung auf dem Vergleich der zweiten und der dritten Demonstrationsrunde einerseits hinsichtlich der implementierten Feedbackfunktionen (Handlungsempfehlung und Bewertungsdetails), andererseits hinsichtlich des Nutzens der implementierten Anreizgruppenelemente und der Methode zur Bewertung von externalisiertem Wissen. Die Auswertung der Fragebögen findet in Abschnitt 8.3.5 statt.

8.3.2 Definition des Anwendungsfalls

Basierend auf der gewählten Umsetzungsumgebung in der LVP und dem damit einhergehenden Anwendungsfall des Digitalisierungstrainings „Von papiergebundener zu papierloser Produktion“ galt es das entwickelte Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage zunächst auf die spezifisch vorliegenden Rahmenbedingungen einzustellen. Diesbezüglich wurde die Konfiguration des Anreizsystems gemäß den in der LVP vorliegenden montage- und nutzerspezifischen Anforderungen, durchgeführt und die hieraus abgeleiteten Anreizgruppenelemente anschließend in die Microsoft PowerApps-Applikation integriert.

Für den gewählten Anwendungsfall wurden die Konfigurationsparameter auf der Grundlage von Expertengesprächen wie folgt definiert:

- **Motivation:** Die eingesetzten Anreizgruppenelemente sollten eine extrinsische Motivation beim Nutzer hervorrufen. Aufgrund der hierdurch erreichten Adressierung des eigennützigen sowie des reziproken Menschentypen konnte eine Zweidrittelmehrheit der möglichen Menschentypen erreicht werden. Lediglich der tätigkeitsfokussierte Menschentyp kann bei einer extrinsischen Motivation nicht vollumfänglich angesprochen werden (vgl. Abschnitt 5.2.3).
- **Emotion:** Hinsichtlich dieses Konfigurationsparameters fiel die Entscheidung für eine positive Emotion, da der Anreiz bei einem Mitarbeiter auf dem Shopfloor durch ein Erfolgserlebnis und nicht durch Verlustängste hervorgerufen werden sollte.
- **Sozialität:** Das Trainingskonzept der LVP sieht für die Herstellung der variantenreichen RC-Fahrzeuge fünf Montagearbeitsplätze mit entsprechenden Einzeltätigkeiten vor. Kommt es jedoch zu einer kurzzeitigen Überlastung eines Montagearbeitsplatzes, kann dieses Problem z. B. durch eine Springertätigkeit gelöst werden, wodurch sich eine Gruppenarbeit ergibt. Aufgrund dessen wurde die Konfiguration entsprechend für Einzel- und Gruppenanreize gewählt.

Das parameterabhängige Konfigurationsergebnis der Excel-Anwendung in Form eines abgeleiteten Kernantriebs sowie die Vorschläge der damit korrelierenden Anreizgruppen sind in Abbildung 58 dargestellt.

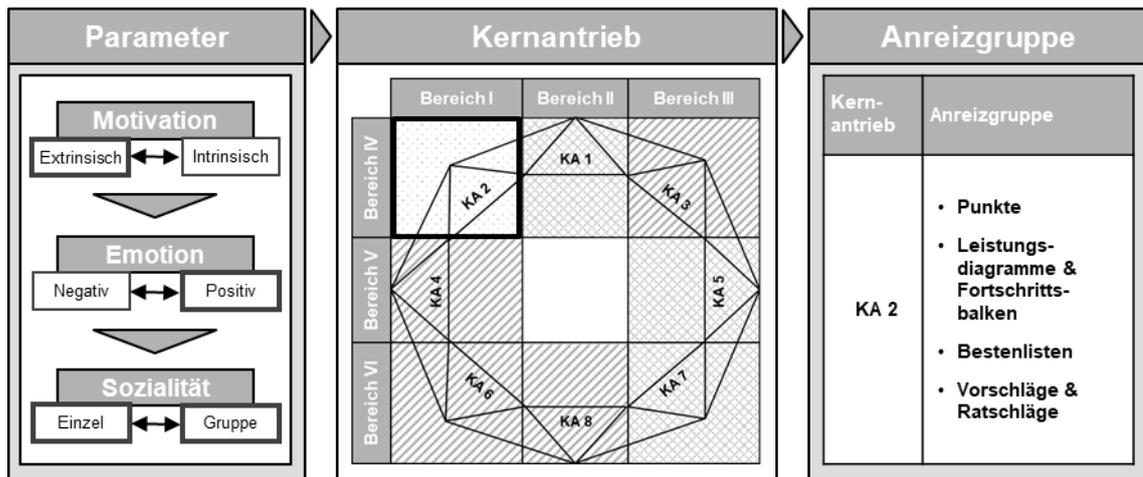


Abbildung 58: Fallspezifische Definition der Konfigurationsparameter anhand der Excel-Anwendung

Bezugnehmend auf den abgeleiteten Kernantrieb 2 (KA 2), wurde die Integration der damit korrelierenden Anreizgruppen Punkte, Leistungsdiagramme & Fortschrittsbalken, Bestenlisten sowie Vorschläge & Ratschläge wie folgt in der Microsoft PowerApps-Applikation umgesetzt:

- **Punkte:** Basierend auf dem Ergebnis der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen (Referenzkennzahl) wurde im Teilsystem der Anreizgenerierung ein mitarbeiterspezifischer Punktestand ermittelt und dieser gegebenenfalls zu einem bestehenden Stand hinzuaddiert. Der aktualisierte Punktestand wurde dem Shopfloormitarbeiter kumuliert sowie in Kombination mit den Bewertungsdetails ideenspezifisch am Front-end dargestellt.
- **Leistungsdiagramme & Fortschrittsbalken:** Aufbauend auf dem kumulierten und mitarbeiterspezifischen Punktestand wurde ein dynamischer Fortschrittsbalken erzeugt, der dem Mitarbeiter seinen aktuellen Fortschritt bezüglich vordefinierter Ziele darstellt. Diesbezüglich wurden drei Stufen an Zielen definiert, die sowohl materieller als auch nicht-materieller Natur waren. Die hierbei zum Einsatz kommenden Ziele in Form von Geschenken umfassten für eine aufsteigende Anzahl an erreichten Punkten: 1. Gummibärchen (50 Punkte), 2. LVP-Kaffeetasse (150 Punkte) und 3. Testfahrt mit einem hergestellten RC-Fahrzeug (300 Punkte). Die Korrelation zwischen den Zielen und der Punkteanzahl wurde durch umfangreiche Tests im Vorfeld der Validierung definiert. Das Erreichen einer kumulierten Punkteanzahl von > 350 im zeitlichen Rahmen der Spielrunde war nur sehr schwer zu erreichen und kam während der Validierungsdurchläufe nicht vor.

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

- **Bestenliste:** Die erzeugte Bestenliste bediente sich ebenfalls der kumulierten Punkteanzahl und stellte den aktuellen mitarbeiterspezifischen Punktestand im Vergleich zu den sonstigen aktiven Shopfloormitarbeitern dar. Die zum Einsatz kommende Bestenliste wurde aufgrund des Datenschutzes sowie einer möglichen Demotivation von Mitarbeitern, welche sich auf den unteren Rängen befinden, anonymisiert dargestellt, sodass lediglich die eigene Platzierung namentlich zurückverfolgt werden konnte, jedoch keine anderweitigen Namen bzw. Montageplätze einzusehen waren.
- **Vorschläge & Ratschläge:** Im Hinblick auf Vorschläge & Ratschläge wurde in die Microsoft PowerApps-Applikation ein Tutorial implementiert, welches detaillierte Informationen für spezifische Fragestellungen bereithielt. Zudem wurde auf eine lückenlose Beschreibung der unterschiedlichen Anreize sowie der ideenspezifischen Bewertungsdetails geachtet, sodass die Shopfloormitarbeiter in der Lage waren, mögliche aufkommende Fragen selbständig zu beantworten.

Die Umsetzung des Front-end für die Shopfloormitarbeiter in der dritten Runde mit den darin enthaltenen Anreizgruppen Punkte, Leistungsdiagramme & Fortschrittsbalken, Bestenlisten sowie Vorschläge & Ratschläge wird in Abbildung 59 dargestellt. Zusätzlich ist der Vergleich zum Front-end der zweiten Runde visualisiert, bei der keine softwareseitige Feedbackfunktion bereitgestellt wurde.

Im Hinblick auf das Front-end für den Topfloor wurde gemäß der Norm „*Ergonomie der Mensch-System-Interaktion*“ (DIN EN ISO 9241-11) sowie der Norm „*Prozess zur Gestaltung von gebrauchstauglichen Systemen*“ (DIN EN ISO 9241-210) und der darin beschriebenen Notwendigkeit einer intuitiven und übersichtlichen Interaktion (vgl. Abschnitt 5.2.1) auf eine eindeutige Darstellung des externalisierten Wissens sowie der Bewertungskriterien und der daraus abgeleiteten Handlungsempfehlung geachtet. Diesbezüglich wurde visuell zwischen externalisiertem Wissen, das noch keine Bewertung bzw. das bereits eine Bewertung erhalten hat, unterschieden. Die Bewertungsansicht des Topfloors zeigte einerseits die vom Shopfloor eingegebenen Informationen bezüglich des externalisierten Wissens, andererseits die vordefinierten Bewertungskriterien. Die Bewertung des IST- sowie des IDEEN-Zustands konnte durch die Betätigung einer bipolaren und skalierten Eingabemaske gemäß der Saaty-Skala durchgeführt werden (vgl. Abschnitt 6.3.4). Basierend hierauf konnte das Teilsystem der Anreizgenerierung und der damit einhergehenden Bewertungsmethode eine spezifische Handlungsempfehlung generieren, welche dem Topfloor im Rahmen eines Feedbacks zurückgege-

ben wurde. Darüber hinaus wurde der Topfloor informiert, dass eine der Referenzkennzahl entsprechende Punktezahl dem jeweiligen Shopfloormitarbeiter gutgeschrieben wurde.

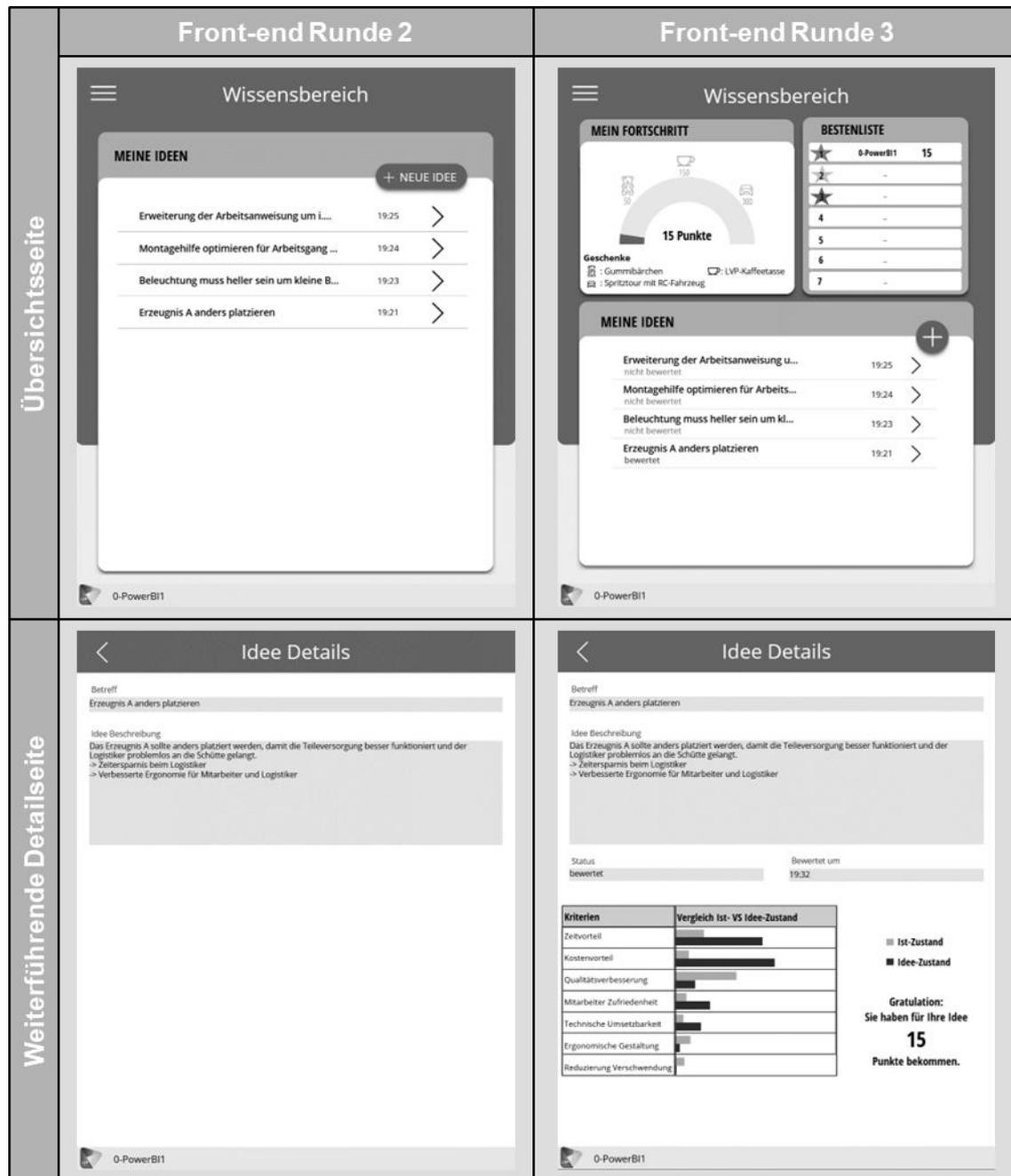


Abbildung 59: Front-end der PowerApps-Applikation für den Shopfloor

Die umgesetzten Visualisierungen des Front-end für den Topfloor in der zweiten sowie der dritten Demonstrationsrunde zeigt Abbildung 60. Dabei fehlte in der zweiten Runde die softwareseitige Funktionalität der Bewertungsmethode sowie der Feedbackfunktionen.

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

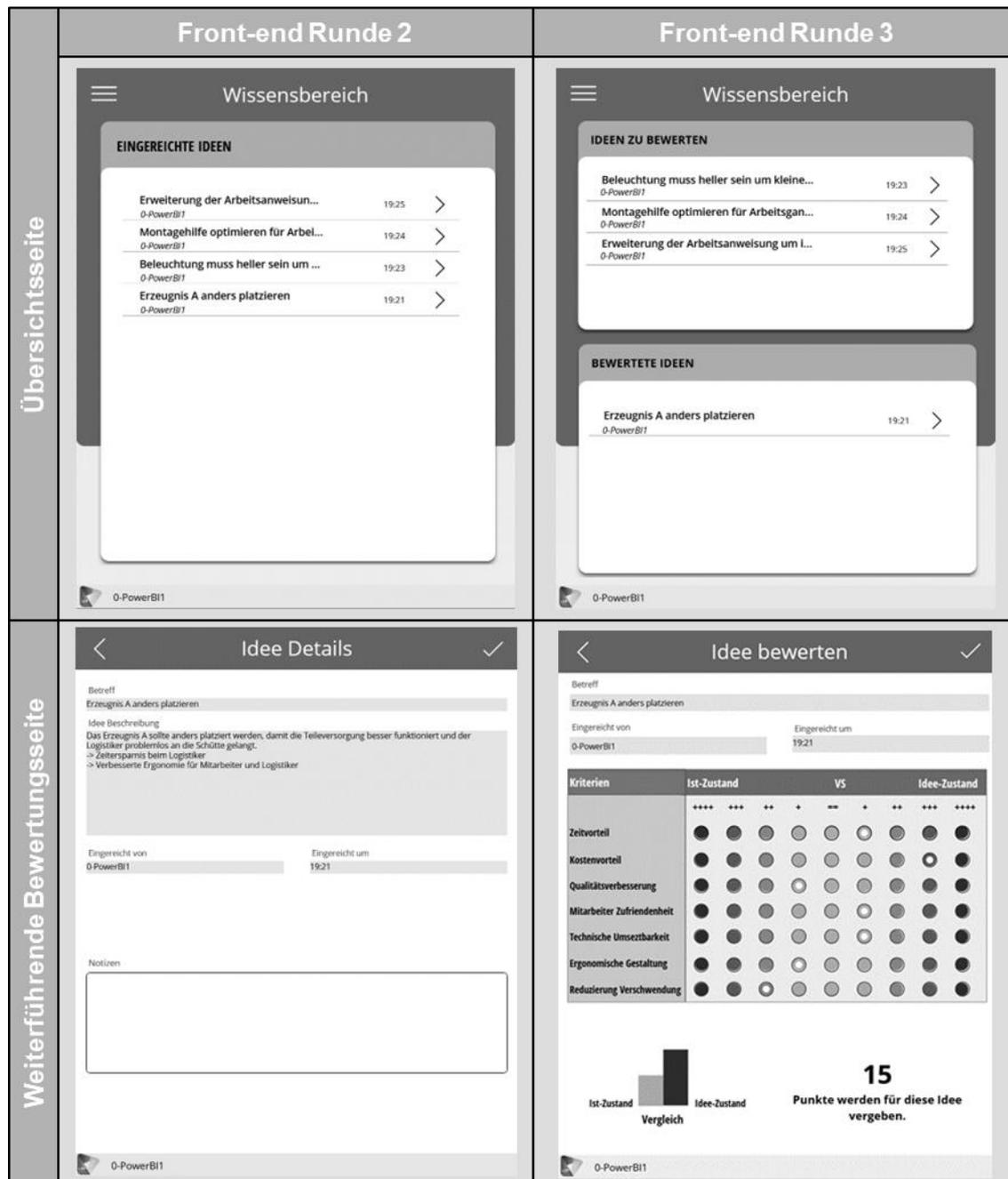


Abbildung 60: Front-end der PowerApps-Applikation für den Topfloor

Die Gewichtung der Bewertungskriterien fand im Vorfeld der Validierung basierend auf Expertengesprächen statt. Hinsichtlich der Gewichtung der Bewertungskriterien wurden für den betrachteten Anwendungsfall die in Tabelle 16 enthaltenen Definitionen getroffen.

Tabelle 16: Paarvergleichsmatrix der anwendungsfallspezifischen Gewichtung der Bewertungskriterien

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1: Qualitätsverbesserung	1,00	0,33	0,33	7,00	3,00	5,00	4,00
K2: Kostenvorteil	3,00	1,00	1,00	5,00	3,00	5,00	3,00
K3: Zeitvorteil	3,00	1,00	1,00	7,00	3,00	5,00	3,00
K4: Reduzierung von Verschwendung	0,14	0,20	0,14	1,00	0,50	0,20	0,14
K5: Technische Umsetzbarkeit	0,33	0,33	0,33	2,00	1,00	3,00	1,00
K6: Ergonomische Gestaltung	0,20	0,20	0,20	5,00	0,33	1,00	0,20
K7: Mitarbeiterzufriedenheit	0,25	0,33	0,33	7,00	1,00	5,00	1,00

Die Berechnung des Konsistenzratio ergab für die definierten Gewichtungen einen Wert von $CR = 0,097$ und stellte somit ein konsistentes Ergebnis dar (vgl. Abschnitt 6.2.2). Die kriterienspezifischen Gewichtungen wurden anschließend in das Teilsystem der Anreizgenerierung implementiert.

Im Kontext der Gewichtungen der Anreizgruppenelemente galt es die Referenzkennzahl ($RKZ_{max(tat)}$) der Bewertungsmethode mit der Anreizgruppe der Punkte zu verknüpfen (vgl. Abschnitt 5.4.3). Aufbauend auf den gewährten Punkten (Pkt.) konnte in deren Abhängigkeit sowohl der Fortschrittsbalken als auch die anonymisierte Bestenliste erzeugt werden. Basierend auf zahlreichen vorangegangenen Testdurchläufen wurden die in Tabelle 17 dargestellten Anreizintensitäten ($p_{n,max(min)}$) festgelegt. Diese galt es mit der ideenspezifisch übermittelten Referenzkennzahl der Bewertungsmethode gemäß Formel 2 zu verknüpfen und hieraus die mitarbeiterspezifisch zu gewährende Punkteanzahl zu ermitteln. Die festgelegten Anreizintensitäten wurden im Teilsystem der Anreizgenerierung entsprechend hinterlegt.

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

Tabelle 17: Aufstellung der definierten Anreizintensitäten

Intensitäten $p_{n,max(min)}$ (für $RKZ_{tat} \geq 0$)	Gewährtes Anreizgruppenelement	Anreizgewichtung
$p_{6,max} = 100 \%$ $p_{6,min} = 81 \%$	20 Pkt.	$\frac{RKZ_{max} \times p_{6,max(min)}}{100}$
$p_{5,max} = 80 \%$ $p_{5,min} = 61 \%$	15 Pkt.	$\frac{RKZ_{max} \times p_{5,max(min)}}{100}$
$p_{4,max} = 60 \%$ $p_{4,min} = 41 \%$	10 Pkt.	$\frac{RKZ_{max} \times p_{4,max(min)}}{100}$
$p_{3,max} = 40 \%$ $p_{3,min} = 21 \%$	5 Pkt.	$\frac{RKZ_{max} \times p_{3,max(min)}}{100}$
$p_{2,max} = 20 \%$ $p_{2,min} = 1 \%$	3 Pkt.	$\frac{RKZ_{max} \times p_{2,max(min)}}{100}$
$p_{1,max(min)} = 0 \%$	1 Pkt.	$\frac{RKZ_{max} \times p_{1,max(min)}}{100}$

Zur Steigerung der Vergleichbarkeit der aufgenommenen Daten wurden die prototypisch ausgewählten Konfigurationsparameter sowie die definierten Gewichtungen für die Bewertungskriterien bzw. für die Anreizgruppenelemente im Rahmen der gesamten Validierung beibehalten.

8.3.3 Durchführung der Erprobung

Die Validierung des entwickelten Systems anhand der prototypischen Anwendung in der Lernfabrik für vernetzte Produktion fand im Zeitraum von März 2021 bis Juni 2021 statt. In diesem Zeitraum nahmen 16 Probanden ($N = 16$) vollumfänglich an der Validierung teil. Die freiwilligen Angaben ergaben dabei, dass zwölf Probanden männlich und vier weiblich waren. Darüber hinaus befanden sich elf Probanden in einem Alter von 15 - 30 Jahren und fünf Probanden in einem Altersbereich von 31 - 45 Jahren.

Der Ablauf der Validierung sah vor, dass die Probanden zunächst die zweite Demonstrationsrunde im Rahmen des Trainings „Von papiergebundener zu papierloser Produktion“ absolvierten und daran anschließend die dritte Demonstrationsrunde durchgeführt wurde. Zusätzlich zu den rundenspezifisch ermittelten quantitativen Kennzahlen wurde im Anschluss an Runde drei die qualitative Validierung durchgeführt. Abbildung 61 zeigt einen Auszug des hierbei eingesetzten Fragebogens.

Shopfloor-Mitarbeiter

* Erforderlich

Wissen

2 Minuten

Wissensaspekte bewerten: *

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Dank den standardisierten Bewertungskriterien ist eine transparente und faire Bewertung von Ideen möglich	<input type="radio"/>				
Die Einreichung und Bewertung von Ideen in Echtzeit ermöglicht es die Montage effizienter zu gestalten	<input type="radio"/>				
Dank dem Wissensanreizsystem bin ich bereit, mehr Wissen ab- bzw. weiterzugeben	<input type="radio"/>				
Durch den Einsatz des Wissensanreizsystems steigt die Wissenskultur im Unternehmen	<input type="radio"/>				

Abbildung 61: Auszug aus dem digitalisierten Fragebogen zur qualitativen Validierung des entwickelten Systems

Der im Rahmen der Validierung entwickelte Fragebogen umfasst die sechs Teilgebiete Demographische Angaben, Ergonomie, Bedienbarkeit, Wissensaspekte, Akzeptanz und Motivation sowie Allgemeiner Abschluss, wobei die demographischen Angaben explizit als „nicht verpflichtend“ deklariert wurden. Die im Fragebogen aufgeführten Fragen konnten einerseits mittels einer fünfstufigen Likert-Skala, wobei diese in „Trifft zu“ (5), „Trifft eher zu“ (4), „Teils teils“ (3), „Trifft eher nicht zu“ (2) und „Trifft nicht zu“ (1) unterteilt war, andererseits durch die Möglichkeit einer Freitexteingabe beantwortet werden. Der Fragebogen umfasste insgesamt 28 Fragestellungen in Form von Thesen, die verpflichtend zu beantworten waren.

Diese Art der Formulierung wird literaturübergreifend empfohlen, um eine Verifizierung bzw. Falsifizierung mittels einer Likert-Skala zu ermöglichen. Mehrfachnennungen waren bei keiner Frage erlaubt. Die zentralen Aspekte der qualitativen Validierung werden in Abschnitt 8.3.5 vorgestellt und diskutiert.

8.3.4 Ergebnisse der Kennzahlenanalyse

Die im Rahmen der Validierung aufgenommen Kennzahlen zeigen, hinsichtlich der Anzahl an externalisiertem Wissen ausgehend vom Shopfloor, einen deutlichen Anstieg in der dritten Demonstrationsrunde gegenüber der zweiten Demonstrationsrunde (vgl. Abbildung 62). Der arbeitsplatzübergreifende Anstieg von Runde zwei zu Runde drei konnte ausnahmslos an jedem Arbeitsplatz beobachtet werden. Dabei besaß der Arbeitsplatz „Motorbau“ mit 233 % den größten und der Arbeitsplatz „Karosseriebau“ mit 17 % den geringsten Anstieg. Dies lässt den Rückschluss zu, dass die in Runde drei eingesetzten Anreizgruppenelemente sowie das damit einhergehende Feedback in Form von Bewertungsdetails eine durchschnittliche Steigerung von 111 % an externalisiertem Wissen auf dem Shopfloor initiiert haben. Abbildung 62 zeigt die arbeitsplatzspezifische Gegenüberstellung der Menge an externalisiertem Wissen auf dem Shopfloor in der zweiten und dritten Demonstrationsrunde. Dabei wird zwischen den fünf in der Lernfabrik vorhandenen Montagestationen (1) Fahrgestell, (2) Motorbau, (3) Fahrwerk, (4) Elektrik und (5) Karosseriebau sowie den Arbeitsplätzen des Qualitätssicherers und des Logistikers unterschieden.

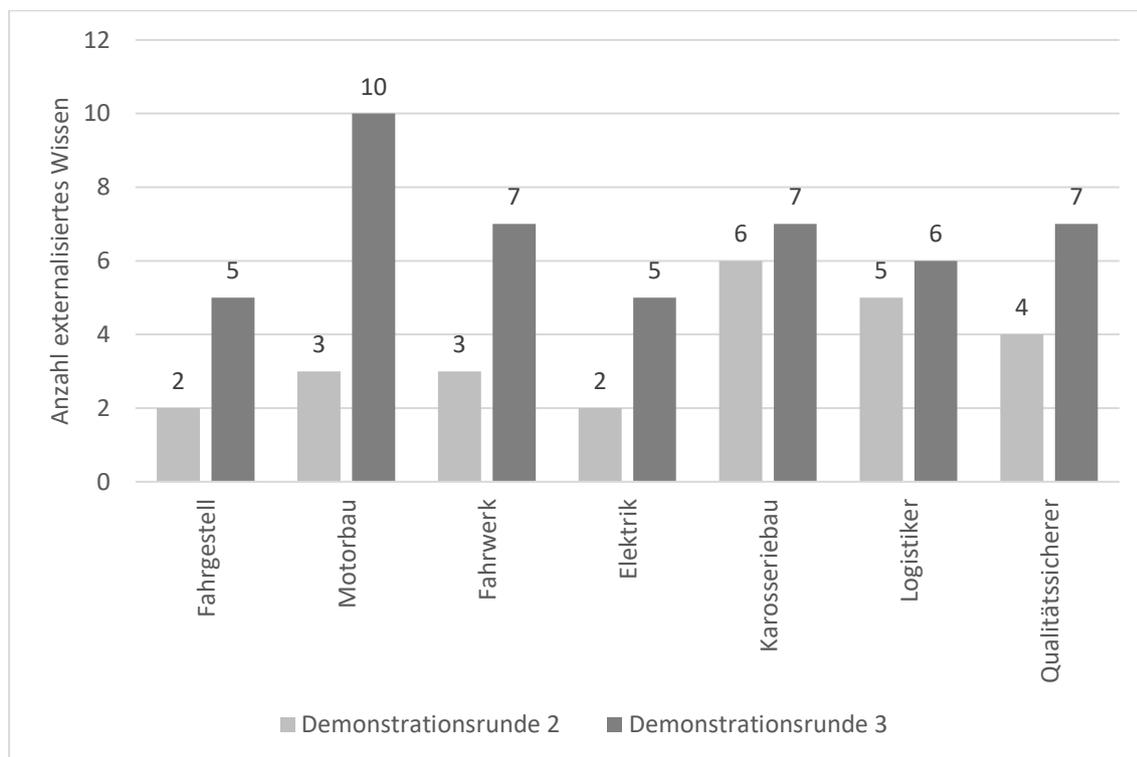


Abbildung 62: Gegenüberstellung der demonstrationsrundenübergreifenden Anzahl an externalisiertem Wissen auf dem Shopfloor

Darüber hinaus zeigt die Auswertung des damit einhergehenden topfloorseitigen Umgangs mit dem externalisiertem Wissen in Form von spezifischen Handlungsempfehlungen, dass es einen deutlichen Anstieg an definierten Handlungsempfehlungen in der Demonstrationsrunde drei im Vergleich zur Demonstrationsrunde zwei gab (vgl. Abbildung 63). Diesbezüglich wurden in der zweiten Runde für 14 Ideen eine Handlungsempfehlung abgegeben respektive für 11 Ideen keine Handlungsempfehlung definiert. Dies entspricht einer Quote von 56 % an betrachteten und bewerteten Ideen im Verhältnis zur gesamtheitlich abgegebenen Anzahl in Runde zwei. Demgegenüber zeigt die dritte Demonstrationsrunde eine Quote von 81 % an betrachteten und bewerteten Ideen. Dies bedeutet, dass für 38 der insgesamt 47 abgegebenen Ideen eine Handlungsempfehlung ausgesprochen werden konnte respektive für 9 Ideen keine Handlungsempfehlung definiert wurde. Anhand Abbildung 63 ist nachzuvollziehen, dass der relative Anstieg an definierten Handlungsempfehlungen von Runde zwei zu Runde drei 25 % beträgt und dies den erfolgreichen Einsatz der Bewertungsmethode belegt.

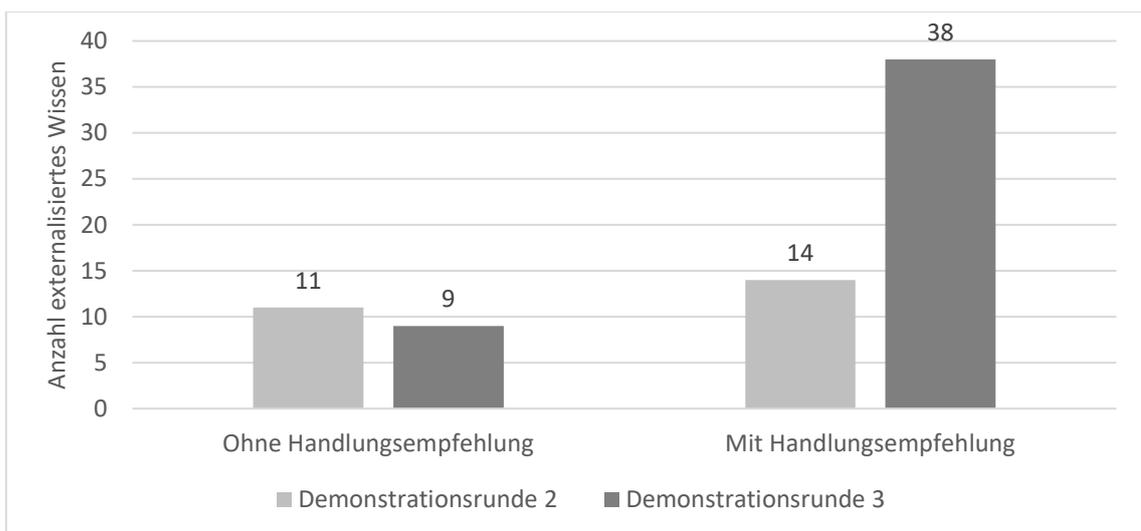


Abbildung 63: Gegenüberstellung der demonstrationsrundenübergreifenden Anzahl an Handlungsempfehlungen durch den Topfloor

Im Hinblick auf die quantitativen Auswirkungen des Anreizsystemeinsatzes auf die Produktivität sowie die Qualität in der Lernfabrik für vernetzte Produktion wurden Durchschnittswerte vorangegangener Trainings herangezogen. Diese Werte wurden im Vorfeld der Validierung aufgenommen und dienen nun als rundenspezifische Referenz beim Vergleich der ermittelten Gesamtanzahl an hergestellten Fahrzeugen sowie der Fahrzeuganzahl, welche qualitativ in Ordnung (i. O.) bzw. nicht in Ordnung (n. i. O.) waren. Bei Betrachtung der in Abbildung 64 dargestellten Gegenüberstellung ist zunächst festzustellen, dass die Gesamtanzahl an produzierten Fahrzeugen rundenübergreifend bei den Referenztrainings

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

höher lag als bei den Validierungsdurchläufen. Da bei den Referenztrainings kein Wissensmanagement zum Einsatz kam, ist dies auf den zusätzlichen Zeitaufwand zurückzuführen, welcher für die Externalisierung des Wissens respektive der Eingabe der Ideen sowohl in Runde zwei als auch in Runde drei aufzubringen war. Hinsichtlich der produzierten Qualität zeigt Runde zwei marginale Unterschiede bei der Gegenüberstellung der Referenzwerte mit den Validierungsdurchläufen. So stimmte die Anzahl an produzierten Fahrzeugen, welche nicht in Ordnung waren, bei den Referenztrainings mit der der Validierungsdurchläufe überein. Die Fahrzeuge, welche in Ordnung waren, überstiegen bei den Referenztrainings in Runde zwei die Anzahl der Validierungsdurchläufe durchschnittlich um ein Stück. Die Gegenüberstellung der dritten Demonstrationsrunde zeigt in absoluten Zahlen einen größeren Unterschied bei den Fahrzeugen mit i. O.- bzw. n. i. O.-Prüfung, da die Referenztrainings acht Fahrzeuge mit i. O. und sechs Fahrzeuge mit n. i. O. beziffern und demgegenüber die Validierungsdurchläufe sechs Fahrzeuge mit i. O. und vier Fahrzeuge mit n. i. O. hervorbrachten. In Anbetracht des Verhältnisses der Fahrzeuge mit i. O.- bzw. n. i. O.-Prüfung zeigt sich, dass bei den Referenztrainings 57 % der Fahrzeuge in Ordnung und demgegenüber bei den Validierungsdurchläufen 60 % der Fahrzeuge in Ordnung waren. Dies lässt den Rückschluss zu, dass der Einsatz des entwickelten Systems einen sehr geringen Einfluss auf die Qualität der herzustellenden Produkte hatte.

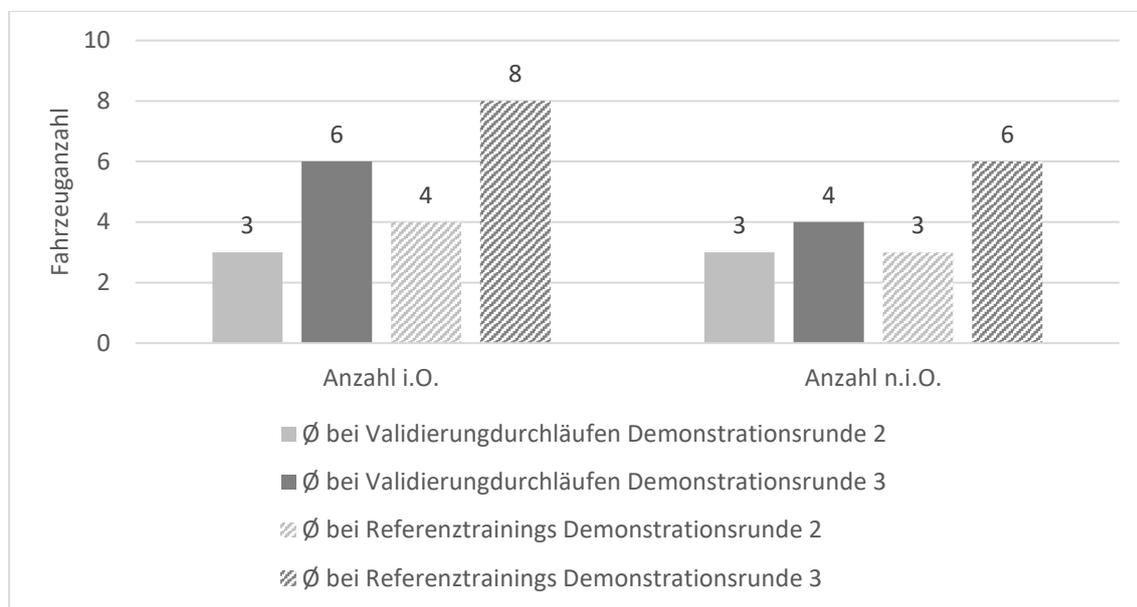


Abbildung 64: *Quantitative Auswirkungen auf die Produktivität sowie auf die Qualität*

Die tendenziell leicht positive Auswirkung hin zu einer höheren produzierten Qualität kann möglicherweise auf die gestiegene Mitarbeiterzufriedenheit bzw. Mitarbeitermotivation durch den Einsatz des entwickelten Anreizsystems zurückgeführt werden. Diesbezüglich können anhand der nachfolgenden qualitativen Validierung in Abschnitt 8.3.5 detaillierte Aussagen getroffen werden.

8.3.5 Ergebnisse der Probandenbefragung

Die qualitative Validierung lässt Rückschlüsse auf die motivationalen Auswirkungen des entwickelten Anreizsystems aus Sicht der Probanden zu und fokussiert sich diesbezüglich auf die Fragen betreffend der (1) Motivation zur Qualitäts- und Leistungssteigerung sowie die (2) Transparenz- und Fairnesssteigerung durch den Einsatz des konfigurierbaren Anreizsystems. Der vollständige Fragebogen und die damit einhergehende vollumfängliche Auswertung kann dem Anhang entnommen werden.

Hinsichtlich der **Motivation zur Qualitäts- und Leistungssteigerung durch den Einsatz des konfigurierbaren Anreizsystems** (im Folgenden auch Wissensanreizsystem genannt) enthielt die qualitative Validierung folgende zwei Thesen:

1. Dank dem Einsatz des Wissensanreizsystems ist die Qualität meiner Ideeneinträge gestiegen.
2. Dank dem Wissensanreizsystem bin ich bereit, mehr Wissen ab- bzw. weiterzugeben.

Die Auswertung der ersten These ist in Abbildung 65 graphisch dargestellt und zeigt, dass 44 % der Probanden eine Steigerung der Qualität ihrer Ideeneinträge mit „Trifft zu“ oder „Trifft eher zu“ bestätigt haben. Demgegenüber sahen 25 % der Probanden keine Steigerung der Qualität ihrer Ideeneinträge durch den Einsatz des entwickelten Systems („Trifft eher nicht zu“, „Trifft nicht zu“).

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

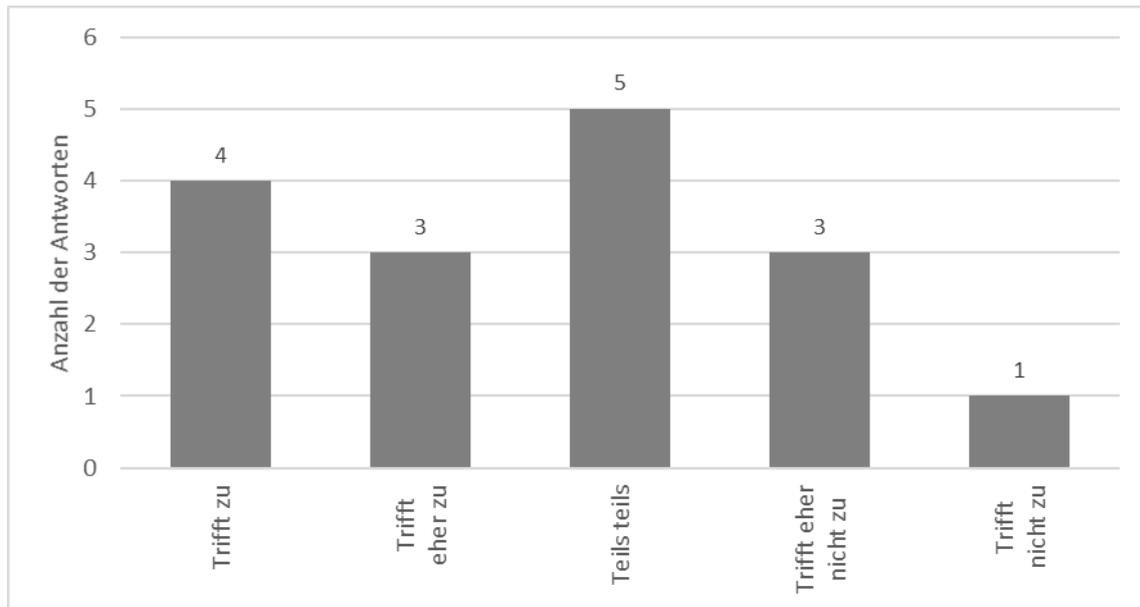


Abbildung 65: Qualitative Auswirkung auf die Qualität der Ideeneinträge

Darüber hinaus zeigt die Auswertung der zweiten These eine Steigerung der Bereitschaft zur Abgabe bzw. Weitergabe von Wissen durch den Einsatz des entwickelten Systems (vgl. Abbildung 66).

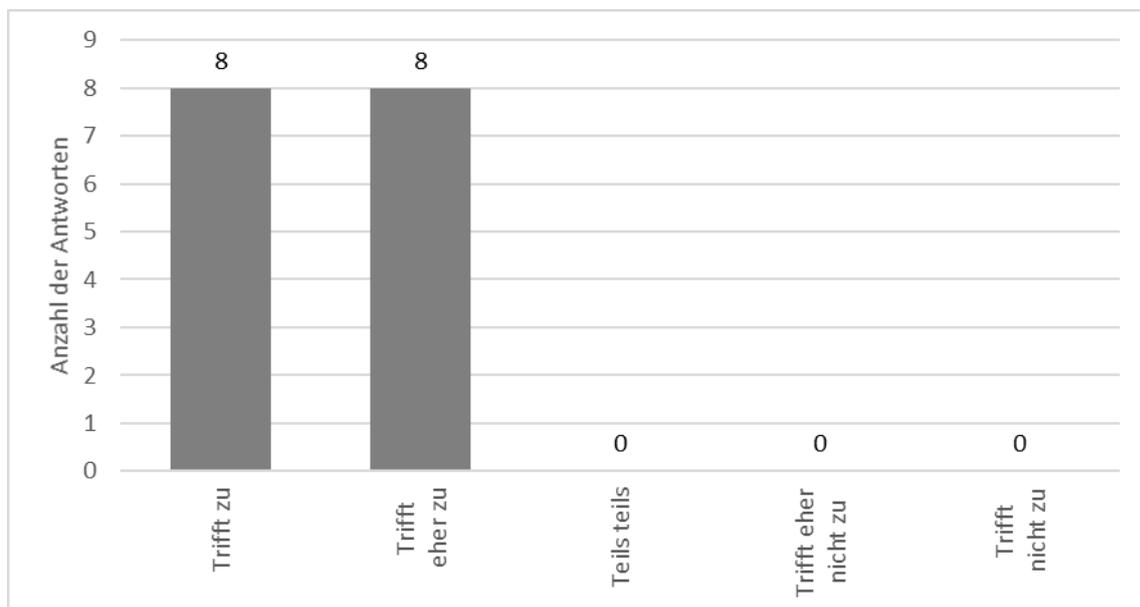


Abbildung 66: Qualitative Auswirkung auf die Bereitschaft zur Abgabe bzw. Weitergabe von Wissen

100 % der Probanden befürworteten mit „Trifft zu“ oder „Trifft eher zu“ eine gesteigerte Bereitschaft zur Externalisierung von Wissen in der dritten Demonstrationrunde gegenüber der zweiten Demonstrationrunde. Demgegenüber wurde von

keinem Probanden „Teils teils“, „Trifft eher nicht zu“ oder „Trifft nicht zu“ gewählt, wodurch darauf zurückgeschlossen werden kann, dass die Bereitschaft bei keiner Person stagnierte oder gar sank.

Zusammenfassend zeigt die vorangegangene Auswertung eine positive Auswirkung des konfigurierbaren Anreizsystems auf die Qualitäts- und Leistungssteigerung bezüglich der Externalisierung von Wissen. So überwiegt der Anteil an Probanden, die eine gesteigerte Qualität bei ihren Ideeneinträgen bestätigten (44 %) gegenüber jenen, die dies dementierten (25 %). Hierbei ist anzumerken, dass eine Person dem System keine Wirkung attestierte. Demgegenüber bestätigte jeder Proband (100 %) eine Steigerung der Bereitschaft zur Abgabe bzw. Weitergabe von externalisiertem Wissen durch den Einsatz des entwickelten Systems.

Im Hinblick auf die **Transparenz- und Fairnesssteigerung durch den Einsatz des konfigurierbaren Anreizsystems** enthielt die qualitative Validierung folgende zwei Thesen:

3. Dank den standardisierten Bewertungskriterien ist eine transparente und faire Bewertung von Ideen möglich.
4. Meine Leistung wird dank dem Wissensanreizsystem fairer bewertet und belohnt.

Bezüglich der transparenten und fairen Bewertung durch standardisierte Bewertungskriterien (3. These) zeichnet sich anhand der in Abbildung 67 dargestellten Auswertungsergebnisse eine eindeutige Zustimmung ab. 81 % der Probanden bestätigten die These mit „Trifft zu“ oder „Trifft eher zu“. Kein Proband falsifizierte die These. 19 % sehen sowohl positive als auch negative Aspekte am entwickelten System („Teils teils“).

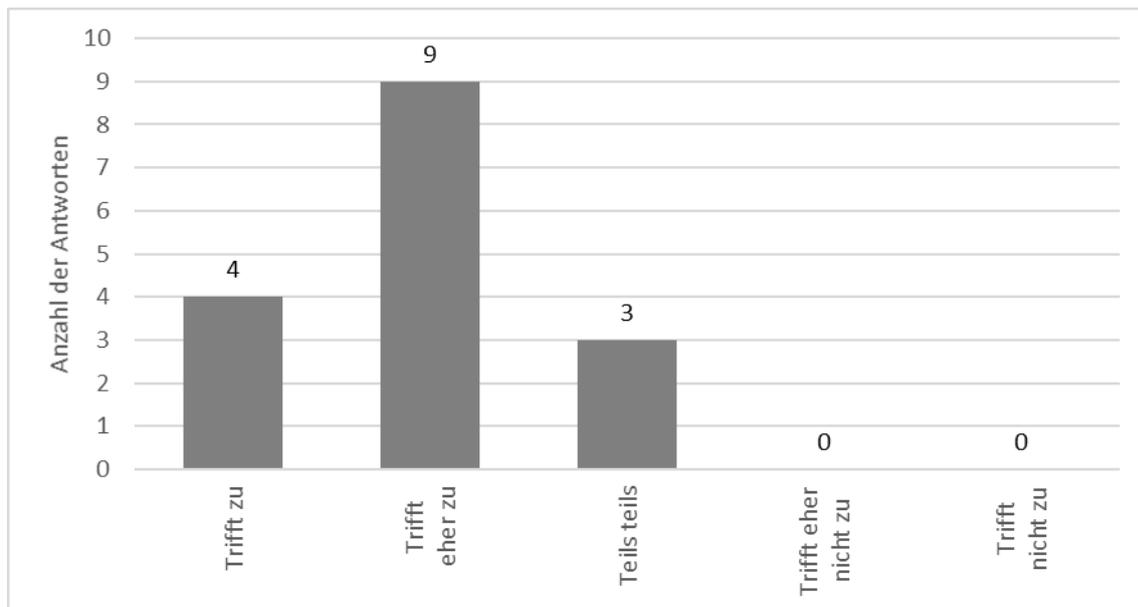


Abbildung 67: *Qualitative Auswirkung auf die Transparenz- und Fairnesssteigerung durch standardisierte Bewertungskriterien*

Ähnlich verhält sich das Auswertungsergebnis hinsichtlich der fairen Bewertung und Belohnung der personenspezifischen Leistung bezüglich der Externalisierung von Wissen (4. These) durch den Anreizsystemeinsatz (vgl. Abbildung 68). Diesbezüglich bestätigten 63 % der Probanden die These, dass das entwickelte System in der dritten Demonstrationsrunde, im Vergleich zur zweiten Demonstrationsrunde, eine fairere Bewertung und Belohnung der Leistung zur Folge hatte („Trifft zu“, „Trifft eher zu“). Demgegenüber sahen 13 % der Probanden eher keine Fairnesssteigerung durch das System („Trifft eher nicht zu“). Zudem verifizierten 25 % der Probanden die These zum Teil („Teils teils“).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die aufgestellten Thesen bezüglich der Transparenz- und Fairnesssteigerung durch den Einsatz des konfigurierbaren Anreizsystems in beiden Fällen mehrheitlich bestätigt wurden. Somit konnte eine Steigerung der Transparenz und Fairness durch die standardisierten Bewertungskriterien sowie eine Steigerung der Fairness bei der Bewertung und Belohnung von Leistung durch das entwickelte System erzielt werden. Jedoch zeigt sich insbesondere im Hinblick auf die Fairness eine große Streuung (vgl. Abbildung 68). Dies ist unter Umständen auf die personenindividuelle Definition des Begriffs zurückzuführen und auf die damit einhergehende subjektive Auslegung. Insbesondere die in Abschnitt 5.2.3 vorgestellten Menschentypen spielen hier möglicherweise eine zentrale Rolle, da in Abhängigkeit des jeweiligen Typs eine unterschiedliche Art an Belohnung als fair empfunden wird.

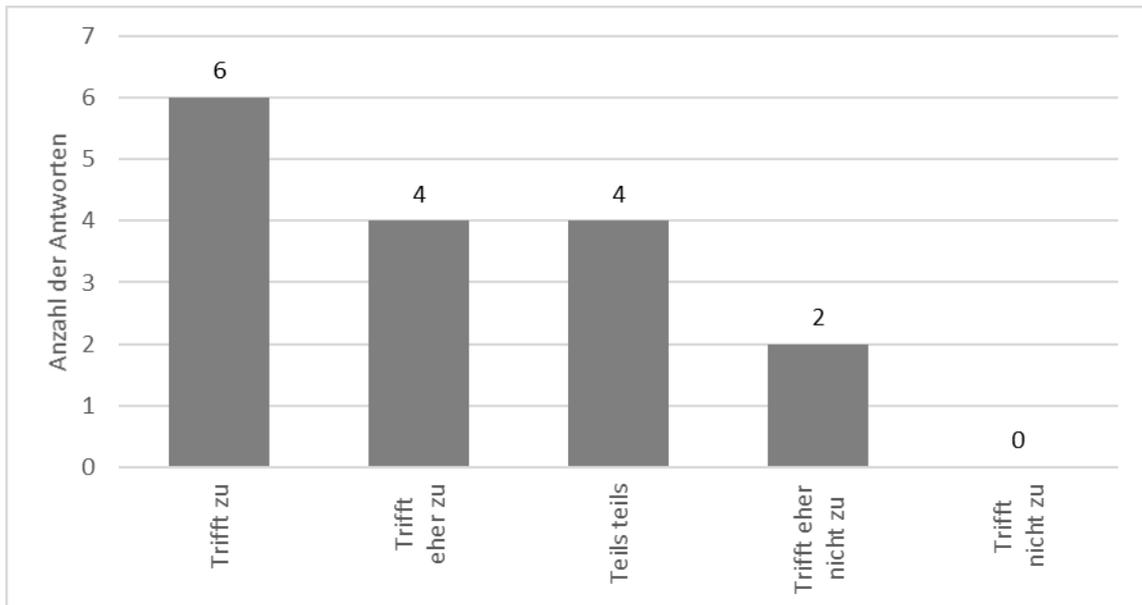


Abbildung 68: *Qualitative Auswirkung auf die faire Bewertung und Belohnung der Leistung*

Darüber hinaus wurde im Rahmen der qualitativen Validierung das Potenzial des entwickelten Anreizsystems ermittelt, das System über die manuelle Montage hinaus in zusätzlichen Produktionsbereichen einzusetzen. Diesbezüglich wurde folgende These aufgestellt:

5. Das Wissensanreizsystem soll meiner Meinung nach künftig auf alle Produktionsbereiche ausgeweitet werden.

Das Auswertungsergebnis, welches in Abbildung 69 graphisch dargestellt wird, zeigt, dass die These durch eine Mehrheit der Probanden bestätigt wurde. 63 % der Personen wünschten sich demnach explizit („Trifft zu“) einen zukünftigen Einsatz des entwickelten Systems im gesamten Produktionsumfeld. Zudem stimmten zusätzliche 25 % mit „Trifft eher zu“ mit der These überein. Zwei Personen vertraten nur teilweise die Meinung, dass das entwickelte System zukünftig über die Montage hinaus eingesetzt werden sollte („Teils teils“). Demgegenüber gab es keine Falsifizierung der These („Trifft eher nicht zu“, „Trifft nicht zu“), wodurch das Einsatzpotenzial des entwickelten Systems im gesamten Produktionsumfeld bestätigt wurde.

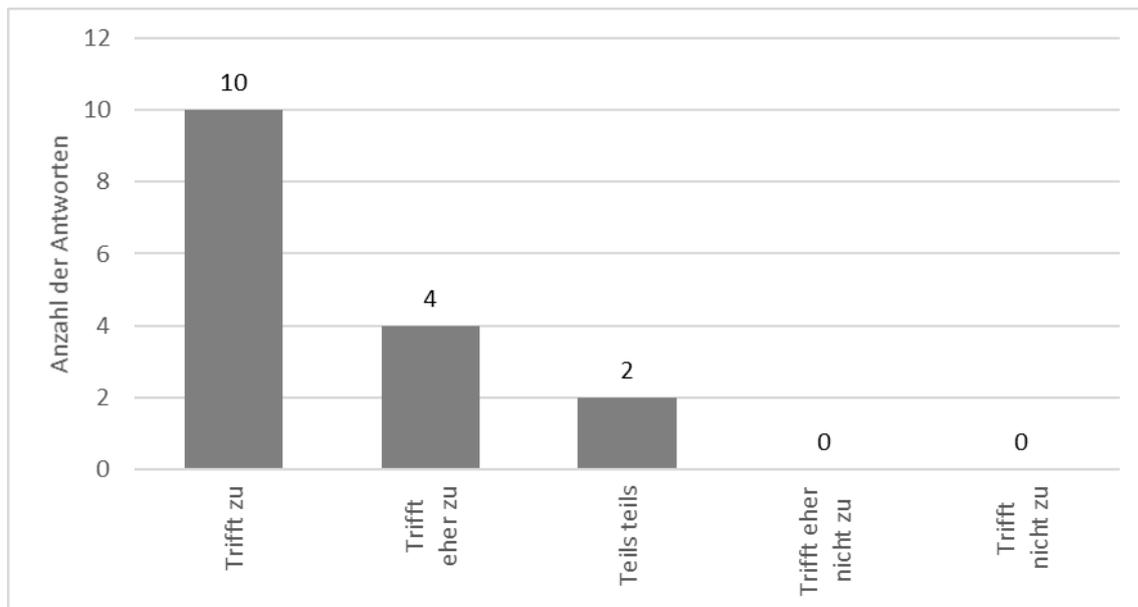


Abbildung 69: Qualitative Auswertung bezüglich eines möglichen produktionsübergreifenden Einsatzes des konfigurierbaren Anreizsystems

Aufbauend auf der Vorstellung der quantitativen sowie der qualitativen Validierung und der Diskussion der daraus erzielten Ergebnisse beschäftigt sich der folgende Abschnitt 8.4 zunächst mit der Gegenüberstellung der erzielten Ergebnisse mit den zuvor definierten Anforderungen (vgl. Abschnitt 8.4.1). Daran anschließend findet in Abschnitt 8.4.2 die wirtschaftliche Bewertung des entwickelten Systems statt.

8.4 Technisch-wirtschaftliche Bewertung

8.4.1 Anforderungsbezogene technische Bewertung

Im Folgenden werden die erzielten Ergebnisse den in Kapitel 4 definierten Anforderungen gegenübergestellt und der jeweils spezifische Erfüllungsgrad ermittelt.

Eine zentrale Anforderung an das zu entwickelnde konfigurierbare Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage war dessen *Standardisierbarkeit* (SAB1), *Transparenz* (SAA2) sowie *Effizienz* (SAB3). Die Erfüllung dieser Anforderung zeigt die Bestätigung der aufgestellten Thesen im Rahmen der qualitativen Validierung hinsichtlich der erzielten Transparenz- und Fairnesssteigerung durch den Einsatz des entwickelten Systems. Darüber hinaus lässt die gestiegene Anzahl an externalisiertem Wissen sowie die gestiegene Anzahl an definierten Handlungsempfehlungen auf eine effiziente Einsatzfähigkeit des entwickelten

Systems schließen. Diesbezüglich ist jedoch die tendenziell negative Auswirkung des Anreizsystemeinsatzes auf die Produktivität zu beachten. Aufgrund dessen konnte die Anforderung der Standardisierbarkeit sowie der Transparenz vollumfänglich, die Anforderung der Effizienz jedoch nur teilweise erfüllt werden.

Hinsichtlich der geforderten *Objektivität (SAB2)* der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen weist insbesondere die gestiegene Empfindung von Fairness auf eine erfolgreiche Umsetzung im Rahmen des entwickelten Systems hin. So lässt sich anhand der eindeutigen Verifizierung der Fairnesssteigerung durch die Verwendung von standardisierten Bewertungskriterien die vollständige Erfüllung der Anforderung aus Sicht der Probanden feststellen.

Im Hinblick auf die Anforderung, das konfigurierbare Anreizsystem *im Einklang mit den geltenden arbeitsrechtlichen Gesetzen (SAA1)* zu entwickeln, wurde zu Beginn der Entwicklungsarbeit in Abschnitt 5.2 eine umfassende Analyse relevanter Normen, Richtlinien und Gesetze durchgeführt. Hierauf basierend wurde ein allgemeingültiges System entwickelt, das insbesondere auf die Einhaltung des Datenschutzes achtet und somit die Hürden für die innerbetriebliche Einführung reduziert. Diesbezüglich können personenspezifische Daten – bei Bedarf – anonymisiert übermittelt und gespeichert werden. Dies wurde sowohl bei der Anreizgenerierung mit der damit verknüpften Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen als auch bei der funktionsorientierten Vernetzungsarchitektur berücksichtigt. Aufgrund dessen konnte die Anforderung vollständig umgesetzt werden.

Die Entwicklung des konfigurierbaren Anreizsystems fußt, wie gefordert, auf *der Adaption und Weiterentwicklung von relevanten Ansätzen (AA3)* ausgehend von den Grundlagen sowie auf dem aktuellen Forschungs- und Technikstand. So wurde das Anreizsystem bei seiner Entwicklung maßgebend auf dem Modell nach WARMELINK ET AL. (2020) sowie dem Klassifikationsschema nach CHOU (2015) aufgebaut. Durch die Verwendung des Modells nach WARMELINK ET AL. (2020) konnte darüber hinaus eine menschenzentrierte Entwicklung des Anreizsystems sichergestellt werden. Zudem wurde die Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen ausgehend vom analytischen Hierarchieprozess nach SAATY (1987A) entwickelt. Somit wurde auch diese Anforderung im Rahmen der Entwicklungsarbeit vollständig berücksichtigt und erfüllt.

Die *funktionsorientierte Vernetzungsarchitektur (AA2)* sollte die innerbetriebliche Vernetzung von operativen und administrativen Unternehmensbereichen darstellen. Dies konnte durch die funktionsorientierte Vernetzung sowie die darauf aufbauenden funktionsorientierten Datenflüsse sowohl für die Vernetzung von Topfloor (administrativ) und Shopfloor (operativ) als auch anreizsystemintern

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

zwischen der Anreizgenerierung, der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie einer Datenbank zur Datenspeicherung umgesetzt werden. Die funktionsorientierte Vernetzungsarchitektur wurde darüber hinaus mittels den standardisierten Modellierungssprachen UML und SysML graphisch modelliert.

Hinsichtlich *der Konfigurierbarkeit (AAI)* des Anreizsystems wurde die Anforderung formuliert, dass das System sowohl in Abhängigkeit vom vorliegenden Montageprinzip als auch in Abhängigkeit von den motivationalen Anforderungen der Nutzer konfigurierbar sein soll. Durch die entwickelte Methode in Abschnitt 5.4 lässt sich das Anreizsystem unternehmensspezifisch hinsichtlich motivationaler sowie emotionaler Parameter in Abhängigkeit von den nutzerspezifischen Anforderungen konfigurieren. Darüber hinaus ermöglicht die Sozialität eine Konfiguration des Anreizsystems hinsichtlich des vorliegenden Montageprinzips, indem zwischen Einzel- und/oder Gruppenanreizen unterschieden werden kann. Die darauf aufbauende Anreizgewichtung zeigt ein Vorgehen zur individuellen Gewichtung der spezifischen Anreize auf und ermöglicht es Unternehmen in einem weiteren Schritt, das entwickelte System individuell zu konfigurieren. Daher wurde diese Anforderung vollumfänglich umgesetzt.

Tabelle 18: Bewertung des Erfüllungsgrades der definierten Anforderungen

Anforderung	Erfüllungsgrad	
Standardisierung, Transparenz und Effizienz		
Objektivität der Bewertungsmethode		
Einklang mit geltenden arbeitsrechtlichen Normen, Richtlinien und Gesetzen		
Adaption und Weiterentwicklung von relevanten bestehenden Ansätzen		
Funktionsorientierte Vernetzung von operativen und administrativen Unternehmensbereichen		
Konfigurierbarkeit des entwickelten Anreizsystems		
Legende:		
 : Kriterium nicht erfüllt	 : Kriterium teilweise erfüllt	 : Kriterium vollständig erfüllt

Zusammenfassend lässt sich anhand von Tabelle 18 festhalten, dass die in Kapitel 4 formulierten Anforderungen an das Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage im Rahmen der Entwicklungsarbeit berücksichtigt wurden und erfolgreich umgesetzt werden konnten.

8.4.2 Wirtschaftliche Bewertung

Die wirtschaftliche Betrachtung des entwickelten Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage basiert auf einer Amortisationsrechnung, die durch Quantifizierung der Initialaufwände und die Definition von angenommenen Rahmenbedingungen anhand einer Szenarioanalyse durchgeführt wird.

Wie Abschnitt 8.2 verdeutlicht, verlangt die Implementierung des entwickelten Systems einen hohen Initialaufwand. Dieser untergliedert sich in die spezifische Konfiguration des Anreizsystems und dessen anschließende softwaretechnische Umsetzung. Zur monetären Quantifizierung des Initialaufwands werden im Folgenden Erfahrungswerte bezüglich des Konfigurationsaufwands sowie der softwaretechnischen Umsetzung u. a. in Anlehnung an die prototypische Umsetzung herangezogen (vgl. Tabelle 19). Diesbezüglich fallen für die Konfiguration des Systems zunächst Aufwände zur Eingabe der geforderten motivationalen, emotionalen sowie sozialen Parameter an. Daran anschließend müssen sowohl die spezifischen Intensitäten der Anreizgruppenelemente als auch die Gewichtungen der Bewertungskriterien definiert werden. Aufbauend auf der Konfiguration des Systems besteht die Notwendigkeit, dieses softwaretechnisch umzusetzen. Diesbezüglich kann das System wahlweise in eine im Unternehmen bestehende Software integriert oder es kann eine gesonderte Software dafür verwendet werden. Aufgrund der unzureichenden Quantifizierbarkeit von unternehmensinternen Softwaresystemen werden im Folgenden stellvertretend die Kosten für die allgemein zugänglichen Microsoft-Systeme herangezogen. Hierbei gilt es zwischen der Software „Microsoft-PowerApps“ zur Darstellung des Front- und Back-end sowie der Datenbank „Microsoft-SharePoint“ zur Datenspeicherung zu unterscheiden (vgl. Abschnitt 8.2.2). Die Microsoft-Lizenzen fallen dabei jährlich an und werden je Zugang berechnet. Hinsichtlich der anfallenden Kosten für die zeitlichen Aufwände der softwaretechnischen Umsetzung werden Tagessätze zu einem internen Kostensatz veranschlagt. Hierbei wird von einer Person mit Hochschulausbildung und einer 37-Stunden-Woche (Vollzeitarbeitskraft) sowie einem Stundensatz von 90 € ausgegangen.

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Rahmenbedingung dieser Ausarbeitung einen digital angebundenen Shopfloorarbeitsplatz bzw. Topfloorarbeitsplatz vorsieht, welcher ein unternehmensintern vernetztes Hardwaregerät zur Mensch-Maschine-Interaktion besitzt. Aufgrund dessen werden keine Hardwarekosten sowie keine Kosten für eine initiale Vernetzung der Arbeitsplätze berücksichtigt.

8 Prototypische Umsetzung und Validierung

Tabelle 19: Monetäre Quantifizierung der Initialaufwände für das System

Initialaufwand	Menge	Einheit	Einzelkosten	Gesamtkosten
Eingabe Konfigurationsparameter	2,5	Personen-tage	666 €	1.665 €
Definition Anreizintensitäten	2,0	Personen-tage	666 €	1.332 €
Definition Gewichtung Bewertungskriterien	3,0	Personen-tage	666 €	1.998 €
Umsetzung Front-end	55,0	Personen-tage	666 €	36.630 €
Umsetzung Back-end	75,0	Personen-tage	666 €	49.950 €
Umsetzung Datenbank	30,0	Personen-tage	666 €	19.980 €
Statisch Gesamt				111.555 €
Lizenzkosten Microsoft-PowerApps (netto)	1,0	Stück/Jahr	100 €	100 €
Lizenzkosten Microsoft-SharePoint (netto)	1,0	Stück/Jahr	50 €	50 €

Die darauf aufbauende Szenarioanalyse (vgl. Abschnitt 6.2.1) ermittelt anhand dreier Szenarien die Amortisationszeit, welche notwendig ist, um die anfallenden Initialaufwände zu decken. Dabei werden die veröffentlichten Wissensmanagementkennzahlen der Firma BMW AG beispielhaft für produzierende Unternehmen herangezogen. Wie dem Sustainable Value Report (SVR) der Fa. BMW AG zu entnehmen ist, wurden unternehmensübergreifend 8.000 Ideen im Jahr 2019 eingereicht. Davon wurden 2.150 Ideen umgesetzt, wodurch ein Erstjahresnutzen von 60 Mio. € generiert werden konnte (BMW 2020). Unter der Annahme, dass die Ideeneinreichung eine gleichmäßige Verteilung über die gesamten Unternehmensressourcen und die Beschäftigten hinweg aufweist, errechnet sich für die Montage mit einer Beschäftigtenquote von 36,7 % (49.096 Personen) eine Anzahl von 789 umgesetzten Ideen (BMW 2020). Anteilig am gesamten Erstjahresnutzen bedeutet dies eine Kosteneinsparung von 22 Mio. € und ein durchschnittliches Einsparpotenzial von 27.907 € je Idee. Im Hinblick auf die drei zu betrachtenden Szenarien wird hierauf aufbauend davon ausgegangen, dass das entwickelte Anreizsystem zu einer zukünftigen Steigerung des externalisierten Wissens führt. Diesbezüglich werden mögliche Steigerungsquoten in Form von drei Szenarien definiert. In Anlehnung an die in Abschnitt 8.3.4 generierten Steigerungsquoten unter Laborbedingungen werden die Steigerungsquoten im industriellen Umfeld konservativ geringer angenommen. Aufgrund dessen werden folgende Werte für das jeweilige Szenario definiert:

8.4 Technisch-wirtschaftliche Bewertung

- **Szenario 1:** Steigerungsquote des externalisierten Wissens um 1 %
- **Szenario 2:** Steigerungsquote des externalisierten Wissens um 2,5 %
- **Szenario 3:** Steigerungsquote des externalisierten Wissens um 5 %

Basierend auf den definierten Szenarien kann die in Tabelle 20 dargestellte Berechnung der spezifischen Amortisationszeiten durchgeführt werden. Hierbei werden die statischen Gesamtkosten des Initialaufwands aus Tabelle 19 übernommen und um die notwendige Anzahl an Softwarelizenzen erweitert. Dabei wird die Annahme getroffen, dass jeder der Montagemitarbeiter wie auch spezifische Personen auf dem Topfloor einen eigenen Zugang erhalten (55.000 Zugänge).

Im Rahmen der Amortisationsbestimmung werden keine monetären Auswirkungen des Anreizsystemeinsatzes auf die Montagearbeit des Shopfloors bzw. das Tagesgeschäft des Topfloors berücksichtigt. Aufgrund der in Abschnitt 8.3.4 festgestellten quantitativen Auswirkungen des Anreizsystems auf eine gesunkene Produktivität bei einer gleichzeitigen Steigerung der Qualität wird von einer monetären Nivellierung ausgegangen. Darüber hinaus umfasst die monetäre Auswirkung des Anreizsystemeinsatzes auf dem Topfloor die zeitlichen Aufwände zur Bewertung von externalisiertem Wissen. Hierbei besteht ohne Einsatz des Anreizsystems die Möglichkeit, eine spezifisch sehr umfangreiche bzw. sehr zügige Bewertung durchzuführen. Im Durchschnitt wird davon ausgegangen, dass der zeitliche Aufwand zur Bewertung einer Idee ohne Einsatz des Anreizsystems keinen nennenswerten Unterschied zur Bewertung mit dem Anreizsystem darstellt.

Tabelle 20: Szenarioanalyse zur Ermittlung der Amortisationszeit

Position	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Statische Gesamtkosten Initialaufwand	111.555 €		
Lizenzkosten Microsoft- PowerApps (jährlich)	55.000 €		
Lizenzkosten Microsoft- SharePoint (jährlich)	27.500 €		
Steigerungsquote des externalisierten Wissens	1 %	2,5 %	5 %
Steigerung Anzahl umsetzbarer Ideen	7	15	39
Steigerung Erstjahresnutzen	195.349 €	418.605 €	1.088.373 €
Amortisationszeit in Jahren	0,99	0,46	0,18

Die Analyse zeigt szenarienübergreifend bis zur Deckung der initial anfallenden als auch der laufenden Aufwände eine Amortisationszeit von unter einem Jahr. So übersteigt der zusätzlich erzielte monetäre Nutzen bei Szenario eins innerhalb des ersten Jahres und bei Szenario drei bereits innerhalb des ersten Quartals die zusätzlich anfallenden Kosten für die innerbetriebliche Implementierung sowie den laufenden Betrieb des Anreizsystems. Darüber hinaus zeigt die rasche Amortisation, dass der Einsatz des entwickelten Anreizsystems auch für Unternehmen sinnvoll ist, die deutlich höhere initiale Aufwände als die im Rahmen der wirtschaftlichen Bewertung angenommenen, aufbringen müssen, z. B. durch fehlende vernetzte Hardwaregeräte. Zudem ist der Einsatz des Anreizsystems auch für kleinere und mittelständische Unternehmen wirtschaftlich sinnvoll, bei denen zwar der zusätzliche monetäre Nutzen geringer ausfällt, eine oftmals akzeptierte Amortisation von ca. zwei Jahren aber dennoch eingehalten werden kann.

8.5 Fazit

Anhand der vorgestellten Umgebung, der Lernfabrik für vernetzte Produktion, konnte das entwickelte Anreizsystem im vorangegangenen Kapitel umgesetzt und validiert werden. Die Auswertung der quantitativen Validierung zeigte einerseits einen starken Anstieg des externalisierten Wissens auf dem Shopfloor, andererseits einen starken Anstieg des Anteils der bewerteten Ideen aufgrund des Anreizsystemeinsatzes. Im Rahmen der qualitativen Validierung zeigte sich sowohl eine positive Auswirkung des Anreizsystems auf die Motivation zur Qualitäts- und Leistungssteigerung als auch eine Verbesserung der Transparenz und Fairness.

In der daran anschließenden technisch-wirtschaftlichen Bewertung des entwickelten Systems wurden zunächst die erzielten Ergebnisse den in Kapitel 4 definierten Anforderungen gegenübergestellt. Die Diskussion zeigte, dass alle Anforderungen im Rahmen der Entwicklungsarbeit eingehalten und anschließend erfolgreich umgesetzt werden konnten, was die vollumfängliche Bestätigung der in Abschnitt 1.3 aufgestellten Thesen zur Folge hat. Die wirtschaftliche Bewertung des Anreizsystems konnte abschließend szenarioübergreifend eine Amortisation von unter einem Jahr feststellen, indem die Initialaufwände sowie die Kosten für den laufenden Betrieb des entwickelten Systems durch zusätzlich generierten monetären Nutzen gedeckt werden.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Validierung des entwickelten Systems anhand einer Laborumgebung an einem Forschungsinstitut durchgeführt wurde

und deshalb die Replizierbarkeit der Ergebnisse in einem realen Unternehmensumfeld kritisch zu betrachten ist. Diesbezüglich gibt es einerseits die Dimension des Umfelds wozu die Arbeitsplätze, die Abläufe bzw. Prozesse sowie das herzustellende Produkt gehören, andererseits die Dimension der Beanspruchung bestehend aus der Anspannung aufgrund der Tätigkeit aber auch durch die Belastung aufgrund von Störungen oder Ablenkungen im Rahmen eines Produktionsumfelds wie beispielsweise ein Staplerverkehr.

Im Hinblick auf die erste Dimension ist die Lernfabrik für vernetzte Produktion sehr eng an ein reales Produktionsumfeld angelehnt. Die Arbeitsplätze sowie die Prozesse basieren auf Beispielen aus der Industrie und werden in regelmäßigen Abständen gemäß industriellen Standards überarbeitet. Darüber hinaus besitzt das Beispielprodukt, welches es im Rahmen der Lernfabrik herzustellen gilt, ein großes Teile- und Tätigkeitsspektrum. So werden einerseits variantenspezifische Einzelteile als auch Baugruppen verbaut, andererseits Tätigkeiten mit bzw. ohne Hilfsmittel wie Werkzeuge durchgeführt. Aufgrund dessen ist das verwendete Beispielprodukt mit herzustellenden Produkten im industriellen Umfeld vergleichbar.

Die zweite Dimension wird im Rahmen der Lernfabrik mittels einer, nach industriellen Standards definierten, Zeitvorgabe für jeden Tätigkeitsschritt adressiert. Basierend hierauf wird den Probanden ihre aktuell benötigte Zeit gegenüber der Vorgabe dargestellt. Daher besteht für die Probanden ein hohes Anspannungsniveau während der Tätigkeit, welches mit einem realen Produktionsumfeld verglichen werden kann. Lediglich die Belastung aufgrund von Störungen und Ablenkungen weicht im Laborumfeld der Lernfabrik von einem realen Produktionsumfeld ab. Diese Abweichung hat einen Einfluss auf die Beanspruchung der Probanden während der Validierung und somit auf die erzielten Ergebnisse. Jedoch wirkt sich die Abweichung in gleichem Maße auf die Evaluationsrunde ohne bzw. mit Verwendung des Anreizsystems aus.

Aufgrund dessen ist mit einer Abweichung der erzielbaren Ergebnisse bei einer Verwendung des Anreizsystems im realen Produktionsumfeld gegenüber der Validierung im Laborumfeld in Bezug auf die absoluten Zahlen zu rechnen. Nicht jedoch bei den prozentualen Ergebnissen, die die beiden Evaluationsrunden ins Verhältnis setzen und die Basis für die technisch-wirtschaftliche Bewertung des Systems darstellen. So kann abschließend festgehalten werden, dass die prozentualen Vergleiche der Evaluationsrunden sowie die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Betrieb in einem realen Produktionsumfeld Gültigkeit haben.

9 Zusammenfassung und Ausblick

9.1 Zusammenfassung

Produzierende Unternehmen stehen vor der zentralen Herausforderung, dass die Produktkomplexität stetig ansteigt und sich gleichzeitig der Produktlebenszyklus verkürzt. Diese Entwicklung führt zu einer Renaissance der manuellen Montage, da für eine wirtschaftliche Herstellung ein hohes Maß an Flexibilität notwendig ist. Gleichzeitig findet derzeit ein Paradigmenwechsel in den Unternehmen statt, da viele langjährige Mitarbeiter mit einem großen Erfahrungsschatz, aufgrund des demographischen Wandels ausscheiden und diese Stellen durch junge Personen mit geringeren Kenntnissen nachbesetzt werden. Diese sogenannte Generation Y ist jedoch mit der Digitalisierung, welche zunehmend in der Produktion der Unternehmen ankommt, aufgewachsen. Im Rahmen digitalisierter Anwendungen haben sich in den vergangenen Jahren zunehmend anreizbasierte Entwicklungen durchgesetzt, die branchenübergreifend eingesetzt werden und darauf beruhen, dass Spielelemente zu Anreizzwecken in spielfremde Kontexte integriert werden. Bei dieser Art der Anreizgestaltung kann die Motivation durch eine situative Anpassung flexibel gestaltet werden mit dem Ziel, den natürlichen menschlichen Wettbewerbsinstinkt bestmöglich zu stimulieren und somit eine gewünschte Handlung zu initiieren.

Basierend auf dem Spannungsfeld der unterschiedlichen Wissensstände in der manuellen Montage sowie dem Potenzial von Anreizsystemen im Kontext der Digitalisierung wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Anreizsystem für das Wissensmanagement in der manuellen Montage entwickelt.

Hierfür wurden zunächst die relevanten Grundlagen im Bereich der manuellen Montage, der kognitiven Assistenzsysteme, der Anreizsysteme, des Wissensmanagements sowie der Softwarearchitektur vorgestellt. Daran anschließend fand im Stand der Forschung und Technik die Diskussion aktueller Vorarbeiten statt mit dem Ergebnis, dass es insbesondere in den Themengebieten der Anreizsysteme sowie des innerbetrieblichen Wissensmanagements zahlreiche Vorarbeiten gibt, diese jedoch bislang getrennt voneinander bearbeitet wurden. Somit gibt es bisher kein Anreizsystem für das Wissensmanagement, welches sich der Potenziale der gamifizierten Anreize bedient und sich gemäß den montage- sowie motivations-spezifischen Anforderungen konfigurieren lässt.

Aufbauend auf dieser Erkenntnis wurden zunächst allgemeingültige Anforderungen an das zu entwickelnde System definiert, bevor in Kapitel 5.3 die Entwicklung mit der methodischen Bewertung von Anzelelementen begann. Die methodische Bewertung befähigte gemeinsam mit dem menschenzentrierten Ansatz zur Anreizsystemkonzeptionierung zur Konfigurierbarkeit des Systems anhand motivationaler, emotionaler und sozialer Mechanismen. Hierdurch kann das entwickelte Anreizsystem gemäß den menschlichen sowie den montagebedingten Anforderungen konfiguriert und individuell an das innerbetriebliche Wissensmanagement angepasst werden. Die Anreizgenerierung basiert dabei auf der spezifischen Bewertung des externalisierten Wissens. Hierfür wurde in Kapitel 6 eine Bewertungsmethode entwickelt, welche die zuvor definierten Anforderungen der Ergebnissentehungstransparenz sowie der Bewertung anhand eines standardisierten Vorgehens adressiert. Basierend auf dem analytischen Hierarchieprozess entstand eine Bewertungsmethode zur Lösung von Entscheidungsproblematiken im Kontext des Wissensmanagements mit dem Ziel, eine Referenzkennzahl für die Anreizgenerierung zu erzeugen. Darüber hinaus gelang es mithilfe der entwickelten Bewertungsmethode eine ideenspezifische Handlungsempfehlung abzuleiten. Im Hinblick auf die unternehmensinterne Vernetzung, welche notwendig ist, um die Funktionalitäten des entwickelten Anreizsystems vollumfänglich nutzen zu können, wurde in Kapitel 7 eine funktionsorientierte Vernetzungsarchitektur modelliert. Diese lässt einerseits Rückschlüsse auf die Vernetzung von Topfloor und Shopfloor mit dem Anreizsystem, andererseits auf die anreizinterne Vernetzung der Anreizgenerierung mit der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen sowie einer Datenbank zur Datenspeicherung zu. Basierend auf der visuellen Modellierung der Vernetzungen wurden anschließend die funktionsrelevanten Datenflüsse definiert, welche für den Einsatz des Anreizsystems notwendig sind.

Die Validierung des entwickelten Anreizsystems fand im Rahmen der Demonstrations- und Trainingsumgebung der Lernfabrik für vernetzte Produktion am Fraunhofer IGCV statt. Hierfür wurde ein bestehendes Trainingskonzept um eine spezifisch programmierte App-Anwendung erweitert. Anhand der anschließenden Validierung konnten sowohl quantitativ als auch qualitativ die positiven Auswirkungen des entwickelten Anreizsystems für das Wissensmanagement in der manuellen Montage aufgezeigt werden. Zudem ergab die technisch-wirtschaftliche Bewertung des Systems, dass die zuvor definierten Anforderungen eingehalten werden konnten und der Einsatz des Systems wirtschaftlich ist.

9.2 Ausblick

Das entwickelte Anreizsystem für die Verbesserung des Wissensmanagements in der manuellen Montage bietet die Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten. So lassen sich über die getroffenen Eingrenzungen auf die „manuelle Montage“ sowie das „Wissensmanagement“ hinaus zusätzliche Forschungsfelder identifizieren.

Wie sich im Rahmen der qualitativen Validierung gezeigt hat, können sich die befragten Probanden einen produktionsübergreifenden Einsatz des konfigurierbaren Anreizsystems vorstellen. Hierbei gilt es zunächst zu untersuchen, inwiefern die Konfigurierbarkeit des Systems auf andere Produktionsbereiche angewendet werden kann. Zudem sollte anhand von weiteren Validierungen festgestellt werden, ob bei einem produktionsübergreifenden Einsatz des Anreizsystems identische Ergebnisse im Vergleich zum Einsatz in der manuellen Montage erzeugt werden können. Basierend auf den Validierungsergebnissen gilt es anschließend, entsprechende Anpassungen bezüglich der Konfigurierbarkeit des Anreizsystems zu entwickeln und diese zu implementieren.

Zudem bietet die innerbetriebliche Einsatzfähigkeit des konfigurierbaren Anreizsystems, über das Wissensmanagement hinaus, Potenzial für zusätzliche Untersuchungen. Wie dem Stand der Forschung und Technik zu entnehmen ist, werden Anreizsysteme oftmals im Kontext der Fort- bzw. Weiterbildung von Personen eingesetzt. Dies könnte ein weiteres innerbetriebliches Anwendungsfeld für das entwickelte System darstellen, indem die zu erzielenden physiologischen Ergebnisse im Rahmen der Konfigurationsmethode zunächst anwendungsfallspezifisch erweitert werden und das Anreizsystem anschließend entsprechend konfiguriert wird. Hierdurch wäre es möglich, aufbauend auf den angepassten physiologischen Ergebnissen zunächst auf die zu erzielenden psychologischen Ereignisse und anschließend auf geeignete Anreizgruppen zurückzuschließen. Hierbei gilt es primär, eine geeignete Referenzkennzahl zu entwickeln, die anstelle der Bewertungsmethode für externalisiertes Wissen eine Anreizgenerierung im Rahmen des Anreizsystems ermöglicht. Darüber hinaus müsste die funktionsorientierte Vernetzungsarchitektur an die veränderten Einsatzbedingungen im Rahmen der innerbetrieblichen Fort- bzw. Weiterbildung angepasst werden.

10 Literaturverzeichnis

ABELE & REINHART 2011

Abele, E.; Reinhart, G.: Zukunft der Produktion. Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Carl Hanser 2011. ISBN: 9783446425958.

ACATECH 2016

acatech (Hrsg.): Kompetenzen für die Industrie 4.0. München: Utz 2016. ISBN: 9783831645022. (acatech POSITION).

ACKERMANN ET AL. 2018

Ackermann, B.; Krancher, O.; North, K.; Schildknecht, K.; Schorta, S.: Erfolgreicher Wissenstransfer in agilen Organisationsformen – Hintergrund – Methodik – Fallbeispiele. Wiesbaden: Gabler 2018. ISBN: 9783658194673.

ADAMI ET AL. 2008

Adami, W.; Lang, C.; Pfeiffer, S.; Rehberg, F.: Montage braucht Erfahrung: Erfahrungsbasierte Wissensarbeit in der Montage. München: Rainer Hampp 2008. ISBN: 9783866182745.

ADOLPHS ET AL. 2016

Adolphs, P.; Auer, S.; Bedenbender, H.; Billmann, M.; Hankel, M.; Heidel, R.; Hoffmeister, M.; Huhle, H.; Jochem, M.; Kiele-Dunsche, M.; Koschnick, G.; Koziolok, H.; Linke, L.; Pichler, R.; Schewe, F.; Schneider, K.; Waser, B.: Struktur der Verwaltungsschale – Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.-Komponente. Berlin: Spreadruck 2016.

AEHNELT & BADER 2014

Aehnelt, M.; Bader, S.: Mobile Informationsassistentz für die Montage. In: Weidner, R.; Redlich, T. (Hrsg.): Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen. Hamburg: Universität der Bundeswehr 2014, S. 370-380. ISBN: 9783868180732.

ALLWEYER 2020

Allweyer, T.: BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation. 4. Aufl. Norderstedt: Books on Demand 2020. ISBN: 9783750435261.

APT ET AL. 2018B

Apt, W.; Schubert, M.; Wischmann, S.: Digitale Assistenzsysteme. Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz in Industrie und Dienstleistungen. Berlin: Institut für Innovation und Technik 2018. ISBN: 9783897501812.

BANNAT 2014

Bannat, A.: Ein Assistenzsystem zur digitalen Werker-Unterstützung in der industriellen Produktion. Diss. Technische Universität München (2014). München: Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik.

BARATA ET AL. 2013

Barata, G.; Gama, S.; Jorge, J.; Goncalves, D.: Engaging Engineering Students with Gamification. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (Hrsg.): 5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications. Poole, 11.-13.09.2013. New York: IEEE 2013, S. 1-8. ISBN 9781479909650.

BAUERNHANSL ET AL. 2014

Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B.: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014. ISBN: 9783658046811.

BECKER 1995

Becker, J.: Wissens-Management: Den Austausch von Wissen fördern. Gabler's Magazin 9 (1995) 3, S. 16-19.

BENDT 2000

Bendt, A.: Fortschritt lebt vom Austausch des Wissens!. In: Wissenstransfer in multinationalen Unternehmen – mir Edition Management International Review. Wiesbaden: Gabler Verlag. ISBN: 9783663118718.

BENGLER ET AL. 2017

Bengler, K.; Lock, C.; Teubner, S.; Reinhart, G.: Grundlegende Konzepte und Modelle. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. München: Carl Hanser 2017, S. 54-60. ISBN: 9783446446427.

BERGER ET AL. 2004

Berger, S.; Mangold, C.; Meyer, S.: Wissensmanagement für die wandlungsfähige Montage. wt Werkstattstechnik online 94 (2004) 3, S. 80-85.

BERGER ET AL. 2005

Berger, S.; Mangold, C.; Meyer, S.: Ontologiebasiertes Wissensmanagement in der Montage. Industrie-Management 21 (2005) 1, S. 49-52.

BERTAGNOLLI 2018

Bertagnolli, F.: Lean Management – Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2018. ISBN: 9783658312398.

BLOHM ET AL. 1997

Blohm, H.; Beer, T.; Seidenberg, U.; Silber, H.: Produktionswirtschaft – Mit Kontrollfragen sowie Aufgaben und Lösungen. 3. Aufl. Berlin: Neue Wirtschafts-Briefe 1997. ISBN: 9783482630232.

BLUT & KENNIG 2005

Blut, M.; Kennig, P.: Barrieren des Wissensmanagements aus theoretischer Sicht. In: Corsten, H.; Reiß, M.; Steinle, C.; Zelewski, S. (Hrsg.): Wissensmanagement in Dienstleistungsnetzwerken. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 2005, S. 19-30. ISBN: 9783835000629.

BMJV 2001

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.): Bundesgesetzblatt I/50: Bekanntmachung der Neufassung des Betriebsverfassungsgesetzes. Bonn: Bundesanzeiger 2001.

BMJV 2020

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.): Bundesgesetzblatt I: Tarifvertragsgesetz (TVG) . Bonn: Bundesanzeiger 2020.

BMW 2020

Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (Hrsg.): Sustainable Value Report 2019. Geschäftsbericht 2020. <https://www.bmwgroup.com/content/dam/grpw/websites/bmwgroup_com/responsibility/downloads/en/2020/2020-BMW-Group-SVR-2019-Englisch.pdf> - 26.07.2021.

BÖHL 2000

Böhl, J.: Wissensmanagement in klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung. Diss. Technische Universität München (2000). München: Fakultät für Maschinenwesen.

BORNEWASSER ET AL. 2018

Bornewasser, M.; Bläsing, D.; Hinrichsen, S.: Informatrische Assistenzsysteme in der manuellen Montage: Ein nützliches Werkzeug zur Reduktion mentaler Beanspruchung? Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 72 (2018) 4, S. 264-275.

Literaturverzeichnis

BRANKAMP 1975

Brankamp, K.: Handbuch der modernen Fertigung und Montage. München: Verlag Moderne Industrie 1975. ISBN: 9783478411009.

BROSSMANN & MÖDINGER 2011

Brossmann, M.; Mödinger, W.: Praxisguide Wissensmanagement. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2011. ISBN: 9783540462248.

BULLINGER ET AL. 2001

Bullinger, H.-J.; Rüger, M.; Koch, A.; Staiger, M.: Knowledge meets Motivation – Anreizsysteme im Wissensmanagement. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2001. ISBN: 9783816760405.

CAILLOIS 1960

Caillois, R.: Die Spiele und die Menschen – Maske und Rausch. Stuttgart: Curt E. Schwab 1960.

CHOU 2015

Chou, Y.: Actionable Gamification – Beyond Points, Badges and Leaderboards. CreateSpace Independent Publishing Platform 2015. ISBN: 9781511744041.

CSIKSZENTMIHALYI 2014

Csikszentmihalyi, M.: Flow and the Foundations of Positive Psychology. Dordrecht: Springer Science+Business Media 2014. ISBN: 9789401790871.

CZICHOS 2000

Czichos, H. (Hrsg.): Hütte – Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften. 31. Aufl. Berlin: Springer 2013. ISBN: 9783662066539.

DECI & RYAN 1993

Deci, E. L.; Ryan, R. M.: Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik 39 (1993) 2, S. 223-238.

DECI & RYAN 2000

Deci, E. L.; Ryan, R. M.: The „What“ and „Why“ of Goal Pursuits – Human Needs and the Self-Determination of Behavior. Psychological Inquiry 11 (2000) 4, S. 227-268.

DETERING ET AL. 2011

Detering, S.; Khaled, R.; Nacke, L.; Dixon, D.: Gamification – Toward a Definition. CHI Gamification workshop proceedings 2011, S. 12-15.

DIN EN 62264

Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V.: DIN EN 62264: Integration von Unternehmensführungs- und Leitsystemen. Berlin: Beuth 2014.

DIN EN ISO 9000

Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V.: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe. Berlin: Beuth 2005.

DIN EN ISO 9241-11

Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte. Berlin: Beuth 2016.

DIN EN ISO 9241-110

Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung. Berlin: Beuth 2006.

DIN EN ISO 9241-210

Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. Berlin: Beuth 2010.

DOBOSZ ET AL. 2018

Dobosz, K.; Dobosz, M.; Wojaczek, M.: Gamification of Cognitive Rehabilitation. Springer International Publishing 2018, ISBN: 9783319942766.

DRESSLER 2007

Dressler, M.: Strategische Kundenbindung im Public Health-Care – Gewinnung und Bindung von studentischen Zielgruppen. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 2007. ISBN: 9783835094550.

DRUMM 2008

Drumm, H. J.: Personalwirtschaft. Berlin: Springer 2008. ISBN: 9783540776970.

DRÖGER ET AL. 2017

Dröger, K.; Dietrich, F.; Tornow, A.; Löchte, C.; Wonnenberg, B.; Gerbers, R.; Bokka, P.: Transfersysteme. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser 2017, S. 429-447. ISBN: 9783446449893.

DUDEN 2020

Dudenredaktion (Hrsg.): Duden – Die deutsche Rechtschreibung. 28. Aufl. Berlin: Bibliographisches Institut 2020. ISBN: 9783411040186.

EIGNER ET AL. 2014

Eigner, M.; Roubanov, D.; Zafirov, R.: Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung. Berlin: Springer 2014. ISBN: 9783662438169.

ELLER 2014

Eller, E.: Arbeitszufriedenheit, Motivation und Leistung – Eine empirische Untersuchung in einem großen deutschen Automobilunternehmen. Diss. Universität Paderborn (2014). Paderborn: Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.

EU 2016

Europäische Union (Hrsg.): Verordnung (EU) 2016/679 des europäischen Parlaments und des Rates: Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO). Brüssel: Amtsblatt der Europäischen Union 2016.

EVERSHEIM 1996

Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik. 3. Aufl. Berlin: Springer 1996. ISBN: 9783642877384.

EVERSHEIM & SCHUH 2005

Eversheim, W.; Schuh, G.: Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Berlin: Springer 2005. ISBN: 9783540211754.

FELDMANN ET AL. 2004

Feldmann, K.; Gergs, H.-J.; Slama, S.; Wirth, U.: Montage strategisch ausrichten – Praxisbeispiele marktorientierter Prozesse und Strukturen. Berlin: Springer 2004. ISBN: 9783540403043.

FLETCHER ET AL. 2008

Fletcher, S.-R.; Baines, T.-S.; Harrison, D.-K.: An investigation of production workers' performance variations and the potential impact of attitudes. International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2008) 35, S. 1113-1123. London: Springer.

FORSTNER & DÜMMLER 2014

Forstner, L.; Dümmler, M.: Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0. Elektrotechnik und Informationstechnik 131 (2014) 7, S. 199-201.

GAIROLA 1981

Gairola, A: Montagegerechtes Konstruieren – Ein Beitrag zur Konstruktionsmethodik. Diss. Technische Hochschule Darmstadt (1981). Darmstadt: Fakultät für Nachrichtentechnik.

GOLL 2014

Goll, J.: Architektur- und Entwurfsmuster der Softwaretechnik. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg 2014. ISBN: 9783658055318.

GÜNTHNER ET AL. 2010

Günthner, W. A.; Meißner, S.; Conze, M.; Fischer R.: Stand und Entwicklung des RFID-Einsatzes in der Automobillogistik – Ergebnisse einer empirischen Studie. München: Printy A. Wittek 2010. ISBN: 9783941702097.

GÜNTHNER ET AL. 2015

Günthner, W. A.; Mandl, H.; Klevers, M.; Sailer, M.: Forschungsbericht. GameLog – Gamification in der Intralogistik. München: Lehrstuhl für Förder-technik Materialfluss Logistik, Technische Universität München 2010. ISBN: 9783941702578.

HAMBACH 2019

Hambach, J.: Methodik für einen digitalen Verbesserungsprozess im betrieblichen KVP – Entwicklung und problemorientierte Validierung. Diss. Technische Universität Darmstadt (2019). Darmstadt: Fakultät für Maschinenbau.

HASLWANTER & BLAZEWSKI 2018

Haslwanter, J. D. H.; Blazeovski, B.: Experiences with an Assistive System for Manual Assembly. Proceedings of the 11th Pervasive Technologies Related to Assistive Environments Conference 2018, S. 46-49.

HAUSLADEN 2014

Hausladen, I.: IT-gestützte Logistik: Systeme – Prozesse – Anwendungen. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2014. ISBN: 9783834946645.

HENKE & KACZMAREK 2017

Henke, M.; Kaczmarek, S.: Gamification in der Logistik – Effektiv und spielend zu mehr Erfolg. München: Huss 2017. ISBN: 9783946350415.

HETTINGER ET AL. 1993

Hettinger, T.; Wobbe, G.; Becker, M.; Eissing, G.; Euler, H. P.; Knauth, P.; Ohl, B.; Strasser, H.: Kompendium der Arbeitswissenschaft – Optimierungsmöglichkeiten zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. Ludwigshafen: Friedrich Kiehl 1993. ISBN: 3470454019.

HINRICHSSEN & BENDZIOCH 2018

Hinrichsen, S.; Bendzioch, S.: How Digital Assistance Systems Improve Work Productivity in Assembly. In: Nunes, I. (Hrsg.): Advances in Human Factors and Systems Interaction. International Conference on Human Factors and Systems Interaction (AHFE 2018). Orlando (Florida), USA, 21.-25.7.2018. Cham: Springer 2019, S. 332-342. ISBN: 9783319943336.

HOBLITZ 2015

Hoblitz, A.: Spielend Lernen im Flow – Die motivationale Wirkung von Serious Games im Schulunterricht. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2015. ISBN: 9783658113759.

HOLD ET AL. 2016

Hold, P.; Ranz, F.; Sihm, W.; Hummel, V.: Planning Operator Support in Cyber-Physical Assembly Systems. IFAC-PapersOnLine 49 (2016) 32, S. 60-65.

HOUTARI & HAMARI 2017

Huotari, K.; Hamari, J.: A definition for gamification: anchoring gamification in the service marketing literature. Electron Markets 27 (2017), S. 27-31.

HUNICKE ET AL. 2004

Hunicke, R.; LeBlanc, M.; Zubek, R.: MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. Game Developers Conference 2004. San Jose 2001-2004.

JESKE & LENNINGS 2016

Jeske, T.; Lennings, F.: Handlungsfelder für die Arbeitsgestaltung in der Industrie 4.0. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) (Hrsg.): Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human, 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Aachen, 02.03.2016 - 04.03.2016. Dortmund: GfA-press 2016. ISBN: 9783936804201.

KATENKAMP 2011

Katenkamp, O.: Implizites Wissen in Organisationsformen – Konzepte, Methoden und Ansätze im Wissensmanagement. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2011. ISBN: 9783531180281.

KÄHR 2016

Kähr, D.: Gamification im Englischunterricht mithilfe von QuesTanja – Erarbeitung und Durchführung einer digitalen Lerneinheit. Masterthesis. Pädagogische Hochschule Bern (2016). Bern: Institut Sekundarstufe I.

KETTNER ET AL. 1984

Kettner, H.; Schmidt, J.; Greim, H.-R.: Leitfaden der systematischen Fabrikplanung. München: Carl Hanser 1984. ISBN: 9783446138254.

KINKEL ET AL. 2019

Kinkel, S.; Schemmann, B.; Lichtner, R.: Nutzung von Vernetzungsplattformen in der Innovationsarbeit. ZWF 114 (2019) 11, S. 780-783.

KLEINEBERG ET AL. 2017

Kleineberg, T.; Hinrichsen, S.; Eichelberg, M.; Busch, F.; Brockmann, R.; Vierfuß, R.: Leitfaden: Einführung von Assistenzsystemen in der Montage (2017). <https://www.th-owl.de/files/webs/produktion/download/labore/industrialengineering/pdf/Veroeffentlichungen/Leitfaden_Einfuehrung_von_Assistenzsystemen_in_der_Montage.pdf> - 26.07.2021.

KLEINEBRINK 2018

Kleinebrink, W.: Die Einwilligung im Beschäftigungsverhältnis nach neuem Datenschutzrecht – Rechtliche Vorgaben und praktische Gestaltung. Der Betrieb (2018) 29, S. 1729-1735.

KLEINEMEIER 2014

Kleinemeier, M.: Von der Automatisierungspyramide zu Unternehmenssteuerungsnetzwerken. In: Bauernhansl, T; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014, S. 571-579. ISBN: 9783658046811.

KLUGE 1989

Kluge, F.: Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache. 22. Aufl. Berlin: de Gruyter 1989. ISBN: 9783110845037.

KOCH ET AL. 2013

Koch, M.; Ott, F.; Oertelt, S.: Gamification von Business Software – Steigerung von Motivation und Partizipation Band 3. München: Universität der Bundeswehr 2013. ISBN: 9783943207071.

KOHL ET AL. 2016

Kohl, H.; Mertins, K.; Seidel, H.: Wissensmanagement im Mittelstand – Grundlagen, Lösungen, Praxisbeispiele. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2016. ISBN: 9783662492192.

KOLBERG 2018

Kolberg, D.: Entwicklung einer Referenzarchitektur zur Realisierung von Methoden der Lean Production mittels digitaler Technologien. Diss. Technische Universität Kaiserslautern (2018). Kaiserslautern: 2018.

KORN 2012

Korn, O.: Industrial Playgrounds – How Gamification Helps to Enrich Work for Elderly or Impaired Persons in Production. Proceedings of the 4th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems 2012, S. 313-316.

KORN 2014

Korn, O.: Context-Aware Assistive Systems For Augmented Work. A Framework Using Gamification And Projection. Diss. Universität Stuttgart (2014). Stuttgart: Fakultät für Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik.

KORN ET AL. 2017

Korn, O.; Muschik, P.; Schmidt, A.: Gamification of Production? A Study on the Acceptance of Gamified Work Processes in the Automotive Industry. In: Chung, W.; Shin, C. S. (Hrsg.): Advances in Affective and Pleasurable Design. Proceedings of the International Conference on Affective and Pleasurable Design (AHFE 2016). Walt Disney World (Florida), USA, 27.-31.07.2016. Cham: Springer 2017, S. 433-445. ISBN: 9783319416601.

KRAUSE 2018

Krause, R.: Digitalisierung der Arbeitswelt – Herausforderungen für das Arbeitsrecht (2018). <https://www.dgbrechtsschutz.de/fileadmin/media/0_2015_Media_Neu/PDF/Campus_Arbeitsrecht_2018_Praesentationen/Internet__2018.03.08._Praesentation_Prof._Dr._Ruediger_Krause___Digitalisierung_der_Arbeitswelt_-_Herausforderungen_fuer_das_Arbeitsrecht.pdf> - 26.07.21.

LEHNER 2012

Lehner, F.: Wissensmanagement: Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. 4. Aufl. München: Carl Hanser 2012. ISBN: 9783446431317.

LISTER ET AL. 2014

Lister, C.; West, J. H.; Cannon, B.; Sax, T.; Brodegard, D.: Just a Fad? Gamification in Health and Fitness Apps. JMIR Serious Games 2 (2014) 9.

LOTTER & SCHILLING 1994

Lotter, B.; Schilling, W.: Manuelle Montage. Planung – Rationalisierung – Wirtschaftlichkeit. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994. ISBN: 9783184012441.

LOTTER & WIENDAHL 2012

Lotter, B.; Wiendahl, H.-P.: Montage in der industriellen Produktion – Ein Handbuch für die Praxis. 2. Aufl. Berlin: Springer 2012. ISBN: 9783642290602.

MASLOW 1954

Maslow, A. H.: Motivation and Personality. New York: Harper and Row 1954.

MEIXNER & HAAS 2012

Meixner, O.; Haas, R.: Wissensmanagement und Entscheidungstheorie – Theorien, Methoden, Anwendungen und Fallbeispiele. 2. Aufl. Wien: Facultas 2012. ISBN: 9783708908236.

MERKEL 2021

Merkel, L.: Einführung kognitiver Assistenzsysteme in der manuellen Montage. Diss. Technische Universität München (2021). München: Fakultät für Maschinenwesen.

METTERNICH ET AL. 2018

Metternich, J.; Meudt, T.; Hartmann, L.: Leitfaden: Industrie 4.0 trifft Lean. Frankfurt am Main: VDMA 2018. ISBN: 9783816307211.

MEUDT ET AL. 2017

Meudt, T.; Pohl, M.; Metternich, J.: Die Automatisierungspyramide – Ein Literaturüberblick (2017). <<https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/6298/1/2017%20-%20Die%20Automatisierungspyramide%20-%20Ein%20Literatur%20%C3%BCberblick-2.pdf>> - 26.07.2021.

MITTELSTRASS 1990

Mittelstrass, J.: Gestörte Verhältnisse? Zur gesellschaftlichen Wahrnehmung von Wissenschaft. In: Schuster, H. J. (Hrsg.): Handbuch des Wissenstransfers. Berlin: Springer 1990, S. 43-55. ISBN: 9783642934407.

NERDINGER 2003

Nerdinger, F. W.: Motivation von Mitarbeitern. Göttingen: Hogrefe 2003. ISBN: 3801714845.

NERDINGER ET AL. 2014

Nerdinger, F. W.; Blickle, G.; Schaper, N.: Arbeits- und Organisationspsychologie. 3. Aufl. Berlin: Springer 2014. ISBN: 9783642411304.

NONAKA & TACKEUCHI 1997

Nonaka, I.; Takeuchi, H.: Die Organisation des Wissens: Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen. Frankfurt am Main: Campus-Verlag 1997. ISBN: 9783593356430.

NORTH 2002

North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen. 3. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2002. ISBN: 9783322946331.

NORTH 2016

North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung – Wissensmanagement gestalten. 6. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2016. ISBN: 9783658116422.

OMG 2010

Object Management Group (Hrsg.): OMG Unified Modeling Language (OML UML), Infrastructure – Version 2.3 without change bars (2010).
<<https://www.omg.org/spec/UML/2.3/Infrastructure/PDF>> - 26.07.2021.

PAUSE 2017

Pause, J.: Bewertung der Wissensqualität von Kostenelementen für Kalkulationen am Beispiel der Automobilindustrie. Diss. Technische Universität München (2017). München: Fakultät für Maschinenwesen.

PFEIFFER 2007

Pfeiffer, S.: Montage braucht Erfahrung – Warum Ganzheitliche Produktionssysteme menschliches Arbeitsvermögen brauchen. München: Rainer Hampp 2007. ISBN: 978386181960.

PILLER 2006

Piller, F.: Mass Customization – Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. In: Picot, A.; Reichwald, R.; Frank, E.; Markt- und Unternehmensentwicklung. 4. Aufl. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 2006, S. 153-234. ISBN: 9783835003552.

PIETSCH 2009

Pietsch, C.: Wissensziele (normativ, strategisch, operativ) entlang des St. Galler Management-Modells. München: GRIN 2009. ISBN: 9783640544639.

PLÖDERER ET AL. 2014

Plöderer, E.; Grunske, L.; Schneider, E.; Ull, D.: Big Data – Komplexität meistern. Proceedings of Lecture Notes in Informatics LNI (2020). Stuttgart, 22.-26.09.2014. Bonn: Köllen Druck+Verlag 2014, S. 433-445. ISBN: 9783319416601.

POLANYI 2009

Polanyi, M.: The Tacit Dimension. Chicago: University of Chicago Press 2009. ISBN: 9780226672984.

POPPER 1935

Popper, K.: Logik der Forschung. Wien: Springer 1935. ISBN: 9783709120217.

PRINZ 2018

Prinz, C.: Wissensmanagementmethodik zur Organisation von Prozesswissen in der Produktion. Diss. Ruhr-Universität Bochum (2018). Bochum: Fakultät für Produktionssysteme.

PROBST ET AL. 2012

Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen – Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 7. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2012. ISBN: 9783834945624.

PRZYGODDA 2004

Przygodda, I.: Materielle Anreizsysteme im Wissensmanagement (2004). <https://www.pim.wiwi.uni-due.de/uploads/tx_itochair3/publications/motiwidi_projektbericht_11.pdf> - 26.07.2021.

REINHART & ZÄH 2011

Reinhart, G.; Zäh, M.: Seminarbericht 102. Wissensmanagement in produzierenden Unternehmen – Wissen systematisch und praxisnah managen. München: Utz 2011. ISBN: 9783831641697.

REINHART & ZÜHLKE 2017

Reinhart, G.; Zühlke, D.: Von CIM zu Industrie 4.0. In: Reinhart, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. München: Carl Hanser 2017, S. XXXI-XL. ISBN: 9783446454583.

REINHART ET AL. 2009

Reinhart, G.; Zäh, M. F.; Wiesbeck, M.; Egbers, J.: Digitale Assistenzsysteme zur alterungsgerechten Integration von Werkern in die variantenreiche Montage. ATZproduktion 2 (2009) 3-4, S. 18-21.

RIEDL 2006

Riedl, R.: Analytischer Hierarchieprozess vs. Nutzwertanalyse: Eine vergleichende Gegenüberstellung zweier multiattributiver Auswahlverfahren am Beispiel Application Service Providing. In: Fink, K.; Ploder, C. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik als Schlüssel zum Unternehmenserfolg. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 2006, S. 99-127. ISBN: 9783835091221.

SAATY & SODENKAMP 2008

Saaty, T. L.; Sodenkamp, M.: Making decisions in hierarchic and network systems. Int. J. Applied Decision Sciences 1 (2008) 1, S. 24-79.

SAATY 1987A

Saaty, T. L.: Rank Generation, Preservation, And Reversal In The Analytic Hierarchy Decision Process. Decision Sciences 18 (1987) 2, S. 157-177.

SAATY 1987B

Saaty, R. W.: The analytic hierarchy process – what it is and how it is used. Mathematical Modelling 9 (1987) 3-5, S. 161-176.

SAILER 2016

Sailer, M.: Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung – Empirische Studien im Kontext manueller Arbeitsprozesse. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2016. ISBN: 9783658143084.

SAMMER & BORNEMANN 2002

Sammer, M.; Bornemann, M.: Anwendungsorientiertes Wissensmanagement – Ansätze und Fallstudien aus der betrieblichen und der universitären Praxis. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 2002. ISBN: 382447610X.

SCHENK 2019

Schenk, J.: So nutzen Sie Gamification im Projektmanagement. projektManagementaktuell 1 (2019), S. 31-35.

SCHIRMER 2016

Schirmer, U.: Einführung eines demografieorientierten Personalmanagements. In: Schirmer, U. (Hrsg.): Demografie Exzellenz. Handlungsmaßnahmen und Best Practices zum demografieorientierten Personalmanagement. Wiesbaden: Gabler 2016, S. 27-48. ISBN: 9783658119102.

SCHLICK ET AL. 2018

Schlick, C.; Bruder, R.; Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 4. Aufl. Berlin: Springer 2018. ISBN: 9783662560372.

SCHMIDTKE 1993

Schmidtke, H.: Ergonomie. 3. Aufl. München: Carl Hanser 1993. ISBN: 3446164405.

SCHREYÖGG & GEIGER 2002

Schreyögg, G.; Geiger, D.: Kann implizites Wissen Wissen sein? Vorschläge zur Neuorientierung von Wissensmanagement (2002). <https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/19038/14_2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y> - 26.07.2021.

SCHUH ET AL. 2017

Schuh, G.; Prote, J.-P.; Gerschner, K.; Molitor, M.; Walendzik, P.: Technologiebasierte Externalisierung von Wissen – Aufbau einer Wissensbasis unter Verwendung von Autorensystemen in der manuellen Montage. wt Werkstattstechnik online 107 (2017) 9, S. 578-581.

SEGLER 1985

Segler, T.: Die Evolution von Organisationen – Ein Evolutionstheoretischer Ansatz zur Erklärung der Entstehung und des Wandels von Organisationsformen. Frankfurt am Main: Peter Lang 1985. ISBN: 9783820483390.

SIEMONEIT 2010

Siemoneit, O.: Eine Wissenschaftstheorie der Betriebswirtschaftslehre. Diss. Universität Stuttgart (2010). Stuttgart: Fakultät für Philosophie.

SIEPMANN 2016

Siepmann, D.: Industrie 4.0 – Technologische Komponenten. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 – Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis. Wiesbaden: Gabler 2016. ISBN: 9783662485057.

SOCHOR ET AL. 2019A

Sochor, R.; Kraus, L.; Merkel, L.; Braunreuther, S.; Reinhart, G.: Approach to Increase Worker Acceptance of Cognitive Assistance Systems in Manual Assembly. *Procedia CIRP* 81 (2019), S. 926-931.

SOCHOR ET AL. 2019B

Sochor, R.; Riegel, A.; Merhar, L.; Rusch, T.; Merkel, L.; Kerber, F.; Braunreuther, S.; Reinhart, G.: Kognitive und physische Assistenz in der Montage. *wt Werkstattstechnik online* 109 (2019) 3, S. 122-127.

SOCHOR ET AL. 2020A

Sochor, R.; Schick, T. S.; Merkel, L.; Braunreuther, S.; Reinhart, G.: Current Knowledge Management in Manual Assembly – Further Development by the Analytical Hierarchy Process, Incentive and Cognitive Assistance Systems. *Proceedings of the 1st Conference on Production Systems and Logistics* (2020), S. 209-219.

SOCHOR ET AL. 2020B

Sochor, R.; von Cavallar, A. J.: Datenflüsse bei Anreizsystemen in der digitalen manuellen Montage. *ZWF* 115 (2020) 1-2, S. 48-51.

SOCHOR ET AL. 2021A

Sochor, R.; Greiter, F.; König, M.; Berger, J.; Schilp, J.: Auswahl und Weiterentwicklung von Anreizsystemen. *wt Werkstattstechnik online* 111 (2021) 3, S. 142-146.

SOCHOR ET AL. 2021B

Sochor, R.; Schenk, J.; Fink, K.; Berger, J.: Gamification in industrial shopfloor – development of a method for classification and selection of suitable game elements in diverse production and logistics environments. *Procedia CIRP* 100 (2021), S. 157-162.

SPUR & HELLWIG 1986

Spur, G.; Helwig, H.-J.: Einführung in die Montagetechnik. In: Spur, G. et al. (Hrsg.): Handbuch der Fertigungstechnik. München: Carl Hanser 1986, S. 591-606. ISBN: 9783446125360.

STAAB 2002

Staab, S.: Wissensmanagement mit Ontologien und Metadaten. Informatik-Spektrum 25 (2002) 3, S. 194-209.

STATISTA 2021

Statista (Hrsg.): Arbeitsunfähigkeitsfälle aufgrund von Burn-out-Erkrankungen in Deutschland in den Jahren 2004 bis 2019 (2021). <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/239872/umfrage/arbeitsunfaehigkeitsfaelle-aufgrund-von-burn-out-erkrankungen/>> - 26.07.2021.

TACQUARD & MARTINEAU 2001

Tacquard, C.; Martineau, P.: Automatic notation of the physical structure of a flexible manufacturing system. International Journal of Production Economics 74 (2001) 1-3, S. 279-292.

TEUBNER 2021

Teubner, S.: Dynamische und individuelle Werkerinformation. Diss. Technische Universität München (2021). München: Fakultät für Maschinenwesen.

THIEL 2002

Thiel, M.: Wissenstransfer in komplexen Organisationsformen – Effizienz durch Wiederverwendung von Wissen und Best Practices. In: Picot, A.; Reichwald, R.; Frank, E.; Markt- und Unternehmensentwicklung. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 2002. ISBN: 9783824476268.

ULRICH & HILL 1976

Ulrich, P.; Hill, W.: Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre (Teil I). In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium: Zeitschrift für Ausbildung und Hochschulkontakt 5 (1976) 7, S. 304-309.

VDI 2206

VDI/VDE: Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme – 2206:2020-09. Berlin: Beuth 2020.

VON LIPINSKI ET AL. 2015

von Lipinski, R.; Richter, M.; Reiff-Stephan, J.: Informationsgewinnung im cyberphysischen Produktionssystem (2015). <file:///C:/Users/sochor/AppData/Local/Temp/07_Informationsgewinnung-1.pdf> - 26.07.2021.

WARMELINK ET AL. 2020

Warmelink, H.; Koivisto, J.; Mayer, I.; Vesa, M.; Hamari, J.: Gamification of production and logistics operations: Status quo and future directions. *Journal of Business Research* 106 (2021), S. 331-340.

WARNECKE 1996

Warnecke, H.-J. (Hrsg.): *Die Montage im flexiblen Produktionsbetrieb*. Berlin: Springer 1996. ISBN: 9783642799648.

WEHLING 1999

Wehling, M.: *Anreizsysteme im Multi-Level-Marketing – Erscheinungsformen und Gestaltungsoptionen*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1999. ISBN: 379101563-X.

WERBACH & HUNTER 2012

Werbach, K.; Hunter, D.: *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize your Business*. Pennsylvania: Wharthon Digital Press 2012. ISBN: 9781613630235.

WESTPHAL 2016

Westphal, D.: *Adaptive Verkürzung des Analytischen Hierarchie Prozesses zur rationalen Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme*. Diss. Technische Universität Berlin (2016). Berlin: Fakultät VII Wirtschaft und Management.

WIEGAND & STIEGLITZ 2014

Wiegand, T.; Stieglitz, S.: Serious fun-effects of gamification on knowledge exchange in enterprises. In: Plödereder, G.; Grunske, L.; Schneider, E.; Ull, D. (Hrsg.): *Informatik 2014: Big Data – Komplexität meistern*. Proceedings der Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik. Stuttgart, 22.09.2014-26.09.2014. Bonn: Gesellschaft für Informatik 2014, S. 321-332.

WIENDAHL 2010

Wiendahl, H.-P.: *Betriebsorganisation für Ingenieure*. 7. Aufl. München: Carl Hanser 2010. ISBN: 9783446418783.

WIENDAHL ET AL. 2004

Wiendahl, H.-P., Gerst, D.; Keunecke, L. (Hrsg.): Variantenbeherrschung in der Montage – Konzepte und Praxis der flexiblen Produktionsendstufe. Berlin: Springer 2004. ISBN: 9783642623721.

WIRTZ 2010

Wirtz, A.: Gesundheitliche und soziale Auswirkungen langer Arbeitszeiten. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2010. ISBN: 9783882611243.

WILD 1973

Wild, J.: Organisation und Hierarchie. Zeitschrift für Organisation 42 (1973) 1, S. 45-54.

WILLENBACHER 2017

Willenbacher, P.: Die Gestaltung unternehmerischer Anreizsysteme aus verhaltenswissenschaftlicher Perspektive. Wiesbaden: Gabler 2017. ISBN: 9783658177461.

ZÄH ET AL. 2007

Zäh, M. F.; Wiesbeck, M.; Engstler, F.; Friesdorf, F.; Schubö, A.; Stork, S.; Bannat, A.; Wallhoff, F.: Kognitive Assistenzsysteme in der manuellen Montage. wt Werkstatttechnik online 97 (2007) 9, S. 644-650.

ZAUNMÜLLER 2005

Zaunmüller, H.: Anreizsysteme für das Wissensmanagement in KMU – Gestaltung von Anreizsystemen für die Wissensbereitstellung der Mitarbeiter. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag 2005. ISBN: 9783824408368.

11 Anhang

11.1 Fragebogen zur qualitativen Validierung

Im Folgenden ist der gesamte Fragebogen (17. Gliederungspunkte) abgebildet, welcher im Rahmen der qualitativen Validierung eingesetzt wurde. Fragen mit einer erforderlichen Antwort waren mit einem roten Stern markiert:

Nicht verpflichtend

1. Altersbereich:

15-30 Jahre

31-45 Jahre

46-65 Jahre

> 65 Jahre

2. Geschlecht:

Männlich

Weiblich

3. Tätigkeit im Unternehmen

Azubi

F&E

Geschäftsführung

IT

Logistik

Produktion

Qualitätssicherung

Student

Sonstiges

4. Software-ergonomische Aspekte bewerten: *

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Die visuelle Gestaltung des Wissensanreizsystems finde ich gelungen	<input type="radio"/>				
Die visuelle Gestaltung des Wissensanreizsystems hilft mir, eine bessere Übersicht über meine eingereichten Ideen zu verschaffen	<input type="radio"/>				
Die Gestaltung des digitalen Wissensanreizsystems lenkt mich ab	<input type="radio"/>				

5. Folgende Elemente oder Funktionen lenken mich ab:

Ihre Antwort eingeben

6. Folgende software-ergonomische Aspekte würde ich verbessern:

Ihre Antwort eingeben

7. Bedienbarkeitsaspekte bewerten: *

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Ich besitze das nötige Wissen um das Wissensanreizsystem problemlos zu verwenden	<input type="radio"/>				
Das digitale Wissensanreizsystem erleichtert und verbessert meine Ideeneingabe	<input type="radio"/>				
Das digitale Wissensanreizsystem erleichtert und verbessert meine Kommunikation mit dem Meister	<input type="radio"/>				
Durch den Einsatz des Wissensanreizsystems reduziert sich meine Privatsphäre	<input type="radio"/>				

8. Folgende Funktionen könnten verbessert werden:

9. Wissensaspekte bewerten: *

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Dank den standardisierten Bewertungskriterien ist eine transparente und faire Bewertung von Ideen möglich	<input type="radio"/>				
Die Einreichung und Bewertung von Ideen in Echtzeit ermöglicht es die Montage effizienter zu gestalten	<input type="radio"/>				
Dank dem Wissensanreizsystem bin ich bereit, mehr Wissen ab- bzw. weiterzugeben	<input type="radio"/>				
Durch den Einsatz des Wissensanreizsystems steigt die Wissenskultur im Unternehmen	<input type="radio"/>				
Dank dem Wissensanreizsystem kann ich das Nutzen meiner Arbeit deutlicher sehen	<input type="radio"/>				
Meine Ideeneinträge werden ernst genommen und zügig bewertet	<input type="radio"/>				
Dank dem Einsatz des Wissensanreizsystems ist die Qualität meiner Ideeneinträge gestiegen	<input type="radio"/>				
Die Ideeneinträge lassen sich dank des Wissensanreizsystems effizienter abgeben	<input type="radio"/>				
Die digitale Eintragung und Bewertung von Ideen ist für mich datenschutzrechtlich gerechtfertigt	<input type="radio"/>				
Ich fühle mich gezwungen, Ideenvorschläge einzureichen	<input type="radio"/>				

10. Akzeptanz- und Motivationsaspekte bewerten: *

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Die Möglichkeit des transparenten Feedbacks in Form der Bewertungsdetails motiviert mich mehr als die einer analogen Bewertung	<input type="radio"/>				
Meine Leistung erfährt eine höhere Anerkennung beim Einsatz des Wissensanreizsystems	<input type="radio"/>				
Die Möglichkeit eines zeitnahen Feedbacks im Wissensanreizsystem finde ich nützlich und motivierend	<input type="radio"/>				
Die Möglichkeit eines zeitnahen Feedbacks reizt mich an weitere Ideen einzureichen	<input type="radio"/>				
Meine Leistung wird dank dem Wissensanreizsystem fairer bewertet und belohnt	<input type="radio"/>				
Wenn ich keine oder zu wenige Ideen einreiche, entsteht für mich ein Nachteil oder Schaden	<input type="radio"/>				
Der Einsatz einer digitalen Eingabemöglichkeit löst bei mir mehr Widerstand als Begeisterung aus	<input type="radio"/>				
Der Einsatz des Wissensanreizsystems führt zu monotonen Aufgaben	<input type="radio"/>				
Die Verwendung des Wissensanreizsystems macht mich unsicher, da ich nicht weiß wie mit meinen Daten umgegangen wird	<input type="radio"/>				

11. Der Einsatz von folgenden Anzeilelementen motiviert mich (am meisten: ganz oben platzieren ... am wenigsten: ganz unten platzieren): *

Belohnungen

Bestenlisten

Fortschrittsbalken

Wissenspunkten

12. Gesamtbewertung: *

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Im Allgemeinen finde ich den Einsatz des Wissensanreizsystems: Feedback, Belohnungen und Bewertungstransparenz vorteilhafter als die digitale Wissensangabe der Runde 2	<input type="radio"/>				

13. Folgende Elemente haben mir beim Wissensanreizsystem gut gefallen:

Ihre Antwort eingeben

14. Folgende Elemente haben mir beim Wissensanreizsystem nicht gefallen:

Ihre Antwort eingeben

15. Folgende Elemente sind besser in der papiergebundenen oder der Mischform als im Wissensanreizsystem gestaltet:

Ihre Antwort eingeben

16. Abschließende Bewertung: *

	Trifft zu	Trifft eher zu	Teils-teils	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
Das Wissensanreizsystem soll meiner Meinung nach künftig auf alle Produktionsbereiche ausgeweitet werden	<input type="radio"/>				

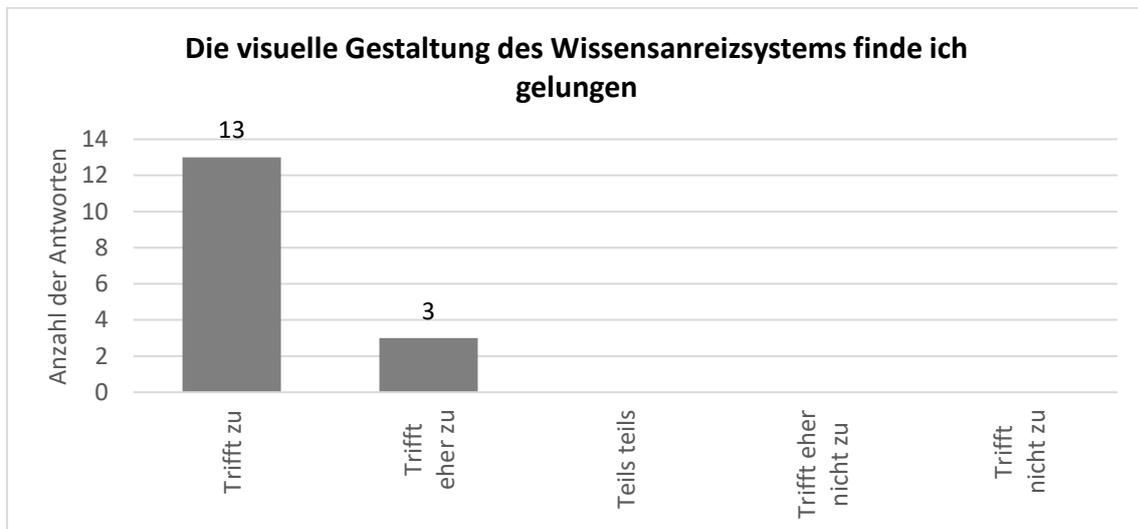
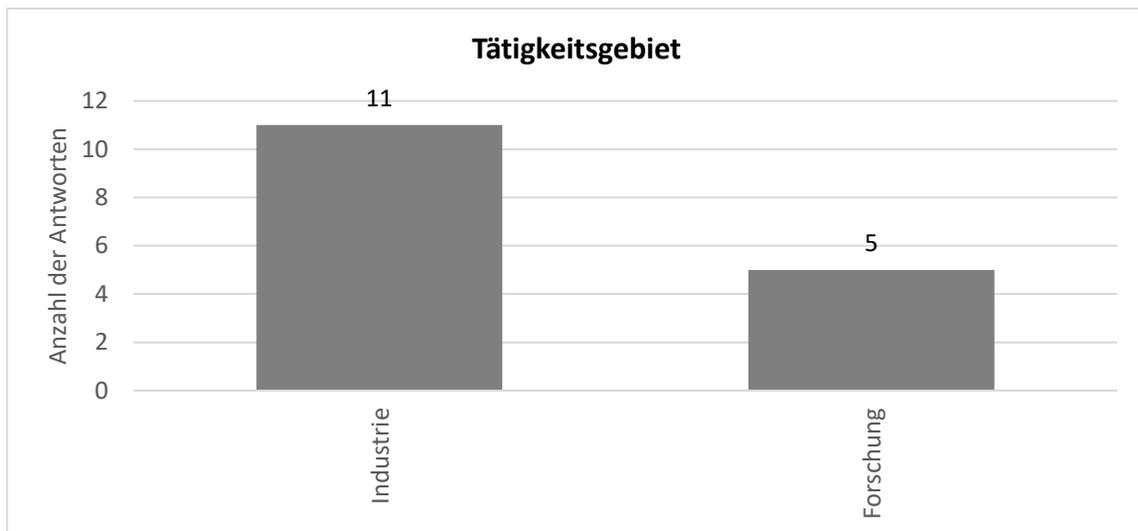
17. Sonstige Anregungen oder Vorschläge:

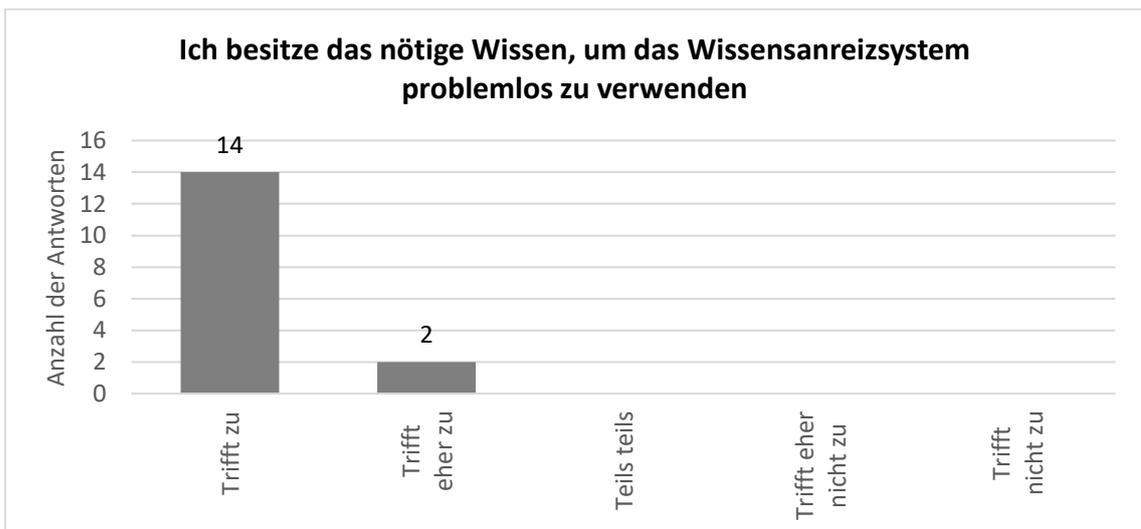
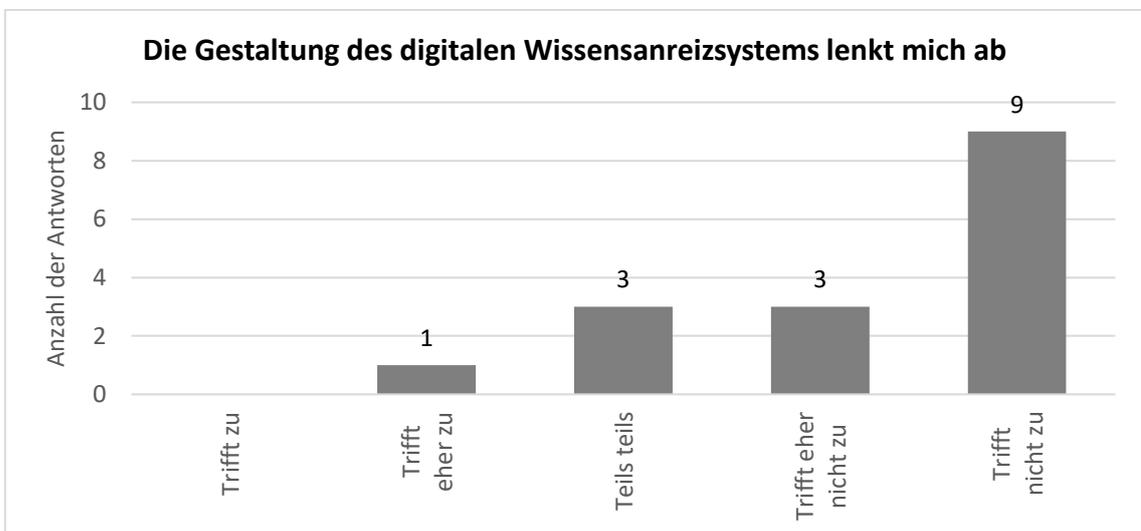
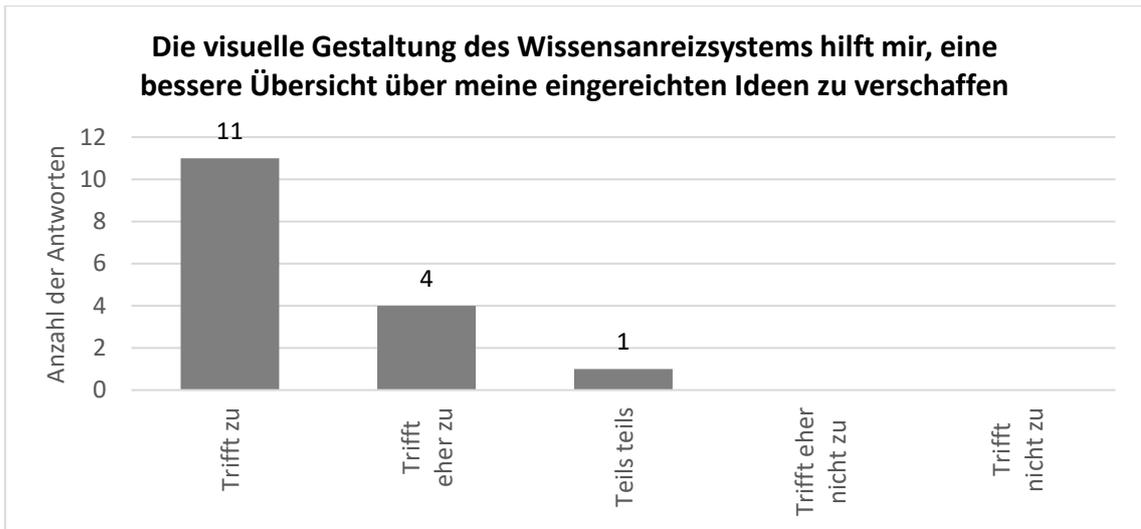
Ihre Antwort eingeben

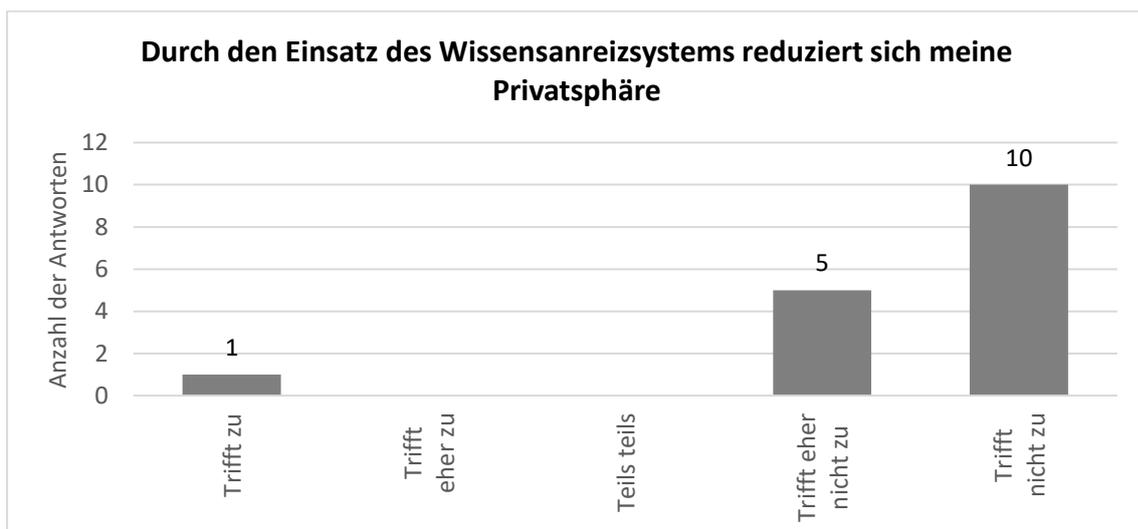
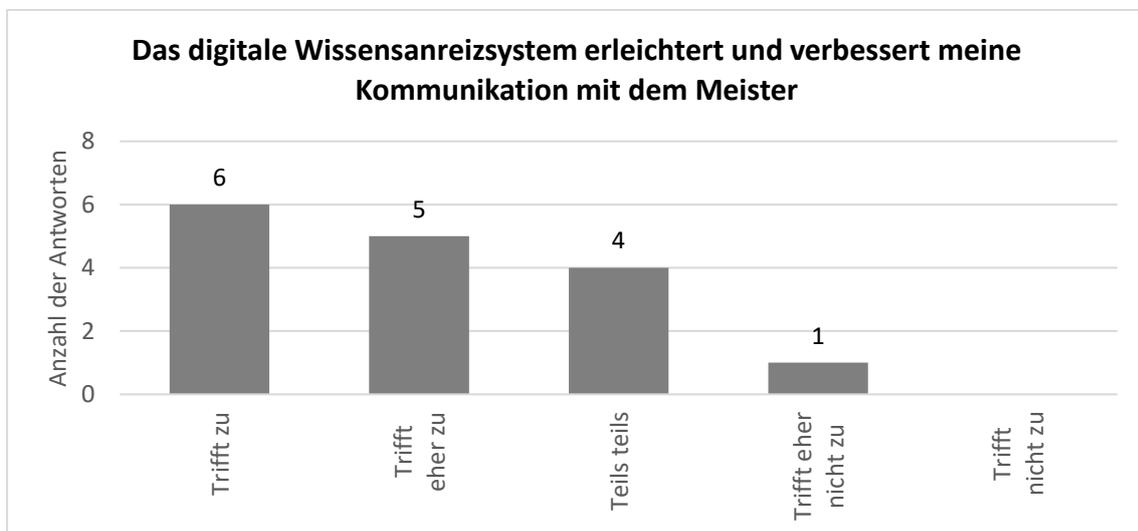
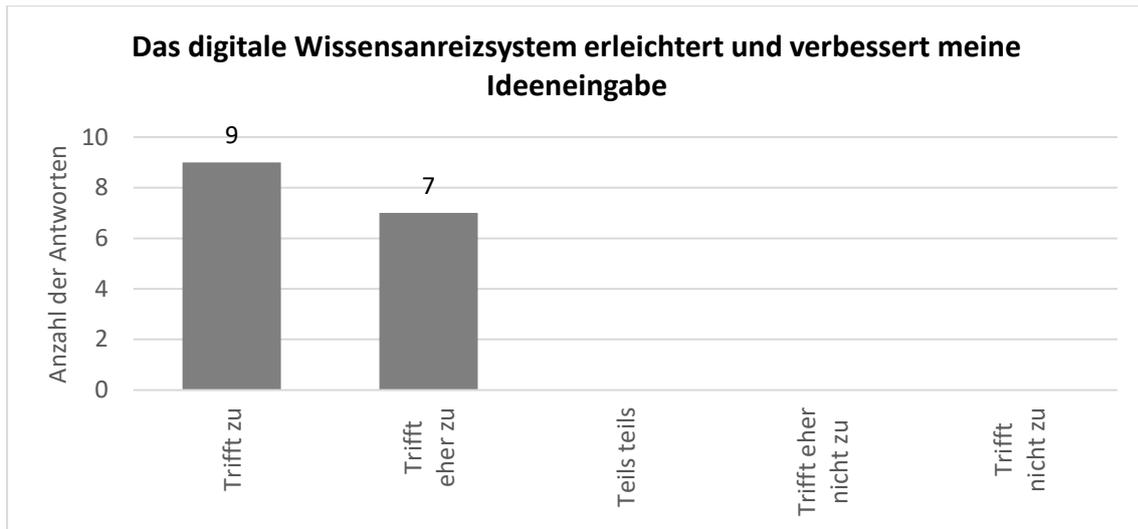
11.2 Ergebnisse der qualitativen Validierung

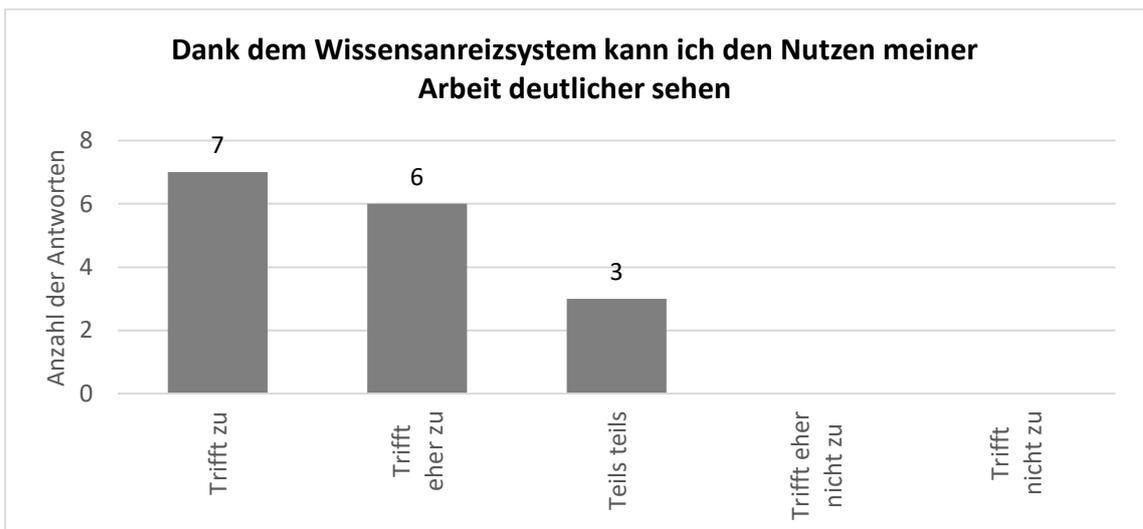
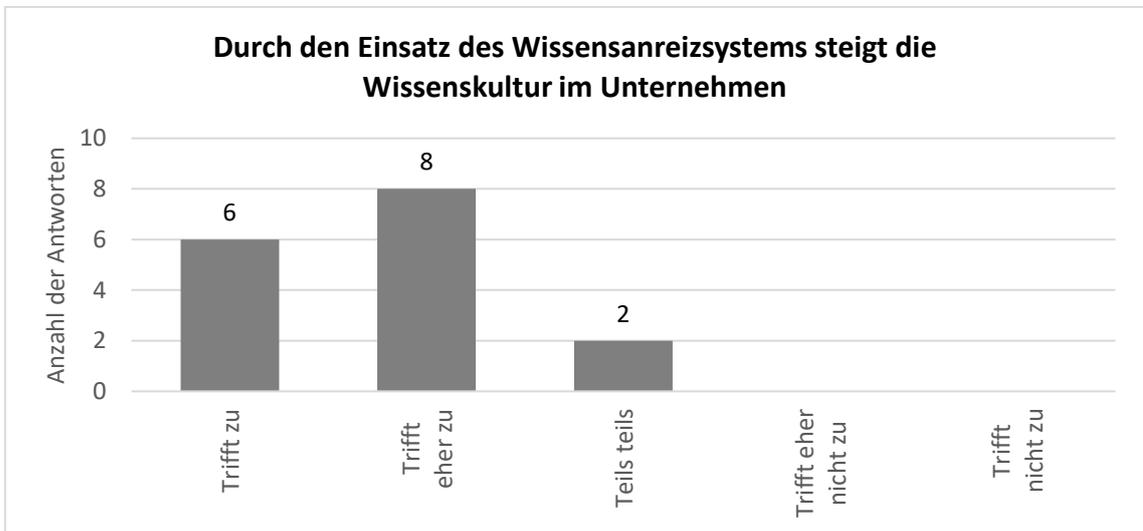
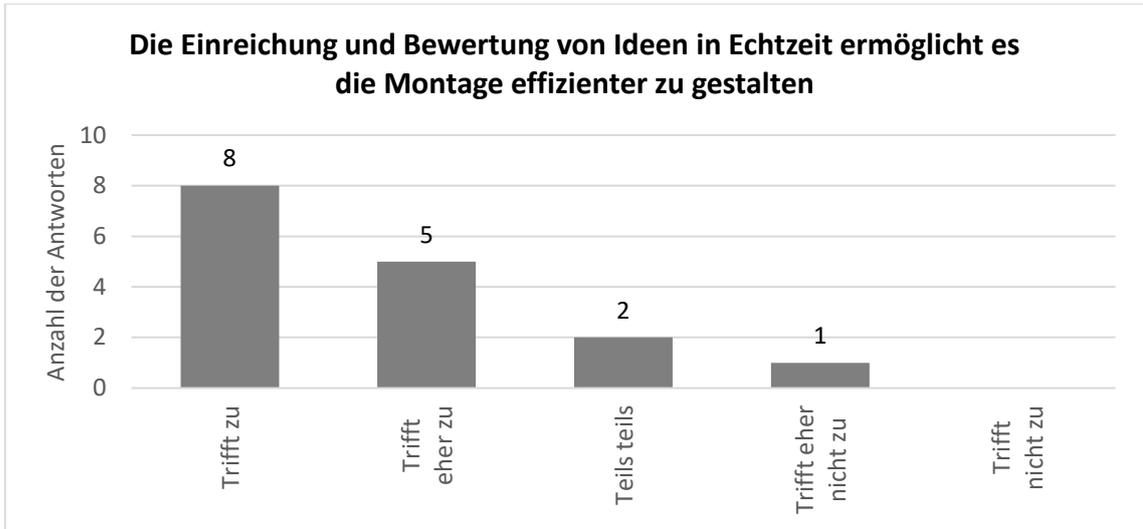
Im Folgenden werden die im Rahmen der qualitativen Validierung aufgenommenen Daten dargestellt (ergänzend zu den Abschnitten 8.3.3 und 8.3.5). An der Validierung haben 16 Probanden teilgenommen.

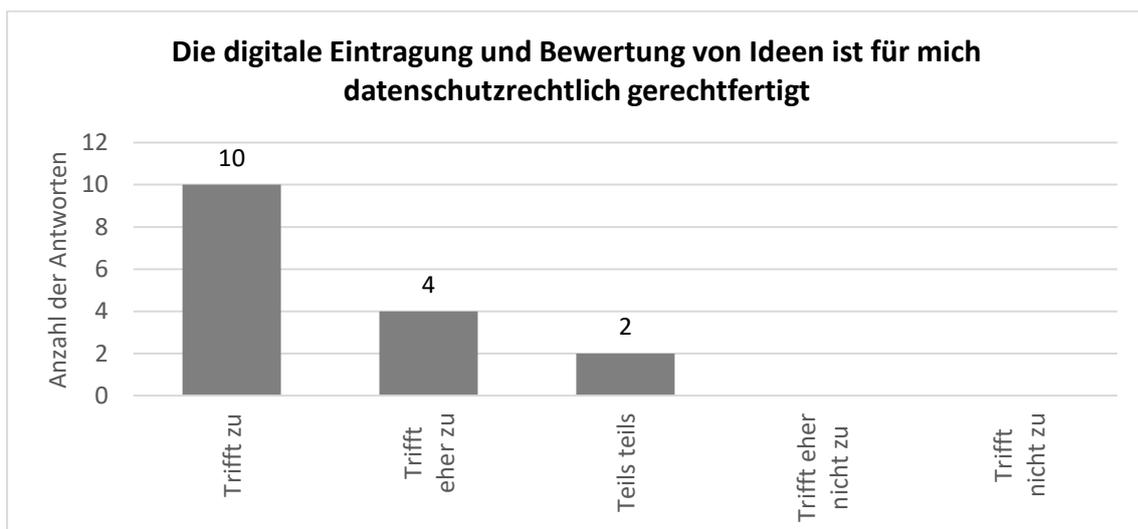
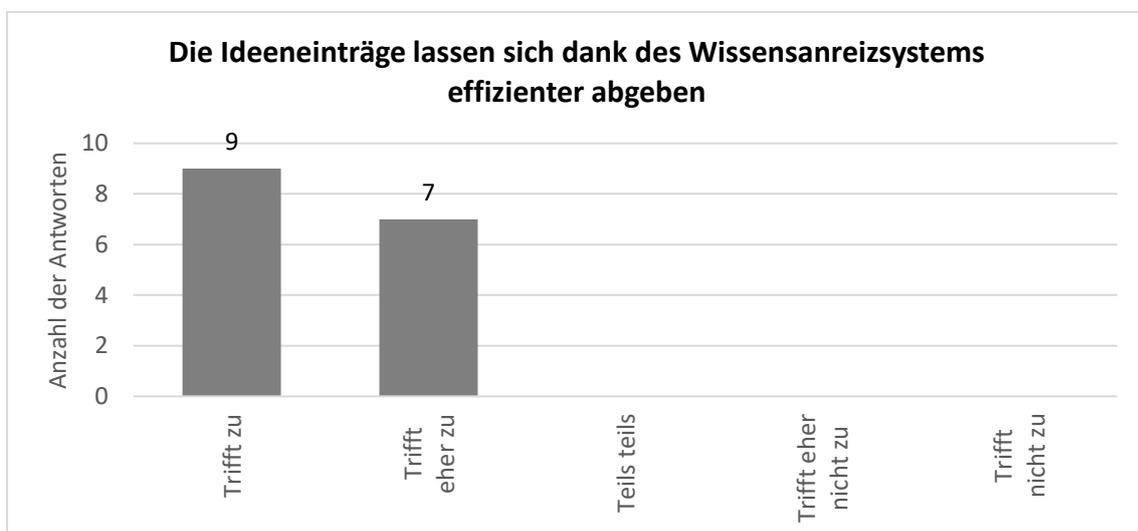
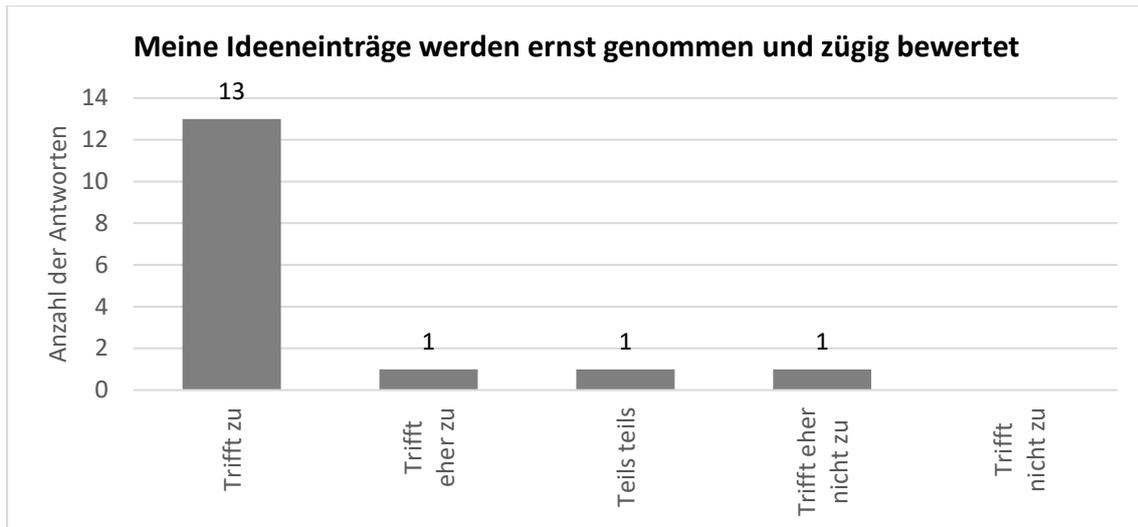
Auswertung der geschlossenen Fragestellungen:

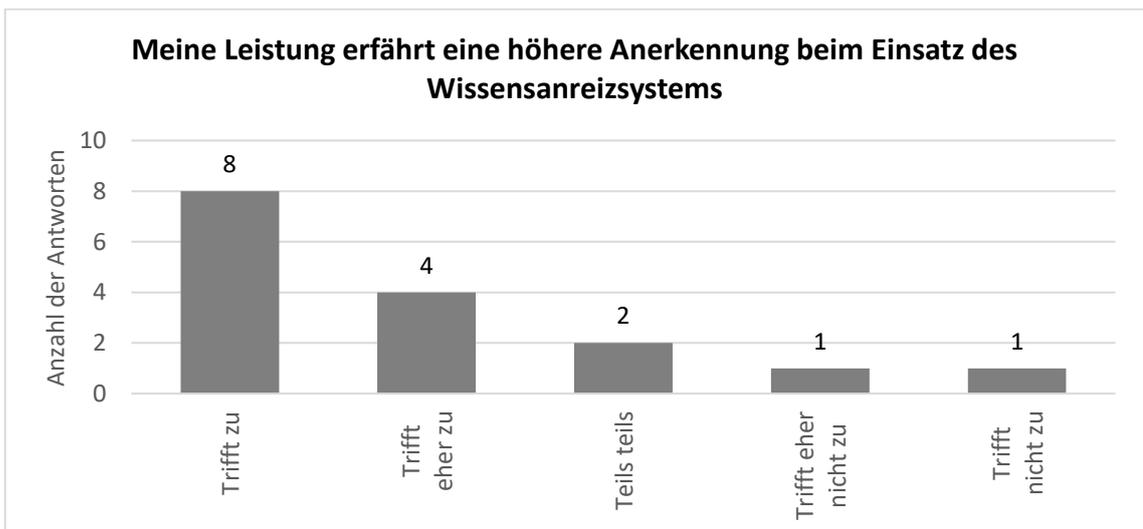
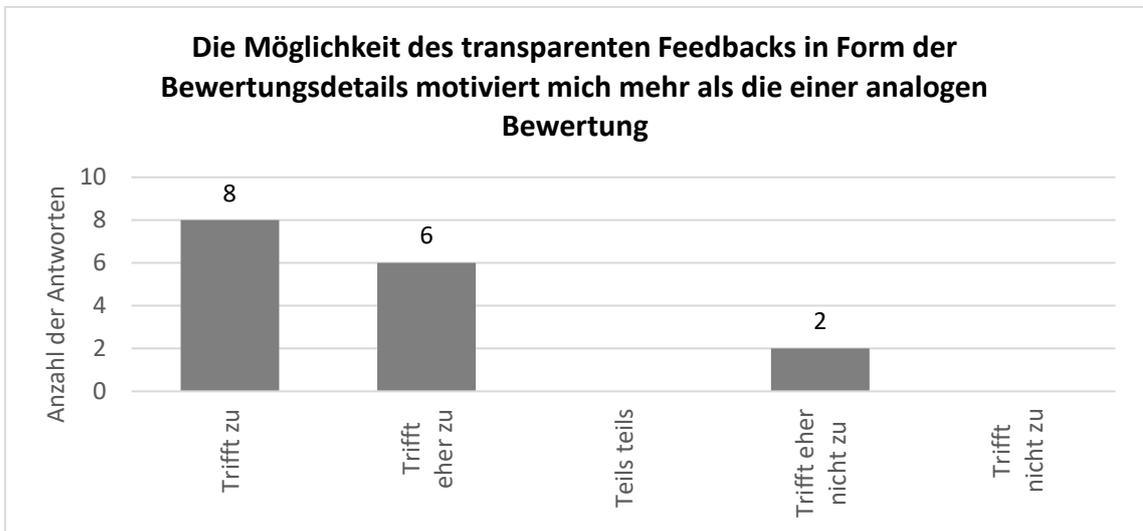
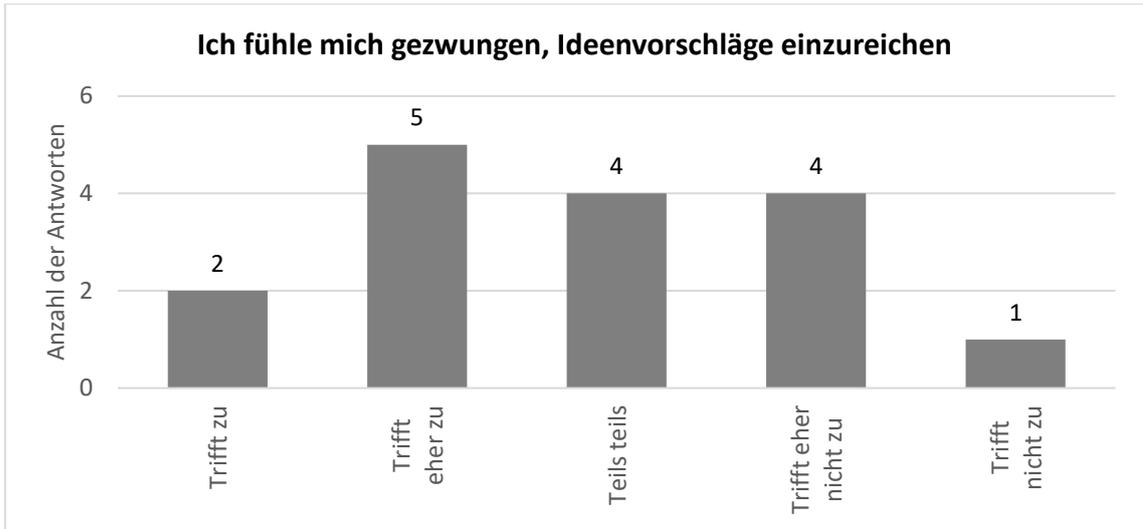


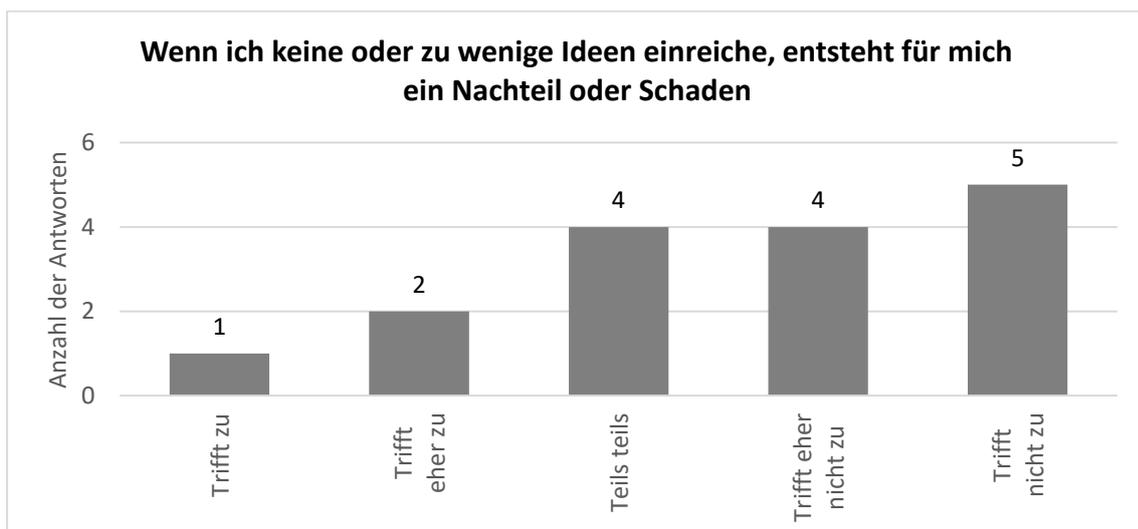
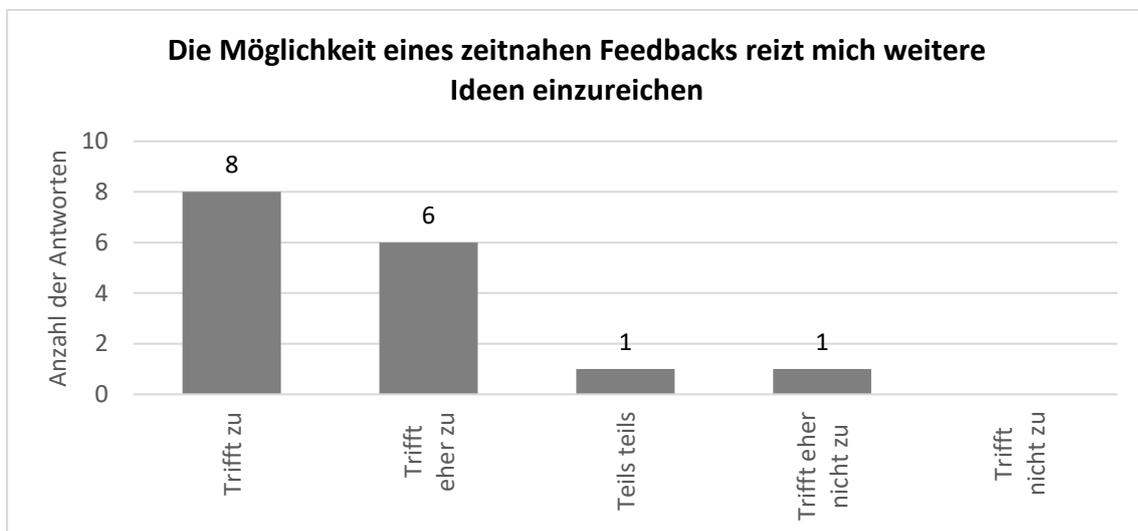
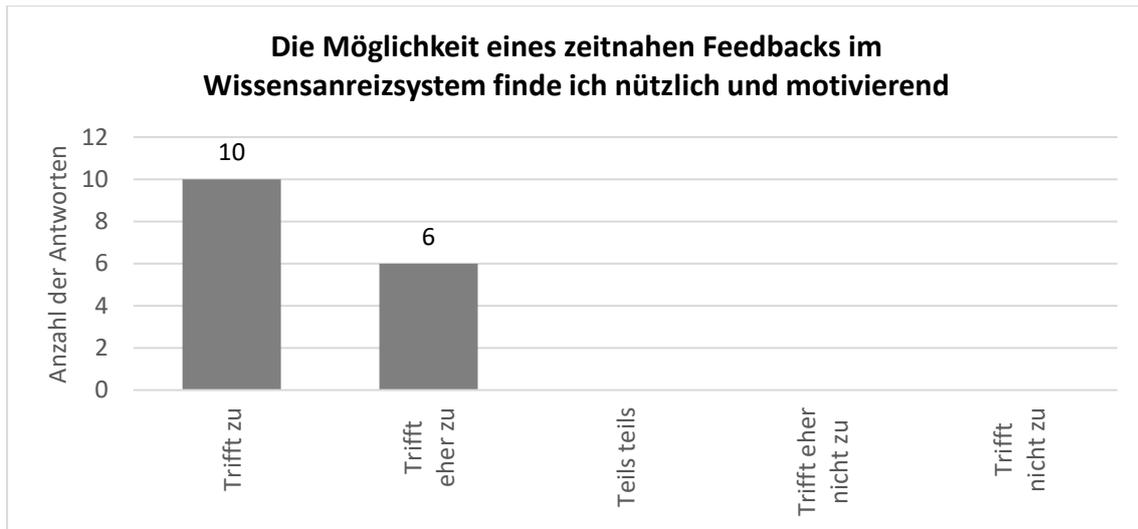


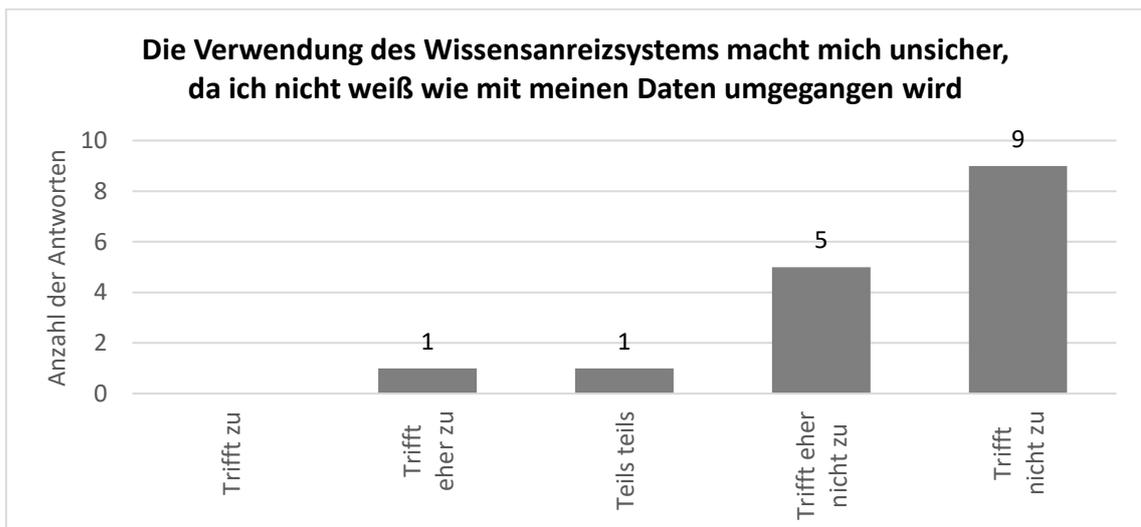
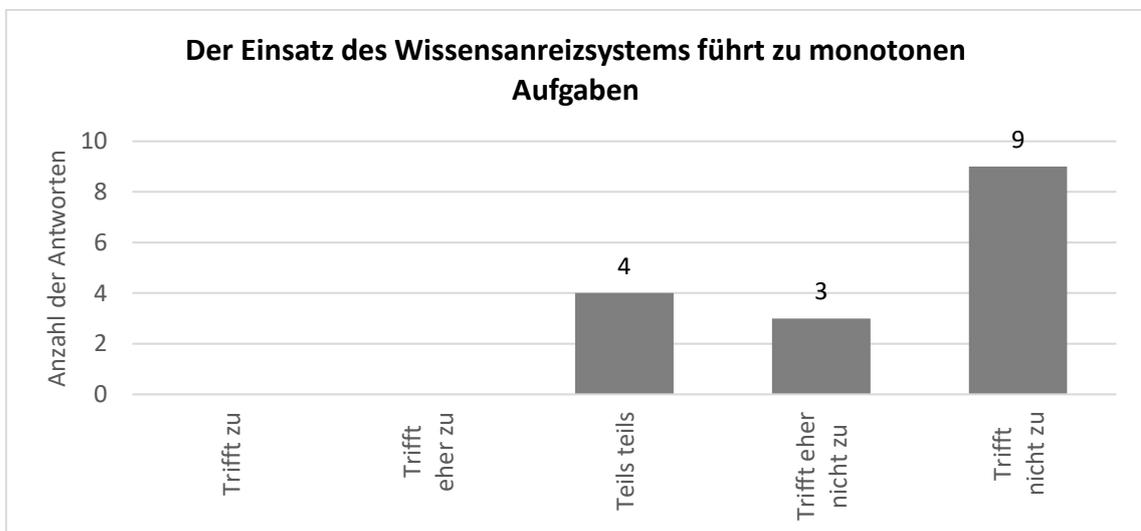
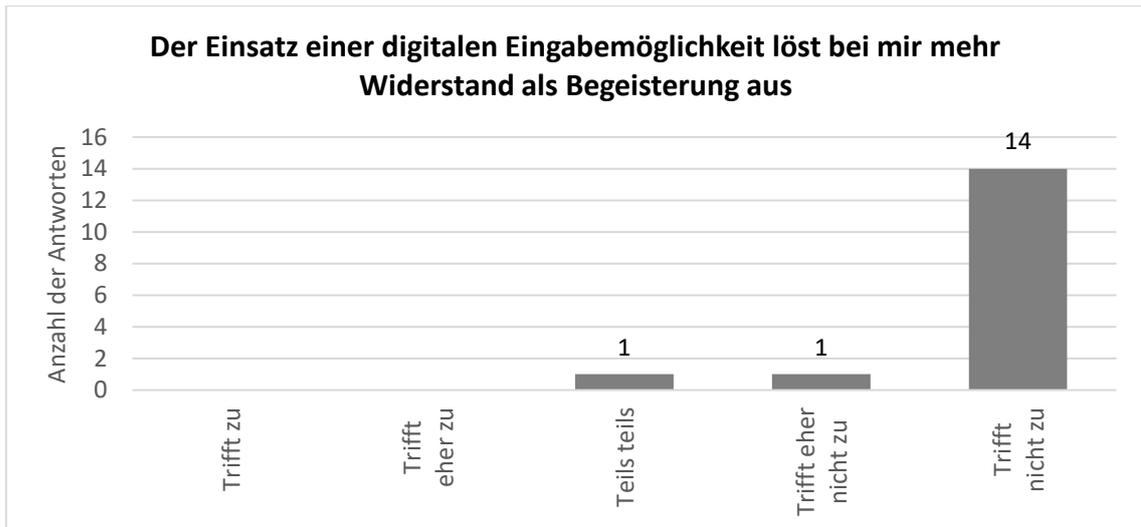


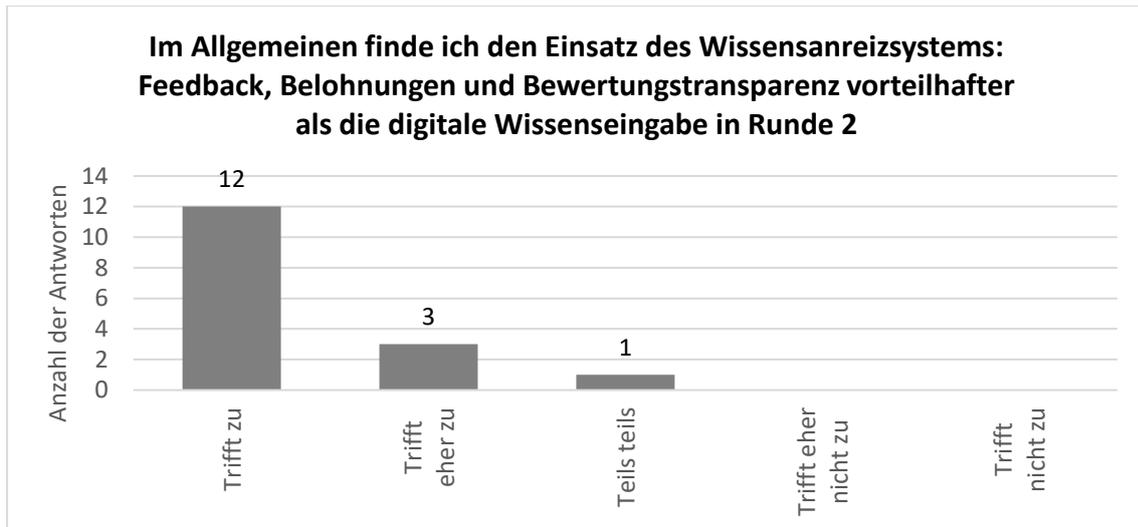












Auswertung der offenen Fragestellungen:

Folgende Elemente oder Funktionen lenken mich ab	
Proband 1	Keine
Proband 2	-
Proband 3	Nicht genügend Materialien Verfügbar
Proband 4	Quittierung, dass die Idee eingereicht wurde -> lieber Timer, der nach 5 Sekunden zurück auf die Hauptseite führt
Proband 5	Anklicken / Durchklicken der Ergebnisse hält von der eigentlichen Tätigkeit ab
Proband 6	Bestenliste ist vermutlich nicht zulässig; Die qualitative Einstufung / Bewertung der Vorschläge finde ich gut
Proband 7	-
Proband 8	-
Proband 9	-
Proband 10	Keine
Proband 11	-
Proband 12	-
Proband 13	-
Proband 14	Entscheidung operative Arbeit oder Ideeneinreichung wichtiger
Proband 15	-
Proband 16	-
Folgende software-ergonomische Aspekte würde ich verbessern	
Proband 1	Bildschirm und Tisch höhenverstellbar
Proband 2	-
Proband 3	Tischhöhe / Platz am Arbeitsplatz
Proband 4	Höhenverstellbarkeit der Tablets
Proband 5	Ergonomie im Sinne vom Arbeitsplatz: Anbringungshöhe des Tablets, Tastatur zum einfacheren Tippen

Proband 6	Regalböden schwenkbar und kippbar plus höhenverstellbarer Arbeitstisch
Proband 7	-
Proband 8	-
Proband 9	-
Proband 10	Spracheingabe einführen
Proband 11	-
Proband 12	Scanner links für Logistiker lassen und zusätzlich für den Arbeiter einen weiteren rechts einbauen
Proband 13	Stärkeres visuelles und ergonomisches Signal
Proband 14	Manuelle Drehung Schraubendreher, Standzeiten am Arbeitsplatz
Proband 15	-
Proband 16	Für den Meister: Übersicht wie viel Punkte Shopfloormitarbeiter haben
Folgende Funktionen könnten verbessert werden	
Proband 1	Statt einer Skala, Zahlen verwenden
Proband 2	-
Proband 3	Gegebenenfalls wäre es hilfreich, wenn man neben Texteingaben auch auf dem Tablet „malen“ kann
Proband 4	-
Proband 5	-
Proband 6	-
Proband 7	-
Proband 8	-
Proband 9	-
Proband 10	Spracheingabe einführen; Feedback für Meister
Proband 11	-
Proband 12	Call-Button für Meister und einen weiteren Logistiker
Proband 13	Vibration bei Smartwatch
Proband 14	-
Proband 15	Übersicht, wenn ein Mitarbeiter eine bestimmte Punktzahl erreicht hat und welcher Arbeitsplatz einen Preis bekommt
Proband 16	Übersicht für Meister fehlt
Der Einsatz von folgenden Anzeilelementen motiviert mich	Hohe Motivationsfähigkeit <-> Geringe Motivationsfähigkeit
Proband 1	Belohnungen; Bestenlisten; Wissenspunkte; Fortschrittsbalken
Proband 2	Belohnungen; Bestenlisten; Fortschrittsbalken; Wissenspunkte
Proband 3	Wissenspunkte; Belohnungen; Bestenlisten; Fortschrittsbalken
Proband 4	Belohnungen; Bestenlisten; Fortschrittsbalken; Wissenspunkte
Proband 5	Belohnungen; Bestenlisten; Wissenspunkte; Fortschrittsbalken
Proband 6	Belohnungen; Bestenlisten; Fortschrittsbalken; Wissenspunkte

Anhang

Proband 7	Wissenspunkte; Belohnungen; Bestenlisten; Fortschrittsbalken
Proband 8	Belohnungen; Bestenlisten; Fortschrittsbalken; Wissenspunkte
Proband 9	Belohnungen; Fortschrittsbalken; Bestenlisten; Wissenspunkte
Proband 10	Belohnungen; Wissenspunkte; Bestenlisten; Fortschrittsbalken
Proband 11	Fortschrittsbalken; Belohnungen; Wissenspunkte; Bestenlisten
Proband 12	Belohnungen; Bestenlisten; Fortschrittsbalken; Wissenspunkte
Proband 13	Bestenlisten; Belohnungen; Wissenspunkte; Fortschrittsbalken
Proband 14	Belohnungen; Fortschrittsbalken; Bestenlisten; Wissenspunkte
Proband 15	-
Proband 16	-
Folgende Elemente haben mir beim Wissensanreizsystem gut gefallen	
Proband 1	Darstellung der Parameter, die für die Bewertung herangezogen werden
Proband 2	-
Proband 3	-
Proband 4	Schnelles Feedback; Punktebewertung
Proband 5	Graphische Darstellung der Ergebnisse
Proband 6	Direkte Eingabe wenn die Idee aufkommt; Unkompliziert, einfach gut
Proband 7	-
Proband 8	Schnelle Bearbeitung
Proband 9	Design und Feedbackmöglichkeiten
Proband 10	Einfache Eingabe
Proband 11	-
Proband 12	Belohnung
Proband 13	-
Proband 14	-
Proband 15	-
Proband 16	-
Folgende Elemente haben mir beim Wissensanreizsystem nicht gefallen	
Proband 1	-
Proband 2	-
Proband 3	-
Proband 4	Eigentlich keine
Proband 5	Bewertung versteckt und nicht auf den ersten Blick sichtbar
Proband 6	-
Proband 7	-

Proband 8	-
Proband 9	-
Proband 10	-
Proband 11	-
Proband 12	Wettbewerbsgedanke
Proband 13	-
Proband 14	-
Proband 15	-
Proband 16	-
Folgende Elemente sind besser in der papiergebundenen oder der digitalen Runde als im Wissensanreizsystem gestaltet	
Proband 1	-
Proband 2	-
Proband 3	Wenn man zeichnen möchte; Der Dialog hat gefehlt
Proband 4	Keine
Proband 5	-
Proband 6	-
Proband 7	-
Proband 8	Anonymität
Proband 9	-
Proband 10	-
Proband 11	-
Proband 12	Nichts
Proband 13	Keine
Proband 14	-
Proband 15	-
Proband 16	-
Sonstige Anregungen	Keine Einträge

11.3 Verzeichnis betreuter Studienarbeiten

Der Autor der vorliegenden Dissertation hat in den Jahren 2018 bis 2021 unter wesentlicher wissenschaftlicher, fachlicher und inhaltlicher Anleitung die im Folgenden aufgelisteten studentischen Arbeiten betreut. Die im Rahmen dieser Arbeiten entstandenen Ergebnisse sind teilweise in das vorliegende Dokument eingeflossen, weshalb sich der Autor bei allen Studierenden für ihre Tätigkeiten bedankt:

- *Lorenz Kraus*: Konzeptionierung und Aufbau eines Demonstrators für digitale Assistenzsysteme in der stationären manuellen Montage. 02.07.2018 - 22.10.2018, Universität Augsburg
- *Florian Hechtl*: Klassifikation von Gamification-Ansätzen für digitale Assistenzsysteme in der manuellen Montage sowie Entwicklung einer prototypischen Anwendung. 01.11.2018 - 26.03.2019, Technische Universität München
- *Selina Maheswaran*: Gamification in der manuellen Montage. 05.11.2018 - 01.05.2019, Technische Universität Kaiserslautern
- *Son Phung*: Gamification in der manuellen Montage – Konzeptentwicklung und prototypische Anwendung. 03.12.2018 - 14.03.2019, Hochschule Kempten
- *Markus Häfele*: Konzept für ein System zur Anzeige von Leistungskennzahlen in einer manuellen Montage. 15.01.2019 - 27.06.2019, Hochschule Kempten
- *Franz Greiter*: Wirtschaftlichkeitsuntersuchung eines Anreizsystems zur Mitarbeitermotivation in der manuellen Montage. 01.02.2019 - 01.08.2019, Technische Universität München
- *Alexander Georg Cavallar*: Untersuchung relevanter Softwaresysteme und deren Vernetzung für den Einsatz eines Anreizsystems in der Montage sowie eine prototypische Umsetzung. 25.02.2019 - 25.09.2019, Technische Universität München
- *Teresa Sofie Schick*: Untersuchung des aktuellen Wissensmanagements in der manuellen Montage und Weiterentwicklung unter Berücksichtigung von Anreiz- und kognitiven Assistenzsystemen. 29.04.2019 - 29.10.2019, Technische Universität München
- *Alexander Spitzer*: Entwicklung und Erprobung einer Methode zur Akzeptanzuntersuchung kognitiver Assistenzsysteme in der manuellen Montage. 01.02.2019 - 20.07.2019, Westsächsische Hochschule Zwickau

- *Johannes Schenk*: Development of a Method for Classification and Selection of Suitable Game Elements for Diverse Production Environments. 01.10.2019 - 31.03.2020, Hochschule Darmstadt
- *Franz Greiter*: Untersuchung aktueller Anreizsysteme in industriellen Unternehmen sowie Auswahl und Weiterentwicklung eines Ansatzes für die manuelle Montage unter Berücksichtigung der Digitalisierung und des Arbeitsrechts. 20.12.2019 - 20.07.2020, Technische Universität München
- *Markus Geiger*: Entwicklung einer Methode zur Auswahl kognitiver visueller Assistenzsystemtechnologien und zugehöriger Anreizsysteme am Beispiel einer manuellen Montage. 29.07.2020 - 29.01.2021, Hochschule Augsburg
- *Alexander Georg Cavallar*: Entwicklung eines Evaluierungsprozesses für ein Anreizsystem in der manuellen Montage. 10.10.2020 - 20.04.2021, Technische Universität München
- *Elina Izzo*: Development of a digital knowledge incentive system and subsequent implementation in the framework of the learning factory for networked production. 24.01.2021 - 24.07.2021, Hochschule München / EPF École d'ingénieurs