



**BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL**

Entwicklung eines zielgerichteten Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus [FusLa]

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors

in der

Fakultät 7 – Maschinenbau und Sicherheitstechnik

am

Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität

der

Bergischen Universität Wuppertal

vorgelegt von

Marius Heinrichsmeyer

aus 42109 Wuppertal

Wuppertal, den 2. Juli 2020

1. **Gutachter:** Prof. Dr.-Ing. habil. Petra Winzer (Bergische Universität Wuppertal)
2. **Gutachter:** Prof. Dr.-Ing. Arun Nagarajah (Universität Duisburg-Essen)
3. **Gutachter:** PD Dr.-Ing. habil. Nadine Schlüter (Bergische Universität Wuppertal)

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20200703-112044-4

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20200703-112044-4>]

DOI: 10.25926/xg65-jg50

[<https://doi.org/10.25926/xg65-jg50>]

*„First step in solving any problem
is recognizing there is one!”*

[Sorkin 2013]

Erklärung

Hiermit versichere ich, Marius Heinrichsmeyer, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel „**Entwicklung eines zielgerichteten Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus [FusLa] in der Produktion einer Organisation auf Basis von berechtigten Produktreklamationsinformationen von Kunden aus der Nutzung eines Produktsystems**“ selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe an der Fakultät 7 für Maschinenbau und Sicherheitstechnik am Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität der Bergischen Universität Wuppertal erbracht habe.

Ich habe bei der Abfassung der Arbeit nur die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen als solche gekennzeichnet. Diese Ausarbeitung hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ich bestätige hiermit, dass dies mein erstes Promotionsverfahren ist, dass es keine erfolglosen, zurückliegenden Promotionsversuche gibt und dass keine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades vorliegt. Mir ist bewusst, dass mit dieser Erklärung eine Entbindung der Schweigepflicht der betreffenden Hochschule gegenüber dem Promotionsausschuss der Fakultät 7 für Maschinenbau und Sicherheitstechnik der Bergischen Universität Wuppertal erfolgt.

Lediglich zur Vereinfachung der Lesbarkeit finden sich in den Kapiteln dieser Ausarbeitung ausschließlich die männlichen Bezeichnungen. Selbstverständlich ist ihre Ausrichtung in jedem Fall geschlechtsunabhängig zu betrachten.

Ort, Datum

Wuppertal, 2. Juli 2020

Unterschrift

Marius Heinrichsmeyer

Zusammenfassung

Der Umgang mit Reklamationen stellt Unternehmen, aufgrund einer fortwährend ansteigenden Komplexität von Produktions- / Produktsystemen und zunehmenden Auftretswahrscheinlichkeit von Fehlern, vor wachsende Herausforderungen. Vor allem im Hinblick auf eine zielorientierte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung kann, bedingt durch enorme Mengen an Informationen, eine weitreichende Problemstellung identifiziert werden. Verstärkt werden diese Herausforderungen durch das Fehlen geeigneter Ansätze zum Umgang mit Reklamationen. Derzeit angewandte Ansätze setzen vielmehr auf eine manuelle Verarbeitung, welche auf dem Wissen einzelner Personen im Unternehmen beruht. Dies ist jedoch vor allem im Rahmen des vierten industriellen Wandels nicht mehr zeitgemäß und muss durch die Entwicklung neuer Ansätze kompensiert werden.

Um mit dieser Problemstellung umgehen zu können, beabsichtigt das Dissertationsvorhaben die Entwicklung eines zielgerichteten Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa). Mit Hilfe dessen soll es möglich sein, Reklamationsinformationen aus der Nutzungsphase zu verarbeiten und deren gesamtes Potential zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung in der Produktion auszuschöpfen. Zur Realisierung dessen wurden zu Beginn des Dissertationsvorhabens zunächst Anforderungen an den FusLa, auf Grundlage aktueller Ansätze der Wissenschaft und Technik, abgeleitet. Aufbauend auf diesen Anforderungen wurde ein theoretisches Konzept konstruiert und dieses in Visual Basic for Applications (VBA) praktisch umgesetzt. Im Ergebnis stand ein Algorithmus, welcher sich in insgesamt vier Prozesse, darunter die Informationssondierung, die Priorisierung, Fehlerursachenlokalisierung und Lösungsfindung, untergliederte. Mit Hilfe der einzelnen Prozesse sollten zunächst alle relevanten Reklamationsinformationen aus dem zur Verfügung stehenden Reklamationstext sondiert und zum Aufbau einer soliden Informationsgrundlage genutzt werden. Mit Hilfe dieser Informationsgrundlage galt es daran anschließend eine Priorität für die jeweilige Reklamation zu berechnen, welche nicht nur quantitativ und mehrdimensional, sondern auch objektiv ist. Weiterführend sollte eine zielorientierte Fehlerursachensuche in der Produktion erfolgen. Angedacht war dafür eine Schnittstelle des Algorithmus zum betroffenen, mit eDeCoDe-modellierten, Produktionssystem. Zuletzt sollten erkannte Fehlerursachen über geeignete Handlungshilfen zielorientiert und bedarfsgerecht eliminiert werden.

Zur Untersuchung der Einsatzfähigkeit des FusLa in der Industrie aber auch zur Herausstellung von Verbesserungspotentialen sowie Schwachstellen, wurde der Algorithmus anhand von zwei Industriebeispielen erprobt. Dazu wurden der Bereich der Stanz- und Umformtechnik sowie der Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung als Betrachtungsgegenstände gewählt. Während mit der ersten Validierung die Sinnhaftigkeit der Auswertung des Algorithmus hinterfragt wurde, konnte mit der zweiten Validierung der Einfluss unterschiedlicher Qualitäten von Reklamationstexten bewertet werden. Das Ergebnis der Validierungen zeigte, dass der Algorithmus großes Potential, sowohl im Umgang mit Reklamationsinformationen als auch in der Beherrschung der Komplexität von Produktionssystemen, birgt. Dennoch zeigten die Ergebnisse der Validierung auch, dass der Algorithmus vor allem im Hinblick auf eine geeignete Wahrscheinlichkeitsbewertung und Risikoeinschätzung weitere Forschungsschwerpunkte offenhält. Weiterführend verwies die Validierung auf den Bedarf einer automatisierten Modellierung von Produktionssystemen, um den Initialaufwand im Umgang mit dem Algorithmus zu verringern.

Abstract

Dealing with complaints poses new challenges for companies due to the growing complexity of production systems and thereby increasing probability of failures. Especially with regard to the goal-oriented failure cause searching and solution finding in the production system, a fundamental problem can be identified. These challenges come along with a lack of appropriate approaches to deal with complaints. Reasons for that are e.g. that current approaches rely on manual processing or are based on the knowledge of individuals in the company. However, this is no longer up to date in the context of the industrial revolution and must be compensated by the development of new approaches.

In order to deal with this problem, the thesis intended the development of a goal-oriented failure cause searching and solution finding algorithm (ger.: FusLa). With the algorithm, it should be possible to process complaint information from the usage phase to exploit their entire potential for the failure-cause searching and solution finding in the production system. In order to realize this, requirements for the FusLa were derived from current approaches of science and industry. Based on those requirements, a theoretical concept was constructed and programmed in Visual Basic for Applications (VBA). The result was an algorithm that has a total of four processes, including information probing, prioritization, failure cause localization, and solution finding. With the help of the processes, all relevant complaint information should first be probed out from the available complaint text and then be used to build up a solid information base. With the help of these information, the algorithm calculates a priority for the respective complaint, which is not only quantitative and multidimensional but also mostly objective. In addition, a goal-oriented failure cause localization in the production system was carried out. Therefore, an interface between the algorithm and the eDeCoDe-modeled production system has been created. Finally, recognized causes of failures should be eliminated in a goal-oriented and needs-based manner via suitable actions.

In order to investigate the applicability of the FusLa in the industry but also to highlight potential for improvement and weak points, the algorithm was tested based on two industrial examples. For this purpose, both the area of stamping and forming technology as well as the field of precision machining and cold forming were selected. While the evaluation of the algorithm was questioned with the first validation, the second validation evaluated the influence of different qualities of complaint texts. The result of the validation showed that the algorithm has enormous potential in dealing with complaint information and mastering the complexity of production systems. Nevertheless, the results of the validation also showed that the algorithm, in particular with regard to an appropriate probability and risk assessment, shows further research priorities. Furthermore, the validation pointed out the need for an automated modeling of production systems to reduce the initial effort in using the algorithm.

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität der Fakultät 7 für Maschinenbau und Sicherheitstechnik der Bergischen Universität Wuppertal. In diesem Zeitraum hatte ich nicht nur die Möglichkeit, mich fachlich im Bereich des Qualitätsingenieurwesens weiterzubilden, sondern vielmehr die einmalige Chance, außergewöhnliche Persönlichkeiten kennenlernen zu dürfen. Zu nennen ist dabei zu allererst meine Doktormutter Frau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Petra Winzer, welche mir zu jedem Zeitpunkt vollstes Vertrauen schenkte, mich moralisch unterstützte und mir stets den richtigen Weg wies. Besonders bemerkenswert und faszinierend fand ich dabei ihren Enthusiasmus, immer noch einen Schritt weiter zu gehen und sich niemals unterkriegen zu lassen. Neben Frau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Petra Winzer hatte auch Frau Dr.-Ing. habil. Nadine Schlüter einen maßgeblichen Einfluss auf das gesamte Dissertationsvorhaben. Nicht nur, dass sie jederzeit für konstruktive Diskussionen und neue Anregungen zur Verfügung stand, auch ihre Hilfsbereitschaft trug zum Erfolg des Dissertationsvorhabens bei. Ebenfalls bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Arun Nagarajah der Universität Duisburg-Essen, welcher mich als Zweitgutachter betreute und das Dissertationsvorhaben entscheidend durch sachliche Kritik vorantrieb.

Des Weiteren ist auch dem Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität mein aufrichtigster Dank auszusprechen. Dem Team gebührt mein vollster Respekt. Das, was wir in den vergangenen Jahren erreicht haben, hätte so wohl kaum jemand für möglich gehalten. Nicht nur zahlreiche Erfolge zieren diese Zeit, auch gute Freundschaften haben sich daraus entwickelt. Ich danke euch allen, dass ihr mich nicht nur beim Dissertationsvorhaben unterstützt, sondern vor allem zur angenehmen und amüsanten Arbeitsatmosphäre beigetragen habt.

Neben den bereits genannten Personen möchte ich mich an dieser Stelle auch besonders bei den Verantwortlichen und Ansprechpartnern der Unternehmen, welche sich zur Validierung des FusLa bereiterklärt haben, bedanken. Es ist nicht selbstverständlich, dass sie sich so viel Zeit genommen haben, um mich zu unterstützen. Ich weiß dies sehr zu schätzen und bin stolz, dass sie mir so viel Vertrauen entgegengebracht und mir jederzeit geholfen haben.

Nicht zuletzt gebührt mein Dank all denjenigen, welche mich auf meinem zwei Jahre andauernden Weg begleitet und aufgebaut haben. Dazu zählen vor allem meine Freunde, welche das ein oder andere Mal meine Launen haben ertragen müssen, jedoch weiterhin an meiner Seite stehen.

Als besonderen Abschluss möchte ich mich von Herzen bei meinen Eltern Astrid Heinrichsmeyer, Robert Heinrichsmeyer, meinem Bruder Florian Heinrichsmeyer und meiner Freundin Kim Wegener bedanken. Ihr habt mir die Kraft, die Unterstützung und den notwendigen Halt gegeben, sowohl die Hochs als auch die Tiefs der Dissertation durchzustehen und habt niemals an mir gezweifelt. Ich widme diese Dissertation jedoch besonders meinem Vater Robert Heinrichsmeyer († 2016), welcher ebenfalls den Traum hatte, irgendwann einmal zu promovieren, dies jedoch nicht mehr realisieren konnte.

Wuppertal, den 2. Juli 2020

Marius Heinrichsmeyer

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Anhangsverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XVIII
Fachvokabularverzeichnis	XX
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielbildung und Eingrenzung	7
1.3 Herangehensweise	10
2 Begrifflichkeiten und theoretische Grundlagen	12
2.1 Algorithmen	12
2.1.1 Ansätze zur Definition des Begriffs Algorithmus	13
2.1.2 Definition des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa)	14
2.2 Unterscheidung der Begrifflichkeiten Beschwerde und Reklamation	16
2.2.1 Verständnis aus der Wissenschaft und Industrie	17
2.2.2 Definition von Beschwerde und Reklamation	17
2.3 Systeme	18
2.3.1 Definition des Begriffs System	18
2.3.2 Auswahl eines Ansatzes zur Beschreibung komplexer Systeme	20
2.3.3 Beschreibung von komplexen Systemmodellen mittels DeCoDe	20
3 Stand der Wissenschaft und Technik	24
3.1 Wissenschaft	24
3.1.1 Wissenschaftliche Informationssondierung von Reklamationsinformationen	25
3.1.2 Wissenschaftliche Priorisierung von Reklamationen	27
3.1.3 Wissenschaftliche Fehlerursachenlokalisierung	29
3.1.4 Wissenschaftliche Lösungsfindung für Fehlerursachen	29
3.1.5 Schwerpunktübergreifende Ansätze	34
3.2 Technik	35
3.2.1 Technische Informationssondierung von Reklamationsinformationen	36
3.2.2 Technische Priorisierung von Reklamationen	36
3.2.3 Technische Fehlerursachenlokalisierung	37
3.2.4 Technische Lösungsfindung für Fehlerursachen	38
3.2.5 Methode des 8D-Reports	39

3.2.5.1	Verfahren	39
3.2.5.2	Vor- und Nachteile	40
3.2.6	Zukunftsorientierte Ansätze	41
4	Zwischenfazit	45
4.1	Bedarf eines Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus	45
4.2	Anforderungen an den Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa)	45
4.2.1	Grundlegende Anforderungen	46
4.2.2	Anforderungen an die Informationssondierung von Reklamationsinformationen	47
4.2.3	Anforderungen an die Priorisierung von Reklamationen	48
4.2.4	Anforderungen an die Fehlerursachenlokalisierung	48
4.2.5	Anforderungen an die Lösungsfindung für Fehlerursachen	49
5	Entwicklung des Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung	50
5.1	Entwicklung des theoretischen Konzepts des Algorithmus zur zielgerichteten Fehlerursachensuche und Lösungsfindung	50
5.1.1	Theoretische Informationssondierung von Reklamationsinformationen	54
5.1.2	Theoretische Priorisierung von Reklamationen	63
5.1.2.1	Ableitung von Dimensionen für die Priorisierung von Reklamationen	64
5.1.2.2	Normierung der Dimensionswerte	71
5.1.2.3	Dimensionsspezifische Gewichtung für die Dimensionen	72
5.1.2.4	Berechnung der Priorität einer Reklamation	73
5.1.3	Theoretische Fehlerursachenlokalisierung	76
5.1.4	Theoretische Lösungsfindung für Fehlerursachen	80
5.2	Programmierung des theoretischen Konzepts des Algorithmus zur zielgerichteten Fehlerursachensuche und Lösungsfindung	82
5.2.1	Programmierung der Informationssondierung von Reklamationsinformationen	82
5.2.2	Programmierung der Priorisierung von Reklamationen	87
5.2.3	Programmierung der Fehlerursachenlokalisierung	87
5.2.4	Programmierung der Lösungsfindung für Fehlerursachen	89
5.2.5	Überprüfung des Produktionssystemmodells	91
5.2.6	Hilfefenster zur Vermittlung eines einheitlichen Verständnisses	92
5.2.7	Bearbeitungsfenster zur Nutzung bestehenden Wissens	92

6	Validierung und Erprobung	93
6.1	Validierung 1: Industriebeispiel im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	94
6.1.1	Vorbereitung der Validierung.....	94
6.1.2	Informationssondierung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD.....	98
6.1.3	Priorisierung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD	103
6.1.4	Fehlerursachenlokalisierung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD	105
6.1.5	Lösungsfindung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD.....	107
6.1.6	Zusammenfassung der Erkenntnisse der ersten Validierung	110
6.2	Validierung 2: Industriebeispiel im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung	112
6.2.1	Vorbereitung der Validierung.....	112
6.2.2	Informationssondierung der Reklamation des Produktes SGW	114
6.2.3	Priorisierung der Reklamation des Produktes SGW	117
6.2.4	Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes SGW	118
6.2.5	Lösungsfindung der Reklamation des Produktes SGW	119
6.2.6	Zusammenfassung der Erkenntnisse der zweiten Validierung	122
6.3	Umsetzbarkeit der Verbesserungspotentiale im theoretischen Konzept	122
7	Ergebnisse des Dissertationsvorhabens	129
7.1	Bewertung der Anforderungen an den Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung.....	129
7.1.1	Grundlegende Anforderungen	130
7.1.2	Anforderungen an die Informationssondierung.....	132
7.1.3	Anforderungen an die Priorisierung	134
7.1.4	Anforderungen an die Fehlerursachenlokalisierung.....	134
7.1.5	Anforderungen an die Lösungsfindung	136
7.1.6	Anforderungsbewertung im Überblick	136
7.2	Fazit des Dissertationsvorhabens.....	137
7.3	Ausblick auf weitere Forschungsvorhaben und Forschungsschwerpunkte	140

8	Anhang	144
8.1	Anhang A: Einleitung	144
8.2	Anhang B: Begrifflichkeiten und theoretische Grundlagen	147
8.3	Anhang C: Stand der Wissenschaft und Technik	150
8.4	Anhang D: Entwicklung des Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung	156
8.5	Anhang E: Informationen des Industriebeispiels für Stanz- und Umformtechnik	185
8.6	Anhang F: Informationen des Industriebeispiels für Präzisionszerspanung & Kaltumformung	205
8.7	Anhang G: Ergebnisse des Dissertationsvorhabens	227
8.7.1	Anhang G1: Validierung 1	227
8.7.2	Anhang G2: Validierung 2	229
8.7.3	Anhang G3: Verbesserungspotentiale des Algorithmus	231
8.7.4	Anhang G4: Anforderungsbewertung	232
9	Literaturverzeichnis	234

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	BIP, preisbedingt, verkettet. Veränderung gegenüber dem Vorjahr in Prozent [Destatis 2018].....	1
Abbildung 2:	Prinzipdarstellung der Kausalkette der zu untersuchenden Dissertationsproblematik	2
Abbildung 3:	Prinzipdarstellung des Lösungskonzeptes inklusive der AS	11
Abbildung 4:	Prinzipdarstellung des Verständnisses des Systems in Anlehnung an [Haberfellner 2012].....	19
Abbildung 5:	Zusammenhang der eDeCoDe-Sichten nach [Nicklas 2016, S. 69]	21
Abbildung 6:	DSM auf Grundlage der Anforderungssicht in Anlehnung an [Hahn et al. 2013; Winzer 2016].....	22
Abbildung 7:	DMM auf Grundlage der Anforderungs- und Funktionssicht in Anlehnung an [Marx Gómez et al. 2013; Winzer 2016; Heinrichsmeyer et al. 2019f]	22
Abbildung 8:	Sichten des enhanced Demand Compliant Design in Anlehnung an [Nicklas 2016].....	23
Abbildung 9:	Multi-Domain-Graph auf Grundlage eines Produktionssystem-Beispiels „Fertigung von Wellen“ über Anforderungen (A), Prozesse (P), Inputs (I), Outputs (O), äußere Einflüsse (E), Funktionen (F), Komponenten (K) und Personen (Pe) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019a, S. 4]	23
Abbildung 10:	Grundgerüst für das theoretische Konzept des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa) [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	51
Abbildung 11:	InformationssondierungsfILTER [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	60
Abbildung 12:	Exemplarische Darstellung einer automatisierten Sondierung relevanter Reklamationsinformationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019a] und [Heinrichsmeyer et al. 2019b]	62
Abbildung 13:	Priorisierung von Reklamationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	75
Abbildung 14:	Identifizierung möglicher Fehlerursachen über die Wechselbeziehung zur nichterfüllten Anforderung anhand des Teilsystems aus Abbildung 9 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019a] und [Heinrichsmeyer et al. 2019b]	78
Abbildung 15:	Lokalisierung von Fehlerursachen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019a] und [Heinrichsmeyer et al. 2019b]	79

Abbildung 16: Lösungsfindung für mögliche Fehlerursachen	81
Abbildung 17: Reklamationstexte der Produkte KSGD (links) und SHD (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].....	97
Abbildung 18: Informationssondierung_1 der Reklamationen des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	98
Abbildung 19: Informationssondierung_2 der Reklamationen des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	99
Abbildung 20: Informationssondierung_3 der Reklamationen des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	100
Abbildung 21: Informationssondierung_1 der Reklamationen des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	101
Abbildung 22: Informationssondierung_2 der Reklamationen des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	102
Abbildung 23: Informationssondierung_3 der Reklamationen des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	102
Abbildung 24: Priorisierung der Reklamationen der Produkte KSGD (links) und SHD (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	103
Abbildung 25: Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	105
Abbildung 26: Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	106
Abbildung 27: Fehlerursacheninformationen der Fehlerursachen Pe6 (KSGD): Br 'Gn (links) und P6 (KSGD): Gn (rechts) der Reklamation des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	107
Abbildung 28: Handlungshilfen für die Fehlerursache Pe6 (KSGD): Br 'Gn (links) und P6 (KSGD): Gn (rechts) der Reklamation des	

	Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	108
Abbildung 29:	Fehlerursacheninformationen der Fehlerursache Pe3 (SHD): Br 'Vn (links) und P2.1 (SHD): En (rechts) der Reklamation des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]	109
Abbildung 30:	Handlungshilfen für die Fehlerursache Pe3 (SHD): Br 'Vn (links) und P2.1 (SHD): En (rechts) der Reklamation des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g; Heinrichsmeyer et al. 2019h]	110
Abbildung 31:	Reklamationstext des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	113
Abbildung 32:	Informationssondierung_1 der Reklamationen des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	114
Abbildung 33:	Informationssondierung_2 der Reklamationen des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	115
Abbildung 34:	Informationssondierung_3 der Reklamationen des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	116
Abbildung 35:	Priorisierung der Reklamation des Produktes SGW – Unbearbeitet (links) / Bearbeitet (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	117
Abbildung 36:	Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes SGW – Unbearbeitet (links) / Bearbeitet (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	118
Abbildung 37:	Fehlerursacheninformationen der Fehlerursache K4 (SGW): UNhine 164 (links), der Fehlerursache P4 (SGW): Gden (mittig) und der Fehlerursache Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre) (rechts) der Reklamation des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	119
Abbildung 38:	Handlungshilfen der Fehlerursache Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre) (links) und der Fehlerursache K4 (SGW): UNhine 164 (rechts) der Reklamation des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]	121
Abbildung 39:	Anpassung der Oberflächen Informationssondierung_3 und Priorisierung.....	124
Abbildung 40:	Anpassung der Oberflächen Informationssondierung_2 und Informationssondierung_3	125

Abbildung 41: Berücksichtigung von Systemelementen, welche Anforderungen verändern können	126
Abbildung 42: Umsetzung der Verbesserungspotentiale im theoretischen Konzept	128

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Auslöser für Reklamationen	5
Tabelle 2:	Konsequenzen für Organisationen, welche durch das Dissertationsvorhaben beeinflusst sind	7
Tabelle 3:	Anwendungsbereiche für Algorithmen nach [Satinbáñez Koref 2015, S. 5]	13
Tabelle 4:	Definitionen der eDeCoDe-Sichten	21
Tabelle 5:	Strukturierung von Reklamationsinformationen nach [Schmitt und Linder 2014, S. 11]	25
Tabelle 6:	Forschungsfragen auf Grundlage der im Zwischenfazit zusammengefassten Anforderungen an die Prozesse des FusLa	53
Tabelle 7:	Merkmale für die Fehlerart in Anlehnung an [Brünner 2000; Friederici 2003; König und Klocke 2002; Pichhardt 1994]	58
Tabelle 8:	Merkmale für die Fehlerbedeutung in Anlehnung an [VDA 2006], [AIAG & VDA 2019, S. 60, 136]	59
Tabelle 9:	Beispieltext für eine Reklamation eines Kunden an eine Organisation	60
Tabelle 10:	Relevante Reklamationsinformationen aus dem Beispieltext	61
Tabelle 11:	Dimensionswerte für die Einstufung des Kunden in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	65
Tabelle 12:	Dimensionswerte für die Datumsinformationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	66
Tabelle 13:	Dimensionswerte für die Wiederholung in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	67
Tabelle 14:	Merkmale für die Fehlerart in Anlehnung an [Brünner 2000; Friederici 2003; König und Klocke 2002; Pichhardt 1994; Heinrichsmeyer et al. 2019d]	67
Tabelle 15:	Merkmale für die Fehlerbedeutung in Anlehnung an [VDA 2006], [AIAG & VDA 2019, S. 60, 136; Heinrichsmeyer et al. 2019d]	68
Tabelle 16:	Dimensionswerte für den Produktumsatz in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	69
Tabelle 17:	Dimensionswerte für die Fehlerhistorie in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	70
Tabelle 18:	Dimensionswerte für den Kostenanteil in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	70

Tabelle 19:	Beispiel für die Ableitung von Dimensionswerten auf Basis von sondierten Reklamationsinformationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	71
Tabelle 20:	Normierung in Anlehnung an [Alt 2013; Heinrichsmeyer et al. 2019d].....	72
Tabelle 21:	Beispiel für die Gewichtung der Dimensionen eins und zwei in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	72
Tabelle 22:	Beispiel für die Priorisierung von Reklamationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	74
Tabelle 23:	Prioritätsintervalle für die qualitative Priorität von Reklamationen	75
Tabelle 24:	Anforderungssicht für die Fehlerursachenlokalisierung	88
Tabelle 25:	Anforderungs- und Prozesssicht für die Fehlerursachenlokalisierung	88
Tabelle 26:	Fehlerursacheninformationen	90
Tabelle 27:	Exemplarische Darstellung des Produktportfoliosystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik (Anhang 46)	95
Tabelle 28:	Exemplarische Darstellung der A-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik (Anhang 57)	96
Tabelle 29:	Exemplarische Darstellung der A-Fehlerart Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik (Anhang 70)	96
Tabelle 30:	Angepasste Dimensionswerte für die Einstufung des Kunden in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]	124

Anhangsverzeichnis

Anhang 1:	Zunehmende Komplexität in der Produktentwicklung nach Bild 2.23 von [Ehrlenspiel und Meerkamm 2017].....	144
Anhang 2:	Konsequenzen für Organisationen durch das Nichtbearbeiten von Reklamationen.....	145
Anhang 3:	Dimensionen der Informationsqualität nach [Hildebrand et al. 2018, S. 26–27].....	146
Anhang 4:	Definitionen der Begrifflichkeit „Algorithmus“ aus der Literatur.....	147
Anhang 5:	Definitionen der Begrifflichkeiten „Beschwerde“ und „Reklamation“ aus der Literatur.....	148
Anhang 6:	Vergleich unterschiedlicher Ansätze zur Beschreibung komplexer Systeme [Bielefeld et al. 2018, S. 945].....	149
Anhang 7:	Bewertungstabelle (Teil 1) geplanter und abgeschlossener Forschungsvorhaben von 2000-2018, welche den aufgezeigten Forschungsbedarf tangieren	150
Anhang 8:	Bewertungstabelle (Teil 2) geplanter und abgeschlossener Forschungsvorhaben von 2000-2018, welche den aufgezeigten Forschungsbedarf tangieren	151
Anhang 9:	Bewertungstabelle von Softwaresystemen, welche das Reklamationsmanagement unterstützen	152
Anhang 10:	Allgemeine Informationen aus Sicht der Industrie inklusive Beispiel.....	153
Anhang 11:	Relevante Informationen von Reklamationen aus Sicht der Industrie inklusive Beispiel.....	154
Anhang 12:	Relevante Informationen zum Fehler aus Sicht der Industrie inklusive Beispiel.....	155
Anhang 13:	Handlungshilfen – Maßnahmen für Anforderungen.....	156
Anhang 14:	Handlungshilfen – Maßnahmen für Komponenten	157
Anhang 15:	Handlungshilfen – Maßnahmen für Prozesse	158
Anhang 16:	Handlungshilfen – Maßnahmen für Personen.....	159
Anhang 17:	Startseite des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus	160
Anhang 18:	Oberfläche – Reklamationstext in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g].....	161
Anhang 19:	Oberfläche - Informationssondierung_1 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	162
Anhang 20:	Oberfläche - Informationssondierung_2 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	163

Anhang 21:	Oberfläche - Informationssondierung_3 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	164
Anhang 22:	Beispiel für ein Auftragssystem in einer Organisation	165
Anhang 23:	Beispiel für ein Kundensystem in einer Organisation	165
Anhang 24:	Beispiel für ein Produktportfoliosystem in einer Organisation.....	166
Anhang 25:	Relationen zwischen Anforderungen und Fehlerbedeutung	166
Anhang 26:	Oberfläche - Priorisierung der Reklamation in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	167
Anhang 27:	Oberfläche – Fehlerursachenlokalisierung in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	168
Anhang 28:	Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Komponenten in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	169
Anhang 29:	Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Prozesse in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	170
Anhang 30:	Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Personen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	171
Anhang 31:	Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Anforderungen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019b]	172
Anhang 32:	Oberfläche - Handlungshilfen für Komponenten -Auswahl organisatorischer Maßnahmen (O) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]	173
Anhang 33:	Oberfläche - Überprüfung des Produktionssystemmodells	174
Anhang 34:	Oberfläche - Hilfefenster des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus	175
Anhang 35:	Oberfläche - Bearbeitungsfenster zur Nutzung bestehenden Wissens	176
Anhang 36:	Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 1 / 4)	177
Anhang 37:	Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 2 / 4)	178
Anhang 38:	Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 3 / 4)	179
Anhang 39:	Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 4 / 4)	180
Anhang 40:	Ablaufdiagramm der 1. Schleife – Erkennung der Auftragsnummer.....	181
Anhang 41:	Ablaufdiagramm der 2. Schleife – Erkennung der Kundennummer, des Kundennamens und der Kundenstraße	182
Anhang 42:	Ablaufdiagramm der 7. Schleife – Erkennung des Produktnamens und der Produktnummer	183
Anhang 43:	Strings zur Informationssondierung der reklamierten Menge	184

Anhang 44:	Strings zur Informationssondierung des Fälligkeitsdatums	184
Anhang 45:	Kundensystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	185
Anhang 46:	Produktportfoliosystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	186
Anhang 47:	Auftragssystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	186
Anhang 48:	Anforderungssicht (A) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	187
Anhang 49:	Funktionssicht (F) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	188
Anhang 50:	Prozesssicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	188
Anhang 51:	Komponentensicht (K) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	190
Anhang 52:	Personensicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	190
Anhang 53:	A-A Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	191
Anhang 54:	A-K Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	192
Anhang 55:	A-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	193
Anhang 56:	A-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	194
Anhang 57:	A-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	195
Anhang 58:	K-K Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	196
Anhang 59:	K-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	196

Anhang 60:	K-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	197
Anhang 61:	K-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	197
Anhang 62:	F-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	197
Anhang 63:	F-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	198
Anhang 64:	F-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	199
Anhang 65:	P-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	199
Anhang 66:	P-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	200
Anhang 67:	P-Input Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	200
Anhang 68:	P-Output Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	201
Anhang 69:	Pe-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	202
Anhang 70:	A-Fehlerart Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	203
Anhang 71:	A-Fehlerbedeutung Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik	204
Anhang 72:	Kundensystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	205
Anhang 73:	Produktportfoliosystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung.....	205
Anhang 74:	Auftragssystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung.....	206
Anhang 75:	Anforderungssicht (A) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung.....	207

Anhang 76:	Funktionssicht (F) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	208
Anhang 77:	Prozesssicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	208
Anhang 78:	Komponentensicht (K) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	210
Anhang 79:	Personensicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	210
Anhang 80:	A-A Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	211
Anhang 81:	A-K Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	212
Anhang 82:	A-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	213
Anhang 83:	A-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	214
Anhang 84:	A-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	215
Anhang 85:	K-K Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	216
Anhang 86:	K-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	216
Anhang 87:	K-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung	217

Anhang 88:	K-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	217
Anhang 89:	F-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	218
Anhang 90:	F-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	219
Anhang 91:	F-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	220
Anhang 92:	P-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	221
Anhang 93:	P-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	222
Anhang 94:	P-Input Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	222
Anhang 95:	P-Output Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	223
Anhang 96:	Pe-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	224
Anhang 97:	A-Fehlerart Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	225
Anhang 98:	A-Fehlerbedeutung Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung.....	226
Anhang 99:	Erkenntnisse hinsichtlich der Vorbereitung der Validierung (Validierung 1).....	227
Anhang 100:	Erkenntnisse hinsichtlich der Informationssondierung (Validierung 1).....	227

Anhang 101:	Erkenntnisse hinsichtlich der Priorisierung (Validierung 1).....	228
Anhang 102:	Erkenntnisse hinsichtlich der Fehlerursachenlokalisierung (Validierung 1).....	228
Anhang 103:	Erkenntnisse hinsichtlich der Lösungsfindung (Validierung 1).....	229
Anhang 104:	Erkenntnisse hinsichtlich der Informationssondierung (Validierung 2).....	229
Anhang 105:	Erkenntnisse hinsichtlich der Priorisierung (Validierung 2).....	230
Anhang 106:	Erkenntnisse hinsichtlich der Fehlerursachenlokalisierung (Validierung 2).....	230
Anhang 107:	Erkenntnisse hinsichtlich der Lösungsfindung (Validierung 2).....	230
Anhang 108:	Verbesserungspotentiale des FusLa und deren Umsetzbarkeit.....	231
Anhang 109:	Bewertung der Anforderungen an den Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung im Überblick (Teil 1).....	232
Anhang 110:	Bewertung der Anforderungen an den Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung im Überblick (Teil 2).....	233

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Begrifflichkeit
A	Anforderung
AHP	Analytic Hierarchy Process
AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V.
AS	Arbeitsschritt
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ARP	Anteil reklamierter Produkte
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CAQ	Computer-Aided Quality
CONSENS	Conceptual design Specification technique for the Engineering of complex Systems
CORDIS	Informationsdienst der Gemeinschaft für Forschung und Entwicklung
cpk	Prozessfähigkeitsindex
d.h.	Das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DMM	Domain Mapping Matrix
DSM	Design Structure Matrix
eDeCoDe	enhanced Demand Compliant Design
EMPB	Erstmusterprüfbericht
EU	Europäische Union
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FusLa	Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus
GEPRIIS	Geförderte Projekte Informationssystem
HRA	Human Reliability Analysis
IBM	International Business Machines Corporation

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
IGF	Industriellen Gemeinschaftsforschung
inIT	inIT Institut für industrielle Informationstechnik
ISO	International Organization for Standardization
KI	Künstliche Intelligenz
LeaF	Learning Failure Management
MDG	Multi Domain Graph
MDM	Multi Domain Matrix
MTQM	Methods Time and Quality Management
NLP	Natural Language Processing
PAP	Programmablaufplan
ProdHaftG	Produkthaftungsgesetz
SMC	Systems, Man, and Cybernetics
SQL	Structured Query Language
SysML	Systems Modeling Language

Fachvokabularverzeichnis**Begrifflichkeiten****Definitionen**

Algorithmus

Algorithmen sind Verfahren zur Lösung einer Aufgabe, welche sich durch die Ausführung endlicher Schritte kennzeichnen und dabei gegebene Eingangsgrößen in gesuchte Ausgabegrößen umwandeln. (In Anlehnung an [Weicker und Weicker 2013, S. 17; Schulz 2007, S. 55; Pomberger und Dobler 2008, S. 33; Menzel 1997, S. 9; Broy 1992, S. 27; Ehrlenspiel und Meerkamm 2017, S. 904])

Anforderung

„Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist.“ [ISO9000 2015, S. 39]

Beschwerde

Beschwerden definieren sich als Ausdruck der Unzufriedenheit, bei dem die Nichterfüllung einer Anforderung an das System (z.B. ein Produkt oder eine Dienstleistung) als subjektiv schwerwiegend wahrgenommen und kenntlich gemacht wird. Dieser Ausdruck wird explizit oder implizit in Form einer schriftlichen, elektronischen oder mündlichen Mitteilung gegenüber einer verantwortlichen Partei (z.B. Organisation) durch betroffene Parteien (z.B. Kunde, Lieferant, Organisation) innerhalb des Vorverkaufs, Kaufs oder der Nutzung eines Produktsystems geäußert. Dieser Ausdruck steht jedoch nicht in Verbindung mit einer kaufrechtlichen Forderung und kann auch nicht als Vertragsbestandteil auf rechtlichem Weg durchgesetzt werden. (In Anlehnung an [Stauss und Seidel 2014, S. 29; Müller 2014, S. 40; Haeske 2001, S. 11; Leiner 2014, S. 3; Fornell 1982, S. 479; Hoffmann 1991, S. 2; Landon 1980, S. 337; Wimmer und Roleff 1998, S. 269; ISO9000 2015, S. 51])

Dienstleistung

„Ergebnis (3.7.5) einer Organisation (3.2.1) mit mindestens einer Tätigkeit, die notwendigerweise zwischen der Organisation und dem Kunden (3.2.4) ausgeführt wird.“ [ISO9000 2015, S. 44]

** „Anmerkung 1 zum Begriff: Die vorherrschenden Elemente einer Dienstleistung sind üblicherweise immateriell.“ [ISO9000 2015, S. 44]*

Erfahrung

„Erfahrung aus einer zustandsorientierten Perspektive ist eine Teilmenge menschlichen Wissens.“ [Humpl 2004, S. 66]

Fehler

Ein Fehler ist die „Nichterfüllung einer Anforderung“ an das zu betrachtende System. (In Anlehnung an [ISO9000 2015, S. 40])

Fehlerursache

Fehlerursachen sind die Gründe für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System. (In Anlehnung an [ISO9000 2015, S. 40; Stoll 1990, S. 58])

Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus	Ein Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa) ist ein Verfahren zum Entdecken und Erkennen von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System und deren Bewältigung, durch das Umwandeln gegebener Eingangsgrößen in gesuchte Ausgabegrößen, unter Anwendung spezieller Kenntnisse sowie Methoden, im Rahmen der Ausführung endlicher Schritte.
Funktion	„Funktionen beschreiben den Zweck bzw. die Aufgabe, die ein System zu erfüllen hat. Sie geben damit der Umwandlung von Eingaben in Ausgaben eines Systems eine Zielrichtung. Dadurch ermöglichen Funktionen eine Beschreibung des „Was“ ein System oder Teile davon realisieren sollen.“ [Nicklas 2016, S. 69]
Information	„Ist eine Menge verknüpfter Daten, die für den Menschen in der gegebenen Situation und bei gegebenem Kontext eine Bedeutung haben.“ [Braunholz 2006, S. 14]
Kompetenz	Kompetenzen sind die „Gesamtheit von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wissen eines Menschen.“ [Wank 2005a, S. 10]
Komplexität	Komplexität ist eine Systemeigenschaft mit zwei Dimensionen: 1. die Vielfalt der Elemente (Varietät) 2. die Vielfalt der Beziehungen (Konnektivität). [Luhmann 1980]
Komponente	„Komponenten sind physische oder logische, einzelne oder zusammengefasste Bestandteile eines Systems.“ [Nicklas 2016, S. 69]
Kunde	„Person oder Organisation (3.2.1), die ein Produkt (3.7.6) oder eine Dienstleistung (3.7.7) empfängt oder empfangen könnte, welches oder welche für diese Person oder Organisation vorgesehen ist oder von ihr gefordert wird.“ [ISO9000 2015, S. 28]
Nutzung	Leistungsverwertung bei einem Produkt oder einer Dienstleistung durch den Kunden. Dazu zählt auch eine eventuell notwendige Inbetriebnahme des erworbenen Produkts. (In Anlehnung an [Wirtz 2009])
Organisation	„Person oder Personengruppe, die eigene Funktionen mit Verantwortlichkeiten, Befugnissen und Beziehungen hat, um ihre Ziele (3.7.1) zu erreichen.“ [ISO9000 2015, S. 27]

** Anmerkung: Die Organisation umfasst im Rahmen dieser Ausarbeitung mehrere Arbeitssysteme. Arbeitssysteme setzen sich nach [Lehder und Skiba 2011] aus dem Menschen, dem Arbeitsgegenstand und der Arbeitsumgebung zusammen.*

Person	„Personen beschreiben Menschen. Sie nutzen und realisieren Komponenten wie auch Prozesse und stellen auch Input für die Leistungserbringung zur Verfügung. Somit realisieren sie Funktionen, welche wiederum Anforderungen erfüllen. Im Zusammenhang mit Organisationsnetzwerken werden Personen den jeweiligen Organisationen im Netzwerk zugeordnet und durch diese dargestellt.“ [Nicklas 2016, S. 69]
Produkt	„Ergebnis (3.7.5) einer Organisation (3.2.1), das ohne jegliche Transaktion zwischen Organisation und Kunden (3.2.4) erzeugt werden kann.“ [ISO9000 2015, S. 44] <i>* „Anmerkung 2 zum Begriff: Das vorherrschende Element eines Produkts ist, dass es üblicherweise materiell ist.“ [ISO9000 2015, S. 44]</i>
Produktion	Betrieblicher Umwandlungs- und Transformationsprozess, durch den aus einer Menge von Inputs (bspw. Material, Energie) eine Menge von Outputs (bspw. Produkte oder Dienstleistungen) durch die Arbeit des Menschen und/oder den Einsatz von Arbeitsmitteln, erstellt wird. (In Anlehnung an [Dangelmaier 2017, S. 65–66; Weber 1991, S. 7])
Prozess	„Prozesse beschreiben, wie die Eingaben eines Systems in Ausgaben umgewandelt werden, also das „Wie“. Über den Prozess realisiert sich die eingebaute Funktionalität des Systems, d.h. innerhalb von Prozessen werden bei technischen Systemen durch die Nutzung von Komponenten Funktionen umgesetzt. Erfolgt die Einbindung von Menschen in Prozesse, werden letztere oftmals auch als Arbeits- oder Geschäftsprozesse bezeichnet (Prozess eines soziotechnischen Systems).“ [Nicklas 2016, S. 69]
Qualifikation	„Qualifikationen bezeichnen klar zu umreißen Komplexe von Wissen im engeren Sinne, Fertigkeiten und Fähigkeiten, über die Personen bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten verfügen müssen, um anforderungsorientiert handeln zu können.“ [Erpenbeck und Sauter 2013, S. 32]
Reklamation	Reklamationen definieren sich als Ausdruck der Unzufriedenheit aufgrund der Nichterfüllung einer Anforderung an das System (z.B. ein Produkt, oder eine Dienstleistung). Dieser Ausdruck wird explizit oder implizit in Form einer schriftlichen, elektronischen oder mündlichen Mitteilung gegenüber einer verantwortlichen Partei (z.B. Organisation) durch betroffene Parteien (z.B. Kunde, Lieferant, Organisation) innerhalb der Nutzung eines Produktsystems geäußert. Dieser Ausdruck steht in Verbindung mit einer kaufrechtlichen Forderung und kann als Vertragsbestandteil auf rechtlichem Weg durchgesetzt werden. (In Anlehnung an [Stauss und Seidel 2014, S. 29; ISO 13485 2016, S. 12; Hansen 1990, S. 449; ISO9000 2015, S. 51; Binder-Kissel 2003, S. 14; Leiner 2014, S. 3; Neuland 1999, S. 9; Pepels 2008, S. 107])

Reklamationsinformationen	Ist eine Menge verknüpfter Daten, welche für eine verantwortliche Partei (z.B. Organisation) im Fall einer Reklamation, somit dem Auftritt einer nichterfüllten Anforderung einer betroffenen Partei (z.B. Kunde, Lieferant, Organisation) an das System eine Bedeutung haben. (In Anlehnung an [Braunholz 2006, S. 14])
Reklamationsmanagement	„Reklamationsmanagement umfasst die Planung, Durchführung und Überwachung aller Maßnahmen, die ein Unternehmen bezüglich Kundenreklamationen ergreift“ [Müller 2018, S. 100], um damit auf die Nichterfüllung einer Anforderung zu reagieren, die in Verbindung mit einer kaufrechtlichen Forderung steht und dadurch als Vertragsbestandteil auf rechtlichem Weg durchgesetzt werden kann. (In Anlehnung an [Müller 2018, S. 100])
Stabilität (von Prozessen)	Stabile Prozesse im Hinblick auf Qualität sind Prozesse, „die in der langfristigen Betrachtung immer gleich streuen“. [Schönberger und Broecheler 2004, S. 81]
Störanfälligkeit	Zustand eines Produktes, gekennzeichnet entweder durch einen Fehler oder durch eine mögliche Unfähigkeit, eine geforderte Anforderung während der Nutzungsphase zu erfüllen. (In Anlehnung an [DIN EN 13306 2018])
System	Systeme sind etwas Zusammengesetztes bzw. Zusammengehöriges, welche durch sieben Bestandteile (System-Input /-Output, die Systemumwelt, die Systemgrenze, die Systemelemente, deren Struktur und Relationen) bestimmt werden. (In Anlehnung an [Haberfellner 2012; Schnieder und Schnieder 2013])

** Anmerkung: Systeme können dabei sehr mannigfaltig sein, darunter unter anderem Produktsysteme oder gar gesamte Anlagensysteme. Im Rahmen der Dissertation werden ausschließlich das Produktionssystem und das durch die Reklamation angesprochene Produktsystem Betrachtung finden.*

1 Einleitung

Die deutsche Wirtschaft hat im vergangenen Jahrzehnt ein enormes Wachstum erfahren. Dieser Trend zeigt sich vor allem unter Betrachtung des Bruttoinlandsproduktes zwischen den Jahren 2007 und 2017. Mit einem Anstieg von insgesamt 15,30% und einem Bruttoinlandsprodukt (BIP) von ~ 4.211,64 Milliarden US-Dollar im Jahr 2018, wie in Abbildung 1 veranschaulicht, ist Deutschland damit, neben den USA, China und Japan, das viertstärkste Wirtschaftsland der Welt [IMF 2018].

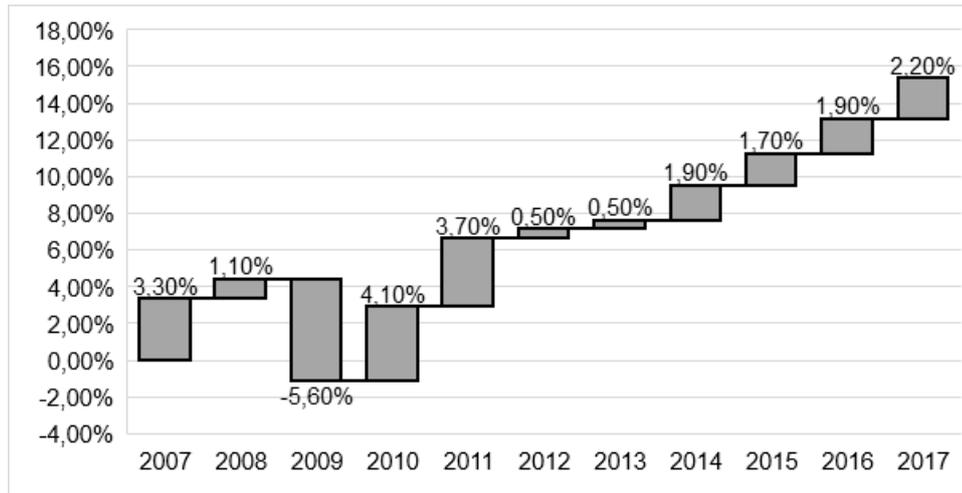


Abbildung 1: BIP, preisbedingt, verkettet. Veränderung gegenüber dem Vorjahr in Prozent [Destatis 2018]

Die Gründe für dieses Wachstum sind sehr mannigfaltig. Schlagworte, wie unter anderem die Globalisierung oder die Digitalisierung von Organisationen¹ im Rahmen von Industrie 4.0, sind nur einige wenige, welche hier aufgezählt werden können. Dass das Potential der Wirtschaftsentwicklung noch längst nicht ausgeschöpft ist und weiterverfolgt werden sollte, zeigt eine aktuelle Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) aus 2018, welche den Digitalisierungsgrad der deutschen Wirtschaft anhand von 1061 Unternehmen über Faktoren, wie bspw. „digitale Entwicklungen in den Unternehmen“ oder „Geschäftserfolge durch Digitalisierung“ analysiert hat [BMWi 2018]. Der Studie ist zu entnehmen, dass bereits ein Anteil digitaler Prozesse von insgesamt 66,9 % in den Unternehmen einen Einfluss auf den Unternehmenserfolg (31,4 %) haben kann [BMWi 2018]. Durch die digitale Gestaltung der verbleibenden Prozesse innerhalb der Organisationen, bspw. im Bereich des Reklamationsmanagements, könnten womöglich weitere Potentiale und Chancen für Organisationen generiert werden.

1.1 Problemstellung

Diese Potentiale und Chancen sind jedoch auf der Kehrseite auch mit neuen Herausforderungen für Unternehmen gekoppelt. Die Veränderung von Märkten, der steigende Wunsch nach Individualisierung oder Angebotsvielfalt sowie die aus der Vielfalt resultierende Anpassung von Organisationsstrukturen sind Faktoren, mit denen Organisationen zunehmend zu kämpfen

¹ **Organisation:** „Person oder Personengruppe, die eigene Funktionen mit Verantwortlichkeiten, Befugnissen und Beziehungen hat, um ihre Ziele (3.7.1) zu erreichen.“ [ISO9000 2015, S. 27]

* *Anmerkung: Die Organisation umfasst im Rahmen dieser Ausarbeitung mehrere Arbeitssysteme. Arbeitssysteme setzen sich nach [Lehder und Skiba 2011] aus dem Menschen, dem Arbeitsgegenstand und der Arbeitsumgebung zusammen.*

haben [Ehrlenspiel und Meerkamm 2017]. Hinzu kommen immer anspruchsvollere Entwicklungszyklen, welche in kürzester Zeit innovative und qualitativ hochwertige Produkte² hervorbringen sollen [Aschenbrenner 2019] sowie der sogenannte Fachkräftemangel, welcher gemäß einer aktuellen Jahresanalyse von 2018/2019 der [Bauinfoconsult 2018] nun auch maßgeblichen Einfluss auf die Qualität von Projekten und das Auftreten von Reklamationen hat. Besonders kritisch wird jedoch die in Abbildung 2 schematisch dargestellte Kausalkette gesehen.

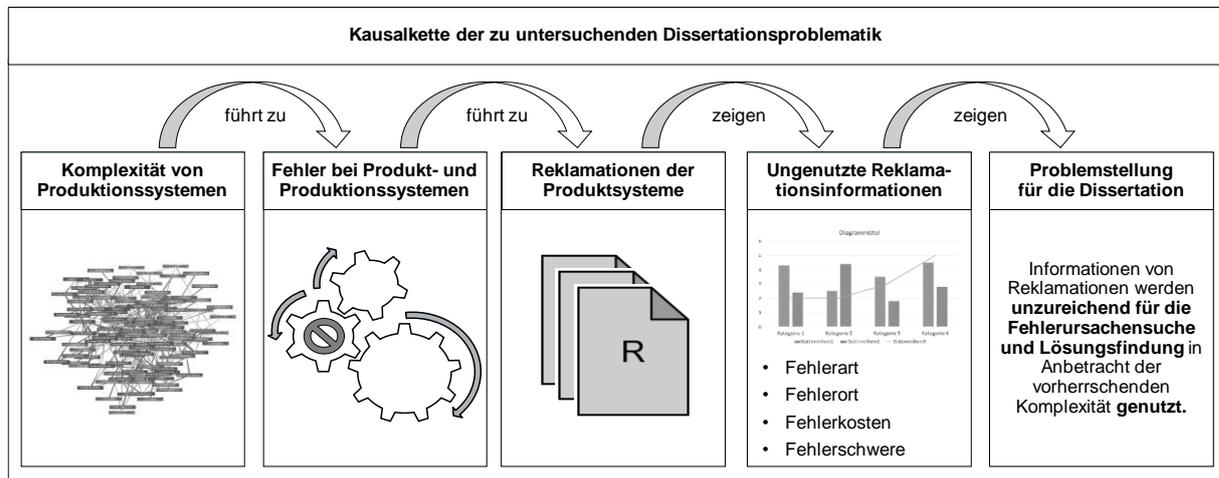


Abbildung 2: Prinzipdarstellung der Kausalkette der zu untersuchenden Dissertationsproblematik

Wie sich die einzelnen Bestandteile der Kausalkette zusammenführen lassen, wird nachfolgend ausführlich erläutert.

Komplexität³ von Produktionssystemen^{4, 5}

Eine wesentliche Herausforderung des Wirtschaftswandels bildet die Komplexität von Produktionssystemen, deren Beherrschung vor allem in der Zeit von Industrie 4.0 eine steigende Bedeutung zukommt. Diese These lässt sich bereits an einem vermeintlich einfachen Beispiel nachvollziehen. Während Maschinen der alten Generation lediglich zur Ausführung eines Prozesses (z.B. Drehprozess) unterstützend herangezogen wurden, sind Maschinen der heutigen Generation bereits dazu in der Lage, technische Zeichnungen einzulesen oder auf Materiallagerinformationen zurückzugreifen. Nicht nur, dass die Anzahl der Komponenten bei der angesprochenen Maschine zugenommen haben, auch die Funktionalitäten reichen weit über das Maß hinaus, wie es womöglich noch vor ein paar Jahren vorzufinden war [Lang 2016; Ehrlenspiel und Meerkamm 2017]. Einflussfaktoren, welche auf die Komplexität von Produktionssystemen wirken können, sind sehr mannigfaltig.

² **Produkt:** „Ergebnis (3.7.5) einer Organisation (3.2.1), das ohne jegliche Transaktion zwischen Organisation und Kunden (3.2.4) erzeugt werden kann“. Berücksichtigung von „Anmerkung 2 zum Begriff: Das vorherrschende Element eines Produkts ist, dass es üblicherweise materiell ist“. [ISO9000 2015, S. 44].

³ **Komplexität:** Komplexität ist eine Systemeigenschaft mit zwei Dimensionen: 1. die Vielfalt der Elemente (Varietät) 2. die Vielfalt der Beziehungen (Konnektivität). [Luhmann 1980].

⁴ **Produktion:** Betrieblicher Umwandlungs- und Transformationsprozess, durch den aus einer Menge von Inputs (bspw. Material, Energie) eine Menge von Outputs (bspw. Produkte oder Dienstleistungen) durch die Arbeit des Menschen und/oder den Einsatz von Arbeitsmitteln, erstellt wird. (In Anlehnung an [Dangelmaier 2017, S. 65-66; Weber 1991, S. 7])

⁵ Die Herleitung der **System**definition erfolgt in **Kapitel 2.3.1**

Eine Übersicht hierzu bieten unter anderem [Ehrlenspiel und Meerkamm 2017]. Diese ist in Anhang 1 dargestellt. Zwar beziehen sich [Ehrlenspiel und Meerkamm 2017] mit ihrer Ausarbeitung vorrangig auf die Produktentwicklung, dennoch lassen sich einige der genannten Einflussfaktoren auf die Komplexität von Produktionssystemen übertragen. Zu nennen sind hier die zunehmende Vielfalt von Prozessen, welche zur Gewährleistung einer Produkt- und Variantenvielfalt beitragen soll, um somit auf den Bedarf unterschiedlichster Märkte reagieren zu können [Krause und Gebhardt 2018; Hofbauer und Sangl 2018; Friedrichs et al. 2017]. Aber auch die zunehmende Prozessvernetzung, welche unter anderem sowohl zur Optimierung des zeitlichen Aufwands als auch zur Reduzierung von Produktionskosten beitragen kann [Mücke 2017]. Dennoch bieten diese Einflussfaktoren nicht nur Vorteile für eine Organisation.

Doch welchen Einfluss hat die Komplexität von Produktionssystemen?

Komplexität von Produktionssystemen	→ führt zu	Fehler bei Produkt- und Produktionssystemen⁶
--	-----------------------	--

Wird der Gedanke hinsichtlich der Problematik durch Komplexität von Produktionssystemen fortgesetzt, so zeigt sich, dass die Komplexität auch einen maßgeblichen Einfluss auf die Störanfälligkeit⁷ und somit auf die Entstehung von Fehlern sowohl bei Produkt- als auch Produktionssystemen hat [Vogel-Heuser et al. 2017; Hofbauer und Sangl 2018; Jetter 2015]. Hintergrund dessen ist, dass, aufbauend auf die Definition der Begrifflichkeit „Komplexität“ nach [Luhmann 1980], die Vielfalt der Elemente (Varietät) und die Vielfalt der Beziehungen (Konnektivität) auch ein höheres Potential für Fehler bergen. So belegt eine Studie der deutschen Akademie der Technikwissenschaften, dass insgesamt 1975 Befragte in der Digitalisierung eine Erhöhung der Störanfälligkeit sehen [Körper Stiftung und acatech 2018]. Die Studie bezieht sich zwar auf Infrastrukturen von Krankenhäusern oder der Wasserversorgung, lässt sich jedoch auch auf Produktionssysteme übertragen.

Doch nicht nur anhand dieser Statistik lässt sich der Trend zunehmender Fehler bei Produkt- und Produktionssystemen darlegen. Auch mehrere Industriebeispiele stellen das weiterhin bestehende Auftreten von Fehlern und die daraus resultierende Notwendigkeit der Beherrschung der Komplexität von Produktionssystemen dar. Ein Beispiel stammt hierbei aus der Elektroindustrie, in dem das Unternehmen Kompernaß Handelsgesellschaft mbH (Bochum/NW) ihr Produkt "Espressomaschine SEMS 1100 A1" der Marke "Silvercrest" aufgrund der Gefahr von Stromschlägen zurückrufen musste. Grund hierfür sei ein Fertigungsfehler [Kompernaß 2019]. Auch im Bereich der Lebensmittelindustrie zeigt ein Rückruf des Unternehmens Rapunzel aufgrund von Glasscherben innerhalb eines ihrer Lebensmittel, dass Fehler innerhalb von Produktsystemen präsent sind. [Rapunzel 2019]. Ergänzend zu den bereits genannten Beispielen veranschaulicht ein Rückruf aus dem Bereich der Automobilindustrie des Unternehmens Alcar von PKW Stahlfelgen, aufgrund von Sicherheitsbedenken, die Notwendigkeit im Umgang mit Fehlern. In diesem Fall handelte es sich um einen Materialfehler, aus welchem eine Leckage und infolgedessen ein möglicher Unfall resultieren könnte [Alcar 2019].

⁶ Die Herleitung der **Fehler**definition erfolgt in **Kapitel 2.1.2**

⁷ **Störanfälligkeit**: Zustand eines Produktes, gekennzeichnet entweder durch einen Fehler oder durch eine mögliche Unfähigkeit, eine geforderte Anforderung während der Nutzungsphase zu erfüllen. (In Anlehnung an [DIN EN 13306 2018])

Die Gründe für die Fehlerentstehung sind dabei sehr vielfältig. Zum einen kann der Mensch, sofern diesem keine Assistenzsysteme zur Beherrschung der Komplexität der Produktionssysteme vorliegen, als Fehlerursache identifiziert werden. Nicht nur die fehlende Erfahrung⁸, auch mangelnde Zeit, um mit der komplexen Situation umzugehen, lassen Fehler entstehen [Bauer 2016]. Besonders bei neuen Mitarbeitern ist der Faktor Einarbeitungszeit ein entscheidender Parameter, da zu wenig Zeit auch bedeutet, dass die Qualifikationslücken⁹ mit hoher Wahrscheinlichkeit größer werden, Kompetenzen¹⁰ weiterhin unklar sind und sich die Anzahl der Fehler und Ausfälle bei der Ausführung der Arbeit erhöht [Bauer 2016; Dickmann 2009; Reitz 2008].

Neben dem Menschen haben jedoch auch Technik und Umwelt Einfluss auf die Fehlerentstehung. Auch hierbei lassen sich Rückschlüsse auf die vorherrschende Komplexität von Produktionssystemen ziehen. Wie bereits angesprochen bedarf es bspw. einer Vielfalt stark vernetzter Prozesse, um sich als Organisation bei unterschiedlichen Absatzmärkten behaupten zu können. Um dies zu realisieren, versuchen Organisationen nicht selten, immer innovativere Ideen in ihre Produkte zu integrieren, Produkte mit zahlreichen Funktionen auszustatten oder den Grad an Individualisierung für den Kunden auszuschöpfen. Dies birgt jedoch auch Nachteile, da, je komplexer die Produkte werden, auch deren Produktionsprozesse in ihrer Komplexität ansteigen und zu einer erhöhten Fehleranfälligkeit führen [Schmitt et al. 2016; Becker et al. 2008]. So sind Maschinen nach [Pastl Pontes 2018] bereits heute, aufgrund ihrer umfangreichen Steuerungssoftware, schon nicht mehr in der Lage, die gewünschte Qualität ohne Fehler zu erzielen. Dieses erhöhte Aufkommen von Fehlern bei Produkt- und Produktionssystemen bleibt natürlich nicht ohne Konsequenz für die Organisation.

Doch welche Auswirkungen haben diese Fehler auf die Organisation selbst?

Fehler bei Produkt- und Produktionssystemen	→ führt zu	Reklamationen der Produktsysteme¹¹
--	-----------------------	--

Fehler können zunächst in jeder Phase des Produktlebenszyklus auftreten, darunter nach [Walther 2010] und [Steinhoff und Pointner 2016] in den Phasen der Planung, Entwicklung, Produktion, Nutzung¹² und Entsorgung. Dennoch unterscheiden sich die Auswirkungen auf die Organisation je nach Phase, in welcher die Fehler entstanden sind, um ein Vielfaches. Vor allem bei Fehlern von Produktsystemen in der Nutzung wird dieser Unterschied deutlich, da in dieser Phase der Kunde erstmalig in Kontakt mit dem Produkt kommt und je nach Qualität und Ausführung kritisch beurteilt, ob seine gestellten Anforderungen an das Produkt auch erfüllt werden. Werden diese Anforderungen nicht erfüllt, so kann dies unter anderem zu Kundenzufriedenheit oder im schlimmsten Fall sogar zu Reklamationen des Produktes führen. Vor

⁸ **Erfahrung:** „Erfahrung aus einer zustandsorientierten Perspektive ist eine Teilmenge menschlichen Wissens.“ [Humpl 2004, S. 66].

⁹ **Qualifikation:** „Qualifikationen bezeichnen klar zu umreiße Komplexe von Wissen im engeren Sinne, Fertigkeiten und Fähigkeiten, über die Personen bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten verfügen müssen, um anforderungsorientiert handeln zu können.“ [Erpenbeck und Sauter 2013, S. 32].

¹⁰ **Kompetenz:** Kompetenzen sind die „Gesamtheit von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wissen eines Menschen.“ [Wank 2005a, S. 10].

¹¹ Die Herleitung der **Reklamations**definition erfolgt in **Kapitel 2.2.2**

¹² **Nutzung:** Leistungsverwertung bei einem Produkt oder einer Dienstleistung durch den Kunden. Dazu zählt auch eine eventuell notwendige Inbetriebnahme des erworbenen Produkts. (In Anlehnung an [Wirtz 2009])

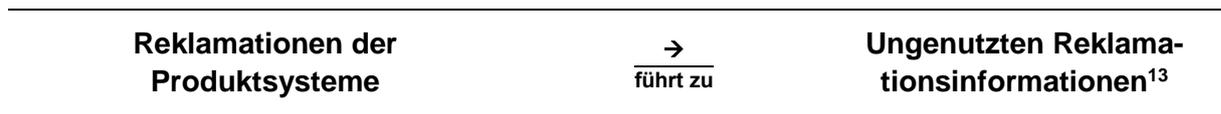
allem Mängel oder Fehler sowie falsche Erwartungen an ein Produkt oder unzulängliche Produkterklärungen können Auslöser für eine solche Reaktion sein. Auslöser für Reklamationen werden noch einmal zusammenfassend in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Auslöser für Reklamationen

Auslöser für Reklamationen	Literatur
Unzufriedenheit des Kunden am Produkt, der Dienstleistung oder am Reklamationsprozess selbst aufgrund von Werbung und Außendienstaktivitäten oder Problemen im Alltag. Die (geänderten) Kundenanforderungen stimmen nicht mehr mit dem angebotenen Produkt, der Dienstleistung oder dem Reklamationsprozess selbst überein.	[Jäggi und Portmann 2012; Ossola-Haring 2009; Fiehler et al. 2002; Ossola-Haring 2009]
Anforderungen werden nicht erfüllt. Zum Beispiel Mängel, Verspätungen und Fehler bei der Nutzung des Produktes, dem Erhalt der Dienstleistungen oder dem Reklamationsprozess selbst.	[Hensel und Ventzislavova 2013; Jäggi und Portmann 2012; Brückner 2011]
Erläuterungen zum Gebrauch des Produktes, der Dienstleistung oder dem Reklamationsprozess selbst sind unzureichend seitens der Organisation beschrieben worden.	[Ossola-Haring 2009]

Aufgrund der möglichen Auswirkungen auf die Organisation sollten aufgetretene Fehler aus der Nutzung eines Produktsystems und vor allem dadurch entstandene Reklamationen äußerst ernst genommen und sorgfältig bearbeitet werden. Hintergrund ist, dass diese der Organisation zahlreiche Verbesserungspotentiale, vor allem im Bereich des Fehlermanagements, ermöglichen.

Doch, welche Konsequenz ergibt sich für Unternehmen, welche Reklamationen nicht geeignet managen?



Wird der **Fokus an dieser Stelle auf die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung** gelegt, fällt auf, dass Organisationen die Stimme des Kunden oft unberücksichtigt lassen, obwohl sie damit in der Lage wären, ihre Produkte, ihre Dienstleistungen oder gar ihre Organisation selbst nachhaltig zu verbessern [Künzel 2013; Hensel und Ventzislavova 2013; Limbeck 2007]. Die Hintergründe, warum Reklamationen nicht als Chance für die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung gesehen werden, sind sehr unterschiedlich.

- **Reklamationen als Übel**

Ein Aspekt dabei ist vor allem der Ruf von Reklamationen. Zum einen wird eine Reklamation nicht selten als Störung angesehen, welche die normalen Abläufe innerhalb der Organisation ausbremst [Fiehler et al. 2002]. Darauf aufbauend hat sich zum anderen das Empfinden gegenüber Reklamationen sehr verschlechtert. So sehen Beschäftigte, welche für

¹³ **Reklamationsinformationen:** Ist eine Menge verknüpfter Daten, welche für eine verantwortliche Partei (z.B. Organisation) im Fall einer Reklamation, somit dem Auftritt einer nichterfüllten Anforderung einer betroffenen Partei (z.B. Kunde, Lieferant, Organisation) an das System, eine Bedeutung haben. (In Anlehnung an [Braunholz 2006, S. 14])

die Abwicklung von Reklamationen zuständig sind, diese nicht als etwas Angenehmes, sondern Aufgezwungenes gar Bedrohliches an [Brückner 2011; Scharlau und Rossié 2016]. Durchaus ist die Tatsache nicht abzuspochen, dass Reklamationen aus Fehlern resultieren und damit auch als Übel für Organisationen einzustufen sind. Dennoch sollten Reklamationen auch als Chance angesehen werden, erkannte Schwachstellen der Produkt- und Produktionssysteme abzustellen, durch geeignete Anpassungen zu eliminieren und dadurch das Aufkommen von Reklamationen zu verringern.

- **Mangel eines Reklamationsmanagements**

Ein weiterer Aspekt besteht im Mangel eines geeigneten Reklamationsmanagements [Brückner 2011]. Dadurch, dass viele Organisationen nur sporadisch oder gar keine eintreffenden Reklamationen bearbeiten, werden auch an dieser Stelle Chancen vertan. Durch ein unprofessionelles Reklamationsmanagement kann auch keine kundenorientierte Ausrichtung der Organisation erfolgen oder gar der Kunde zufriedengestellt werden [Künzel 2013].

- **Unzureichende Nutzung von Informationen¹⁴ aus Reklamationen**

Der letzte Aspekt begründet sich durch die unzureichende Nutzung von Informationen aus Reklamationen, welche sich, nachgewiesen durch [Linder und Schmitt 2015], auch auf die Wirksamkeit des Reklamationsmanagements auswirken kann. Vor allem in den vergangenen Jahren ist der Umfang an Informationen durch den Zuwachs an Komplexität von Produktionssystemen ebenfalls angestiegen. Dieser Informationsumfang kann von einer einzelnen Person kaum noch bewältigt werden [Fallmann 2013; Stoica und Özyirmidokuz 2015]. Zwar werden Informationen möglicherweise noch erfasst, doch bleibt eine Auswertung, bspw. zur Kenntnisnahme aktueller Probleme oder Wünsche [Kamiske 2015], aufgrund des Verschwindens von Informationen in den Systemen der Organisation oder durch das Weiterreichen an andere Abteilungen, aufgrund fehlender Zuständigkeiten, nicht selten aus [Fallmann 2013; Joppe et al. 2003].

Anhand dieser genannten Aspekte kristallisiert sich die nachfolgend aufgezeigte Problemstellung für das Dissertationsvorhaben heraus.

**Problem-
stellung**

Informationen von Reklamationen werden unzureichend für die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung in Produktionssystemen in Anbetracht der vorherrschenden Komplexität genutzt.

Dass die Behandlung dieser Problemstellung durchaus von großer Relevanz ist, zeigen die Auswirkungen der genannten Aspekte auf die Organisation selbst. Bereits geringe Fehleinschätzungen hinsichtlich der Kundenzufriedenheit, bspw. durch das Nichtbearbeiten von Reklamationen, können schwerwiegende Konsequenzen, wie bspw. Kundenabwanderungen, zur Folge haben [Hensel und Ventzislavova 2013]. Ob Kunden einer Organisation erneut eine Chance geben, hängt dann von zahlreichen Faktoren, wie bspw. der Anzahl der Einkäufe oder dem Zeitintervall zwischen Beschwerden¹⁵, ab [Knox und van Oest 2014]. Um einen Überblick über den Effekt eines unzureichenden Managements von Reklamationen aufzuzeigen, veranschaulicht Anhang 2 eine Zusammenstellung möglicher Konsequenzen für Organisationen.

¹⁴ **Information:** „Ist eine Menge verknüpfter Daten, die für den Menschen in der gegebenen Situation und bei gegebenem Kontext eine Bedeutung haben“. [Braunholz 2006, S. 14].

¹⁵ Die Herleitung der **Beschwerde**definition erfolgt in **Kapitel 2.2.2**

Da im Rahmen des Dissertationsvorhabens, aufgrund der Fokussierung auf die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung, nicht all diese Konsequenzen auch vermindert werden können, bspw. weil es dafür einer proaktiven Handlung bedarf, zeigt Tabelle 2 die Konsequenzen auf, welche durch das Dissertationsvorhaben beeinflussbar sind.

Tabelle 2: Konsequenzen für Organisationen, welche durch das Dissertationsvorhaben beeinflusst sind

Konsequenzen	Literatur
Umsatz und Marktanteile werden sich aufgrund des unzulänglichen Umgangs mit dem Kunden verringern, sodass Organisationen auf ihren Produkten und den Kosten sitzen bleiben.	[Künzel 2005; Gibson 2012]
Verbesserungsvorschläge, Wünsche oder Vorstellungen hinsichtlich systematischer und unsystematischer Schwachstellen und Fehler der Produkte, Prozesse, Organisation und Leistungen zur Einleitung der Lösungsfindung oder zur Erfassung des Meinungsbildes können nicht durch die Erfahrungen des Kunden abgeleitet werden	[Langbehn 2010; Fiehler et al. 2002; Geyer 1983; Künzel 2005; Limbeck 2007; Hensel und Ventzislavova 2013; Künzel 2013; Scharlau und Rossié 2016]
Außendarstellung und Image können nicht kundenorientiert ausgelegt werden, sodass sich die Organisation nicht optimal am Markt behaupten kann.	[Künzel 2005; Brückner 2011]

Auf Grundlage von Tabelle 2 lässt sich ableiten, welchen Einfluss das Dissertationsvorhaben auf die Konsequenzen für Organisationen bei einem ungenügenden Reklamationsmanagement nehmen kann. Dies spiegelt somit auch die Relevanz des Dissertationsvorhabens wieder und veranschaulicht Gründe, warum Reklamationen als Ressource für die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung genutzt und verstanden werden sollen. Aus diesem Grund ist es notwendig, das Reklamationsmanagement stärker in Organisationen zu integrieren, diesem aber auch die Möglichkeit zu bieten, mit der derzeit vorherrschenden Komplexität von Produktionssystemen umzugehen.

Doch in welcher Art und Weise kann die angesprochene Problematik gelöst werden?

1.2 Zielbildung und Eingrenzung

Wie bereits angesprochen, ist die zunehmende Komplexität von Produkt- aber auch Produktionssystemen einer der Gründe für eine unzureichende Nutzung von Reklamationsinformationen aus der Nutzungsphase. Natürlich haben sich bereits einige Softwaresysteme in der Industrie etabliert, um dieser Problematik entgegenzuwirken, jedoch zeigt eine Auswertung unterschiedlichster Systeme im **Kapitel 3.2**, dass diese bereits an ihre Grenzen kommen, wenn es darum geht Reklamationsinformationen zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung, bei komplexen Sachverhalten, effektiv zu nutzen. Aus diesem Grund bedarf es einer Alternative, welche es möglich macht, Reklamationen, trotz der vorherrschenden Komplexität in Produktionssystemen, zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung zu nutzen.

Doch wie kann dies aussehen?

Idee: Algorithmus¹⁶

Es eignet sich die Entwicklung eines Algorithmus, welcher die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung auf der Grundlage von Reklamationsinformationen möglich machen soll. Da das Themenfeld des Reklamationsmanagements¹⁷ sehr mannigfaltig ist und eine Ausarbeitung aller Teilbereiche nicht zielführend wäre, gilt es, einige Eingrenzungen vorzunehmen, in welchem Teilbereich sich die Zielstellung und Herangehensweise der Dissertation vertiefen soll.

- **Erste Eingrenzung:**

Zum einen gilt es, den Betrachtungsgegenstand von Reklamationen festzulegen. Gemäß der hergeleiteten Definition für Reklamationen aus **Kapitel 2.2.2** kann sich der Ausdruck der Unzufriedenheit gegen ein Produkt, eine Dienstleistung¹⁸ oder den Prozess zur Bearbeitung der Reklamation selbst richten. Im Rahmen der Dissertation soll der Fokus auf Reklamationen gerichtet werden, welche sich **ausschließlich auf materielle Produkte** beziehen. Reklamationen von immateriellen Dienstleistungen oder zum Bearbeitungsprozess selbst, bleiben demnach unberücksichtigt.

- **Zweite Eingrenzung:**

Zum anderen ist zu definieren, welche Arten von Reklamationen im Rahmen der Dissertation untersucht werden sollen. [Sauer 2017] unterscheidet hierbei zwischen drei Arten, nämlich (1) einer Reklamation zwischen Lieferant und Organisation (Hersteller), (2) einer internen Reklamation und (3) einer Reklamation zwischen Organisation (Hersteller) und Kunde. Auch bei dieser Eingrenzung soll nur ein Fall berücksichtigt werden. Demnach untersucht die Ausarbeitung nur Reklamationen, welche **zwischen Organisationen und explizit externen Kunden** aufgetreten sind.

- **Dritte Eingrenzung:**

Mit der dritten Eingrenzung soll festgehalten werden, wozu der Algorithmus ausschließlich dienen soll. Um die in Tabelle 2 dargelegten Konsequenzen für eine Organisation, durch die Entwicklung des Algorithmus, verringern oder gar eliminieren zu können, scheint es sinnvoll den Algorithmus auf die **Fehlerursachensuche und Lösungsfindung** zu fokussieren.

- **Vierte Eingrenzung:**

Die vierte Eingrenzung soll dazu dienen, festzulegen, in welcher Phase des Produktlebenszyklus die angedachte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung erfolgen soll. Dazu bieten sich vor allem die Phase der Produktentwicklung aber auch die der Produktion an. Im Rahmen der Dissertation soll lediglich die **Phase der Produktion** als Referenz für die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung genutzt werden.

¹⁶ Die Herleitung der **Algorithmus**definition erfolgt in **Kapitel 2.1.2**

¹⁷ **Reklamationsmanagement:** „Reklamationsmanagement umfasst die Planung, Durchführung und Überwachung aller Maßnahmen, die ein Unternehmen bezüglich Kundenreklamation ergreift“ [Müller 2018, S. 100], um damit auf die Nichterfüllung einer Anforderung zu reagieren, die in Verbindung mit einer kaufrechtlichen Forderung steht und dadurch als Vertragsbestandteil auf rechtlichem Weg durchgesetzt werden kann. (In Anlehnung an [Müller 2018, S. 100])

¹⁸ **Dienstleistung:** „Ergebnis (3.7.5) einer Organisation (3.2.1) mit mindestens einer Tätigkeit, die notwendigerweise zwischen der Organisation und dem Kunden (3.2.4) ausgeführt wird.“ Berücksichtigung der „Anmerkung 1 zum Begriff: Die vorherrschenden Elemente einer Dienstleistung sind üblicherweise immateriell.“ [ISO9000 2015, S. 44].

- **Fünfte Eingrenzung:**

Eingrenzung fünf berücksichtigt den in **Kapitel 2.2** dargelegten Unterschied zwischen den Begrifflichkeiten der Reklamation und einer Beschwerde. Da im Rahmen der Dissertation nur Reklamationsinformationen zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung genutzt werden sollen, gilt es auch hierbei festzuhalten, dass nur **Reklamationen** betrachtet werden, welche **gegebenenfalls auf dem Rechtsweg durchgesetzt werden können**.

- **Sechste Eingrenzung:**

Mit der sechsten Eingrenzung soll eine Fokussierung auf den **B2B-Bereich** (Business 2 Business) gelegt werden. Dies ist notwendig, um eindeutig abzugrenzen, dass im Rahmen der Dissertation nur Reklamationen betrachtet werden, welche auf einer Interaktion zwischen Organisationen aufbauen. Eine Auswertung von Kundenreklamationen über bekannte Plattformen, wie bspw. Amazon, erfolgt nicht.

Mit Hilfe dieser Eingrenzungen ist es nun möglich, die anfängliche Idee eines Algorithmus zu modifizieren und somit das exakte Ziel festzuhalten.

Zielstellung

Entwicklung eines zielgerichteten Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus [FusLa] in der Produktion einer Organisation auf Basis von berechtigten Produktreklamationsinformationen von Kunden aus der Nutzung eines Produktsystems.

Um das oben genannte Ziel realisieren zu können, gilt es, Teilziele (TZ) abzuleiten, welche in Form von Arbeitsschritten ausgearbeitet werden können.

- **Teilziel 1:**

Das erste Teilziel dient der Untersuchung hinsichtlich relevanter und irrelevanter Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems. Um eine zielgerichtete Weiterverarbeitung gewährleisten und das enorme Potential für die Fehleranalyse [Linder und Schmitt 2015] nutzen zu können, ist es notwendig, dass der Algorithmus dazu in der Lage ist, automatisiert relevante Informationen von irrelevanten Reklamationen für die Reklamationsbearbeitung zu unterscheiden und diese zu sondieren. Um dies zu erreichen, ist ein Informationssondierungsfiler anzulegen.

- **Teilziel 2:**

Mit dem zweiten Teilziel gilt es zu hinterfragen, wie eine Priorisierung von Reklamationen auf Basis der zuvor sondierten, relevanten Informationen aufzubauen ist. Dies hat den Hintergrund, dass der Algorithmus mit den Reklamationen beginnen soll, welche nach der Priorisierung am kritischsten eingestuft wurden.

- **Teilziel 3:**

Teilziel drei fokussiert die Möglichkeit zur Ortung von Fehlerursachen in der Produktion, ebenfalls auf Basis zuvor sondierter, relevanter Reklamationsinformationen. Dies hat den Hintergrund, dass der Algorithmus dazu in der Lage sein soll, den Ort der Fehlerursache auf wenige Teilsysteme einzugrenzen und nicht das gesamte Produktionssystem zu durchsuchen. Dies soll vor allem Zeit und Mehraufwand einsparen.

- **Teilziel 4:**
Zur Beherrschung der herausgestellten Komplexität von Systemen soll Teilziel vier dazu dienen, einen Modellansatz in den Algorithmus zu implementieren. Dies ermöglicht, die Elemente eines Systems und dazugehörige Relationen für den Algorithmus handhabbar zu machen [Chaturvedi 2010; Mason 2008; Winzer 2016; Aliche 2003].
- **Teilziel 5:**
Mit dem letzten Teilziel soll die Lösungsfindung in den Algorithmus integriert werden. Demnach gilt es zu überprüfen, welche Möglichkeiten der Lösungsfindung es gibt und wie diese dazu beitragen, eine zielgerichtete Lösungsfindung zu realisieren.

Aufbauend auf der Zielstellung und den Eingrenzungen, kann im nachfolgenden Schritt eine Herangehensweise definiert werden.

1.3 Herangehensweise

Die Herangehensweise, um die Dissertationsproblematik lösen zu können, ist in insgesamt zwei Hauptphasen, die „Vorbereitung“ und die „Durchführung“, unterteilt. Beginnend mit der Phase der „Vorbereitung“ gilt es, zunächst die notwendigen Grundlagen und Termini zur Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses mit den Organisationen herauszuarbeiten. Nur so kann vermieden werden, dass Probleme bei der Wissensübermittlung oder der Kommunikation mit den Organisationen entstehen. Aufbauend darauf soll der aktuelle Stand der Wissenschaft und Technik ausgearbeitet werden. Dies hat den Hintergrund, aktuelle Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik nicht unberücksichtigt für das zu untersuchende Forschungsvorhaben zu lassen, sondern auf diesen aufzubauen. Darüber hinaus ist es somit möglich, Anforderungen an den zu entwickelnden Algorithmus zu stellen. Sind die Grundlagen und der Stand der Wissenschaft und Technik ausgearbeitet, kann, aufbauend auf diesen, die Phase der „Durchführung“ initialisiert werden. Diese Phase unterteilt sich in insgesamt sieben Arbeitsschritte (AS), welche spezifisch für das Hauptziel und die daraus abgeleiteten Teilziele ausgelegt sind. Beginnend mit dem **ersten AS**, welcher der Umsetzung von **Teilziel 1** dient, gilt es, einen Informationssondierungsfilter zu entwickeln, der es ermöglicht, relevante Reklamationsinformationen aus den Reklamationen von Kunden im Rahmen einer Art Informations-Mining-Prozess automatisiert zu sondieren. Es ist herauszuarbeiten, nach welchen Kriterien eine Sondierung realisierbar ist und nach welchem Vorgehen die entsprechenden Reklamationsinformationen gefiltert werden. Mit dem **zweiten AS** soll das **Teilziel 2** abgedeckt werden. Im Rahmen dessen wird zunächst ein Verfahren zur Priorisierung von Reklamationen ausgearbeitet, welches auf Basis der zuvor sondierten, relevanten Reklamationsinformationen agiert. Die **Teilziele 3 und 4** werden im Anschluss daran im **dritten AS** umgesetzt. In diesem wird untersucht, wie die Informationen zur Ortung einer Fehlerursache im Produktionssystem genutzt werden können. Vor allem ist dabei der Einsatz eines Modells notwendig, um die, im Produktionssystem vorherrschende, Komplexität handhabbarer zu gestalten. Der **vierte AS** dient der Ausarbeitung des **Teilziels 5**. Dabei werden zunächst unterschiedliche Möglichkeiten der Lösungsfindung zur Abstellung von Fehlerursachen in der Produktion untersucht. Als Ergebnis sollen Handlungshilfen ausgearbeitet werden, welche der Algorithmus nach entsprechender Auswertung zur Verfügung stellt. Nachdem die ersten vier AS abgeschlossen sind, gilt es, die erlangten Erkenntnisse im Rahmen des **fünften AS** in Form eines Algorithmus zusammen zu führen. Vor allem die Schnittstellen zwischen der Informationssondierung, Priorisierung, Fehlerursachenlokalisierung und anschließender Lösungsfindung, stellen dabei eine große Herausforderung dar. Ebenso soll das theoretische Konzept des Algorithmus praktisch umgesetzt werden. Mit dem **sechsten AS** werden sowohl das theoretische Konzept für

den Algorithmus als auch dessen praktische Umsetzung, anhand von zwei Anwendungsbeispielen, validiert und erprobt. Dies dient dem Aufzeigen von Verbesserungsvorschlägen und der Bewertung der zuvor gestellten Anforderungen. Der **siebte AS** fokussiert die Dokumentation sowie Veröffentlichung und dient dazu, die Verfügbarkeit der Ergebnisse der Dissertation an interessierte Kreise sicherzustellen. Zum besseren Verständnis kann die Herangehensweise zur Zielerreichung in Abbildung 3 exemplarisch entnommen werden.

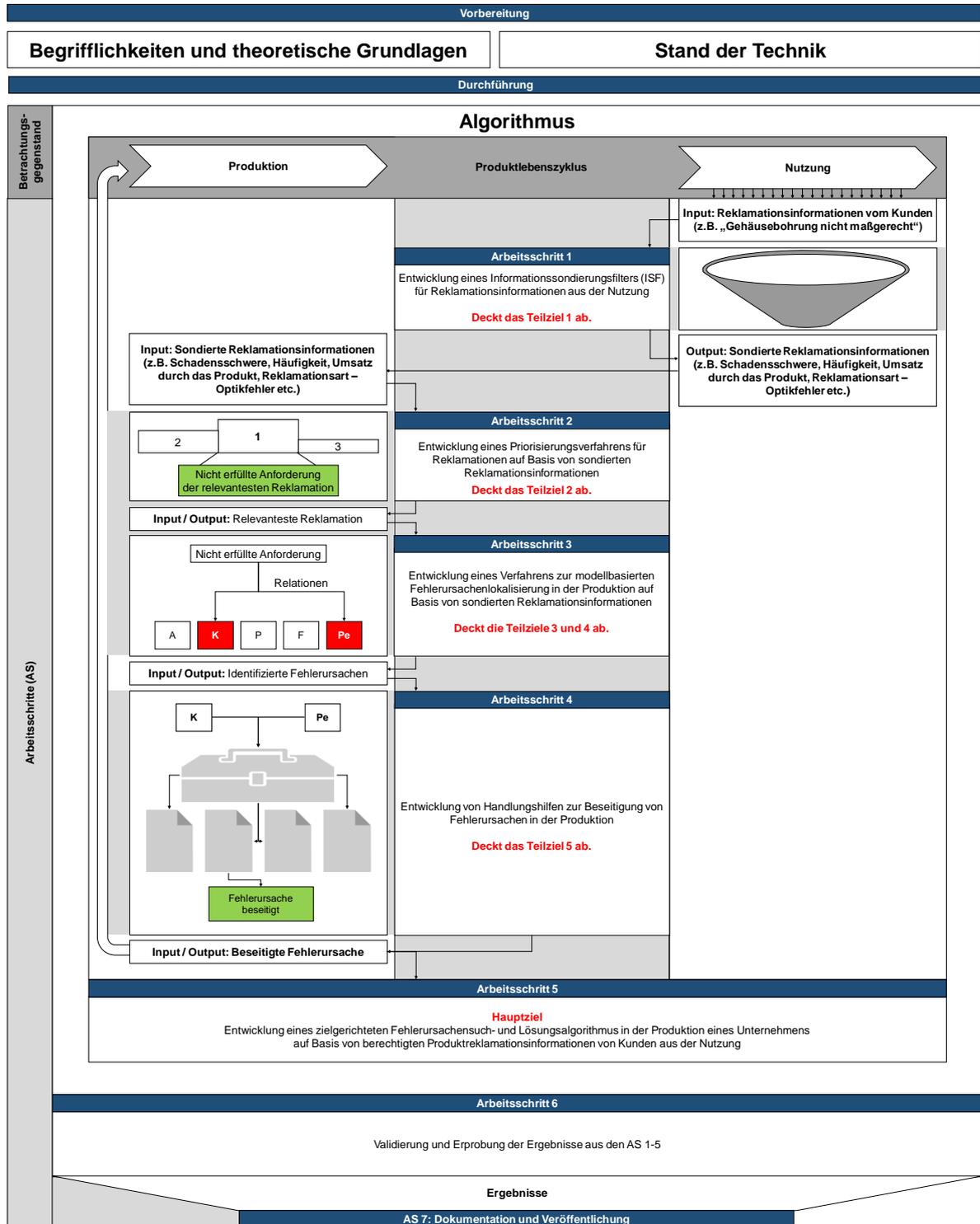
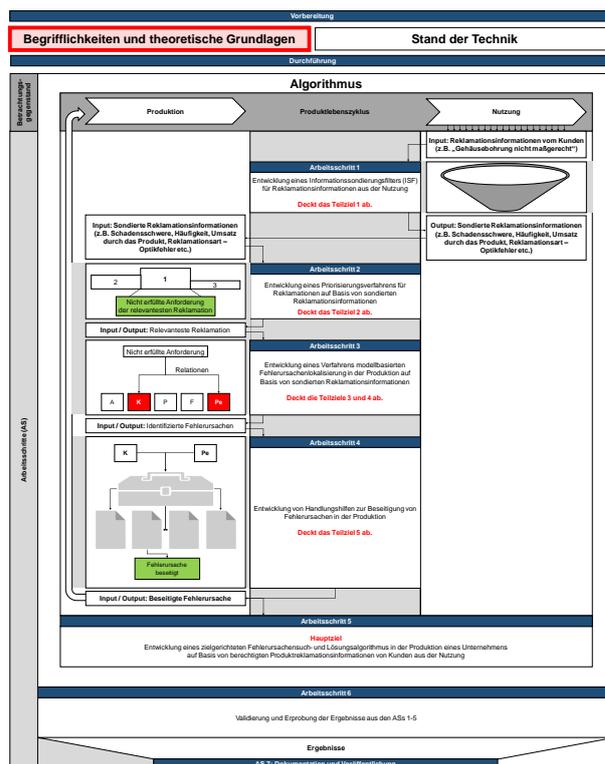


Abbildung 3: Prinzipdarstellung des Lösungskonzeptes inklusive der AS

Beginnend mit der Phase der Vorbereitung werden nachfolgend die theoretischen Grundlagen und Begrifflichkeiten, welche zum Verständnis der Dissertation benötigt werden, dargestellt

2 Begrifflichkeiten und theoretische Grundlagen



Zur Schaffung eines gemeinsamen Konsenses mit den zur Validierung zur Verfügung stehenden Organisationen ist es erforderlich, relevante Begrifflichkeiten und Grundlagen eindeutig zu definieren und abzugrenzen. Nur so ist es möglich, dass die nachfolgenden Inhalte des zu entwickelnden Algorithmus auch nachvollziehbar sind. Aus diesem Grund ist das Ziel dieses Kapitels, Begrifflichkeiten, auf welche im Rahmen der Dissertation zurückgegriffen wird, zu definieren und abzugrenzen. Beginnend mit dem Begriff des FusLa wird zunächst untersucht, wie der Algorithmusbegriff verstanden wird und wie sich dieser auf das Thema der Dissertation anpassen lassen kann. Aufbauend darauf werden die Begrifflichkeiten der Beschwerde und der Reklamation herausgearbeitet und voneinander differenziert. Dies ist notwendig,

um die Eingrenzung der ausschließlichen Betrachtung von Reklamationen einhalten zu können. Sind diese Begrifflichkeiten eindeutig voneinander abgegrenzt, wird im letzten Schritt auf den Begriff des Systems eingegangen. Auch hierbei wird zunächst eine Definition ausgearbeitet, welche sich auf das Betrachtungsfeld der Dissertation anwenden lässt. Erst darauf folgend werden Ansätze zur Beschreibung von Systemen kurz vorgestellt und letztlich einer ausgewählt, welcher zur Beschreibung soziotechnischer Systeme im Rahmen der Dissertation genutzt werden soll.

2.1 Algorithmen

Wird von Algorithmen gesprochen, so lassen sich eine enorme Anzahl und gleichzeitig sehr unterschiedliche Formen von Algorithmen aus Wissenschaft und Technik aufzählen. Seien es evolutionäre Standardalgorithmen, darunter unter anderem memetische oder kulturelle Algorithmen [Weicker 2015] oder Algorithmen für bspw. iterative oder rekursive Auswertungen [Rimscha 2017], die Vielfalt der zur Verfügung stehenden Algorithmen ist groß. Veranschaulicht wird dies unter anderem durch [Vöcking et al. 2008], welcher eine Auflistung unterschiedlichster Algorithmen vornimmt und darunter Themenfelder, wie das „Rechnen, Verschlüsseln und Codieren“, „Optimieren“, „Planen, strategisches Handeln und Computersimulationen“ sowie „Suchen und Sortieren“ abdeckt. Auch [Satinbáñez Koref 2015] zeigt eine Zusammenstellung von Algorithmen aus verschiedenen Gebieten, wie der Informatik oder dem Maschinenbau, auf. Darunter bspw. Algorithmen, welche der „Protokollvalidierung im Kommunikationsbereich“ oder Erkennung von „Designfehlern in fehlertoleranten Netzwerken“ dienen sollen.

Eine Zusammenstellung der von [Satinbáñez Koref 2015] aufgelisteten Algorithmen zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Anwendungsbereiche für Algorithmen nach [Satinbáñez Koref 2015, S. 5]

Gebiet	Anzahl der Beispiele	Gebiet	Anzahl der Beispiele
Akustik	1	Bauwesen	5
Biologie	2	Chemie	2
Energietechnik	2	Informatik	8
Logistik	7	Luft- und Raumfahrt	6
Maschinenbau	2	Medizin	5
Musik	2	Optik	2
Robotik	2	Tanz	2
Verfahrenstechnik	1	Wirtschaftswissenschaften	5

Anhand dieser Beispiele stellt sich nicht nur heraus, dass die Vielfalt von Algorithmen, sondern auch das Verständnis hinsichtlich der Definition von Algorithmen, breit gefächert ist. Dennoch legt die Untersuchung der Algorithmen nahe, dass es an einem nutzbringenden Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung auf Basis von Reklamationsinformationen mangelt. Demnach müssen an dieser Stelle, unter Berücksichtigung der zu fokussierenden Problemstellung, unterschiedliche Ansätze zur Definition von Algorithmen recherchiert und analysiert werden, um daran anschließend eine eigene Definition für einen Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung herzuleiten. Dies ist notwendig, um ein einheitliches Begriffsverständnis zu generieren.

2.1.1 Ansätze zur Definition des Begriffs Algorithmus

Beginnend mit der Recherche nach Definitionen des Begriffs „Algorithmus“ wurden insgesamt fünf unterschiedliche Definitionsansätze für Algorithmen aus unterschiedlichsten Fachdisziplinen, darunter unter anderem der Mathematik oder Informatik, recherchiert. Diese werden in Anhang 4 zusammenfassend dargelegt. Anhand der recherchierten Definitionen ist ersichtlich, dass der Begriff des Algorithmus nach den Definitionen von [Weicker und Weicker 2013, S. 17; Schulz 2007, S. 55; Pomberger und Dobler 2008, S. 33; Menzel 1997, S. 9; Broy 1992, S. 27; Ehrlenspiel und Meerkamm 2017, S. 904] sehr unterschiedlich interpretiert wird, sich jedoch folgende Merkmale in nahezu jeder Definition wiederfinden lassen. Zum einen handelt es sich bei einem Algorithmus um ein Verfahren, welches zur Lösung einer Aufgabe genutzt werden kann. Dies kennzeichnet sich dabei vor allem durch die Ausführung endlicher Schritte. Innerhalb dieser Schritte werden dann gegebene Eingangsgrößen in gesuchte Ausgabegrößen überführt.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass ein Algorithmus sich wie folgt verstehen lässt:

Definition 1: Algorithmen in Anlehnung an [Weicker und Weicker 2013, S. 17; Schulz 2007, S. 55; Pomberger und Dobler 2008, S. 33; Menzel 1997, S. 9; Broy 1992, S. 27; Ehrlenspiel und Meerkamm 2017, S. 904]

Algorithmen sind Verfahren zur Lösung einer Aufgabe¹⁹, welche sich durch die Ausführung endlicher Schritte kennzeichnen und dabei gegebene Eingangsgrößen in gesuchte Ausgangsgrößen umwandeln.

Es ist ersichtlich, dass der Begriff des Algorithmus weiterhin sehr umfassend ist. Demnach gilt es, diesen auf die zu untersuchende Problemstellung hin anzupassen und zu modifizieren. Da es sich in diesem Fall um einen FusLa handeln soll, ist zunächst zu klären, was unter einer Fehlerursache verstanden wird. Erst mit der Definition der Fehlerursache kann der Algorithmus dann für die geplante Herangehensweise genutzt werden.

2.1.2 Definition des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa)

Um den Begriff der Fehlerursache definieren zu können, ist es zwingend erforderlich, zunächst den Begriff des Fehlers eindeutig abzugrenzen. Vor allem ist dies notwendig, um eine Anpassung des Fehlerbegriffs möglich zu machen und den Bezug zur untersuchenden Problemstellung sicherzustellen. Ähnlich dem Algorithmusbegriff werden in der Literatur zahlreiche, sehr unterschiedliche Definitionen des Begriffs „Fehler“ geprägt und daher auch häufig im Alltag für unterschiedliche Anwendungsfelder genutzt. Beginnend mit der produktorientierten Definition nach dem [ProdHaftG 2017] wird der Fehler als ein Zustand betrachtet, bei dem ein Produkt keine Sicherheit bietet. Bezogen wird dies auf die „Darbietung“, den „Gebrauch“ und den „Zeitpunkt des Inverkehrbringens“ eines Produkts, bei denen nach §3 (1) die Sicherheit gewährleistet werden muss und „erwartet werden kann“ [ProdHaftG 2017]. Anhand dieser Definition ist erkennbar, dass sie sich stark am Aspekt der Sicherheit orientiert. Dennoch werden im Rahmen der Dissertation auch Fehler betrachtet, welche nicht ausschließlich die Sicherheit beeinträchtigen müssen. Aus diesem Grund bedarf es einer erweiterten Definition des Fehlers. Neben dem [ProdHaftG 2017] schlägt auch die [ISO 26262 2011], welche die Rahmenbedingungen für funktionale Sicherheit in der Automobilindustrie festhält, eine Definition des Fehlerbegriffs vor. Der Fehler ist demnach ein Ausfall eines Elements, welcher zur Nichterfüllung einer geforderten Funktion des Elements führt [ISO 26262 2011]. Auch hierbei wird der Fokus zu sehr auf den funktionalen Ausfall eines Elements gelegt. Dass auch Anforderungen zu einem Fehler führen können, bleibt hierbei unbedacht. Aus diesem Grund ist auch jene Definition nicht im Rahmen der Dissertation verwertbar. Die letzte Definition, welche an dieser Stelle aufgeführt werden soll, wird durch die [ISO9000 2015] gestellt. Diese sieht einen Fehler als „Nichtkonformität“ oder „nichterfüllte Anforderung“ [ISO9000 2015, S. 40]. Zwar ist diese Definition sehr umfangreich und schränkt sich nicht auf einzelne Objekte oder Aspekte, wie die Sicherheit, ein, dennoch fehlt auch ihr der Systembezug. Im Rahmen des Dissertationsvorhabens ist es jedoch zwingend erforderlich zu wissen, auf welches System, bspw. Produkt- oder Produktionssystem, sich die nichterfüllte Anforderung bezieht.

¹⁹ **Aufgabe:** Eine Aufgabe wird im Rahmen des Dissertationsvorhabens als Entdecken und Erkennen von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System und deren Bewältigung definiert.

Demnach soll der Fehlerbegriff der [ISO9000 2015], wie folgt, modifiziert werden:

Definition 2: Fehler in Anlehnung an [ISO9000 2015, S. 40]

Ein **Fehler** ist die „Nichterfüllung einer Anforderung“ an das zu betrachtende System.

Nachdem nun der Begriff des Fehlers eindeutig abgegrenzt wurde, gilt es herauszuarbeiten, wie eine Fehlerursache in Bezug auf die Definition des Fehlers zu verstehen ist. Nur dadurch kann der Algorithmus Fehlerursachen von Fehlerauswirkungen unterscheiden. Ähnlich dem Fehlerbegriff wird auch der Begriff der Fehlerursache sehr unterschiedlich interpretiert und ausgelegt. Beginnend mit der Definition nach [Schubert 2014] wird eine Fehlerursache als „prozessbedingter Entstehungsgrund“ [Schubert 2014, S. 67] verstanden. Dieser muss, um als Fehlerursache zu gelten, einen „anlagentechnischen Fehler“ [Schubert 2014, S. 67] auslösen. Es zeigt sich, dass dieser Ansatz sehr prozess- und anlagenorientiert ist. Da im Rahmen der Dissertation auch Fehlerursachen, wie Personen oder Einflüsse der Systemumwelt, in Betracht gezogen werden sollen, ist auch diese Definition nicht hinreichend genau. Eine Möglichkeit, diese Aspekte zu berücksichtigen, bietet [Goll 2011], welcher den Bediener in Relation zur Fehlerursache setzt. Nach [Goll 2011] kennzeichnet sich eine Fehlerursache durch Fehlverhalten während des Betriebs. Dies fokussiert jedoch lediglich die Personensicht und lässt außer Acht, dass unter anderem auch die Technik als Fehlerursache identifiziert werden kann. Somit kann auch diese Definition keine Anwendung für die Dissertation finden. Weiterführung zu den bereits genannten Definitionen hat auch die [AIAG & VDA 2019] eine Sichtweise zur Begrifflichkeit der Fehlerursache. Demnach ist eine Fehlerursache jeder „Hinweis darauf, weshalb eine Fehlerart auftreten könnte“ [AIAG & VDA 2019, S. 95]. Gemäß der [AIAG & VDA 2019] wird eine Fehlerart je nach Anwendungsfall unterschiedlich definiert. So gibt die [AIAG & VDA 2019] bspw. unterschiedliche Auslegungen für die Begrifflichkeit der Fehlerursache im Anwendungsfall der Design-FMEA als im Anwendungsfall der Prozess-FMEA. Da in der Dissertation jedoch eine nicht anwendungsfallsspezifische Definition benötigt wird, nutzt diese auch nicht die Auslegung der [AIAG & VDA 2019]. Die letzte Definition, welche an dieser Stelle aufgeführt werden soll, stammt von [Stoll 1990]. In dieser Definition ist eine Fehlerursache stets ein Grund, welcher kenntlich macht, dass ein „richtiger Zustand“ [Stoll 1990, S. 58] nicht eingehalten wird. An dieser Stelle stellt sich nur die Frage, was als „Richtig“ anzusehen ist. Unter Heranziehung der Definition des Fehlers ist dies die Erfüllung von Anforderungen. Es zeigt sich somit, dass die Definition von [Stoll 1990] am besten für die zu untersuchende Problemstellung passt, wodurch diese für die nachfolgende Ausarbeitung modifiziert und verwendet werden soll.

Definition 3: Fehlerursachen in Anlehnung an [Stoll 1990, S. 58; ISO9000 2015, S. 40]

Fehlerursachen sind die Gründe für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System.

Aufbauend auf den Definitionen der Begrifflichkeiten „Algorithmus“ und „Fehlerursache“ ist nun die Herleitung einer Definition des FusLa möglich. Unter Heranziehung der Begriffe „suchen“ [Duden 2018b] und „Lösung“ [Duden 2018a] nach dem Bibliographischen Institut, lässt sich der Begriff „FusLa“ wie folgt verstehen:

Definition 4: Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa) in Anlehnung an [Stoll 1990, S. 58; ISO9000 2015, S. 40; Weicker und Weicker 2013, S. 17; Schulz 2007, S. 55; Pomberger und Dobler 2008, S. 33; Menzel 1997, S. 9; Broy 1992, S. 27; Ehrlenspiel und Meerkamm 2017, S. 904]

Ein **Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa)** ist ein Verfahren zum Entdecken und Erkennen von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System und deren Bewältigung, durch das Umwandeln gegebener Eingangsgrößen in gesuchte Ausgabegrößen, unter Anwendung spezieller Kenntnisse sowie Methoden, im Rahmen der Ausführung endlicher Schritte.

Mit Hilfe dieser Definition ist es bereits möglich, erste Anforderungen an den FusLa zu stellen.

Anforderung 1 Der FusLa muss die Erkennung von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System, auf Grundlage von Reklamationsinformationen und deren Abstimmung mit Hilfe von Handlungshilfen, ermöglichen.

Anforderung 2 Der FusLa muss gegebene Eingangsgrößen (Reklamationsinformationen) in gesuchte Ausgabegrößen (Fehlerursachen und Handlungshilfen) umwandeln können.

Anhand dieser Anforderungen soll es im Rahmen der Validierung und Erprobung möglich sein, den Ansatz des FusLa zu bewerten. Da dieser Algorithmus auf der Grundlage von Reklamationsinformationen agieren soll, ist es zwingend erforderlich, dass er auch zwischen den Begrifflichkeiten „Beschwerde“ und „Reklamation“ unterscheiden kann. Nur so kann gewährleistet werden, dass Beschwerdeinformationen im Rahmen der Dissertation keine Berücksichtigung bei der Entwicklung und Validierung finden.

2.2 Unterscheidung der Begrifflichkeiten Beschwerde und Reklamation

Aus **Kapitel 1.1** kann abgeleitet werden, dass vor allem in der heutigen Zeit, in welcher Produkte aber auch Dienstleistungen zunehmend komplexer werden, auch dem Reklamationsmanagement eine steigende Notwendigkeit für Organisationen zukommt. Vor allem die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Parteien, sei es dem Kunden, dem Lieferanten oder gar internen Organisationseinheiten, spielt dabei eine entscheidende Rolle, um das Vertrauen und die daran gekoppelte Zusammenarbeit zu stärken [Müller 2018]. Dies ist jedoch nicht immer selbstverständlich, da bereits bei den unterschiedlichen Auslegungen von Begrifflichkeiten, wie „Reklamation“ oder „Beschwerde“, Kommunikationsprobleme und damit Schwierigkeiten der Zusammenarbeit auftreten können. Auch in Anbetracht der Problemstellung der Dissertation ist die Abgrenzung der genannten Begrifflichkeiten von großer Bedeutung. Der Hintergrund dessen ist, dass nur mittels einer eindeutigen Definition für beide Begrifflichkeiten eine Unterscheidung getroffen und somit auch garantiert werden kann, dass der Algorithmus nur Reklamationsinformationen, nicht aber Beschwerdeinformationen bei der Fehlerursachensuche und Lösungsfindung mit einbezieht.

2.2.1 Verständnis aus der Wissenschaft und Industrie

Die Begriffe der „Reklamation“ und der „Beschwerde“ werden sowohl in der Industrie als auch in der Wissenschaft sehr mannigfaltig definiert. Um eine Definition des Begriffs „Reklamation“, welche sich auch auf das zu verfolgende Vorhaben der Dissertation anwenden lässt, ausarbeiten zu können, ist es erforderlich, zunächst einige Reklamations- und Beschwerdedefinitionen vorzustellen. Anschließend sind diese dann bezogen auf die Problemstellung zu modifizieren. Aus diesem Grund werden im Anhang 5 unterschiedliche Definitionen für den Reklamations- und für den Beschwerdebegriff vorgestellt und daran anschließend ein eigenes Verständnis aus den jeweiligen Definitionen, welches für die nachfolgende Ausarbeitung Anwendung finden soll, herausgestellt.

2.2.2 Definition von Beschwerde und Reklamation

Aus Anhang 5 ist ersichtlich, welchen Umfang die Unterschiede zwischen den jeweiligen Definitionen annehmen. Beginnend mit dem Begriff der „Beschwerde“ zeigt sich, dass dieser nicht selten als eine Art Oberbegriff genutzt wird. Dieser Begriff setzt sich, gemäß der Definitionen nach [Stauss und Seidel 2014, S. 29; Müller 2014, S. 40; Haeske 2001, S. 11; Leiner 2014, S. 3; Fornell 1982, S. 479; Hoffmann 1991, S. 2; Landon 1980, S. 337; Wimmer und Roleff 1998, S. 269; ISO9000 2015, S. 51] aus unterschiedlichen Merkmalen zusammen. Zum einen wird die Beschwerde als Ausdruck der Unzufriedenheit verstanden, welcher durch unterschiedliche Parteien, sei es bspw. ein Lieferant, gegenüber einer weiteren Partei, bspw. einer Organisation, geäußert wird. Der Ausdruck der Unzufriedenheit erfolgt dabei auf Grundlage eines Mangels, eines Fehlers, einer Beanstandung, welche im Nachfolgenden als nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System verstanden werden sollen. Entscheidend ist dabei, dass eine Beschwerde sowohl in der Vor- und Kaufphase als auch in der eigentlichen Nutzung eines Produktsystems hervorgebracht wird und sich diese sowohl gegen ein Produkt, eine Dienstleistung oder den Beschwerdeprozess selbst richten kann. Dennoch ist dabei herauszustellen, dass sich die Beschwerde als subjektive Meinungsäußerung verstehen lässt und nicht juristisch durchgesetzt werden kann. Zusammengefasst bedeutet dies, dass eine Beschwerde sich wie folgt verstehen lässt:

Definition 5: Beschwerden in Anlehnung an [Stauss und Seidel 2014, S. 29; Müller 2014, S. 40; Haeske 2001, S. 11; Leiner 2014, S. 3; Fornell 1982, S. 479; Hoffmann 1991, S. 2; Landon 1980, S. 337; Wimmer und Roleff 1998, S. 269; ISO9000 2015, S. 51]

Beschwerden definieren sich als Ausdruck der Unzufriedenheit, bei dem die Nichterfüllung einer Anforderung an das System (z.B. ein Produkt oder eine Dienstleistung) als subjektiv schwerwiegend wahrgenommen und kenntlich gemacht wird. Dieser Ausdruck wird explizit oder implizit in Form einer schriftlichen, elektronischen oder mündlichen Mitteilung gegenüber einer verantwortlichen Partei (z.B. Organisation) durch betroffene Parteien (z.B. Kunde, Lieferant, Organisation) innerhalb des Vorverkaufs, Kaufs oder der Nutzung eines Produktsystems geäußert. Dieser Ausdruck steht **jedoch nicht** in Verbindung mit einer kaufrechtlichen Forderung und kann **auch nicht** als Vertragsbestandteil auf rechtlichem Weg durchgesetzt werden.

Die Definition einer Reklamation hingegen unterscheidet sich vor allem hinsichtlich ihrer rechtlichen Verbindlichkeit von einer Beschwerde. Nach den Definitionen aus Anhang 5 von [Stauss und Seidel 2014, S. 29; ISO 13485 2016, S. 12; Hansen 1990, S. 449; ISO9000 2015, S. 51; Binder-Kissel 2003, S. 14; Leiner 2014, S. 3; Neuland 1999, S. 9; Pepels 2008, S. 107] wird eine Reklamation ebenfalls als Ausdruck der Unzufriedenheit gekennzeichnet, welcher von

einer betroffenen Partei, sei es ein Kunde oder ein Lieferant, gegenüber einer verursachenden Partei, bspw. eine Organisation, geäußert wird. Entscheidend hierbei ist, dass eine Reklamation nur innerhalb der Nutzung eines Produktsystems zum Tragen kommt. Dabei können sowohl Produkte und Dienstleistungen als auch der Reklamationsprozess selbst beanstandet werden. Der entscheidende Unterschied zur Beschwerde, wie bereits angedeutet, liegt jedoch in der rechtlichen Verbindlichkeit. Der Kunde fordert dabei explizit oder implizit eine Aufklärung der Problematik und kann diese, aufgrund dessen, dass sie ein Vertragsbestandteil ist, auch juristisch geltend machen. Zusammengefasst bedeutet dies, dass eine Reklamation sich wie folgt verstehen lässt:

Definition 6: Reklamationen in Anlehnung an [Stauss und Seidel 2014, S. 29; ISO 13485 2016, S. 12; Hansen 1990, S. 449; ISO9000 2015, S. 51; Binder-Kissel 2003, S. 14; Leiner 2014, S. 3; Neuland 1999, S. 9; Pepels 2008, S. 107]

Reklamationen definieren sich als Ausdruck der Unzufriedenheit aufgrund der Nichterfüllung einer Anforderung an das System (z.B. ein Produkt, oder eine Dienstleistung). Dieser Ausdruck wird explizit oder implizit in Form einer schriftlichen, elektronischen oder mündlichen Mitteilung gegenüber einer verantwortlichen Partei (z.B. Organisation) durch betroffene Parteien (z.B. Kunde, Lieferant, Organisation) innerhalb der Nutzung eines Produktsystems geäußert. Dieser Ausdruck steht in Verbindung mit einer kaufrechtlichen Forderung und kann als Vertragsbestandteil auf rechtlichem Weg durchgesetzt werden.

Anhand dieser Definition lässt sich ebenso eine Anforderung an den FusLa ableiten, welche im späteren Verlauf der Dissertation zur Bewertung des FusLa genutzt werden kann.

Anforderung 3 Der FusLa soll nur Informationen bearbeiten, welche die Vorgaben der Reklamationsdefinition erfüllen.

Aus der Definition der Reklamation ist ersichtlich, dass die Begrifflichkeit einen Systembezug, bspw. zu einem Produkt oder zu einer Dienstleistung, hat. Dennoch ist im Rahmen der Definition nicht eindeutig bestimmt worden, was unter einem System auf Basis der zu fokussierenden Problemstellung verstanden werden kann. Aus diesem Grund ist es notwendig, sich auch mit dem Systembegriff und dem Systemdenken auseinanderzusetzen.

2.3 Systeme

Ähnlich dem Algorithmusbegriff haben sich auch für den Systembegriff viele Ansätze und Definitionen je nach Fachrichtung entwickelt. Um festzuhalten, wie der Systembezug für den Algorithmus zu verstehen ist und eine eindeutige Abgrenzung eines Systems zu seiner Systemumwelt gewährleisten zu können, ist es notwendig, sich mit den Ansätzen und Definitionen zum Systembegriff auseinanderzusetzen. Aus diesem Grund werden zunächst unterschiedliche Systemverständnisse aufgezeigt und letztlich eine Systemdefinition hergeleitet, welche sich auf die zu fokussierende Problemstellung anwenden lässt.

2.3.1 Definition des Begriffs System

Beginnend mit der Definition nach [Schnieder und Schnieder 2013] charakterisiert sich ein System als etwas, dass zusammengesetzt wird oder zusammengehört. Dies könnten unter anderem Fragmente oder Elemente sein, die zusammen als eine Art von Gefüge fungieren und dadurch einen Zweck erfüllen und gegenüber der Systemumwelt Bestand haben [Schnieder und Schnieder 2013]. Dennoch bleibt bei dieser Definition die Betrachtung von In- und

Output unberücksichtigt. Demnach bedarf es einer umfassenderen Definition, um der zu untersuchenden Problemstellung gerecht werden zu können. Eine weitere Möglichkeit zeigen [Haberfellner 2012] aber auch [Häuslein 2004] auf, welche ein System in insgesamt sechs unterschiedliche Bestandteile zerlegen. Darunter fallen das Systemumfeld, die Systemgrenze, die Systemelemente, deren Struktur und Relationen untereinander sowie der System-Input und System-Output. Da diese Systemelemente im Rahmen des Dissertationsvorhabens Anwendung finden, wird die Definition nach [Schnieder und Schnieder 2013] um die Bestandteile nach [Haberfellner 2012] ergänzt.

Definition 7: Systeme in Anlehnung an [Schnieder und Schnieder 2013; Haberfellner 2012]

Systeme sind etwas Zusammengesetztes bzw. Zusammengehöriges, welche durch sechs Bestandteile (System-Input /-Output, die Systemumwelt, die Systemgrenze, die Systemelemente, deren Struktur und Relationen) bestimmt werden.

Anhand dieser Definition lässt sich ebenso eine Anforderung an den FusLa ableiten, welche im späteren Verlauf der Dissertation zur Bewertung des FusLa genutzt werden kann.

Anforderung 4 Der FusLa muss den System-Input /-Output, die Systemumwelt, die Systemgrenze, die Systemelemente, deren Struktur, Relationen und Systemverhalten unterscheiden und berücksichtigen können.

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass einzelne Elemente eines Gesamtsystems auch als Subsysteme fungieren können, welche sich ebenfalls aus den sechs Bestandteilen gemäß der Definition zusammensetzen [Haberfellner 2012]. Veranschaulichen lässt sich diese Definition durch die nachfolgend dargestellte Abbildung 4.

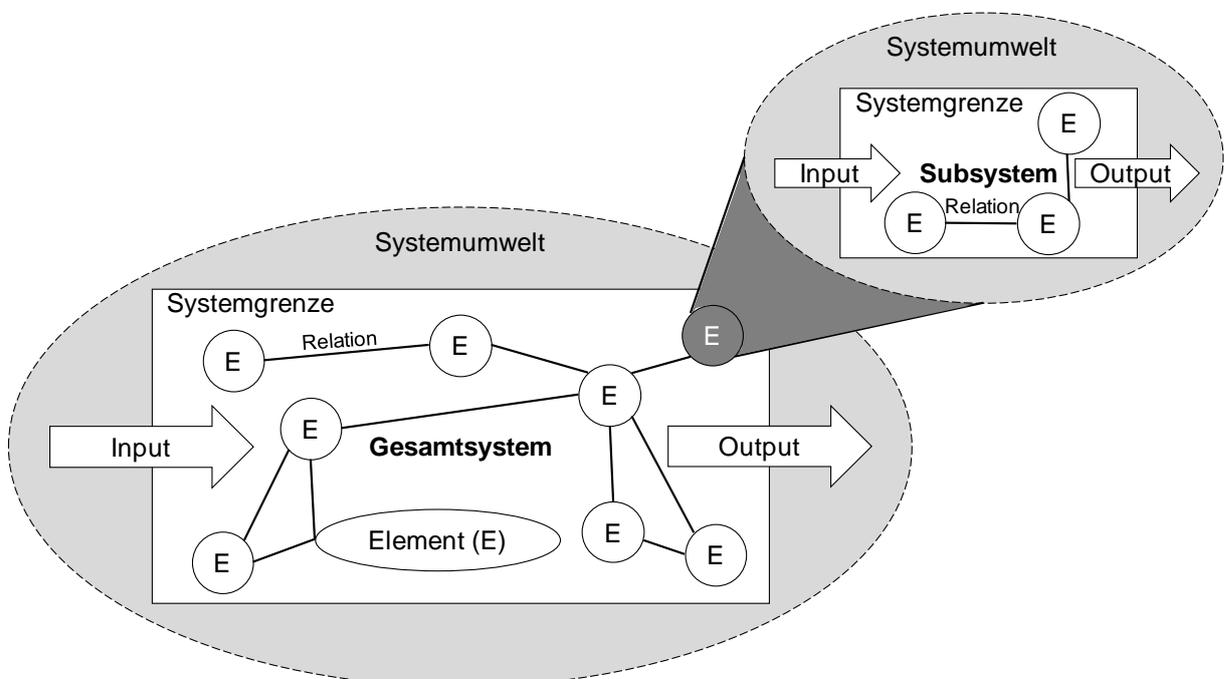


Abbildung 4: Prinzipdarstellung des Verständnisses des Systems in Anlehnung an [Haberfellner 2012]

Anhand der Abbildung 4 kann nachvollzogen werden, wie sich das System für den zu entwickelnden Algorithmus verstehen lässt. Demnach kann bspw. ein reklamiertes Produkt als Produktsystem und die Produktion selbst als Produktionssystem angesehen werden. Da der Grad

der Komplexität der zu betrachtenden Systeme sehr unterschiedlich sein kann, ist auch, im Fall eines hohen Grades an Komplexität, zu berücksichtigen, wie dieser mittels Algorithmus beherrschbar gemacht werden kann. Eine Möglichkeit bietet dazu die Anwendung eines Ansatzes zur standardisierten Beschreibung eines Systemmodells, unter den Grundsätzen des systematischen Denkens und Handelns.

2.3.2 Auswahl eines Ansatzes zur Beschreibung komplexer Systeme

Natürlich sind bereits einige Ansätze zur Beschreibung von technischen Systemmodellen, darunter unter anderem Modelica, CONSENS (Conceptual design Specification technique for the Engineering of complex Systems), SysML (Systems Modeling Language) oder Demand Compliant Design (DeCoDe), entwickelt worden. Ein Vergleich der unterschiedlichen Ansätze im Rahmen des DFG-Forschungsprojektes KAUSAL [Förderkennzeichen: WI 1234/21-1] am Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität zeigte bereits, dass DeCoDe gegenüber den anderen aufgezählten Ansätzen am besten geeignet ist, um Kausalketten der Fehlerentstehung in komplexen Systemen transparent darzustellen. Die Auswertung, welche im Rahmen der IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineering) SMC (Systems, Man, and Cybernetics) 2018 veröffentlicht wurde, wird in Anhang 6 zusammenfassend dargestellt. Anhand derer ist ersichtlich, dass sich DeCoDe vor allem aufgrund seiner standardisierten Beschreibung von Systemansichten und der Berücksichtigung von Schnittstellenproblemen zwischen unterschiedlichen Disziplinen von anderen Ansätzen deutlich abhebt. Ergänzend dazu ermöglicht es DeCoDe als einziger Ansatz, die Rückverfolgbarkeit von Fehlern nachzuvollziehen [Schlund und Winzer 2009; Nicklas 2016]. Dies ist vor allem in Bezug auf die zu untersuchende Problemstellung zwingend erforderlich, um auf Basis von Reklamationsinformationen Fehlerursachen in der Produktion zu suchen und diese beseitigen zu können. Der letzte Vorteil von DeCoDe, welcher an dieser Stelle genannt werden soll, ist, dass dieser Ansatz es als einziger ermöglicht, Kausalketten beliebiger Länge darzustellen [Bielefeld et al. 2018]. So kann gewährleistet werden, dass vor allem komplexe Kausalketten nachvollziehbar bleiben und die Lösungsfindung nicht aufgrund der Begrenzung der Darstellbarkeit scheitert. Da auch im Rahmen der Dissertation die möglicherweise fehlerführenden Wechselbeziehungen innerhalb komplexer Systeme Betrachtung finden, eignet sich DeCoDe demnach auch zur Erreichung der fokussierten Zielstellung. Aus diesem Grund wird für die Beschreibungen komplexerer Systeme im Rahmen der Dissertation der DeCoDe Ansatz angewendet und nachfolgend theoretisch erläutert.

2.3.3 Beschreibung von komplexen Systemmodellen mittels DeCoDe

Bei DeCoDe handelt es sich um einen Ansatz zur standardisierten Beschreibung eines technischen Systemmodells unter den Grundsätzen des systematischen Denkens und Handelns. Es unterteilt sich in zwei wesentliche Bestandteile, zum einen das DeCoDe-Modell und zum anderen die DeCoDe-Tools [Winzer 2016]. Mit dem DeCoDe-Modell wird ein technisches System in eine minimale Anzahl von standardisierten Sichten, darunter Anforderungen, Komponenten, Funktionen und Prozesse unterteilt. Dies dient vor allem der gedanklichen Zerlegung des zu betrachtenden Systems [Winzer 2016]. Da mittels der vier Sichten nur die Beschreibung eines technischen Systems gewährleistet werden kann, bedarf es einer fünften Sicht. Aus diesem Grund hat [Nicklas 2016] DeCoDe um die sogenannte Personensicht zum enhanced Demand Compliant Design (eDeCoDe) weiterentwickelt. Vor allem bei der Rückverfolgbarkeit von Verantwortlichkeiten ist diese Sicht zwingend notwendig und wird daher auch im Rahmen der Dissertation mit einbezogen. Demnach soll nachfolgend nur noch von eDeCoDe gesprochen werden. Um zu verstehen, wie Anforderungen (A), Funktionen (F), Komponenten

(K), Prozesse (P) und Personen (Pe) im weiteren Verlauf der Dissertation zu verstehen sind, zeigt Tabelle 4 die jeweiligen Definitionen und dazugehörigen Symbole.

Tabelle 4: Definitionen der eDeCoDe-Sichten

Sicht	Symbolik	Definitionen	Literatur
A		Eine <u>Anforderung</u> ist ein / eine „Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist.“	[ISO9000 2015, S. 39]
F		„ <u>Funktionen</u> beschreiben den Zweck bzw. die Aufgabe, die ein System zu erfüllen hat. Sie geben damit der Umwandlung von Eingaben in Ausgaben eines Systems eine Zielrichtung. Dadurch ermöglichen Funktionen eine Beschreibung des „Was“ ein System oder Teile davon realisieren sollen.“	[Nicklas 2016, S. 69]
K		„ <u>Komponenten</u> sind physische oder logische, einzelne oder zusammengefasste Bestandteile eines Systems.“	
P		„ <u>Prozesse</u> beschreiben, wie die Eingaben eines Systems in Ausgaben umgewandelt werden, also das „Wie“. Über den Prozess realisiert sich die eingebaute Funktionalität des Systems, d.h. innerhalb von Prozessen werden bei technischen Systemen durch die Nutzung von Komponenten Funktionen umgesetzt. Erfolgt die Einbindung von Menschen in Prozesse, werden letztere oftmals auch als Arbeits- oder Geschäftsprozesse bezeichnet (Prozess eines soziotechnischen Systems).“	
Pe		„ <u>Personen</u> beschreiben Menschen. Sie nutzen und realisieren Komponenten wie auch Prozesse und stellen auch Input für die Leistungserbringung zur Verfügung. Somit realisieren sie Funktionen, welche wiederum Anforderungen erfüllen. Im Zusammenhang mit Organisationsnetzwerken werden Personen den jeweiligen Organisationen im Netzwerk zugeordnet und durch diese dargestellt.“	

Da die reinen Definitionen jedoch nicht ausreichend sind, um die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Elementen zu beschreiben, ist es auch notwendig, die Bedeutungen der Relationen eindeutig zu definieren. Die Wechselbeziehungen sollen im Rahmen der Dissertation wie nach [Nicklas 2016] verstanden werden. Zur Veranschaulichung der Bedeutung zwischen den einzelnen Sichten dient Abbildung 5. Diese zeigt bspw., dass ein Prozess eine Komponente als Ressource nutzt oder dass Personen Funktionen realisieren können.

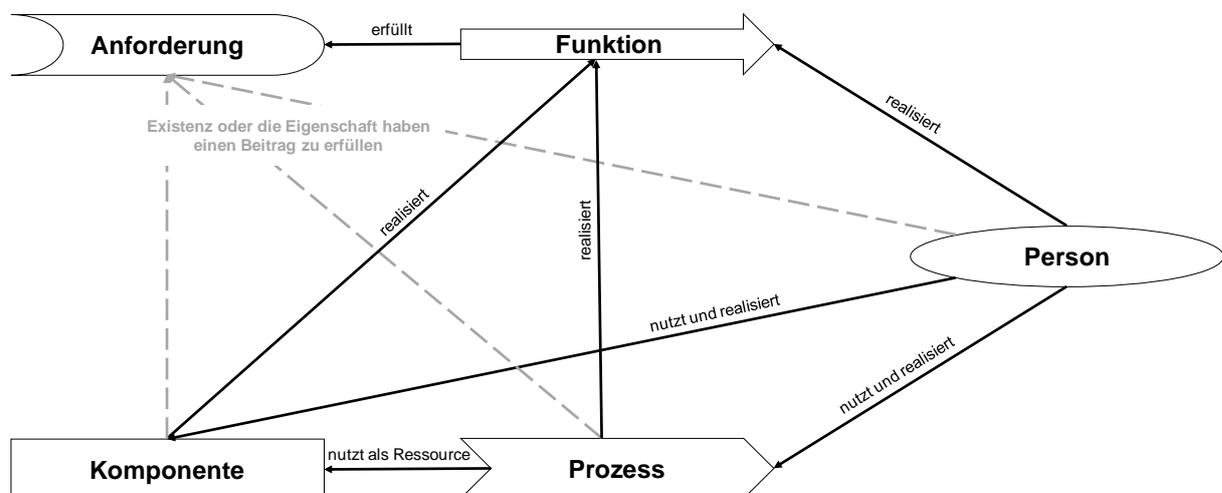


Abbildung 5: Zusammenhang der eDeCoDe-Sichten nach [Nicklas 2016, S. 69]

Damit eine Zerlegung des zu betrachtenden Systems in die vorgestellten Sichten erfolgen kann, werden DeCoDe-Tools herangezogen. Dabei wird zwischen der Design Structure Matrix

(DSM), der Domain Mapping Matrix (DMM) und der / dem Multi Domain Matrix (MDM) / Multi Domain Graph unterschieden [Winzer 2016]. Die Design Structure Matrix, wie sie in Abbildung 6 exemplarisch anhand einer Anforderungssicht verdeutlicht wird, stellt die Wechselbeziehungen gleichartiger Sichten her. Durch die gleichsame Auflistung der jeweiligen Elemente einer Sicht, in diesem Fall Anforderungen, auf den beiden Achsen einer quadratischen Matrix, können bestehende Wechselbeziehungen, oder auch Relationen genannt, zwischen den Elementen mit Hilfe einer 0 (keine Wechselbeziehung) / 1 (Wechselbeziehung) Deklaration kenntlich gemacht werden [Hahn et al. 2013]. So hat bspw. in Abbildung 6 die „Anforderung 2“ eine Wechselbeziehung zu „Anforderung n“.

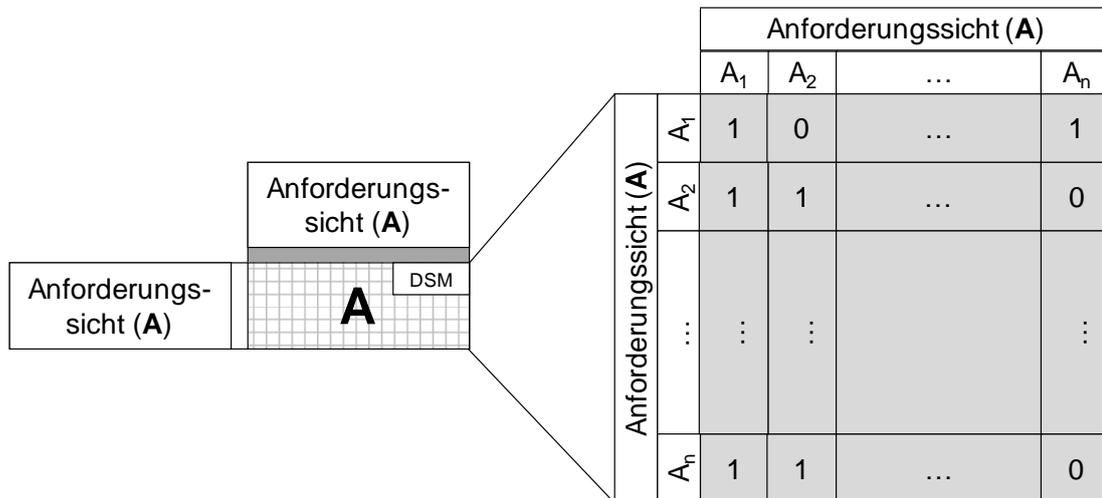


Abbildung 6: DSM auf Grundlage der Anforderungssicht in Anlehnung an [Hahn et al. 2013; Winzer 2016]

Diese Art von Matrix wird bei eDeCoDe für alle fünf Sichten erstellt. Aufbauend auf die DSM können sogenannte DMM erstellt werden. Sie stellen, anders als bei der DSM, die Elemente unterschiedlicher Sichten gegenüber. Es ermöglicht demnach die Wechselbeziehungen unterschiedlicher Elemente wiederum unterschiedlicher Sichten miteinander in Relation zu setzen. Auch hierbei werden Wechselbeziehungen erneut durch eine 0 (keine Wechselbeziehung) / 1 (Wechselbeziehung) Deklaration kenntlich gemacht [Marx Gómez et al. 2013]. In Abbildung 7 wird zum besseren Verständnis eine Domain Mapping Matrix am Beispiel der Anforderungs- und der Funktionssicht veranschaulicht.

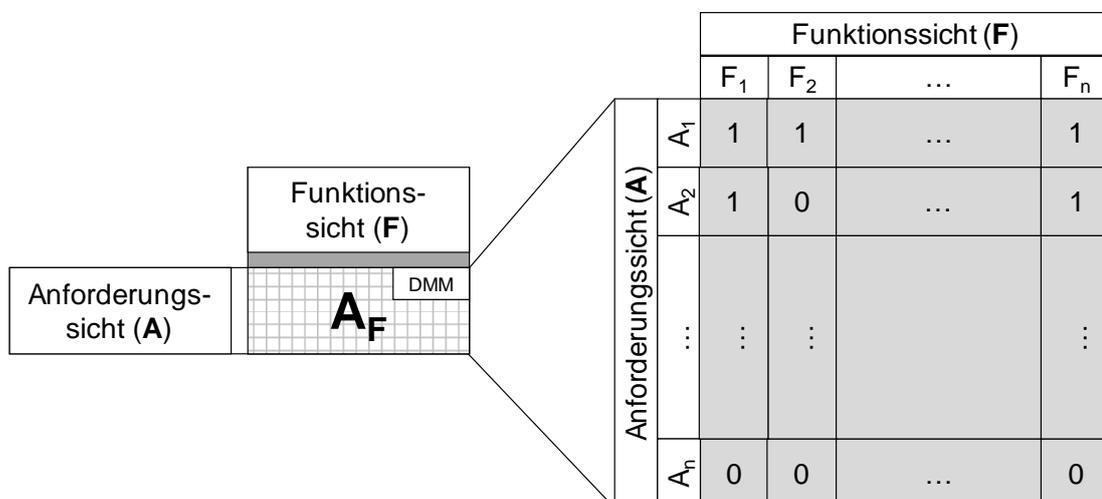


Abbildung 7: DMM auf Grundlage der Anforderungs- und Funktionssicht in Anlehnung an [Marx Gómez et al. 2013; Winzer 2016; Heinrichsmeyer et al. 2019f]

Es stellt sich heraus, dass bei eDeCoDe alle Elemente der fünf Sichten miteinander gekoppelt werden können. Zusammengefasst wird diese Struktur in Form einer MDM, wie sie in Abbildung 8 exemplarisch in Anlehnung an [Nicklas 2016] dargestellt wird.

	Anforderungs-sicht (A)	Funktions-sicht (F)	Prozess-sicht (P)	Komponenten-sicht (K)	Personen-sicht (Pe)
Anforderungs-sicht (A)	A ^{DSM}	A _F ^{DMM}	A _P ^{DMM}	A _K ^{DMM}	A _{Pe} ^{DMM}
Funktions-sicht (F)		F ^{DSM}	F _P ^{DMM}	F _K ^{DMM}	F _{Pe} ^{DMM}
Prozess-sicht (P)			P ^{DSM}	P _K ^{DMM}	P _{Pe} ^{DMM}
Komponenten-sicht (K)				K ^{DSM}	K _{Pe} ^{DMM}
Personen-sicht (Pe)					Pe ^{DSM}

Abbildung 8: Sichten des enhanced Demand Compliant Design in Anlehnung an [Nicklas 2016]

Es handelt sich bei der MDM ebenfalls um eine quadratische Matrix, welche alle fünf Sichten samt ihren Elementen gegenüberstellt. Aufbauend auf dieser Grundstruktur kann für jedes System ein Multi Domain Graph (MDG) ausgearbeitet werden. Dieser veranschaulicht die einzelnen Elemente und deren Wechselbeziehungen, wie es der Name bereits andeutet, in Form einer graphischen Darstellung. Dadurch wird erreicht, dass das Verständnis für komplexere Sachverhalte unterstützt wird und diese Sachverhalte wiederum transparenter für durchzuführende Analysen werden [Winzer 2016; Vogel-Heuser et al. 2014]. Auch im Rahmen der Dissertation sollen sowohl die reklamierten Produktsysteme als auch die dazugehörigen Produktionssysteme als MDG dargestellt werden. Exemplarisch wird der MDG für ein Produktionssystem-Beispiel „Fertigung von Wellen“ in Abbildung 9 aufgeführt.

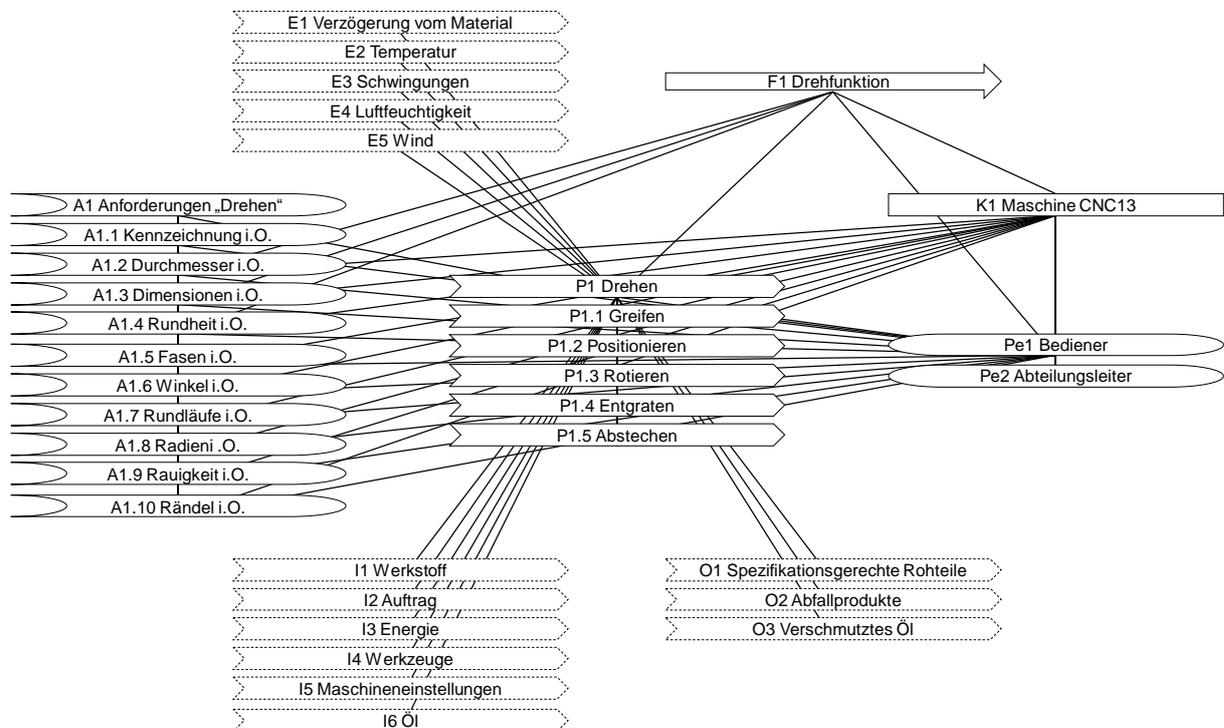
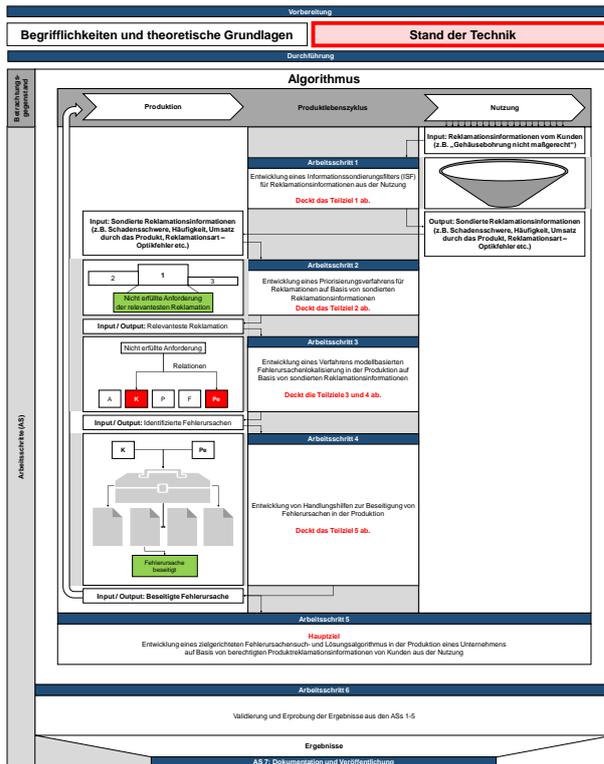


Abbildung 9: Multi-Domain-Graph auf Grundlage eines Produktionssystem-Beispiels „Fertigung von Wellen“ über Anforderungen (A), Prozesse (P), Inputs (I), Outputs (O), äußere Einflüsse (E), Funktionen (F), Komponenten (K) und Personen (Pe) in Anlehnung an [Heinrichs-meyer et al. 2019a, S. 4]

3 Stand der Wissenschaft und Technik



„Priorisierung von Reklamationen“, „Fehlerursachenlokalisation“ und „Lösungsfindung“, zunächst vorgestellt, anschließend bewertet und anhand derer letztlich Anforderungen an den eigenen FusLa abgeleitet.

3.1 Wissenschaft

Um zu analysieren, ob bereits erste Forschungsvorhaben auf den zu untersuchenden Forschungsgebieten angedacht oder abgeschlossen sind, wurde eine umfangreiche Literaturliteraturanalyse durchgeführt. Dazu sind insgesamt 1000 nationale und 200 internationale Forschungsvorhaben, darunter bspw. Veröffentlichungen, Projekte, Promotionen von 2000 bis 2018 mittels der Schlagworte „Fehlerursache (failure)“, „Algorithmus (algorithm)“, „Reklamation (complaint)“, „Nutzung (use phase)“, Produktion (production phase)“ und „Felddaten (field data)“ auf unterschiedlichen Plattformen herausgearbeitet und ausgewertet worden. Untersucht wurden unter anderem das „Geförderte Projekte Informationssystem“ (GEPRIS²⁰), die „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF²¹), der „Förderkatalog der Bundesregierung“²² und der „Informationsdienst der Gemeinschaft für Forschung und Entwicklung“ (CORDIS²³). Auf Grundlage der gesammelten Forschungsvorhaben wurde eine Vorsondierung hinsichtlich der Relevanz für die aufgezeigte Problemstellung durchgeführt. Insgesamt konnten dadurch 10 nationale und 1 internationales Forschungsvorhaben identifiziert werden, welche die Problemstellung tangieren. Um sich von anderen Forschungsvorhaben ausdrücklich abzugrenzen und die wissenschaftliche Lücke eindeutig zu belegen, wurde eine Bewertung der Forschungsvorhaben

²⁰ **GEPRIS**: Geförderte Projekte Informationssystem (<https://gepris.dfg.de/gepris/OCTOPUS>)

²¹ **IGF**: Industrielle Gemeinschaftsforschung (<https://www.aif.de/innovationsfoerderung/igf-industrielle-gemeinschaftsforschung/igf-projektbank.html>)

²² **Förderkatalog der Bundesregierung**: (<https://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/StartAction.do?actionMode=list>)

²³ **CORDIS**: Informationsdienst der Gemeinschaft für Forschung und Entwicklung (<https://cordis.europa.eu/projects/de>)

Nachdem die Begrifflichkeiten und theoretischen Grundlagen für die Dissertation ausgearbeitet wurden, gilt es, zu untersuchen, wie aktuelle Ansätze mit Reklamationsinformationen umgehen und diese zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung nutzen. Untersucht werden sollen dabei sowohl Ansätze aus der Wissenschaft aber auch Ansätze aus der Industrie, darunter vor allem Softwarelösungen. Ziel der Untersuchung ist es, anhand der Teilziele der Dissertation, die Grenzen der jeweiligen Ansätze aufzuzeigen, um den Forschungsbedarf hinsichtlich eines FusLa eindeutig herauszustellen. Natürlich sollen bis zu diesem Zeitpunkt erlangte Erkenntnisse nicht ungenutzt bleiben, sondern für die weitere Entwicklung des Algorithmus genutzt werden. Um dies realisieren zu können, werden die Ansätze in den Hauptbereichen der Dissertation, darunter „Informationssondierung“

auf Grundlage der Teilziele aus **Kapitel 1.2** durchgeführt. Zur Bewertung wurde eine Symbolik (● = vollständig, ◐ = zum Teil, ○ = gar nicht) angewendet. Die Ergebnisse werden in Anhang 7 und Anhang 8 dargestellt und verdeutlichen, dass die aufgezeigte Problemstellung noch unzureichend erforscht ist. Demnach kristallisiert sich der folgende Forschungsbedarf eines „**zielgerichteten Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus [FusLa] in der Produktion einer Organisation auf Basis von berechtigten Produktreklamationsinformationen von Kunden aus der Nutzung eines Produktsystems**“ heraus. Dennoch zeigen Anhang 7 und Anhang 8 auch, dass bereits in einigen Bereichen Forschungsvorhaben durchgeführt werden oder bereits abgeschlossen sind. Um auf den Erkenntnissen vorangegangener / laufender Forschungsvorhaben und darüber hinaus aktueller Literatur aufzubauen, ist es notwendig, diese zu analysieren und relevante Ergebnisse zu extrahieren.

3.1.1 Wissenschaftliche Informationssondierung von Reklamationsinformationen

Beginnend mit dem Schwerpunkt der Informationssondierung galt es, zunächst zu untersuchen, welche Filter zur Sondierung von Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems bereits existieren und wie sich diese für das geplante Forschungsvorhaben adaptieren lassen. Forschungsvorhaben, die dazu aufgezählt werden können, sind unter anderem [Schmitt und Linder 2014], welche im Rahmen des IGF-Vorhabens [17498N] einen Prozess zur Organisation von Reklamationsinformationen vorschlagen, oder [Marchenko et al. 2010], welche auf Basis von Reklamationsinformationen die Qualität der Reklamationsbearbeitung mittels 8D-Report im IGF-Vorhaben [15948N] untersucht haben. Um einen Überblick über die aktuellen Erkenntnisse der zuvor angeführten Forschungsvorhaben zu erhalten, werden die für die Sondierung von Reklamationsinformationen relevanten Ansätze nachfolgend vorgestellt. Diese sollen im Weiteren dazu dienen, Anforderungen für die automatisierte Informationssondierung zu erheben, welche zur Validierung und Erprobung als Bewertungsreferenz genutzt werden können.

IGF-Vorhabens [17498N] nach [Schmitt und Linder 2014]

Im IGF-Vorhaben [17498N] nach [Schmitt und Linder 2014] werden Reklamationsinformationen in insgesamt fünf Hauptkategorien, darunter „Ursprungs-“, „Beschreibungs-“, „Auswirkungs-“, „Ursachen-“ und „Lösungsinformationen“, unterteilt. Jede dieser Hauptkategorien, welche in Tabelle 5 aufgeführt werden, enthält dabei unterschiedliche Reklamationsinformationen.

Tabelle 5: Strukturierung von Reklamationsinformationen nach [Schmitt und Linder 2014, S. 11]

Hauptkategorien	Inhalte
Ursprungsinformationen	z.B. Kunde, Erfasser, Erfassungsdatum etc.
Beschreibungsinformationen	z.B. Produkt- und Prozessinformationen, Fehlerschlüssel
Auswirkungsinformationen	z.B. Nacharbeit, Fehlerkosten
Ursacheninformationen	z.B. Ergebnis der Ursachenanalyse
Lösungsinformationen	z.B. Maßnahmen, Terminierung, Verantwortlichkeiten

Die Erhebung und Strukturierung erfolgt dabei innerhalb eines Prozesses der „Datenorganisation“ [Linder et al. 2016]. Dabei wird die Reklamation des Kunden zunächst angenommen, darauffolgend bspw. Informationen, wie in Tabelle 5 aufgezeigt, erfasst sowie analysiert und letztlich das Fehlermanagement mit einem vorläufigen Fehlerbild gestartet [Schmitt und Linder 2014]. Diese Informationen können als solide Grundlage für eine eigene Ausarbeitung eines Informationssondierungsfilters herangezogen werden [Schmitt und Linder 2014]. Dennoch

bleibt eine Aussage darüber aus, ob diese Informationen auch im Rahmen eines automatisierten Prozesses abgerufen werden können, oder ob es weiterhin einer manuellen Extraktion bedarf. Im Fall einer manuellen Verarbeitung bestünde die Problematik eines Mehraufwandes für das Personal im Reklamationsmanagement. Um diesen Mehraufwand der Informationssondierung gering zu halten, ist folgende Anforderung an den FusLa zu stellen.

Anforderung 5 Der FusLa muss über eine automatisierte Sondierung von Reklamationsinformationen verfügen.

IGF-Vorhaben [15948N] nach [Marchenko et al. 2010]

Eine automatisierte Bewertung von Reklamationsinformationen auf Basis von 8D-Reports führen [Marchenko et al. 2010] im Rahmen des IGF-Vorhaben [15948N] durch. Sinn und Zweck der Anwendung eines sogenannten Text-Mining Algorithmus ist die Beurteilung der Qualität von 8D-Reports über die Erfassung von Metriken, wie der Lesbarkeit oder Vollständigkeit des Freitextes [Behrens 2012]. Auch hierbei werden Reklamationsinformationen zur Textauswertung sondiert [Marchenko et al. 2010]. Die Struktur der Reklamationsinformationen wird dabei jedoch durch die acht Phasen des 8D-Reports und nicht durch den Algorithmus selber bestimmt. Ergänzend kommt hinzu, dass die Untersuchung der 8D-Reports zwar algorithmusbasiert erfolgt, die Auswertung ihren Fokus jedoch zu stark auf die Beurteilung der Qualität nicht aber auf die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung legt. Dennoch können die definierten Metriken genutzt werden, um, wie in Anhang 3 erfolgt, zu definieren, nach welchen Dimensionen die Informationsqualität bei Reklamations-texten bestimmt werden könnte. Im Hinblick auf den FusLa weist der Ansatz von [Marchenko et al. 2010] vor allem auf folgende Anforderung hin:

Anforderung 6 Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung erfolgen kann.

Ergänzend zu den bereits genannten Forschungsvorhaben fokussiert die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen unterschiedliche Projekte, darunter das DFG-Vorhaben [Projektnummer 182065375], welches sich mit der Entwicklung eines Gestaltungsmodells und der Verbesserung der Handhabung von Reklamationsinformationen befasst [Hellebrandt et al. 2018], oder das AiF-Vorhaben „LeaF“ zum digitalen Fehlermanagement [Lindemann 2018]

DFG-Vorhaben [Projektnummer 182065375] nach [Hellebrandt et al. 2018]

Beginnend mit dem DFG-Vorhaben kann auf das Erfassungsmodul des Gestaltungsmodells nach [Hellebrandt et al. 2018] im Hinblick auf die Sondierung von Reklamationsinformationen aufgebaut werden. Mit diesem Modul sollen Reklamationsinformationen zunächst einheitlich erfasst, ähnlich dem bereits vorgestellten IGF-Vorhaben von [Schmitt und Linder 2014] im Folgeschritt analysiert und letztlich zur Produktentwicklung genutzt werden. Vor allem der Wissenstransfer bereits erkannter Schwachstellen und Verbesserungspotentiale zur Produktverbesserung in der Produktentwicklung ist ein Beispiel, warum Reklamationsinformationen sondiert werden [Hellebrandt et al. 2018]. Dabei betrachtet das Forschungsvorhaben nicht die Rückspiegelung in die Produktion. Auch in der Produktion ist es notwendig, die Schwachstellen und Verbesserungspotentiale, welche durch Reklamationsinformationen aufgefallen sind, zu berücksichtigen.

Für die Sondierung von Reklamationsinformationen des FusLa bedeutet dies:

Anforderung 7 Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine Rückspiegelung der ausgewerteten Informationen in die Produktion möglich ist.

DFG-Vorhaben [Projektnummer 280368616] nach [Schmitt et al. 2017]

Neben den bereits genannten Vorhaben arbeitete die RWTH Aachen an einem Sensor, welcher es möglich machen soll, Beschwerdeinformationen aus Plattformen, explizit Online-Foren, zu sondieren. Der Fokus dieses Forschungsvorhabens lag vor allem auf ungerichteten Beschwerden von insgesamt sechs unterschiedlichen Produkten aber auch Dienstleistungen. Über eine Analyse der Beschwerden gelang es, ein Extraktionsmodell für relevante Informationen auszuarbeiten und anhand unterschiedlicher Test- und Trainingsdatensätze zu evaluieren [Schmitt et al. 2017]. Trotz des sehr starken Bezugs des Projektes zum eigenen Forschungsvorhaben, lässt sich dieses Extraktionsmodell nicht 1:1 adaptieren. Hintergrund ist, dass dieses sowohl für Beschwerden aus Online-Foren als auch auf Grundlage von Dienstleistungen entwickelt wurde. Eine Nutzung der extrahierten Informationen zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung in der Produktion wurde ebenfalls nicht angestrebt. Dennoch ist dies für den FusLa zwingend als Anforderung zu stellen. Da dies bereits durch die Anforderungen 7 und 8 abgedeckt wird, wird bewusst auf eine erneute Darstellung verzichtet.

AiF-Vorhaben nach [Lindemann 2018]

Zuletzt soll an dieser Stelle das AiF-Vorhaben des WZL - Werkzeugmaschinenlabors der RWTH Aachen angeführt werden. Das laufende AiF-Forschungsprojekt zum „Learning Failure Management (LeaF)“ hat das Ziel, Fehlerdaten einheitlich sowie homogen zu erfassen und zu strukturieren, um darauf aufbauend Data-Mining-Methoden anzusetzen und das Fehlermanagement dadurch voranzutreiben [Lindemann 2018]. Da dieses Projekt jedoch erst im Anfangsstadium ist, soll es hier nur als Referenz angegeben werden. Eine Auswertung und Abgrenzung kann ohne handhabbare Ergebnisse derzeit noch nicht erfolgen.

Dennoch hat sich herausgestellt, dass der Umgang mit Reklamationsinformationen und deren Sondierung auch in der Wissenschaft eine entscheidende Rolle spielt. Um nun zu untersuchen, welche Verfahren zur weiteren Verarbeitung der sondierten Reklamationsinformationen genutzt werden, sollen auch Forschungsvorhaben zu diesem Themenschwerpunkt analysiert und ausgewertet werden.

3.1.2 Wissenschaftliche Priorisierung von Reklamationen

Hinsichtlich der Priorisierung von Reklamationen haben sich in den vergangenen Jahren unterschiedliche Ansätze hervorgetan. Aufzuzählen sind unter anderem die Priorisierung nach [Schmitt und Linder 2012], welche mit Hilfe von unterschiedlichen Bewertungsdimensionen, darunter Fehlerkosten pro Schadensfall, einen Fehlerprioritätswert und damit einen Prioritätsrang ableiten. Ebenso zu nennen sind Ansätze, wie das Pareto-Prinzip, die ABC-Analyse oder das Eisenhauer-Prinzip, welche sich nicht nur auf Reklamationen fokussieren, sondern eine fachübergreifende Priorisierung ermöglichen [Züger 2007]. Um einen Überblick über die aktuellen Erkenntnisse der Ansätze zu erhalten, werden die für die Priorisierung von Reklamationen relevanten Ansätze nachfolgend vorgestellt. Diese sollen im Weiteren dazu dienen, Anforderungen für die Priorisierung zu erheben, welche zur Validierung und Erprobung als Bewertungsreferenz genutzt werden können.

Priorisierungs-Ansatz nach [Schmitt und Linder 2012]

Der Ansatz zur mehrdimensionalen Priorisierung von Reklamationen nach [Schmitt und Linder 2012] soll vor allem dazu dienen, die einer Organisation zur Verfügung stehenden Ressourcen bestmöglich für das Beschwerdemanagement zu nutzen. Im Rahmen einer sogenannten Fehlerbildbewertung werden, wie bereits angesprochen, verschiedene Bewertungsdimensionen unterschiedlicher Fehlerbilder in einer Matrix gegenübergestellt und analysiert. Um welche Bewertungsdimensionen es sich dabei handelt, wird je nach den Rahmenbedingungen und Zielen des Beschwerdemanagements definiert. Auch die Skalen der Auswertung können dabei individuell und je nach Organisation angepasst werden. Ergänzend dazu ermöglicht der Ansatz von [Schmitt und Linder 2012] eine Gewichtung der einzelnen Bewertungsdimensionen mittels paarweisem Vergleich, sodass auch hierbei eine Individualisierung je nach Organisation stattfinden kann. Zusammengefasst wird die Auswertung in einem sogenannten Fehlerprioritätswert, welcher letztlich zur Bestimmung eines Prioritätsranges je Fehlerbild genutzt wird. Es stellt sich heraus, dass [Schmitt und Linder 2012] bereits einen sehr umfangreichen Ansatz zur Priorisierung von Reklamationsinformationen darlegen. Dieser kann als solide Grundlage für die Entwicklung eines eigenen Priorisierungsverfahrens herangezogen werden. Die Auswertung zeigt, dass der beschriebene Ansatz bislang händisch ausgeführt wird. Eine automatisierte Priorisierung bspw. mit Hilfe eines Algorithmus bleibt aus. So wird zwar die Reklamationsbearbeitung optimiert, eine Verringerung des Ressourcenaufwandes bleibt jedoch fraglich. Neben dem Ansatz nach [Schmitt und Linder 2012] haben sich, wie bereits erwähnt, auch fachübergreifende Ansätze entwickelt. Einer dieser Ansätze ist das Eisenhower-Prinzip.

Eisenhower-Prinzip [Züger 2007]

Das Eisenhower-Prinzip dient der Priorisierung von Aufgaben. Zu diesen Aufgaben kann demnach auch die Reklamationsbearbeitung gezählt werden. Es unterscheidet insgesamt zwei Dimensionen, die sogenannte „Dringlichkeit“ und die „Wichtigkeit“. Diese beiden Dimensionen werden in Form eines Koordinatensystems gegenübergestellt und ermöglichen somit eine zweidimensionale Auswertung. Insgesamt wird das Koordinatensystem dabei in vier verschiedene Quadranten und somit in vier unterschiedliche Aufgabentypen unterteilt. Anhand der beiden Dimensionen ist es möglich, relevante Aufgaben von weniger relevanten Aufgaben zu unterscheiden und diese entsprechend ihrer Priorität zu bearbeiten [Züger 2007]. Dennoch ist dieser Ansatz sehr subjektiv und qualitativ. Eine quantitative Auswertung hinsichtlich der Priorität bleibt aus.

ABC-Analyse [Züger 2007]

Neben dem bereits vorgestellten Eisenhower-Prinzip wird häufig auch die ABC-Analyse genutzt. Hierbei wird die Priorität von Aufgaben eingeschätzt, sodass sich dieser Ansatz ebenso auf die Reklamationsbearbeitung anwenden lässt. Bei diesem Ansatz wird zwischen insgesamt drei Wichtigkeitsstufen, darunter „wichtig“, „weniger wichtig“ und „unwichtig“, unterschieden. Je nach zugeteilter Wichtigkeitsstufe lässt sich die Durchführung von Aufgaben festlegen [Züger 2007]. Dennoch ist dieser Ansatz, ähnlich zum Eisenhower-Prinzip, subjektiv.

Pareto-Prinzip [Züger 2007]

Ein weiterer Ansatz zur Priorisierung wird als Pareto-Prinzip bezeichnet. Ähnlich dem Eisenhower-Prinzip werden hierbei zwei Dimensionen, die Zeit und die Ergebnisse, berücksichtigt. Auf Grundlage der 20:80-Regel besagt das Pareto-Prinzip, dass 20 % der aufgewendeten Zeit eine Erzielung von 80% der Ergebnisse ermöglichen. Auf Grundlage dieser Regel lässt sich

demnach eine Priorisierung durchführen, um Aufgaben zu fokussieren, die den größten Anteil an Ergebnissen mit sich ziehen. Bezogen auf die Reklamationsbearbeitung könnten somit Reklamationen fokussiert werden, welche 80 % der Ergebnisse liefern [Züger 2007]. Da jedoch auch die restlichen 20% bei der Reklamationsbearbeitung entscheidend sind, um die Zufriedenheit aller Kunden zu gewährleisten, hat auch dieser Ansatz Schwachstellen hinsichtlich der zu untersuchenden Problemstellung.

Aufbauend auf den vorgestellten Ansätzen gilt demnach für die Priorisierung von Reklamationsinformationen im Rahmen des FusLa folgende Anforderung:

Anforderung 8 Der FusLa muss die Priorisierung von Reklamationen auf Basis unterschiedlicher Bewertungsdimensionen und dimensionsspezifischer Gewichtungen quantitativ, mehrdimensional und automatisiert möglich machen.

3.1.3 Wissenschaftliche Fehlerursachenlokalisierung

Neben der Priorisierung von Reklamationen, spielt auch die weiterführende modellbasierte Fehlerursachenlokalisierung auf Basis sondierter Reklamationsinformationen eine maßgebliche Rolle für eine zielorientierte Lösungsfindung. Auf Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche stellte sich jedoch heraus, dass wissenschaftliche Ansätze zur modellbasierten Fehlerursachensuche sehr rar sind. Vor allem unter dem Aspekt der Heranziehung von Reklamationsinformationen konnten keine Ansätze herausgearbeitet werden, welche aus Sicht der Wissenschaft Fehlerursachen eindeutig einem Produktionssystem zuordnen. Aus diesem Grund galt es, das Blickfeld zu erweitern und sich auf die modellbasierten Ansätze zur Fehlerursachensuche zu fokussieren, welche nicht explizit die Nutzung von Reklamationsinformationen berücksichtigen. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung kann das DFG-Vorhaben „DSy“ [Projektnummer 165955509] von [Görschwin Fey 2017] der Technischen Universität Hamburg angeführt werden. Auf Grundlage sogenannter Fehlersymptome konnten Fehlerursachen in einem modellierten Teilsystem automatisiert lokalisiert werden. Der Fokus des Projektes lag jedoch auf eingebetteten Systemen und lässt sich daher nicht auf die zu untersuchende Problemstellung übertragen. Neben dem bereits angesprochenen Projekt können unter anderem [Michaeli et al. 2009], welche im Rahmen eines AiF-Vorhabens einen Algorithmus zur Ortung von Fehlerstellen bei Kunststoffbahnen entwickelt haben, aufgeführt werden. Darüber hinaus sind [FE 2017] zu nennen, die durch die Entwicklung eines Assistenzsystems eine Verbindung zwischen Fehlerursache und -wirkung und damit die eindeutige Lokalisierung von Fehlerursachen in Produktionsanlagen herstellen wollen. Dennoch überschneiden sich die genannten Forschungsvorhaben nur marginal mit der zu fokussierenden Problemstellung dieser Dissertation und sind teilweise noch als laufende Projekte eingestuft. Aufgrund dieses Mangels an Ansätzen zur modellbasierten Fehlerursachensuche auf Basis von Reklamationsinformationen aus der Wissenschaft, ist es nicht möglich, hinreichende Anforderungen an den FusLa zu stellen, sodass es einer umfangreichen Analyse von Ansätzen aus der Praxis bedarf. Die Darstellung des Standes der Technik aus Sicht der Industrie ist in **Kapitel 3.2** aufbereitet.

3.1.4 Wissenschaftliche Lösungsfindung für Fehlerursachen

Aufbauend auf die Fehlerursachenlokalisierung bedarf es auch eines Ansatzes, um lokalisierte Fehlerursachen in der Produktion zu beseitigen. Demnach ist es notwendig, Lösungsmöglichkeiten je nach Anwendungsfall bereitzustellen, mit denen die Abstellung von Fehlerursachen in der Produktion gewährleistet werden kann. Aus der Wissenschaft haben sich hinsichtlich

dieses Themenschwerpunktes unterschiedliche Ansätze etabliert. Darunter kann der Ansatz von [Crostack et al. 2004] gezählt werden, welche im Rahmen des FQS-Vorhabens „SAFE“ ein standardisiertes Vorgehen entwickelt haben, um auf Fehler und Fehlerursachen innerhalb einer Organisation zu reagieren und diese zu beseitigen. Ergänzend dazu ist das Projekt „Mo-FaPro“ [Projektnummer 288492944] von [Schmitt 2015b] aufzuführen, welches die Verbesserung der Fehlerabstellung mit Hilfe eines modellbasierten Ansatzes anstrebt. Relevant ist dabei vor allem das Ziel, Handlungsempfehlungen auszuarbeiten, um das Fehlermanagement in Produktionssystemen voranzutreiben. Dennoch ist an dieser Stelle anzumerken, dass das genannte Projekt noch nicht vollständig abgeschlossen ist und somit auch noch keine umfangreichen Ergebnisse in Form eines Abschlussberichtes vorliegen. Um nun zu untersuchen, welche Ansätze zur weiteren Verarbeitung der Lösungsfindung genutzt werden, soll nachfolgend das Forschungsvorhaben „SAFE“ zu diesem Themenschwerpunkt analysiert und ausgewertet werden, um daran anschließend Anforderungen an die Lösungsfindung im Rahmen des FusLa zu stellen.

FQS-Vorhaben „SAFE“ nach [Crostack et al. 2004]

Im FQS-Vorhaben „SAFE“ merken [Crostack et al. 2004] an, dass der Prozess der Fehlerabstellung meist durch die Erfahrungen von Mitarbeitern geprägt ist. Um eine zielorientierte Fehlerabstellung umsetzen zu können, bedarf es demnach eines standardisierten Modells, worauf alle Mitarbeiter Zugriff haben und mit dessen Hilfe, Fehler effizienter zu behandeln sind. Nach diesem Modell wird zunächst der Ist-Zustand hinsichtlich des Anforderungsprofils zur Fehlerabstellung innerhalb der Organisation erhoben. Aufbauend darauf wird ein Referenzmodell erstellt, welches die Prozesse des Fehlermanagements umfasst und spezifisch auf die jeweiligen Anforderungsprofile angepasst werden kann. Im Zusammenspiel mit einer wissensbasierten Datenbank zu Fehlern von Systemen und Maßnahmen können, je nach Ausnahmesituation, Ausfallzeiten oder Fehlreaktionen vermieden werden [Crostack et al. 2004]. In Anlehnung an das vorgestellte Vorhaben soll auch der FusLa Fehlerursachen beseitigen können. Dazu soll er jedoch einen Katalog von Handlungshilfen bereitstellen und diese je nach auftretender Fehlerursache einsetzen können. Demnach ergibt sich die nachfolgend aufgezeigte Anforderung.

Anforderung 9 Der FusLa muss die Beseitigung von Fehlerursachen, auf Basis eines vorgefertigten Kataloges, ermöglichen und Handlungshilfen, je nach Fehlerursache, bereitstellen.

Neben dem vorgestellten Vorhaben „SAFE“ wurde auch der Fehlerabstellprozess nach [Dall et al. 2018] untersucht.

Fehlerabstellprozess nach [Dall et al. 2018]

Dieser Fehlerabstellprozess untergliedert sich in insgesamt sieben Phasen. Dazu zählen die Problemerkennung, Schadteilbeschaffung, Schadteilanalyse, Lösungsfindung, Maßnahmenentscheidung, Umsetzung / Lessons Learned und letztlich die Wirksamkeitskontrolle. Ziel ist es, innerhalb von drei Phasen einen Fehler erst zu erkennen und zu priorisieren, darauffolgend den Schadensmechanismus zu verstehen und letztlich die Produktoptimierung zu kontrollieren. Für die im Rahmen der Dissertation betrachtete Beseitigung von Fehlerursachen ist dabei vor allem die zweite Phase relevant, da in dieser auch die Lösungsfindung und Maßnahmenentscheidung liegt. Dennoch wird nicht ausreichend darauf eingegangen, wie eine

Maßnahmenentscheidung und Lösungsfindung ablaufen kann, ob diese auf einem festgelegten Vorgehen fußt oder ob es Referenzwerte gibt, anhand derer eine Entscheidung oder Auswahl möglich ist [Dall et al. 2018]. Es zeigt sich an dieser Stelle, dass es nicht nur eines Katalogs mit Handlungshilfen bedarf, sondern auch, dass das Vorgehen zur Lösungsfindung und Maßnahmenableitung in transparenten Schritten erfolgen muss, um eine standardisierte Beseitigung von Fehlerursachen durch den Algorithmus möglich zu machen. Weiterführend neben dem Ansatz von [Dall et al. 2018], haben auch [Refflinghaus et al. 2019] eine Methode entwickelt, welche eine Ableitung von Optimierungsmaßnahmen ermöglichen soll.

IGF-Vorhaben - Methods Time and Quality Management (MTQM) nach [Refflinghaus et al. 2019]

Die von [Refflinghaus et al. 2019] vorgeschlagene Methode MTQM stellt eine Möglichkeit dar, Montageprozesse auf Grundlage einer vorangegangenen Fehleranalyse, Zuverlässigkeitsanalyse und Erfassung der Kostenauswirkung zu optimieren. Durch den Einsatz von HRA (Human Reliability Analysis) sowie Arbeitsplanungsmethoden sollen Fehlerpotentiale präventiv erkannt und durch gezielte Verbesserungsmaßnahmen optimiert werden. Dieser Ansatz ist insofern interessant, als dass er auch auf zufällige Handlungsfehler von im Unternehmen beschäftigten Personen eingeht [Refflinghaus et al. 2019]. Dennoch ist der Fokus des Forschungsvorhabens vorrangig auf Montageprozesse gelegt. Dies bedeutet, dass eine Aussage hinsichtlich der Umsetzbarkeit auf Prozesse, welche nicht der Montage zuzuordnen sind, nicht getroffen werden kann. Ebenso werden diese Prozesse mit Hilfe der Methode MTQM prospektiv verbessert. Eine Optimierung der Prozesse, sobald Fehlerursachen tatsächlich aufgetreten sind, bleibt jedoch aus. Somit ist dieses Forschungsvorhaben nicht auf die zu untersuchende Problemstellung anzuwenden.

Werkzeug zur Analyse und Verbesserung produktionsnaher Fehlerabstellprozesse [18455 N] nach [Exner 2015]

Im Rahmen eines FQS-Projektes hat das WZL - Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen, ein Werkzeug entwickelt, um Fehlerabstellprozesse in der Produktion zu analysieren und kontinuierlich zu verbessern. Um dies zu erreichen, definierte [Exner 2015] unterschiedliche Dimensionen für eine geeignete Fehlerkultur innerhalb eines Unternehmens. Dimensionen, welche hierbei unter anderem genannt werden können, sind bspw. die Fehlervermeidung, Fehlerkommunikation oder Lernorientierung. Diese Dimensionen der Fehlerkultur bilden die Grundvoraussetzung, um eine Verbesserung des Fehlerabstellprozesses überhaupt anregen zu können. Erweiternd zur Fehlerkultur entwickelten sie qualitätsbezogene Kennzahlen des Fehlermanagements. Hierbei werden unterschiedliche Informationen, wie bspw. die Quote von Wiederholungsfehlern oder die Quote zu wiederholten Sofortmaßnahmen, ermittelt, um Ziele bzw. Kennzahlen für das Fehlermanagement im Unternehmen abzuleiten. Im letzten Schritt erarbeiteten sie ein Bewertungstool für den Fehlerabstellprozess im Unternehmen. Dieses nutzt sowohl die zuvor ermittelten Kennzahlen als auch Informationen eines Fehlerdatenmodells sowie Definitionen zu Fehlermanagementprozessen und Rollen. Die gesammelten Erkenntnisse werden demnach dazu genutzt, Handlungsempfehlungen abzuleiten und den produktionsnahen Fehlerabstellungsprozess stetig zu verbessern [Exner 2015]. Dieses Vorgehen stellt eine sehr solide Grundlage für den Algorithmus dar und soll daher auch Betrachtung bei der Entwicklung finden.

Aufbauend auf die bereits vorgestellten Ansätze haben sich in der Wissenschaft auch unterschiedliche, teils auch ganzheitliche, Instandhaltungsstrategien oder Vorgehensmodelle der

Instandhaltung und Planung etabliert, welche ebenfalls zur Beseitigung von Fehlerursachen genutzt werden. Diese werden nachfolgend beschrieben und analysiert.

Instandhaltungsstrategien nach [Aha 2013]

Nach [Aha 2013] wird zwischen drei Instandhaltungsstrategien unterschieden. Dabei handelt es sich um die ausfallbedingte, die planmäßig vorbeugende und die zustandsabhängige Strategie. Der Grund für die Unterscheidung liegt in unterschiedlichen Voraussetzungen für die Strategien begründet. So kann bspw. die ausfallbedingte Strategie, bei der Erfassung von Warn- und Fehlermeldungen, hinsichtlich der Funktionsfähigkeit initialisiert werden, während die zustandsabhängige Strategie nach der messtechnischen Überwachung und nach durchgeführter Zustandsabschätzung erfolgt. Dennoch haben diese Strategien keine Reklamationsinformationen als Referenz. Die Beseitigung der Fehlerursachen stützt sich dabei meist auf Basis von Maschinendaten oder die Einschätzung von Personen. Wie das Vorgehen bei den unterschiedlichen Instandhaltungsstrategien im Detail aussieht und ob dieses einheitlich und standardisiert ist, wird nicht beschrieben.

Instandhaltungsstrategien nach [Strunz 2012]

[Strunz 2012] unterscheidet insgesamt vier Instandhaltungsstrategien. [Strunz 2012] spricht von einer Ausfall-, Präventiv-, Inspektions- und Modernisierungsstrategie. Mit den Ausfallstrategien werden Fehlerursachen mit geringem Risiko beseitigt. Die Präventionsstrategie fußt auf statistischen Auswertungen und sieht ein Eingreifen in Form einer Instandhaltung auf Basis von Ausfalldaten, Ausfallraten etc. vor. Mit der Inspektionsstrategie wird der aktuelle Zustand bspw. einer Anlage erfasst, um Fehlerursachen zu erkennen und deren Auswirkungen frühzeitig zu minimieren. Mit der letzten Strategie, der sogenannten Modernisierungsstrategie werden letztlich Verbesserungen am aktuellen Zustand vorgenommen, um Fehlerursachen auszuschalten. Ähnlich den Strategien von [Aha 2013] basieren auch diese nach [Strunz 2012] vorrangig auf umfangreichen Datensätzen nicht aber auf Reklamationsinformationen und liefern auch keine Aussage darüber, welche Schritte bei den jeweiligen Instandhaltungsstrategien durchgeführt werden müssen.

Planung von Instandhaltungskonzepten nach [Pawellek 2016]

Neben den bereits vorgestellten Ansätzen nach [Aha 2013] und [Strunz 2012] hat [Pawellek 2016] ein Konzept ausgearbeitet, welches zur Planung eines Instandhaltungskonzepts und somit zur Beseitigung von Fehlerursachen genutzt werden kann. Er unterscheidet zwischen insgesamt vier Schritten, darunter die Ist-Analyse, die Teilkonzepte, die Ableitung des Soll-Konzepts und die Erarbeitung eines Maßnahmenplans. Im Rahmen dieser Phasen definiert er unter anderem relevante Anforderungen, erfasst bspw. die Anlagenstruktur oder erarbeitet durchzuführende Maßnahmen zur Lösungsfindung. Unter Verwendung unterschiedlicher Methoden, wie bspw. Checklisten oder Prozesskettenanalysen, sollen diese Schritte eine Konzeption bilden, welche wiederum in Einzelprojekten umgesetzt wird. Ob diese Einzelprojekte zur Instandhaltung jedoch einer vorgegebenen Struktur folgen oder einheitlich und standardisiert sind, dazu fehlen Aussagen.

Auf Basis der Erkenntnisse der vorgestellten Instandhaltungsstrategien und der Planung für Instandhaltungskonzepte soll der FusLa folgende Anforderung bei der Beseitigung von Fehlerursachen erfüllen.

Anforderung 10 Der FusLa muss bei der Beseitigung von Fehlerursachen einer einheitlichen und standardisierten Struktur folgen.

Ebenso wurde anhand der Instandhaltungskonzepte und -strategien festgestellt, dass auch diese keine definierten Handlungshilfen zur Verfügung stellen. Es zeigt sich somit auch an dieser Stelle erneut der Bedarf eines Katalogs, welcher bereits durch Anforderung 10 für den FusLa gefordert wird.

Während die vorangegangenen Ansätze meist unterschiedliche Vorgehensweisen zur Lösungsfindung vorschlugen, gibt es eine weitere Möglichkeit, um die Lösungsfindung anzuregen. Diese Möglichkeit besteht unter anderem in sogenannten „Lessons Learned Datenbanken“. Unter Lessons Learned Datenbanken versteht sich ein Verzeichnis, welches unter anderem „adaptive Prozesse und Aktivitäten“ [Bertsche und Bullinger 2007, S. 63] vorangegangener Projekte dokumentiert und für nachfolgende Projekte nutzbar macht. Dies ist vor allem im Bereich des Projektmanagements von großer Bedeutung, da durch solche Lessons Learned Datenbanken schnell auf bestehendes Wissen zugegriffen und dieses für den entsprechenden Anwendungsfall adaptiert werden kann. Im Hinblick auf die zu untersuchende Dissertationsproblematik kann dies ebenfalls von Nutzen sein, da auch im Bereich des Reklamationsmanagements die Verfügbarkeit von bestehendem Wissen einen Beitrag zur zielgerichteten Fehlerursachensuche und Lösungsfindung leisten kann. Um zu untersuchen, wie eine Form der Lessons Learned Datenbank auch für den Algorithmus erstellt werden kann, werden nachfolgend Datenbanken (Graphen, SQL und NonSQL) erläutert und analysiert.

Graphendatenbank - Neo4j

Eine Möglichkeit einer Lessons Learned Datenbank stellt „Neo4j“ dar. Diese Datenbank nutzt unterschiedliche Daten und Informationen und erzeugt anhand derer ein sogenanntes Graphenmodell. Mit Hilfe des Graphenmodells können Daten und Informationen, welche bspw. zum eigenen Projekt in Wechselbeziehung stehen, identifiziert und genutzt werden [Redmond et al. 2012]. Dass diese Datenbank von großem Nutzen sein kann, zeigt ein aktuelles Beispiel der NASA, welche ihre Unterlagen aus mehreren Jahren des Projektmanagements darin integrierte, um damit aus dem Wissen vorangegangener Projekte zu lernen [Zagalsky 2019]. Im Hinblick auf den Umgang mit Reklamationen kann es durchaus sinnvoll sein, auf bereits abgeschlossene Reklamationen zurückzugreifen und deren Erkenntnisse für die Bearbeitung aktueller Reklamationen heranzuziehen. Vorausgesetzt werden müsste jedoch eine Schnittstelle zum verwendeten Ansatz eDeCoDe, um auch die Rückführung von abgelegten Reklamationsinformationen in das Produktionssystemmodell sicherzustellen.

SQL-Datenbank - MySQL

Neben den Graphendatenbanken werden auch SQL (Structured Query Language) – Datenbanken, darunter unter anderem MySQL, zum Wissenstransfer herangezogen. Diese bieten meist eine strukturierte Übersicht von Daten und Informationen unterschiedlichster Typen in Form einer klassischen und einfachen Tabelle. Hierbei ist es möglich, nach anwendungsfallspezifischen Daten zu suchen und alle in Wechselbeziehung stehenden Daten aufzulisten [Dubois 2004]. Ähnlich den Graphendatenbanken, eignen sich SQL-Datenbanken ebenfalls, die für die Reklamationsbearbeitung benötigten sowie in Wechselbeziehung zur Reklamation stehenden Daten zu extrahieren und für die aktuellste Reklamation zu nutzen.

NoSQL-Datenbank - MongoDB

Die letzte Datenbank, welche an dieser Stelle aufgeführt werden soll, ist die NoSQL-Datenbank MongoDB. Anders als bei der vorangegangenen Datenbank sollen mit MongoDB enorme und nicht homogene Daten sowie Informationen verarbeitet werden. Interessant wird dies vor allem im Hinblick auf Big Data, da diese Datenbanken nicht nur die enormen Datenmengen

speichern und bereitstellen, sondern auch eine Abfrage je nach Anwendungsfall möglich machen [Schildgen 2016]. Sicherlich lassen sich auch NoSQL-Datenbanken zur Reklamationsdokumentation heranziehen. Ob der Nutzen den Implementierungs- und Pflegeaufwand im expliziten Fall des Reklamationsmanagements jedoch überwiegt, kann an dieser Stelle nicht abgeschätzt werden.

Anhand der Beispiele ist ersichtlich, dass sich bereits einige Lessons Learned Datenbanken etablieren konnten. Es ist kritisch zu hinterfragen, in welchem Umfang eine Lessons Learned Datenbank in den Algorithmus integriert werden kann. Weiterführend gilt es, eine Anforderung an den FusLa hinsichtlich der Dokumentation und Verfügbarkeit von Reklamationsinformationen zu stellen.

Anforderung 11 Der FusLa muß bereits erkannte Probleme dokumentieren und für nachfolgende Reklamationen verfügbar machen.

Nachdem nun schwerpunktspezifische Ansätze untersucht und kritisch hinterfragt wurden, gilt es im weiteren Verlauf, auf die bereits existierenden, schwerpunktübergreifenden Ansätze einzugehen.

3.1.5 Schwerpunktübergreifende Ansätze

Aus der Recherche ist zudem hervorgegangen, dass es nicht nur Ansätze gibt, welche explizit einen Themenschwerpunkt, wie bspw. die Informationssondierung oder Priorisierung aufweisen. Auch themenübergreifende Ansätze wurden bereits entwickelt und werden nachfolgend auszugsweise erläutert.

Rahmen für das Management von Kundenbeschwerden nach [Hsiao et al. 2016]

Einer, dieser themenübergreifenden Ansätze, wird von [Hsiao et al. 2016] vorgestellt. Es handelt sich hierbei um einen Rahmen, welcher die Analyse von Beschwerden und damit die Steigerung der Qualität ermöglichen soll. Herangezogen werden hierbei ein Entscheidungsbaum, ein Data-Mining Tool und die Six Sigma Methode, welche innerhalb des angesprochenen Rahmens integriert sind. Der Rahmen orientiert sich an den sogenannten DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) Phasen und schlägt in jeder Phase ein Vorgehen sowie unterschiedliche Werkzeuge vor, welche innerhalb der entsprechenden Phase zum Einsatz kommen. Damit soll die Kundenbeschwerde zunächst erkannt, analysiert, hinsichtlich ihrer Ursache ausgewertet und letztlich durch gezielte Maßnahmen minimiert werden. Erprobt wurde der Ansatz in einer Fallstudie im Service des Gastronomiebereichs. Die Ergebnisse zeigten, dass der Ansatz durchaus zur Minderung der Anzahl der Kundenbeschwerden geeignet ist. Dennoch ist zu hinterfragen, ob sich dieser Ansatz, aufgrund des expliziten Beispiels, auch auf bspw. Bereiche der Automobilindustrie oder Chemieindustrie adaptieren lässt. Hinzu kommt, dass der Fokus des Ansatzes auf Kundenbeschwerden und nicht explizit auf Reklamationen liegt. Für den zu entwickelnden FusLa bedeutet dies, dass er die Anforderung einer ausschließlichen Betrachtung von Reklamationsinformationen einhalten muss. Dies wird bereits durch die vierte Anforderung gefordert und demnach nicht nochmalig aufgeführt.

Ansatz zur Berechnung der Erholungseffektivität nach Kundenbeschwerden nach [Knox und van Oest 2010]

Ein weiterer Ansatz, welcher Kundenbeschwerden erhebt und nutzt, ist der Ansatz nach [Knox und van Oest 2010]. Dieser ermöglicht eine mathematische Berechnung, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Kunde nach getätigter Kundenbeschwerde erneut bei einem Unternehmen

kauff. [Knox und van Oest 2010] machen sich dazu die Likelihood-Methode und Simulationsverfahren zu Nutze. Auf der Grundlage von Daten unterschiedlicher Internet- und Kataloghändler aus den USA, mit mehr als 2000 Angestellten und einem Rang unter den Top 50 der größten Direkthändler, wurde der Ansatz validiert. Die Ergebnisse der Validierung zeigen, wann es sinnvoll ist, die Kundenbeziehung wiederherzustellen, wenn diese bspw. aufgrund von Fehlern verschlechtert wurde. Dies ermöglicht eine Ausrichtung des Unternehmens und dadurch eine kundenorientierte Strategie. Dennoch fokussiert dieser Ansatz zu sehr die Kundenrückgewinnung als die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung. Aus diesem Grund deckt auch dieser Ansatz das zu verfolgende Forschungsvorhaben nicht ab.

3.2 Technik

Neben den Ansätzen aus der Wissenschaft zur Handhabung von Reklamationen nutzt auch bereits die Industrie unterschiedliche Möglichkeiten. Aufgezählt werden können hierbei unter anderem die Methode des 8D-Reports, welche vor allem in der Automobilindustrie eine große Akzeptanz erfährt oder unterschiedliche Softwaresysteme, welche zur systematischen Reklamationsbearbeitung beitragen sollen. Um auf Grundlage jener, Anforderungen an den FusLa stellen zu können, ist es notwendig, sich zunächst mit den, in der Industrie genutzten Ansätze vertraut zu machen und deren Vor- und Nachteile zu analysieren. Die daraus abgeleiteten Anforderungen sollen im weiteren Verlauf zur Validierung und Erprobung des zu entwickelnden Algorithmus genutzt werden. Um herauszuarbeiten, ob die aktuell genutzten Softwaresysteme, die im Rahmen der Dissertation fokussierte Problemstellung abdecken, wurde zunächst eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 13 Softwaresysteme recherchiert und analysiert. Ursprünglich sollten weitere Softwaresysteme untersucht werden, welche jedoch aufgrund des Mangels an verwendbaren Informationen keine Bewertung zuließen. Um herausstellen zu können, welche Softwaresysteme zur Handhabung von Reklamationsinformationen und zur Fehlerursachensuche sowie Lösungsfindung nutzbar sind, wurden die Softwaresysteme hinsichtlich der Zielstellung der Dissertation analysiert und ausgewertet. Genutzt wurden dazu zum einen vom Softwarehersteller zur Verfügung gestellte Demoversionen und zum anderen ausführliche Produktinformationen. Darüber hinaus wurden die Softwarehersteller bei unzureichender Informationsgrundlage kontaktiert und die Informationen im Rahmen einer Online-Präsentation generiert.

Darauf aufbauend wurde eine Bewertung der Softwaresysteme auf Grundlage der Teilziele aus **Kapitel 1.2** durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Anhang 9 vorgestellt und verdeutlichen, dass die aufgezeigte Problemstellung noch unzureichend durch aktuelle Softwarelösungen abgedeckt ist. Demnach kristallisiert sich erneut der Forschungsbedarf eines „**Entwicklung eines zielgerichteten Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus [FusLa] in der Produktion einer Organisation auf Basis von berechtigten Produktreklamationsinformationen von Kunden aus der Nutzung eines Produktsystems**“ heraus. Anhang 9 zeigt aber auch, dass die analysierten Softwarelösungen Teilbereiche des Forschungsvorhabens behandeln. Um auf den Erkenntnissen aktueller Softwarelösungen aufzubauen ist es notwendig, diese zu analysieren und relevante Ergebnisse zu extrahieren. Anzumerken ist jedoch, dass nur der Stand der Demo-Versionen, Informationsmaterialien und Online-Präsentationen bewertet werden können. Inwiefern die Softwarehersteller ihre Produkte organisationspezifisch anpassen und wie modular deren Lösungen sind, kann deshalb an dieser Stelle nicht beschrieben werden.

3.2.1 Technische Informationssondierung von Reklamationsinformationen

Aus Anhang 9 ist ersichtlich, dass alle Softwaresysteme relevante Informationen aus den Reklamationen von Kunden extrahieren. Die Vorgehensweise, wie die Informationen dabei sondiert werden, ist jedoch nicht sehr unterschiedlich. Beginnend mit den allgemeinen Informationen, auch als Stammdaten bezeichnet, werden zunächst die Kontaktdaten des Bearbeiters von den getesteten Softwaresystemen abgefragt. Diese werden zusammenfassend in Anhang 10 hinterlegt. Aufbauend darauf werden die relevanten Informationen aus der Reklamation selbst sondiert. Dabei handelt es sich unter anderem um Informationen, welche die reklamierende Organisation betreffen, sich auf das reklamierte Produkt beziehen aber auch die Rahmenbedingungen der Reklamation festlegen. Ergänzend dazu werden Informationen hinsichtlich der entstandenen Kosten abgefragt. Zusammengefasst werden diese relevanten Reklamationsinformationen in Anhang 11. Sind die grundlegenden Informationen zu den Rahmenbedingungen, dem reklamierten Produkt sowie den Kosten oder der reklamierenden Organisation erhoben, werden Informationen zum eigentlichen Fehler identifiziert. Um welche Informationen es sich dabei handelt wird in Anhang 12 dargelegt.

Auf Grundlage der Informationsbasis aus Anhang 10, Anhang 11 und Anhang 12 ist ersichtlich, dass die Informationen, welche durch die Softwaresysteme erhoben werden können, bereits sehr umfangreich sind. Dennoch hat sich vor allem herausgestellt, dass die meisten Informationen über Freitextfelder manuell in die jeweiligen Masken eingetragen werden müssen. Zwar greifen einige Softwaresysteme bereits auf vorherig bearbeitete Reklamationen zurück. Es reicht jedoch nicht, um der vorherrschenden Komplexität von Systemen gerecht werden zu können. Vielmehr muss eine Lösung entwickelt werden, welche es möglich macht, für die Bearbeitung relevante Informationen direkt aus der erhaltenen Reklamation zu ziehen und diese automatisch in die jeweiligen Felder einzufügen. Um dies realisieren zu können, ist die folgende Anforderung an die automatisierte Informationssondierung des FusLa zu stellen.

Anforderung 12 Der FusLa muss die Sondierung von Reklamationsinformationen auf Grundlage einer festgelegten Informationsstruktur ermöglichen, um dadurch Textbausteine innerhalb der Reklamation zu erkennen und diese aus dem Reklamationstext filtern zu können.

Auf Grundlage der Informationssondierung stellen wenige Softwarehersteller auch eine Priorisierungsmöglichkeit für Reklamationen zur Verfügung. Ebenso zeigen auch einige Softwarehersteller, wie Fehlerursachen in der Produktion lokalisiert werden können. Da auch der Algorithmus in der Lage sein soll, Reklamationen zu priorisieren und Fehlerursachen zu lokalisieren, werden die jeweiligen Softwaresysteme hinsichtlich des angesprochenen Themenfeldes untersucht. Auch hierbei ist erneut darauf hinzuweisen, dass zur Wahrung der Anonymität der Softwarehersteller, auch in diesem Fall keine Namen genannt werden.

3.2.2 Technische Priorisierung von Reklamationen

Hinsichtlich der Priorisierung von Reklamationen konnte festgehalten werden, dass nicht alle Softwaresysteme in der Lage sind, Reklamationen je nach Relevanz für eine Organisation einzustufen. Vor allem zeigte sich, dass die meisten Softwaresysteme nur eine Möglichkeit der Kategorisierung oder Sortierung der zuvor erhobenen Informationen vornehmen können. So waren einige Softwaresysteme bspw. dazu in der Lage, Reklamationen nach ihrer Fehlerart oder den Kosten zu sortieren. Auch eine Kategorisierung hinsichtlich der jeweiligen Artikel oder

der verbleibenden Dauer zur Reklamationsbearbeitung konnte dabei durch die Softwaresysteme in absteigender oder ansteigender Reihenfolge angegeben werden. Natürlich lässt sich dadurch eine geringfügige Priorisierung ableiten, welche je nach Fehlerart oder Kosten variiert. Dennoch handelt es sich dabei lediglich um eine eindimensionale Priorisierung, welche keinerlei Aussagekraft über die tatsächliche Relevanz einer Reklamation hat. Neben der Sortierung und Kategorisierung boten jedoch einige Softwaresysteme die Möglichkeit an, Reklamationen qualitativ einzustufen. Mit Hilfe einer Klassifizierung in „hohe Relevanz“, „mittlere Relevanz“ und „geringe Relevanz“ konnte zumindest ein subjektives Meinungsbild zur Bedeutsamkeit einer Reklamation veranschaulicht werden. Auch Schlagworte wie „hohe Priorität“ oder „niedrige Priorität“ wurden dazu genutzt. Dennoch zeigt sich auch in diesem Fall, dass die Priorisierung sehr subjektiv und vor allem qualitativ ist. Demnach entscheidet sich je nach Bearbeiter der Reklamation auch, welchen Stellenwert eine Reklamation für eine Organisation hat. Dies kann im schlimmsten Fall dazu führen, dass Prioritäten falsch gesetzt und zunächst relevant scheinende Reklamationen als erstes bearbeitet werden. Dem gilt es entgegenzuwirken. Aus diesem Grund muss der FusLa in der Lage sein, quantitative und vor allem objektive Priorisierungen von Reklamationen möglich zu machen. Diese Anforderung an die Priorisierung von Reklamationen deckt sich mit Anforderung 8 aus der Wissenschaft und wird daher nicht noch einmal an dieser Stelle aufgeführt.

3.2.3 Technische Fehlerursachenlokalisierung

Aufbauend auf der Priorisierung galt es ebenso herauszufinden, wie aktuelle Softwaresysteme bei der Fehlerursachenlokalisierung vorgehen. Nach ausgiebiger Anwendung und Auswertung der Softwaresysteme stellte sich dabei heraus, dass die meisten Softwaresysteme nur eine manuelle Möglichkeit über Freitext bieten, um die Fehlerursache bspw. der Produktion zuzuordnen zu können. Wiederum andere Softwaresysteme boten darüber hinaus eine Auswahlmöglichkeit für Fehlerorte an. An dieser Stelle ist jedoch festzustellen, dass die möglichen Fehlerorte lediglich eine Zusammenstellung aller Organisationsbereiche waren. Eine Auswertung durch das Softwaresystem, welche Fehlerorte nicht für das Auftreten der Fehlerursache in Frage kommen können, wurde auf Grundlage des Wissens über den Fehler nicht durchgeführt. Demnach stellte sich hierbei vor allem der Mangel heraus, dass diese Softwaresysteme nur so effektiv und präzise waren, wie der Bearbeiter, welcher mit der jeweiligen Reklamation beauftragt wurde. Dies ist sehr kritisch zu sehen, da der Bearbeiter natürlich nur auf Basis seines eigenen Wissens und seiner eigenen Erfahrung handeln kann. Vor allem bei neuen Mitarbeitern, die noch unzureichend mit den Abläufen und Verantwortlichkeiten vertraut sind, zeigt sich diese Problematik sehr stark. Durchaus wird ein neuer Mitarbeiter in anderen Abteilungen nach Hinweisen fragen können, dennoch müssen die jeweiligen Abteilungsleiter auch ihre eigenen Aufgaben erledigen, sodass eine umfangreiche Auskunft nicht selten ausbleibt. Aus diesem Grund ist es zwingend erforderlich, dass der FusLa nicht auf Grundlage von Erfahrungswerten agiert, sondern einer vorher definierten Struktur oder Vorgehensweise folgt.

Demnach lässt sich für die Fehlerursachenlokalisierung die nachfolgende Anforderung ableiten.

Anforderung 13 Der FusLa muss die Fehlerursachenlokalisierung möglich machen, welche unabhängig von Erfahrungswerten der Mitarbeiter ist und auf einer vorher definierten Struktur oder einem vorher definierten Vorgehen fußt.

Ergänzend zur Ortung der Fehlerursachen konnte herausgestellt werden, dass auch die Identifizierung einer Fehlerursache manuell per Freitext und meist in Zusammenarbeit mit anderen

Abteilungen erfolgt. Es wird in der Regel so lange mit den jeweiligen Verantwortlichen telefoniert, bis eine Fehlerursache als Möglichkeit des Auftretens des Fehlers benannt werden kann. Ob jedoch noch andere Fehlerursachen, möglicherweise auch im Zusammenspiel, zum Auftreten eines Fehlers geführt haben, bleibt meist unbedacht. Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass der FusLa in der Lage ist, unterschiedliche Umstände herauszustellen, welche als Fehlerursachen identifiziert werden können, um tatsächlich alle Einflussfaktoren bei der Ableitung von Maßnahmen berücksichtigen zu können. Die daraus abgeleitete Anforderung lässt sich wie folgt definieren:

Anforderung 14 Der FusLa muss bei der Identifizierung von Fehlerursachen nicht nur eine mögliche Fehlerursache, sondern alle möglichen Fehlerursachen die zum Fehler geführt haben können, herausstellen.

Um darüber hinaus einschätzen zu können, welche Fehlerursache am wahrscheinlichsten zum Auftreten eines Fehlers geführt hat, sind auch Informationen zu den jeweiligen Fehlerursachen zu erheben. Auch dieser Aspekt bleibt von den untersuchten Softwaresystemen unberücksichtigt, soll aber im Rahmen des FusLa umgesetzt werden.

Anforderung 15 Der FusLa muss Informationen zu möglichen Fehlerursachen erheben und zur Auswertung nutzen.

3.2.4 Technische Lösungsfindung für Fehlerursachen

Ähnlich der Fehlerursachenlokalisierung zeigte sich bei der Auswertung der Softwaresysteme, dass die Beseitigung von Fehlerursachen nicht selten manuell, quantitativ und subjektiv erfolgt. Es stellte sich heraus, dass die meisten Softwaresysteme sowohl die Ableitung von Sofortmaßnahmen als auch langfristigen Maßnahmen möglich machen und darüber hinaus in der Lage sind, die jeweiligen Maßnahmen entsprechenden Personen zuzuordnen. Dennoch zeigte die Auswertung, dass es an einem Katalog zur Beseitigung von Fehlerursachen mangelt. In der Regel werden Lösungsvorschläge und Maßnahmen zur Beseitigung von Fehlerursachen über Freitext definiert. Demnach bedarf es auch hier wieder des Wissens des Bearbeiters, Fehlerursachen abzustellen und realisierbare Maßnahmen im geeigneten Umfang umzusetzen. Einige Softwaresysteme lösen diese Problematik, indem sie es möglich machen, auf Maßnahmen aus alten Reklamationen zurückzugreifen. Dies kriert innerhalb einer gewissen Zeit einen organisationsspezifischen Katalog, welcher sich auf wiederkehrende Fehler anwenden lässt. Eine Softwarelösung bietet darüber hinaus, eine Schnittstelle zu einem Wiki an, in welchem aufgetretene Fehler inklusive ihres Beseitigungsvorgangs in einer Art „Best-Practice“ für Mitarbeiter der gesamten Organisation zur Verfügung gestellt wurden. Dennoch stellte sich heraus, dass keine der untersuchten Softwarelösungen über einen Katalog verfügt, welcher je nach Fehlerursache automatisch entsprechende Handlungshilfen generiert. So könnte gewährleistet werden, dass ein Bearbeiter sofort handlungsfähig ist und nicht zunächst prüfen muss, wie eine Lösung aussehen kann. Da sich diese Anforderung ebenfalls mit der Anforderung 9 aus der Wissenschaft deckt, soll sie an dieser Stelle nicht nochmalig aufgeführt werden.

Neben den bereits angesprochenen Softwaresystemen hat sich jedoch eine Methode vor allem in der Automobilindustrie etabliert. Die als 8D-Report bezeichnete Methode, umfasst sowohl die Informationssondierung als auch die Fehlerursachenlokalisierung und -beseitigung.

Um auch diese Methode hinsichtlich ihrer Grenzen untersuchen zu können, gilt es, das Verfahren kennenzulernen, die Vor- und Nachteile auszuarbeiten und Anforderungen für den neuen FusLa abzuleiten.

3.2.5 Methode des 8D-Reports

Die Methode des 8D-Reports dient dazu, Reklamationen systematisch sowie mittels gleichbleibender Struktur zu bearbeiten. Die Bezeichnung „8D“ leitet sich dabei aus insgesamt acht unterschiedlichen Disziplinen oder auch Schritten ab. Als Kommunikationsmöglichkeit zwischen der reklamierenden Partei und der betroffenen Partei ermöglicht dieser eine einheitliche Bearbeitung von Reklamationen zum Erkennen und Verhindern von Fehlerursachen. Vor allem in der Automobilindustrie erfährt der 8D-Report daher eine hohe Akzeptanz. Mittels unterschiedlicher Werkzeuge, darunter bspw. das Korrelationsdiagramm oder die Prozessfähigkeitsanalyse, soll der 8D-Report dazu beitragen, eine zielorientierte Lösung von Problemen innerhalb der Organisation zu unterstützen und gleichzeitig diese mittels Dokumentation bspw. auf Formblättern nachzuweisen [Schmitt 2015a; Jung et al. 2017].

3.2.5.1 Verfahren

Im Folgenden wird das Verfahren des 8D-Reports beschrieben.

D1: Teambildung: Beginnend mit der „Teambildung“ ist zunächst eine Expertengruppe zusammenzustellen, welche sich mit der durch die Reklamation erkannten Problematik auseinandersetzen soll. Notwendig ist dabei, einen Teamverantwortlichen zu definieren, welcher den Fortschritt der Problemlösung stets im Blick behält und je nach Fall das Expertenwissen der weiteren Teammitglieder koordinieren kann [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

D2: Problem beschreiben: Ist das Team zusammengestellt, gilt es als Basis für die nachfolgenden Schritte das „Problem zu beschreiben“. Auf Grundlage der Reklamation des Kunden ist eindeutig herauszustellen, welchen Umfang und welches Ausmaß das Problem hat, um gezielt handeln zu können. Um eine Problembeschreibung möglich zu machen und dieses eindeutig abzugrenzen, werden unterschiedliche Werkzeuge genutzt. Darunter können unter anderem das Paretdiagramm oder Histogramm aufgezählt werden [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

D3: Sofortmaßnahmen treffen: Der dritte Schritt umfasst das „Treffen von Sofortmaßnahmen“. Hierbei gilt es, schnell zu handeln, um einen größeren Schaden beim Kunden zu vermeiden. Als Beispiel dazu kann angeführt werden, dass Falschteile im Lager storniert und sortiert werden müssen sowie die fehlerhafte Ware zurückzurufen ist. Ergänzend ist zu definieren, wie die Lieferfähigkeit der Organisationen gewährleistet bleibt. Möglichkeiten bieten dazu angepasste Arbeits-, Prüf- oder Kontrollpläne [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

D4: Ursachen analysieren: Nachdem die ersten Sofortmaßnahmen getroffen und das Ausmaß des Fehlers begrenzt wurde, ist jedoch noch keine ausreichende Abstellung der Fehlerursachen realisiert worden. Es gilt, die Ursachen zu analysieren, welche für das Auftreten der Fehlerursache und die damit verbundene Reklamation verantwortlich gewesen sind. Möglichkeiten zur Fehlerursachenanalyse bieten unter anderem Verlaufs- oder Ursachen-Wirkungs-Diagramme [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

D5: Korrekturmaßnahmen festlegen (inklusive. Wirksamkeitsprüfung): Auf Grundlage der identifizierten Fehlerursache sind im fünften Schritt „Korrekturmaßnahmen festzulegen“. Entscheidend dabei ist, dass die zu treffenden Maßnahmen geeignet sind. Um dies zu realisieren,

müssen Maßnahmen neben der Entwicklung auch bewertet werden. Da eine einfache Ableitung nicht ausreichend ist, sondern es einer Implementierung und Wirksamkeitsprüfung der Maßnahmen bedarf, sind auch diese beiden Aspekte zwingend notwendig zur Abstellung von Fehlerursachen. Zu nutzende Werkzeuge können dabei unter anderem die Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) oder Erprobungspläne sein [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

D6: Korrekturmaßnahmen organisatorisch verankern: Sind die Korrekturmaßnahmen erst einmal definiert, müssen sie jedoch auch „in der Organisation verankert“ werden. Dies ist vor allem gegenüber dem Kunden nachzuweisen, da es aufzeigt, dass die Organisation die Fehlerursachen und deren zukünftige Vermeidung ernst nimmt. Eine Möglichkeit zur Verankerung der Korrekturmaßnahmen liegt dabei in der Anpassung von Arbeits- oder Schulungsplänen [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

D7: Vorbeugungsmaßnahmen treffen: Mit dem siebten Schritt gilt es, die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Fehlern von Systemen zu nutzen, um damit „Vorbeugungsmaßnahmen zu treffen“ und dadurch Fehler bei anderen Produkten oder Prozessschritten zu vermeiden. Mittels Korrekturrichtlinien oder Audit-Checklisten kann dieser Schritt realisiert werden [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

D8: Problemlösungsprozess abschließen: Der letzte Schritt der 8D-Report Methode schließt das Verfahren der Reklamationsbearbeitung ab. Dabei wird nochmalig überprüft, ob die Korrekturmaßnahmen erfolgreich waren und sich eine Verbesserung der Situation innerhalb der Organisation erzielen ließ. Formal wird dies auf dem Formblatt des 8D-Reports dokumentiert und das Wissen für nachfolgende Reklamationen zugänglich gemacht [Jung et al. 2017; Gorecki und Pautsch 2018].

3.2.5.2 Vor- und Nachteile

Auf Grundlage des vorgestellten Verfahrens des 8D-Reports lassen sich bereits einige Vor- und Nachteile der Methode ableiten. Zum einen stellt sich heraus, dass sie einen strukturierten und einheitlichen Umgang mit Reklamationsinformationen ermöglicht. Durch eine festgelegte Reihenfolge von Schritten und dazu anwendbarer Werkzeuge können Fehlerursachen aufgedeckt und im besten Fall eliminiert werden. Zum anderen ist es mit dem 8D-Report möglich, gewonnene Erkenntnisse zu dokumentieren und für zukünftige Produkte oder Prozesse einzusetzen. Dadurch wird gewährleistet, dass gleiche Fehlerursachen nicht mehrfach auftreten, zu wiederholten Problemen mit dem Produkt oder den Prozessen und somit zur Kundenunzufriedenheit führen. Ein weiterer Vorteil ist der Nutzen des prozess- und abteilungsübergreifenden Denkens. Durch das Involvieren verschiedener Fachdisziplinen und Parteien werden Expertisen unterschiedlicher Bereiche genutzt aber auch der interdisziplinäre Blick der Teammitglieder, aufgrund der Zusammenarbeit, geschärft. Dies verdeutlicht sich unter anderem in der hohen Akzeptanz, welche der 8D-Report in der Praxis der Automobilindustrie erfährt [IFA 2016; Ullmann 2009; Gorecki und Pautsch 2018; Kamiske 2015].

Der 8D-Report hat jedoch nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile. Ein Nachteil ist die fehlende Kopplung der Methode mit einem Modell. Ein modellbasierter Ansatz ist jedoch zwingend notwendig, um komplexe Produktionssysteme transparenter und handhabbarer zu gestalten. Durch die Nutzung eines durchgängigen Systemmodellansatzes können Elemente und deren Wechselbeziehungen eindeutig erkannt und daraus resultierende Kausalzusammenhänge besser verstanden werden. Bleibt dies wie beim 8D-Report, aus, ist es nur bedingt

möglich, der vorherrschenden Komplexität der Produktionssysteme entgegenzuwirken. Weiterführende Nachteile beziehen sich auf die Erhebung und Bearbeitung von Reklamationsinformationen. Beginnend mit der Erhebung der Reklamationsinformationen zeigt sich, dass diese nicht durch den 8D-Report standardisiert sind. Dies hemmt, aufgrund unterschiedlicher Informationsgehalte, den Zugriff auf bestehendes Wissen und verzögert somit eine zielorientierte Reklamationsbearbeitung. Hinsichtlich der Bearbeitung der Reklamationsinformationen ist anzumerken, dass der 8D-Report noch händisch mittels eines Teams durchgeführt wird [Kamiske 2015; IFA 2016; Ullmann 2009; Gorecki und Pautsch 2018].

Aufbauend auf den Vor- und Nachteilen des 8D-Reports gilt es, Anforderungen an den FusLa abzuleiten. Da einige dieser Anforderungen bereits über die Anforderungen aus den **Kapiteln 2 und 3** erfasst worden sind, werden nachfolgend nur die Anforderungen aufgelistet, welche neu an den FusLa zu stellen sind.

Anforderung 16 Der FusLa soll einen möglichst geringen zeitlichen und personellen Aufwand hervorrufen.

Anforderung 17 Der FusLa soll übereilte Sofortmaßnahmen verhindern.

Anforderung 18 Der FusLa soll einen Modellansatz nutzen, um die derzeitige Komplexität von Systemen beherrschen zu können.

Neben den Softwaresystemen und der Methode des 8D-Reports haben sich bereits auch einige Ansätze zur künstlichen Intelligenz hervor getan, welche unter anderem den Umgang mit Reklamationen verbessern sollen. Auch diese Ansätze gilt es, nachfolgend zu untersuchen.

3.2.6 Zukunftsorientierte Ansätze

Künstliche Intelligenz (KI) erfährt vor allem in der heutigen Zeit eine zunehmende Bedeutung. Anders als bei den bereits analysierten und bewerteten Ansätzen, ermöglicht KI einen ganz anderen Umgang mit sehr komplexen Sachverhalten. Vor allem im Umgang mit Reklamationen liegt ein enormes Potential, besonders wenn es darum geht, auf Fehler zu reagieren und sie abzustellen. So können Ansätze künstlicher Intelligenz bspw. aus zahlreichen Reklamationsinformationen lernen und bereits präventiv in das Produktionssystem eingreifen [Gläß 2018]. Dies spart nicht nur Ressourcen wie Kosten, Zeit oder Personal, es ermöglicht auch einen anderen Blickwinkel auf unternehmerische Entscheidungen. Andere Ansätze können wiederum dazu beitragen, umfangreiche Daten und Informationen, welche im Unternehmen über die Zeit vorliegen, zu erkennen und für eine Weiterverarbeitung zu strukturieren [Fallmann 2019]. Ebenfalls aufzuzählen sind Systeme mit KI, welche eigenständig Probleme auf Basis von Echtzeitdaten erkennen und diese lösen [Kamps und Schetter 2018]. Anzusprechen ist hier das Institut für industrielle Informationstechnik (inIT) der Hochschule OWL, welches derzeit an einer Möglichkeit, Big Data Analysen zur Fehlererkennung bei Maschinen zu implementieren und diese zu optimieren, forscht [Corban 2018]. Weiterführend ist eine Qualitätssicherungs-App von [Pastl Pontes 2018] zu nennen, mit welcher Maschinendaten in Echtzeit ausgelesen, zur Bewertung der Prozessfähigkeit und letztlich zur Fehlererkennung und -abstellung genutzt werden.

Trotz der zahlreichen Möglichkeiten gilt es zu hinterfragen, ob Ansätze künstlicher Intelligenz schon ausreichend sind, um das zu untersuchende Forschungsfeld abzudecken. Um dies zu

erreichen, wurden verschiedene Serviceplattformen basierend auf KI recherchiert und hinsichtlich ihrer Möglichkeiten untersucht. Serviceplattformen, welche betrachtet wurden, sind (1) [IBM 2019], (2) [AMPLab 2019], (3) [Amazon 2019], (4) [Microsoft 2019], (5) [Google 2019], (6) [Warwick Analytics 2019], (7) [CEMax 2019] und (8) [Adobe Analytics 2019]. All diese Plattformen enthalten eine Machine-Learning Engine, welche es möglich macht, unterschiedlichste Daten- und Informationsquellen je nach Ziel nutzbringend zu verarbeiten. So können diese unter anderem Informationen aus Textquellen über das sogenannte „Natural Language Processing (NLP)“ zu erkennen, zu strukturieren, zu analysieren, je nach Zweck auswerten und an die entsprechenden Verantwortlichen weiterleiten. Sie eignen sich daher auch dazu, Informationen aus Reklamationen zu erkennen und zu verarbeiten, sofern sie für diesen Zweck programmiert sind. Einige Ansätze, wie bspw. der Einsatz von „Bots“ im Beschwerdemanagement, werden bereits in der Industrie umgesetzt [Di Castri et al. 2018]. Das IT- und Beratungsunternehmen IBM prognostiziert, dass bereits im Jahr 2020 insgesamt 85 % der Interaktion mit dem Kunden nicht mehr über Personal, sondern über dafür entwickelte Systeme, sogenannte „Human Agents“ erfolgen wird [Schneider 2017]. Gemäß einer Studie der [EIOPA 2019] werden bereits Big Data Analysen eingesetzt, um das Schadenmanagement zu unterstützen. Ziel hierbei ist die Prävention von Kundenbeschwerden, aber auch deren Abwicklung im Hinblick auf die Kostenerstattung durch die gezielte Auswertung von umfangreichen Datensätzen [EIOPA 2019]. Die Auswertung der Serviceplattformen zeigte jedoch, dass diese nicht für eine umfassende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung in der Produktion, auf Grundlage der sondierten Informationen aus der Nutzung, programmiert wurden. Um dies möglich zu machen, bedarf es zunächst Konzepten, welche vorschreiben, wie die Serviceplattformen mit Reklamationen umgehen, welche Informationen zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung genutzt werden können und wie solch ein Verfahren umgesetzt werden kann. Aus diesem Grund zeigt sich umso deutlicher, dass zur Nutzung des vollen Potentials aktueller Serviceplattformen, im Hinblick auf das Reklamationsmanagement, die Entwicklung eines Konzepts zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung zwingend notwendig ist. Dies soll durch die Entwicklung des Algorithmus realisiert werden. Einige Ansätze haben sich bereits in diesem Feld hervor getan.

Smart Complaint Management Mobile Application nach [Greedharry et al. 2019]

Unter anderem wurde von [Greedharry et al. 2019] eine Applikation entwickelt, welche ein smartes Beschwerdemanagement möglich machen soll. Dafür übermittelt der Kunde eine Beschwerde in Form eines Textes, Bildes oder Videos direkt an das zuständige Unternehmen. Eine Angabe des Fehlerortes ist bei diesem Verfahren nicht erforderlich, da die Applikation in der Lage ist, die zugesandten Informationen über unterschiedliche Klassifizierungen auszuwerten. Dies gelingt durch eine Schnittstelle zu Google Maps, in welcher nicht nur der Standort, sondern auch eine Fehler-ID, Datum und Uhrzeit, sowie der Grund für die Beschwerde angezeigt werden. Diese Applikation ist durchaus hilfreich, um Personen die Möglichkeit zu bieten, unabhängig von ihrem Standort eine Beschwerde aufzunehmen. Sicherlich ist dieser Ansatz auch auf Anwendungsbereiche in der Produktion übertragbar. Dennoch sind die Informationen, welche der Empfänger der Beschwerde erhält, noch zu oberflächlich, um eine präzise Aussage zur Fehlerursache treffen zu können. Das Anwendungsbeispiel von [Greedharry et al. 2019] zeigte den Umgang mit Beschwerden in Mauritius, welche bspw. auch das Asphaltieren einer Straße beinhalteten. Der Fokus, lediglich produktbedingte Reklamationen zu verarbeiten, blieb in diesem Fall vollständig aus.

Predicting the Reasons of Customer Complaints nach [Aris-Brosou et al. 2018]

Weiterführend arbeiten [Aris-Brosou et al. 2018] an einem Ansatz zum frühzeitigen Erkennen von Qualitätsproblemen über maschinelles Lernen zur vorsorglichen Vermeidung von Beschwerden. Dazu führten sie bereits eine Studie im Gesundheitswesen durch, in welcher sie Qualitätsdaten von Vitro Diagnostics Assays mit Kundenbeschwerden koppelten. Ziel war es, eine Vorhersage auf Grundlage der Kundenbeschwerden zu erzielen, welche das prospektive Eingreifen in die Produktion und damit das Verhindern von Qualitätsproblemen möglich machen sollte. Verglichen wurden dabei zwei unterschiedliche Ansätze des maschinellen Lernens (CART / Adaptive boosting). Die Ergebnisse zeigen, dass der entwickelte Ansatz durchaus in der Lage sein kann, Qualitätsprobleme vorherzusagen und durch das präventive Eingreifen in den Produktionsprozess zu vermindern. Dennoch stellte sich ebenfalls heraus, dass die Prognoseleistung des Ansatzes nur dann gewährleistet ist, wenn ausreichende Beschwerden zur Verfügung stehen. Ebenfalls konnten die Ergebnisse nur an den insgesamt fünf vorliegenden Vitro Diagnostics Assays bestätigt werden [Aris-Brosou et al. 2018]. Im Hinblick auf den zu entwickelnden Algorithmus zeigt sich, dass der Ansatz von [Aris-Brosou et al. 2018] großes Potential birgt, dieser jedoch den Fokus auf die Früherkennung legt. Wie die Lösungsfindung explizit aussieht, zeigt der aktuelle Erkenntnisstand nicht.

Mining Customer Feedback Documents nach [Stoica und Özyirmidokuz 2015]

Ein weiterer Ansatz ist von [Stoica und Özyirmidokuz 2015], welche durch den Einsatz von Text- und Data-Mining, Dokumente von Beschwerden durch den Kunden nicht nur auslesen, sondern auch strukturierter und auswertbarer machen wollen. Hintergrund für die Anwendung dieses Ansatzes ist, ähnlich der Dissertationsproblematik, der Umgang mit der ansteigenden Komplexität von Produktionssystemen und den daraus resultierenden Informationsumfang. Um nachzuweisen, wie notwendig der Einsatz von Text- und Data-Mining, vor allem im Bereich des Reklamationsmanagements, ist, haben [Stoica und Özyirmidokuz 2015] insgesamt 841 dokumentierte Kundenbeschwerden im Jahr 2013 erhoben und diese ausgewertet. Das Ergebnis der Ausarbeitung war ein graphischer Abgleich zwischen den Dokumenten hinsichtlich der Ähnlichkeit der Inhalte. Durch diesen Abgleich sollten vor allem Muster der Kundenbeschwerden erkannt und damit Schwerpunkte festgelegt werden. Dieser Ansatz kann in der Tat sehr hilfreich sein, um kritische Organisationsbereiche, auf Grundlage von großen Mengen an Reklamationen, zu identifizieren. Dennoch bleibt dies durch den Ansatz bislang unberücksichtigt. Auch eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung wird auf Grundlage der erkannten Muster nicht durchgeführt.

Customer Complaints Analysis Using Text-Mining and Outcome-Driven Innovation Method nach [Joung et al. 2019]

Ähnlich des Ansatzes von [Stoica und Özyirmidokuz 2015] arbeiten auch [Joung et al. 2019] an einer Methode zur Analyse von Kundenbeschwerden durch den Einsatz von Text-Mining. Dabei fokussieren [Joung et al. 2019] die Auswertung von Beschwerdeinformationen, um die Kundenanforderungen zu identifizieren und neue, kundenorientierte Produkte zu entwickeln. Verwendet wurde hierzu die Outcome-Driven Innovation Methode, welche es möglich machen soll, vorhandene aber noch nicht in Erscheinung getretene Kundenanforderungen ausfindig zu machen. Durch eine geeignete Eingruppierung der erkannten Kundenanforderungen wurden diese an die jeweiligen Experten weitergeleitet, um daraus neue Erkenntnisse für Produktinnovationen zu generieren. Auch bei diesem Ansatz stellt die Anzahl der zu untersuchenden Kundenbeschwerden ein Problem dar. Wird eine zu kleine Menge an Kundenbeschwerden ausgewertet, kann zwar der Text-Mining Prozess angeregt werden, jedoch liefert dieser kein

aussagekräftiges Ergebnis. Ebenfalls wird in diesem Ansatz keine weiterführende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung angestrebt, sondern der Fokus auf die Ableitung neuer Kundenanforderungen gelegt.

Die vorgestellten Ansätze und Serviceplattformen haben verdeutlicht, dass bereits viele, sehr mannigfaltige Verfahren im Umgang mit Reklamationen zur Verfügung stehen. Diese bieten durchaus anwendungsfallsspezifische Vorteile. So kann Text-Mining oder NLP sicherlich sehr gut dafür verwendet werden, Informationen aus Reklamationstexten für Stimmungs- sowie Meinungsanalysen oder für Bots sowie Sprachassistenten zu präparieren. Ebenfalls hervorzuheben ist die Möglichkeit bestehende Trends des Kunden abzuleiten oder Schlagworte zu identifizieren. Dies ist jedoch im Hinblick auf die zu untersuchende Problemstellung nicht der Fokus der Dissertation. Es geht dabei vor allem darum, Fehlerursachen in der Produktion auf Basis eines spezifischen Reklamationsfalls zu identifizieren. Eine Auswertung eines Trends oder die Erfassung der Stimmung bzw. Meinung des Kunden ist dabei nicht das Ziel. Weiterführend bietet keine der angesprochenen Ansätze eine integrierte Schnittstelle zu Modellansätzen, wie bspw. eDeCoDe. Dies ist jedoch zwingend erforderlich, um die Informationen, welche aus dem Reklamationstext gezogen werden können, mit den in Relation stehenden Systemelementen zu verknüpfen und die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung durch einen systemorientierten Ansatz anzuregen. Ist dies nicht der Fall, kann die Komplexität der Produktionssysteme, wie in **Kapitel 1.1** beschrieben, kaum beherrscht werden. Darüber hinaus bietet der reine Text-Mining oder NLP Ansatz keine Schnittstelle zu unternehmensspezifischen Informationssystemen, um bspw. schnell auf bestehendes Wissen zuzugreifen. Aus diesem Grund zeigt sich an dieser Stelle erneut, dass es der Entwicklung eines Algorithmus bedarf, welcher dieses Forschungsfeld erschließt.

4 Zwischenfazit

Aufbauend auf die vorangegangene Ausführung der Begrifflichkeiten, der theoretischen Grundlagen sowie des Standes der Technik, soll im Rahmen dieses Kapitels ein Zwischenfazit der Dissertation erfolgen, welches zusammenfassend alle Anforderungen an den zu entwickelnden FusLa aufführt. Es wird darüber hinaus kurz dargestellt, welche Grenzen aktuelle Ansätze haben und dargelegt, warum es einem Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus für Reklamationen aus der Nutzung eines Produktsystems bedarf.

4.1 Bedarf eines Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus

Im Rahmen der Dissertation konnte bereits herausgestellt werden, dass Aspekte, wie etwa die Globalisierung oder Digitalisierung, nicht nur Vorteile für Organisationen aufweisen. Der zunehmende Wunsch nach Individualisierung oder einer umfangreichen Angebotsvielfalt macht es Organisationen aufgrund der hohen Komplexität von Produktsystemen umso schwerer. Vor allem der Anstieg von Fehlern bei Produkt- und Produktionssystemen, sei es durch eine zunehmende Prozessvielfalt oder einer Produkt- und Variantenvielfalt und die daraus potentiell zunehmende Anzahl an Reklamationen, ist eine Problematik, mit der Organisationen derzeit zu kämpfen haben. Ein entscheidender Aspekt ist dabei das Erkennen von Fehlerursachen und deren Abstellung durch geeignete Lösungen. Doch warum reichen aktuelle Ansätze zur Handhabung von Reklamationen nicht mehr aus?

Die Untersuchung des aktuellen Standes der Technik hat gezeigt, dass es zahlreiche Ansätze gibt, um mit Reklamationen umzugehen. Zu nennen sind unter anderem Modelle von IGF-, DFG, AiF- oder FQS-Vorhaben aus der Wissenschaft oder Methoden, darunter der 8D-Report, sowie Softwaresysteme aus der Industrie. Dennoch zeigte die Untersuchung eindeutig, dass aktuelle Ansätze noch nicht in der Lage sind, die zunehmende Komplexität von Produktionssystemen, bspw. durch die Anwendung eines geeigneten Modellansatzes, adäquat zu handhaben. Dies liegt unter anderem daran, dass derzeitige Ansätze meist auf eine manuelle Bearbeitung von Reklamationen und eine quantitativ-subjektive Auswertung setzen. Dies erfordert natürlich erhöhte Kapazitäten und einen enormen personellen oder kostenintensiven Aufwand, welcher vor allem in der Zeit von Industrie 4.0 vermieden werden sollte. Doch wie kann eine qualitative, objektive und automatisierte Lösung aussehen?

Bei der Lösung, welche im Rahmen der Dissertation vorgeschlagen wird, handelt es sich um einen Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa), welcher es möglich machen soll, Fehlerursachen im Produktionssystem, auf Basis von Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems, zu erkennen und zu beseitigen. Um dies zu realisieren, bedarf es zunächst einer automatisierten Informationssondierung, welche relevante Informationen aus den Reklamationen filtert und diese für die weitere Verarbeitung aufbereitet. Daran anschließend muss nach einer Lösung gesucht werden, wie auf Basis der sondierten Informationen eine Priorisierung der Reklamationen durchgeführt werden kann. Auf Grundlage der Priorisierung soll der Algorithmus in der Lage sein, Fehlerursachen zu lokalisieren. Auch dieses Verfahren gilt es zu definieren. Letztlich sollen, mit Hilfe der lokalisierten Fehlerursachen, Handlungshilfen durch den Algorithmus abgeleitet werden. Demnach bedarf es auch eines Kataloges, welcher fallspezifische Handlungshilfen zur Verfügung stellt.

4.2 Anforderungen an den Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa)

Da weder in der Wissenschaft noch in der Industrie ein solcher Algorithmus vorliegt, ist es für eine Neuentwicklung notwendig festzuhalten, welche Anforderungen dieser zu erfüllen hat. Dies wird in den nachfolgenden Unterkapiteln ausgeführt.

4.2.1 Grundlegende Anforderungen

Die grundlegenden Anforderungen leiten sich aus dem Kapitel der Begrifflichkeiten und theoretischen Grundlagen sowie dem Kapitel zur Vorstellung der Methode des 8D-Reportes, der Softwaresysteme und Ansätze von KI ab. Diese gelten im Allgemeinen für den FusLa.

1. *Der FusLa muss die Erkennung von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System, auf Grundlage von Reklamationsinformationen und deren Abstimmung mit Hilfe von Handlungshilfen, ermöglichen. (aus Kapitel 2.1.2)*

Der Hauptgrund für die Entwicklung des Algorithmus liegt in der zeitgemäßen Handhabung mit Reklamationen. Aus diesem Grund ist natürlich eine grundlegende Anforderung, dass der Algorithmus Informationen aus Reklamationen so bearbeiten kann, dass Fehlerursachen behoben und die Sachverhalt in der jeweiligen Organisation durch Lösungen verbessert werden können.

2. *Der FusLa muss gegebene Eingangsgrößen (Reklamationsinformationen) in gesuchte Ausgabegrößen (Fehlerursachen und Handlungshilfen) umwandeln können. (aus Kapitel 2.1.2)*

Damit der Algorithmus die Handhabung von Reklamationen sicherstellen kann, muss er auch in der Lage sein, die ihm gegebenen Reklamationsinformationen weiterzuverarbeiten. Nur so kann eine zielorientierte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung realisiert werden.

3. *Der FusLa soll nur Informationen bearbeiten, welche die Vorgaben der Reklamationsdefinition erfüllen. (aus Kapitel 2.2.2)*

Auf Grundlage der Eingrenzung der Dissertation auf Reklamationen aus der Nutzung eines Produktsystems muss der Algorithmus auch den Unterschied zwischen Beschwerden und Reklamationen verstehen können. Demnach gilt es, den Algorithmus so zu entwickeln, dass er die Definition einer Reklamation, wie sie in **Kapitel 2.2.2** vorgestellt wurde, erkennt und berücksichtigt.

4. *Der FusLa muss den System-Input /-Output, die Systemumwelt, die Systemgrenze, die Systemelemente, deren Struktur, Relationen und Systemverhalten unterscheiden und berücksichtigen können. (aus Kapitel 2.3.1)*

Um die Komplexität von Systemen in der Zeit des industriellen Wandels ein wenig beherrschbarer zu machen, ist es erforderlich, dass der Algorithmus in der Lage ist, in Systemen zu denken. Demnach braucht es einen Algorithmus, welcher die Merkmale eines Systems unterscheiden und diese bei der Fehlerursachensuche und Lösungsfindung berücksichtigen kann.

5. *Der FusLa muss bereits erkannte Probleme dokumentieren und für nachfolgende Reklamationen verfügbar machen. (aus Kapitel 3.2.5)*

Damit sich eine Organisation im Rahmen des Wissensmanagements weiterentwickeln kann, ist es notwendig, aus vergangenen Fehlern von Systemen zu lernen und die erkannten Verbesserungspotentiale zu nutzen. Demnach muss auch der Algorithmus über eine Möglichkeit verfügen, bereits erkannte Schwachstellen für nachfolgende Reklamationen zu dokumentieren.

6. *Der FusLa soll einen möglichst geringen zeitlichen und personellen Aufwand hervorrufen. (aus Kapitel 3.2.5)*

Aus Sicht der Organisationen bedarf es einer Entwicklung, welche die vorhandenen Ressourcen, wie „Zeit“ und „Personal“, schonen kann. Der Algorithmus soll demnach so ausgelegt werden, dass er besonders zielorientiert aber ohne großen Aufwand Fehlerursachen erkennt und deren Beseitigung durch Lösungen vereinfacht.

7. *Der FusLa soll übereilte Sofortmaßnahmen verhindern. (aus Kapitel 3.2.5)*

Ein entscheidender Nachteil bei unzureichender Prüfung der eingegangenen Reklamationsinformationen, ist vor allem die Umsetzung übereilter Sofortmaßnahmen. Dies soll durch den Algorithmus vermieden werden. Mit Hilfe einer Sichtung und Auswertung aller verfügbaren Informationen soll der Algorithmus nahezu jeden Fall berücksichtigen und direkt geeignete Maßnahmen vorschlagen.

8. *Der FusLa soll einen Modellansatz nutzen, um die derzeitige Komplexität von Systemen beherrschen zu können. (aus Kapitel 3.2.5)*

Um der vorherrschenden Komplexität von Systemen gerecht werden zu können, bedarf es bspw. eines Modellansatzes. Auch für den Algorithmus soll ein Modellansatz, in diesem Fall explizit eDeCoDe, genutzt werden, um eine zielorientierte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung auch in komplexen Systemen zu realisieren.

Aufbauend auf die grundlegenden Anforderungen werden auch Anforderungen an die einzelnen Hauptbereiche „Informationssondierung“, „Priorisierung“, „Fehlerursachenlokalisierung“ und „Lösungsfindung“ gestellt. Diese werden nachfolgend aufgezeigt.

4.2.2 Anforderungen an die Informationssondierung von Reklamationsinformationen

Die Anforderungen an die Informationssondierung leiten sich aus den Ansätzen aus Wissenschaft sowie Industrie ab. Diese sind, anders als die grundlegenden Anforderungen, nur für den Hauptbereich der Informationssondierung definiert.

9. *Der FusLa muss über eine automatisierte Sondierung von Reklamationsinformationen verfügen. (aus Kapitel 3.1.1)*

Aktuelle Ansätze zum Umgang mit Reklamationsinformationen bieten derzeit lediglich subjektive Sondierungsmöglichkeiten an. Der zu entwickelnde FusLa soll demnach eine automatisierte Sondierung relevanter Reklamationsinformationen möglich machen.

10. *Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung erfolgen kann. (aus Kapitel 3.1.1)*

Natürlich reicht es nicht, relevante Reklamationsinformationen lediglich zu erheben. Diese müssen auch in einer vorgegebenen Art und Weise vorliegen, um daran anschließend den Sinn und Zweck des Algorithmus erfüllen zu können. Im Rahmen dieser Dissertation ist dieser Sinn und Zweck als Fehlerursachensuche und Lösungsfindung zu definieren.

11. *Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine Rückspiegelung der ausgewerteten Informationen in die Produktion möglich ist. (aus Kapitel 3.1.1)*

Zur Nutzung des vollen Potentials der Reklamationsinformationen für die Verbesserung der Produktionssysteme, müssen diese nicht nur sondiert, sondern auch ausgewertet und in die Produktion zurückgespiegelt werden.

12. *Der FusLa muss die Sondierung von Reklamationsinformationen auf Grundlage einer festgelegten Informationsstruktur ermöglichen, um dadurch Textbausteine innerhalb der Reklamation zu erkennen und diese aus dem Reklamationstext filtern zu können. (aus Kapitel 3.2.1)*

Um die Automatisierung der Informationssondierung zu gewährleisten, ist es notwendig, eine Informationsstruktur festzulegen. Nur so kann der Algorithmus relevante Reklamationsinformationen erkennen und diese entsprechenden Feldern zur Auswertung zuweisen.

4.2.3 Anforderungen an die Priorisierung von Reklamationen

Die Anforderungen an die Priorisierung leiten sich aus den Ansätzen aus Wissenschaft sowie Industrie ab. Diese sind, anders als die grundlegenden Anforderungen, nur für den Hauptbereich der Priorisierung definiert.

13. *Der FusLa muss die Priorisierung von Reklamationen auf Basis unterschiedlicher Bewertungsdimensionen und dimensionsspezifischer Gewichtungen quantitativ, mehrdimensional und automatisiert möglich machen. (aus Kapitel 3.1.2)*

Derzeit angebotene Ansätze zur Priorisierung von Reklamationen sind sehr rar. Vor allem eine mehrdimensionale und darüber hinaus automatisierte Ausführung konnte bei den Recherchen nicht festgestellt werden. Um Reklamationen je nach Priorität weiterverarbeiten zu können, muss der Algorithmus diese mit geeigneten Parametern bewerten.

4.2.4 Anforderungen an die Fehlerursachenlokalisierung

Die Anforderungen an die Fehlerursachenlokalisierung leiten sich aus den Ansätzen aus Wissenschaft sowie Industrie ab. Diese sind anders als die grundlegenden Anforderungen, nur für den Hauptbereich der Fehlerursachenlokalisierung definiert.

14. *Der FusLa muss die Fehlerursachenlokalisierung möglich machen, welche unabhängig von Erfahrungswerten der Mitarbeiter ist und auf einer vorher definierten Struktur oder einem vorher definierten Vorgehen fußt. (aus Kapitel 3.2.3)*

Aktuelle Ansätze fokussieren ihre Fehlerursachenlokalisierungsmöglichkeiten sehr stark auf subjektive Eindrücke des Bearbeiters von Reklamationen. Dem gilt es, durch eine objektive Fehlerursachenlokalisierung, entgegenzuwirken.

15. *Der FusLa muss bei der Identifizierung von Fehlerursachen nicht nur eine mögliche Fehlerursache, sondern alle möglichen Fehlerursachen die zum Fehler geführt haben können, herausstellen. (aus Kapitel 3.2.3)*

Um ein umfangreiches Bild über den aufgetretenen Fehler und dessen Fehlerursachen zu erhalten, ist es nicht ausreichend, nur die erstbeste Möglichkeit für eine Fehlerursache zu erkennen und Lösungen dafür abzuleiten. Nicht selten kann ein Fehler mehrere Fehlerursachen haben oder es kann sogar eine falsche Fehlerursache erkannt worden sein. Um dem entgegenzuwirken, soll der Algorithmus alle Möglichkeiten von Fehlerursachen erkennen.

16. *Der FusLa muss Informationen zu möglichen Fehlerursachen erheben und zur Auswertung nutzen. (aus Kapitel 3.2.3)*

Damit abgeschätzt werden kann, welche Fehlerursache am wahrscheinlichsten für das Auftreten des Fehlers ist, bedarf es auch Informationen zur Fehlerursache selbst. Nur so kann erkannt werden, ob womöglich benötigte Spezifikationen nicht eingehalten, überschritten oder gar vernachlässigt wurden.

4.2.5 Anforderungen an die Lösungsfindung für Fehlerursachen

Die Anforderungen an die Lösungsfindung leiten sich aus den Ansätzen aus Wissenschaft sowie Industrie ab. Diese sind, anders als die grundlegenden Anforderungen, nur für den Hauptbereich der Lösungsfindung definiert.

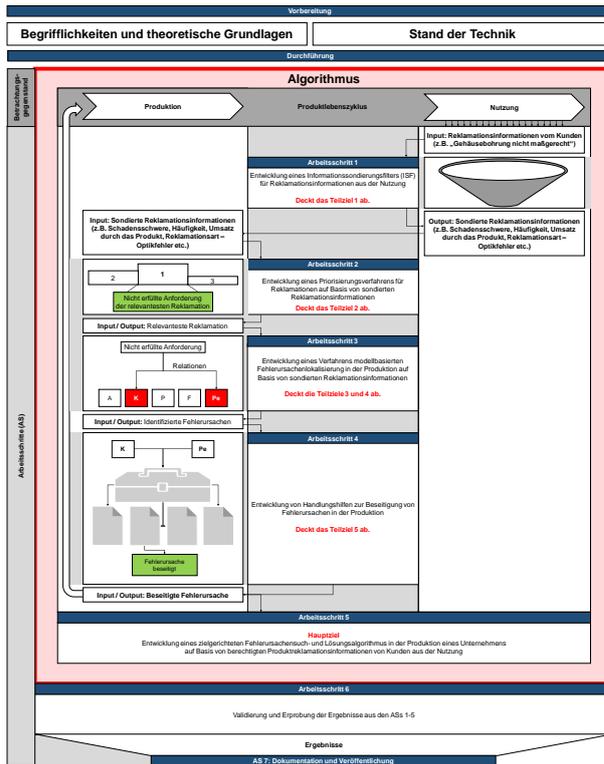
17. *Der FusLa muss die Beseitigung von Fehlerursachen, auf Basis eines vorgefertigten Kataloges, ermöglichen und Handlungshilfen, je nach Fehlerursache, bereitstellen. (aus Kapitel 3.1.4)*

Aufgrund der Mannigfaltigkeit von möglichen Fehlerursachen bedarf es eines Kataloges, welcher Handlungshilfen bereitstellt. Aktuelle Ansätze setzen auch hierbei auf subjektive Einschätzungen durch den Bearbeiter, wodurch es zu Fehleinschätzungen oder gar neuen Fehlern kommen kann.

18. *Der FusLa muss bei der Beseitigung von Fehlerursachen einer einheitlichen und standardisierten Struktur folgen. (aus Kapitel 3.1.4)*

Nur mit Hilfe einer einheitlichen und standardisierten Struktur ist es möglich, Fehlerursachen zielgerichtet zu beseitigen.

5 Entwicklung des Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung



Auf Grundlage des aktuellen Standes der Technik und der daraus abgeleiteten Anforderungen, sollen nun das theoretische Konzept des FusLa entwickelt und dessen praktische Umsetzung ausgearbeitet werden. Dazu sind die Erkenntnisse aus den aktuellen Ansätzen als Grundlage zu verwenden. Beginnend mit der Informationssondierung wird aufgezeigt, wie der Algorithmus es möglich machen soll, relevante Reklamationsinformationen automatisch und nicht manuell zu sondieren. Ergänzend dazu wird eine Möglichkeit der Priorisierung für Reklamationen auf Basis der sondierten Informationen vorgeschlagen. Im nächsten Schritt wird aufgezeigt, wie Fehlerursachen mit Hilfe des Algorithmus zunächst im Produktionssystem modellbasiert lokalisiert und im Anschluss daran, durch gezielte Handlungshilfen eliminiert werden. Ist das theoretische Konzept

vorgelegt, wird dieses in Visual Basic for Applications (VBA) innerhalb von Microsoft Excel praktisch umgesetzt. Dies dient in erster Linie der späteren Validierung und Erprobung zum Aufzeigen von Schwachstellen des theoretischen Grundkonzepts.

5.1 Entwicklung des theoretischen Konzepts des Algorithmus zur zielgerichteten Fehlerursachensuche und Lösungsfindung

Die Entwicklung eines theoretischen Konzepts für den zielgerichteten FusLa ist ein sehr komplexes Verfahren. Um diese Herausforderung bewältigen zu können, bedarf es zunächst eines präzisen Grundgerüsts, welches die Hauptprozesse des Algorithmus sowie deren Eingrenzung festlegt und gleichzeitig deren Notwendigkeit widerspiegelt. Daher wurde auf Grundlage des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik im **Kapitel 3** hinterfragt, welchen Prozessen es bedarf, um eine zielorientierte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung überhaupt durchführen zu können. Damit das Unternehmen in der Lage ist, eine Aussage hinsichtlich der aufgetretenen Fehlerursache und deren Beseitigung anhand einer Reklamation zu treffen, ist es zwingend notwendig, sich zunächst mit den im Reklamationstext befindlichen Informationen vertraut zu machen. Dieser Schritt ist essentiell, weil jeder nachfolgende Schritt der Reklamationsbearbeitung darauf aufbaut. Aktuelle Ansätze aus der Wissenschaft und Technik aus den **Kapiteln 3.1.1** und **3.2.1** belegen diese Erforderlichkeit. Um solch einen Schritt durch den Algorithmus ermöglichen zu können, bietet es sich an, einen Prozess der **Informationssondierung** der eigentlichen Fehlerursachensuche und Lösungsfindung voranzuschalten. Da viele Unternehmen in der Regel nicht nur eine Reklamation bearbeiten und dennoch zielorientiert vorgehen müssen, erfolgt nicht selten, wie in den **Kapiteln 3.1.2** und **3.2.2** nachgewiesen, eine subjektive Priorisierung von Reklamationen. Es zeigt sich für den FusLa daher die Erforderlichkeit eines, im besten Fall vollständig objektiven sowie mehrdimensionalen, **Priorisierungsprozesses**. Stuft dieser Prozess eine Reklamation als kritisch ein, ist es umso wichtiger, die sofortige Fehlerursachensuche und Lösungsfindung einzuleiten. Nur

so können Fehlerursachen schnell erkannt sowie eliminiert und dadurch Folgereklamationen vermieden werden. Anhand der analysierten Ansätze sowohl aus den **Kapiteln 3.1.3** und **3.2.3** als auch den **Kapiteln 3.1.4** und **3.2.4** zeigt sich, dass auch der Algorithmus über solche Prozesse verfügen muss. Demnach werden der Prozess der **Fehlerursachensuche** und der Prozess der **Lösungsfindung** im theoretischen Konzept des Algorithmus ergänzt. Bevor eine detaillierte Ausarbeitung der einzelnen Hauptprozesse in den nachfolgenden Kapiteln erfolgt, wird das abgeleitete theoretische Konzept in **Abbildung 10** dargestellt.

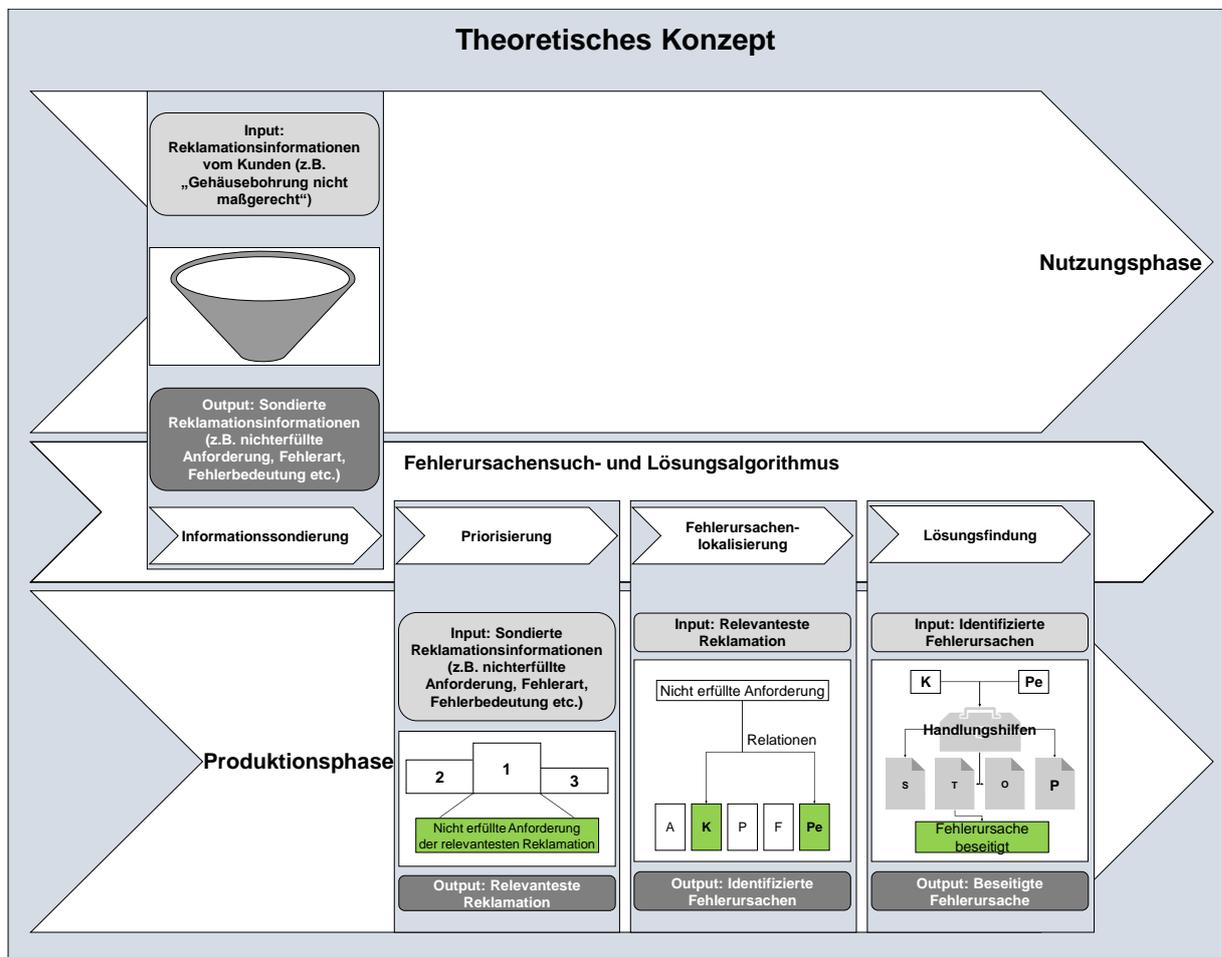


Abbildung 10: Grundgerüst für das theoretische Konzept des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa) [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Anhand von **Abbildung 10** ist ersichtlich, dass sich das Grundgerüst für das theoretische Konzept des FusLa in insgesamt vier Hauptprozesse unterteilt. Dazu zählen die Informationssondierung, die Priorisierung, die Fehlerursachenlokalisierung und die Lösungsfindung. Je nach Hauptprozess wird eine Phase des Produktlebenszyklus angesprochen, um dadurch eine **Ein-grenzung** des Betrachtungsgegenstandes zu erzielen. Im Fall des Hauptprozesses der Informationssondierung, ist dies die Nutzungsphase und bei den drei restlichen Hauptprozessen, die Produktionsphase.

Um die **Notwendigkeit** jedes einzelnen Hauptprozesses herauszustellen, wird der Hintergrund, warum diese Prozessfolge gewählt wurde, nachfolgend erläutert.

1) Informationssondierung (zur Realisierung von Teilziel 1)

Die Informationssondierung dient dazu, eine einheitliche Informationsbasis zu generieren, auf der eine zielorientierte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung überhaupt möglich sein kann. Um dies zu realisieren, gibt der Hauptprozess der Informationssondierung nicht

nur vor, welche Reklamationsinformationen als relevant einzustufen sind, sondern bereitet diese so auf, dass eine Weiterverarbeitung möglich ist. Während aktuelle Ansätze, wie in **Kapitel 3.1.1** und **Kapitel 3.2.1** ausführlich erläutert, auf eine manuelle Eingabe der Reklamationsinformationen setzen, soll die Informationssondierung des Algorithmus automatisiert erfolgen. Dadurch wird eine Einsparung von Ressourcen angestrebt, welche zur eigentlichen Fehlerursachenabstellung herangezogen werden könnten.

2) **Priorisierung** (zur Realisierung von Teilziel 2)

Die Priorisierung von Reklamationen hat das Ziel, eine Einschätzung hinsichtlich der Priorität von Reklamationen für das Unternehmen über mehrere Dimensionen zu berechnen. Dies ist vor allem heutzutage, d.h. im vierten industriellen Wandel, unabdingbar, um notwendige Ressourcen, wie bspw. Zeit, Personal oder Kosten, zu sparen oder an geeigneterer Stelle einzusetzen. Entscheidend bei der Priorisierung ist deren Objektivität. Während aktuelle Ansätze, wie in **Kapitel 3.1.2** und **Kapitel 3.2.2** ausführlich erläutert, auf eine subjektive Einschätzung setzen und dadurch anfällig für Fehlentscheidungen sind, soll diese Problematik minimiert und im besten Fall ganz behoben werden.

3) **Fehlerursachenlokalisierung** (zur Realisierung von Teilziel 3 und 4)

Die Fehlerursachenlokalisierung dient dem Zweck, das Produktionssystem zu identifizieren, in welchem das Auftreten der Fehlerursache am ehesten vermutet werden kann. Während aktuelle Ansätze, wie in **Kapitel 3.1.3** und **Kapitel 3.2.3** ausführlich erläutert, darauf setzen, dass das Team, welches mit der Abwicklung der Reklamation beauftragt wurde, die Fehlerursache im Produktionssystem ortet, ist es bei fortwährender Komplexität unabdingbar, diesen Prozess zu automatisieren. Ebenso ist der Einsatz eines Modellansatzes zur Darstellung des Produktionssystems und zur Verminderung der Komplexität notwendig. Durch eine Verknüpfung von sondierten Reklamationsinformationen und dem Modell des Produktionssystems, soll eine weitreichendere und vor allem effektivere Fehlerursachenlokalisierung möglich sein.

4) **Lösungsfindung** (zur Realisierung von Teilziel 5)

Die Lösungsfindung bildet den letzten Hauptprozess des FusLa ab. Mit diesem Prozess sollen die zuvor erkannten und lokalisierten Fehlerursachen ausgeschaltet werden. Aufgrund der Mannigfaltigkeit von Fehlerursachen ist es umso wichtiger, die Lösungsfindung über entsprechende Handlungshilfen (bspw. auf Grundlage bereits bekannter Fehler und Fehlerursachen) zu realisieren. Aktuelle Ansätze, wie in **Kapitel 3.1.4** und **Kapitel 3.2.4** ausführlich erläutert, setzen derzeit auf das Wissen einzelner Personen. Dies ist jedoch auch im Hinblick auf die Bevölkerungsentwicklung, explizit dem demographischen Wandel und dem damit einhergehenden Generationswechsel, nicht mehr ausreichend. Aus diesem Grund gibt der Hauptprozess der Lösungsfindung, Handlungshilfen mit unterschiedlichen Maßnahmen vor, welche das Ausschalten von Fehlerursachen gezielt verbessern sollen.

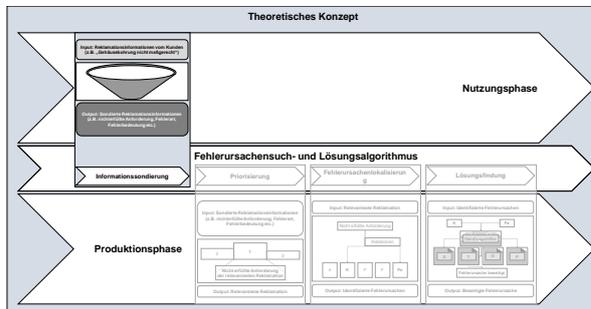
Da zu diesem Zeitpunkt noch unklar ist, wie die vier Hauptprozesse im Detail aufgebaut sein können, sollen zunächst Forschungsfragen, welche sich aus den Anforderungen aus **Kapitel 4** ergeben, für die einzelnen Prozesse abgeleitet werden. Anhand dieser, in Tabelle 6 dargestellten Forschungsfragen, soll es möglich sein, die Hauptprozesse des Algorithmus zu gestalten.

Tabelle 6: Forschungsfragen auf Grundlage der im Zwischenfazit zusammengefassten Anforderungen an die Prozesse des FusLa

Art	Anforderungen an die Prozesse des FusLa	Abgeleitete Forschungsfragen
Informationssondierung	Der FusLa muss über eine automatisierte Sondierung von Reklamationsinformationen verfügen.	<ul style="list-style-type: none"> Wie ist eine automatisierte Sondierung von Reklamationsinformationen zu realisieren?
	Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung erfolgen kann.	<ul style="list-style-type: none"> Wie muss die Sondierung aufgebaut sein, um eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung möglich zu machen?
	Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine Rückspiegelung der ausgewerteten Informationen in die Produktion möglich ist.	<ul style="list-style-type: none"> Wie können sondierte Informationen in die Produktion zurückgespiegelt werden?
	Der FusLa muss die Sondierung von Reklamationsinformationen auf Grundlage einer festgelegten Informationsstruktur ermöglichen, um dadurch Textbausteine innerhalb der Reklamation zu erkennen und diese aus dem Reklamationstext filtern zu können.	<ul style="list-style-type: none"> Wie muss die zur Sondierung benötigte Informationsstruktur aussehen, um Textbausteine innerhalb der Reklamation zu erkennen?
Priorisierung	Der FusLa muss die Priorisierung von Reklamationen auf Basis unterschiedlicher Bewertungsdimensionen und dimensionsspezifischer Gewichtungen quantitativ, mehrdimensional und automatisiert möglich machen.	<ul style="list-style-type: none"> Welche Bewertungsdimensionen und dimensionsspezifische Gewichtungen gilt es für die Priorisierung von Reklamationen zu definieren? Wie ist eine automatisierte Priorisierung von Reklamationen möglich? Wie wird die Forderung von einer Mehrdimensionalität bei der Priorisierung umgesetzt? Wie werden die Bewertungsdimensionen und dimensionsspezifischen Gewichtungen quantitativ ermittelt?
Fehlerursachenlokalisierung	Der FusLa muss die Fehlerursachenlokalisierung möglich machen, welche unabhängig von Erfahrungswerten der Mitarbeiter ist und auf einer vorher definierten Struktur oder einem vorher definierten Vorgehen fußt.	<ul style="list-style-type: none"> Wie kann eine Fehlerursachenlokalisierung auf Grundlage der zuvor sondierten relevanten Reklamationsinformationen erfolgen, welche unabhängig von Erfahrungswerten von Mitarbeitern ist?
	Der FusLa muss bei der Identifizierung von Fehlerursachen nicht nur eine mögliche Fehlerursache, sondern alle möglichen Fehlerursachen die zum Fehler geführt haben können, herausstellen.	<ul style="list-style-type: none"> Welche vordefinierte Struktur oder welches vordefinierte Vorgehen ist zur Realisierung der Fehlerursachenlokalisierung mittels Algorithmus anzuwenden?
	Der FusLa muss Informationen zu möglichen Fehlerursachen erheben und zur Auswertung nutzen.	<ul style="list-style-type: none"> Wie kann die Fehlerursachenlokalisierung alle in Frage kommenden Fehlerursachen erkennen und nicht nur jeweils eine?
Lösungsfindung	Der FusLa muss die Beseitigung von Fehlerursachen, auf Basis eines vorgefertigten Kataloges, ermöglichen und Handlungshilfen, je nach Fehlerursache, bereitstellen.	<ul style="list-style-type: none"> Wie kann ein Katalog mit Handlungshilfen zur Lösungsfindung für Fehlerursachen aussehen?
	Der FusLa muss bei der Beseitigung von Fehlerursachen einer einheitlichen und standardisierten Struktur folgen.	<ul style="list-style-type: none"> Welche einheitliche und standardisierte Struktur ist der Lösungsfindung zugrunde zu legen?

Um diese Fragestellungen lösen zu können, wurden die vier Hauptprozesse theoretisch ausgearbeitet. Zur Gewährleistung der Transparenz werden diese und deren Unterprozesse nachfolgend ausführlich erläutert.

5.1.1 Theoretische Informationssondierung von Reklamationsinformationen



Der Prozess zur Sondierung von Reklamationsinformationen aus den Reklamationen ist von entscheidender Bedeutung für die gesamte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung. Innerhalb dieses Prozesses wird bereits entschieden, wie zielgerichtet aber auch präzise die Auswertung durch den Algorithmus sein kann und wieviel Nachbearbeitung notwendig ist.

Ein entscheidender Aspekt bei der Sondierung ist vor allem die Qualität, der zur Verfügung gestellten Informationen²⁴. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Informationen nur dann brauchbar sind, wenn diese so aufbereitet wurden, dass auch eine Weiterverarbeitung möglich ist. Sollte die Qualität der Informationen unzureichend sein, gilt es, kompensierende Maßnahmen (bspw. eine Nachreichung fehlender Informationen durch den Kunden oder eine Standardisierung der Informationsübermittlung) abzuleiten, welche dennoch eine Informationssondierung möglich machen. Es zeigt sich also, dass bei der Sondierung von Reklamationsinformationen auf viele Details Wert gelegt werden muss. Damit der Hauptprozess der Informationssondierung entwickelt werden kann, ist es notwendig, sich noch einmal mit der festgehaltenen Zielstellung auseinanderzusetzen:

Das **erste Teilziel dient der Untersuchung hinsichtlich relevanter²⁵ und irrelevanter Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems**. Um eine zielgerichtete Weiterverarbeitung gewährleisten und das enorme Potential für die Fehleranalyse [Linder und Schmitt 2015] nutzen zu können, ist es notwendig, dass der Algorithmus automatisiert in der Lage ist, relevante Informationen von irrelevanten Reklamationen für die Reklamationsbearbeitung zu unterscheiden und diese zu sondieren. Um dies zu erreichen, ist ein Informationssondierungsfiler anzulegen.

Anhand des Teilziels ist ersichtlich, dass der Algorithmus Reklamationsinformationen unterscheiden soll. Um diese Unterscheidung möglich zu machen, ist es notwendig zu definieren, was der Algorithmus als relevant ansehen soll und was wiederum nicht. Es bedarf demnach eines Informationssondierungsfilters, welcher auf Grundlage des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik **neu entwickelt** werden muss. Zur Realisierung dessen wird nachfolgend zunächst auf aktuelle Ansätze aus der Wissenschaft und Technik verwiesen und daraus

²⁴ **Qualität von Reklamationsinformationen:** Die Qualität von Reklamationsinformationen ist der Grad, in dem die Informationen die Anforderungen der IQ-Dimensionen (Anhang 3) nach [Hildebrand et al. 2018, S. 26–27], im Rahmen der Weiterverarbeitung der Informationen in den Hauptprozessen „Priorisierung“, „Fehlerursachenlokalisierung“ und „Lösungsfindung“, erfüllen. (In Anlehnung an [ISO9000 2015, S. 39].)

²⁵ **Relevante Reklamationsinformationen:** Ist eine Menge verknüpfter Daten, welche für eine verantwortliche Partei (z.B. Organisation) im Fall einer Reklamation, somit dem Auftritt einer nichterfüllten Anforderung einer betroffenen Partei (z.B. Kunde, Lieferant, Organisation) an das System gemäß dem entwickelten Informationssondierungsfiler aus Abbildung 11 aus **Kapitel 5.1.1** eine Bedeutung haben. (In Anlehnung an [Braunholz 2006, S. 14])

wesentliche Bestandteile extrahiert, welche für den zu entwickelnden Informationssondierungsfilter von Bedeutung sein können. Um diesen Vorgang so transparent wie möglich darstellen zu können, wurden insgesamt sechs Kategorien gebildet, welche die Grundlage für die Informationssondierung bilden sollen [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Diese Kategorien orientieren sich an der Struktur aktueller Softwaresysteme aus **Kapitel 3.2**:

- 1) Informationen zum Ansprechpartner beim externen Kunden
- 2) Informationen zur Organisation des externen Kunden
- 3) Rahmeninformationen
- 4) Auftragsinformationen
- 5) Fehlerinformationen
- 6) Fehlerumfangsinformationen

Welche entsprechenden Informationen hinter den jeweiligen Kategorien hinterlegt sind, wird nachfolgend ausführlich erläutert.

Informationen zum Ansprechpartner beim externen Kunden

Die Informationen zum Ansprechpartner beim externen Kunden sollten stets als relevante Reklamationsinformationen eingestuft werden. Der Hintergrund dessen ist, dass während der Abwicklung einer Reklamation stets eine Kommunikation zwischen dem Kunden und dem Lieferanten stattfindet.

Aktuelle Ansätze aus dem Stand der Wissenschaft und Technik, darunter der Ansatz von [Schmitt und Linder 2014] oder aber die derzeitigen Softwaresysteme, setzen ebenso eine Darlegung der Ansprechpartnerinformationen voraus. [Schmitt und Linder 2014] deklarieren, wie in **Kapitel 3.1.1** angesprochen, diese Informationen als sogenannte Ursprungsinformationen, vertiefen jedoch nicht, welche expliziten Informationen des Kunden tatsächlich sondiert werden. Derzeit verfügbare Softwaresysteme, wie im **Kapitel 3.2.1** erläutert, präzisieren die zu erhebenden Informationen im Hinblick auf den Ansprechpartner. Diese sehen ebenso vor, den Namen, den Vornamen, die Telefonnummer und die E-Mail-Adresse zu sondieren. Sie gehen jedoch so stark ins Detail, dass auch Positionen oder gar Organisationseinheiten der Ansprechpartner, somit also Informationen, die für die weitere Abwicklung der Reklamation eher eine untergeordnete Rolle spielen, sondiert werden. Dies soll bei dem zu entwickelnden Informationssondierungsfilter vermieden werden. Um die Sondierung auf das Wesentliche zu begrenzen, jedoch die Rückverfolgbarkeit weiterhin zu gewährleisten, wird ein expliziter Ansprechpartner mit den notwendigen Kontaktinformationen, darunter **Namen, Vornamen, Telefonnummer** und **E-Mail-Adresse**, durch die Informationssondierung erhoben. Dadurch ist es möglich, im Fall von Rückfragen zur Reklamation dennoch einen Ansprechpartner, sowohl digital als auch auf dem Postweg, zu kontaktieren [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Informationen zur Organisation des externen Kunden

Die Informationen zur Organisation des Kunden, stellen, ähnlich den Informationen hinsichtlich eines Ansprechpartners, relevante Reklamationsinformationen dar. Auch hierbei stehen die Förderung der Kommunikation zwischen Kunden und Lieferanten als auch die Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit im Vordergrund.

Unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik hat sich in **Kapitel 3.1.1** gezeigt, dass zwar viele Ansätze, darunter bspw. der von [Hellebrandt et al. 2018] oder [Marchenko et al. 2010], Reklamationsinformationen sondieren und für den jeweiligen Zweck des Forschungsvorhabens nutzbar machen. Diese gehen jedoch nicht darauf ein, um

welche Informationen es sich explizit handelt. Lediglich das erneute Heranziehen von aktuellen Softwaresystemen, welche in **Kapitel 3.2.1** ausführlich behandelt wurden, zeigt, welche Informationen derzeit sondiert werden. Zu diesen Informationen zählen die Organisationsnummer, den Namen, die Einstufung, die Adresse, die Website und eine erneute Auflistung des Ansprechpartners. Analog zu der Sondierung der Ansprechpartnerinformationen sollte der Fokus der Informationssondierung darauf liegen, lediglich die Informationen zu sondieren, welche für die nachfolgende Priorisierung, Fehlerursachenlokalisierung und Lösungsfindung eine maßgebliche Rolle spielen aber auch zur Rückverfolgbarkeit der Reklamation beitragen. Informationen, wie bspw. die Angabe der Website oder die erneute Aufführung eines Ansprechpartners, wären daher nicht zielführend. Für die Informationssondierungsfilter sollte lediglich der **Name der Organisation**, die **Identifikationsnummer**, die **Straße inklusive Hausnummer**, die **Postleitzahl**, das entsprechende **Land** mit dazugehörigem **Ort** und die **ABC-Einstufung** herangezogen werden [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Rahmeninformationen

Neben den bereits dargelegten Informationen hinsichtlich eines Ansprechpartners und der Organisation, sollten Informationen erhoben werden, welche den Rahmen der Reklamation eingrenzen. D.h., dass zu erfassen ist, wann eine Reklamation empfangen wurde, ob es sich um eine externe oder interne Reklamation handelt und bis wann diese Reklamation abgeschlossen werden soll. In den Eingrenzungen in **Kapitel 1.2** wurde bereits angesprochen, dass nur Reklamationen zwischen einer Organisation und einem Kunden betrachtet werden. Demnach fallen interne Reklamationen in diesem Fallbeispiel heraus. Dennoch sollen diese, für den Fall einer Erweiterung des Forschungsvorhabens, erkennbar sein.

Die analysierten Ansätze aus Wissenschaft und Technik sehen eine Sondierung solcher Rahmeninformationen ebenfalls als notwendig an. Wie in **Kapitel 3.1.1** dargelegt, sehen [Schmitt und Linder 2014] vor, entsprechende Terminierungen in den sogenannten Lösungsinformationen zu integrieren. Dennoch beziehen sich diese Terminierungen lediglich auf abgeleitete Maßnahmen und weniger auf das eigentliche Erfassungsdatum. Dafür werden ebenfalls Ursprungsinformationen gefiltert, welche unter anderem das Erfassungsdatum enthalten sollen. In welchem Umfang die Ursprungsinformationen den Rahmen der Reklamation abdecken können, kann nicht nachvollzogen werden. Im Hinblick auf die Softwaresysteme, welche in **Kapitel 3.2.1** beschrieben wurden, ist die Sondierung solcher Rahmeninformationen weitaus transparenter. Es werden unter anderem die Reklamations-ID, die Reklamationsart, die Berechtigung der Reklamation und zahlreiche Fristen erhoben, welche den Rahmen der Reklamation genauer beschreiben. Für den zu entwickelnden Informationssondierungsfilter sollte der Rahmen der Reklamation möglichst präzise beschrieben werden. D.h., dass nur die für die weitere Verarbeitung notwendigen Rahmeninformationen sowie die zur Abschätzung der restlichen Bearbeitungszeit genutzten Informationen sondiert werden sollen. Sinnvoll scheint es daher, eine eindeutige **Reklamations-ID** zuzuweisen, das **Eingangs-** und **Fälligkeitsdatum**, die **Anzahl der Wiederholungen** sowie die **Reklamationsart (extern / intern)** zu erfassen [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Auftragsinformationen

Um eine zielorientierte Abwicklung der Reklamation gewährleisten zu können, müssen alle relevanten Informationen hinsichtlich des reklamierten Produktes sondiert werden. Anhand dieser Informationen wird der Betrachtungsgegenstand, also das entsprechende Produktsystem, eindeutig definiert.

Aktuelle Ansätze aus Wissenschaft und Technik, wie in **Kapitel 3.1.1** und **Kapitel 3.2.1** dargelegt, sehen diese Sondierung ebenfalls vor. So werden von [Schmitt und Linder 2014] bspw. sogenannte Beschreibungsinformationen gefiltert, welche Informationen hinsichtlich des Produktes und der Prozesse liefern. Auch Softwaresysteme ermöglichen die Erfassung notwendiger Informationen im Hinblick auf das reklamierte Produkt. Zu nennen sind hierbei unter anderem die Produktnummer, die Produktbezeichnung oder die Charge [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Analog zu den Ansätzen aus Wissenschaft und Technik, sollte auch die Informationssondierung alle relevanten Reklamationsinformationen über das reklamierte Produkt sondieren können. Nur so kann exakt festgelegt werden, um welches Produkt es sich handelt, welche Zeichnungsnummer verwendet wurde oder für welchen Auftrag die Produkte gefertigt wurden. Um dies umzusetzen, werden die **Produktnummer**, die **Produktbezeichnung**, die **Produktgruppe**, die **Charge**, die **Zeichnungsnummer** sowie der **Zeichnungsindex**, die **Auftragsnummer** und die **gelieferte Menge** mit Hilfe der Informationssondierung herausgestellt [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Fehlerinformationen

Nachdem die Rahmen- und Auftragsinformationen für den Informationssondierungsfilter definiert wurden, gilt es, die Informationen festzuhalten, welche den Fehler, somit die nichterfüllte Anforderung an das betrachtete System, beschreiben können. Nur wenn die Ausarbeitung der Informationen zum Fehler präzise und strukturiert erfolgt, kann der Fehler eindeutig abgegrenzt sowie definiert und eine zielorientierte und aufbauende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung realisiert werden.

Bezugnehmend auf aktuelle Ansätze aus Wissenschaft und Technik konnte in den **Kapiteln 3.1.1** und **3.2.1** herausgestellt werden, dass Fehlerinformationen sehr unterschiedlich erfasst werden. Beginnend mit dem Ansatz von [Schmitt und Linder 2014] werden hierzu sogenannte Beschreibungsinformationen erhoben. Diese umfassen einen Fehlerschlüssel, welcher jedoch nicht vertiefend vorgestellt wird. Anders und weitaus transparenter sondieren Softwaresysteme relevante Informationen im Hinblick auf den Fehler. Es werden unter anderem die Fehler-ID, Fehlerart oder Fehlerbezeichnung dargelegt. Auch eine Erfassung von Fehlerort und Fehlerbeschreibung wird durchgeführt. Für die Informationssondierung des FusLa sollen insgesamt nur drei relevante Informationen aus den Reklamationsinformationen sondiert werden. Es handelt sich dabei um die **nichterfüllte Anforderung**, somit der eigentliche Fehler und darüber hinaus die **Fehlerart** und die **Fehlerbedeutung**. Dies hat den Hintergrund, dass Informationen, wie bspw. eine unternehmensspezifische Fehler-ID, nicht für die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung von Bedeutung sind. Um ein zielorientiertes Vorgehen entwickeln zu können, sollten die genannten Informationen daher mehr als ausreichend sein [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Dennoch gilt es an dieser Stelle zu hinterfragen, wie die Mannigfaltigkeit nichterfüllter Anforderungen gehandhabt werden soll. Unter Annahme eines vielfältigen Produktportfolios mit zahlreichen Anforderungen gestaltet sich die eindeutige Sondierung besonders schwierig. Die angestrebte Lösung sieht vor, dass während der Informationssondierung, ein Abgleich der Reklamationsinformationen aus dem Reklamationstext mit den Anforderungen aus dem Pflichtenheft des reklamierten Produktes erfolgt. Hintergrund dieses Abgleichs ist, dass im ersten Schritt eine eindeutige Zuordnung zum reklamierten Produkt erfolgt und dadurch die Anzahl der durch den Algorithmus zu überprüfenden Anforderungen drastisch minimiert wird. Zum

anderen schafft diese Verknüpfung die Gewissheit, dass es sich in der Tat um eine Reklamation und nicht um eine Beschwerde handelt. Wie bereits angesprochen, basieren Reklamationen stets auf Fehlern mit rechtsrelevantem Charakter. Durch den Abgleich mit dem Pflichtenheft, welches im Rahmen der Vertragsschließung zwischen dem Auftraggeber und Auftragnehmer vorausgesetzt wird, kann eindeutig nachgewiesen werden, ob eine Reklamation berechtigt ist. Liegt bspw. die nichterfüllte Anforderung nicht im Pflichtenheft vor, so kann davon ausgegangen werden, dass diese Anforderung kein Vertragsbestandteil war und damit auch keine Grundlage für eine Reklamation liefert. Kritisch ist dieses Vorgehen jedoch, wenn ein Fall eintritt, bei dem Anforderungen nicht 1:1, wie im Pflichtenheft oder gar nur sinngemäß im Reklamationstext wiedergegeben werden. In diesem Fall könnte der Algorithmus nur Teilabgleiche durchführen. Statt bspw. nach „Ebenheit 0,35“ zu suchen, reicht womöglich auch ein Abgleich mit der Anforderung „Ebenheit“. Dieser führt zwar dazu, dass womöglich mehrere Ebenheiten angezeigt werden, die korrekte Ebenheit jedoch dann durch den Anwender ausgewählt werden könnte. Ebenso gilt es zu untersuchen, wie mit falsch angegebenen Anforderungen umzugehen ist. Auch in diesem Fall erscheint eine Auswahl- oder Anpassungsmöglichkeit sinnvoll [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Da neben der nichterfüllten Anforderung auch die Fehlerart und Fehlerbedeutung sehr mannigfaltig sein können, bedarf es unterschiedlicher Kriterien nach denen eine Fehlerart oder Fehlerbedeutung erkannt werden kann. Aus diesem Grund wurden die Tabelle 7 und Tabelle 8 ausgearbeitet, welche sowohl die Fehlerart als auch die Fehlerbedeutung klassifizieren. Dies unterstützt die weiterführende Auswertung und damit Bearbeitung der entsprechenden Reklamation [Lange 2007]. Anzumerken ist, dass im Fall des gleichzeitigen Auftretens verschiedener Fehlerarten auch alle erkannten Fehlerarten durch den Algorithmus sondiert und als Auswahlmöglichkeit für den Anwender zur Verfügung gestellt werden sollen. Die unterschiedlichen Arten wurden auf Grundlage von Literatur, darunter [Brünner 2000; Friederici 2003; König und Klocke 2002; Pichhardt 1994] und anhand von 200 Reklamationen eines Industrieunternehmens abgeleitet. Die Vollständigkeit und Konsistenz beschränkt sich natürlich auf die herangezogenen Grundlagen, sodass es die Fehlerarten im Rahmen der Validierung zu hinterfragen gilt [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Tabelle 7: Merkmale für die Fehlerart in Anlehnung an [Brünner 2000; Friederici 2003; König und Klocke 2002; Pichhardt 1994]

Fehlerart	Beispiel
Maßfehler	Durchmesser, Längen
Montagefehler	Falsche Teile verbaut
Beschaffenheitsfehler	Oberfläche, Material, Färbung
Lieferungsfehler	Falsche Teile geliefert, Vermischung
Beschädigungsfehler	Anstoßkanten, Kratzer
Verpackungsfehler	Falsche KLTs
Dokumentenfehler	Falscher Auftrag
Kennzeichnungsfehler	Falscher Lieferschein

Bei der Fehlerbedeutung soll auf die Einteilung der [VDA 2006] und der aktuellen [AIAG & VDA 2019] zurückgegriffen werden. Der Grund dafür ist, dass diese Norm zum einen sowohl eine qualitative als auch eine quantitative Auswertung der Informationen möglich macht. Zum anderen ist diese Norm vor allem in der Automobilindustrie hoch angesehen, wodurch ihre Anwendbarkeit vorausgesetzt werden kann. Aufgrund dessen, dass der Fokus sehr stark auf der

Automobilindustrie liegt, wurden einige wenige Anpassungen der Fehlerbedeutungen durchgeführt, welche den Fokus auf Produktsysteme im Allgemeinen legen [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Tabelle 8: Merkmale für die Fehlerbedeutung in Anlehnung an [VDA 2006], [AIAG & VDA 2019, S. 60, 136]

Beschreibung
Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Produktsystems und / oder andere Produktsysteme / Produktionssysteme oder die Gesundheit von Personen. Nichteinhaltung von gesetzlichen, betriebsinternen oder behördlichen Vorgaben.
Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Hauptfunktion. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes erforderlich.
Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Komfortfunktion. Deutlich wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes sind nicht erforderlich.
Mäßig bis gering wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Die Verwendung des Produktes ist jedoch nicht beeinträchtigt.
Keine wahrnehmbaren Auswirkungen. Nur vom Fachpersonal erkennbar. Leichte Unannehmlichkeiten.

Fehlerumfangsinformationen

Die letzte Kategorie von Informationen, welche während der Informationssondierung erfasst werden soll, bilden die Fehlerumfangsinformationen. Durchaus sollte es für das Unternehmen relevant sein, welches Ausmaß die Nichterfüllung der Anforderung angenommen hat. Dazu bietet es sich an, zum einen den Umfang der reklamierten Produkte und gleichzeitig aufgetretene Kosten, wie bspw. Nachbearbeitungskosten, zu erheben. Im Hinblick auf die Ansätze des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik hat sich in den **Kapiteln 3.1.1** und **3.2.1** herausgestellt, dass vor allem die Ansätze der Wissenschaft zwar vom Faktor „Fehlerkosten“ sprechen, jedoch eine eindeutige Klassifizierung dieser Fehlerkosten ausgelassen wird. Anders zeigt sich dieser Sachverhalt bei den derzeit vorhandenen Softwaresystemen. Diese untergliedern die Kosten unter anderem in Material-, Rückversand- oder Nachbearbeitungskosten. Um die Transparenz des Fehlerumfangs zu erhöhen, macht es Sinn, ebenfalls eine Klassifizierung der Kosten durchzuführen. Diese Klassifizierung wird analog zu den analysierten Softwaresystemen gestaltet und umfasst für die Fehlerumfangsinformationen somit die **Materialkosten**, **Rückversandkosten**, **Nachbearbeitungskosten** und **sonstige Kosten**. Ebenso soll der Algorithmus den Fehlerumfang in Bezug auf die betroffenen Produkte darstellen. Aus diesem Grund wird auch die **reklamierte Menge an Produkten** als relevante Reklamationsinformation angesehen [Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Schlussfolgerungen

Auf Grundlage der insgesamt sechs Kategorien relevanter Reklamationsinformationen wurde im nachfolgenden Schritt ein Informationssondierungsfilter entwickelt. Dieser ist die Quintessenz sowohl aus den Ergebnissen des Standes der Wissenschaft und Technik als auch den eigenen Vorstellungen für eine anschließende Priorisierung, Fehlerursachenlokalisierung und Lösungsfindung. Die Darstellung des Informationssondierungsfilters wird in Abbildung 11 aufgezeigt.

Informationskategorien					
Ansprechpartner- informationen	Organisations- informationen	Rahmen- informationen	Auftrags- informationen	Fehler- informationen	Fehlerumfangs- informationen
Informationsbausteine					
Name des Ansprechpartners	Name der Organisation	Eingangsdatum	Produktbezeichnung	Nichterfüllte Anforderung	Reklamierte Menge
Vorname des Ansprechpartners	Identifikationsnummer der Organisation	Art der Reklamation	Produktnummer	Fehlerart	Materialkosten
Telefonnummer	Straße, Haus-Nr.	Wiederholung	Produktgruppe	Fehlerbedeutung	Rückversandkosten
E-Mail	Postleitzahl	Fälligkeitsdatum	Charge		Nachbearbeitungs- kosten
	Ort		Zeichnungsnummer		Sonstige Kosten
	Land		Zeichnungsindex		
	ABC-Einstufung		Auftragsnummer		
			Delieferte Menge		

Abbildung 11: Informationssondierungsfilter [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Mit Hilfe des Informationssondierungsfilters soll es möglich sein, innerhalb des Reklamations-
textes relevante Informationen von irrelevanten Informationen zu unterscheiden. Anhand eines
Beispiels soll der Sachverhalt der Informationssondierung verdeutlicht werden. Hierzu wurde
ein Reklamationstext, welcher in Tabelle 9 hinterlegt ist, mit allgemeinen Reklamationsinfor-
mationen ausgearbeitet, wie er bspw. an eine Organisation gerichtet werden könnte. An dieser
Stelle ist anzumerken, dass der Reklamationstext je nach Kunde variiert, die Darstellung des
Prinzips jedoch anhand dieses Beispiels ausreicht.

Tabelle 9: Beispielttext für eine Reklamation eines Kunden an eine Organisation

<p>Kundenreklamation – A-Kunde</p> <p>Herr / Frau Max Mustermann (Tel. 01111, E-Mail: max-mustermann@m.de) der Organisa- tion Muster GmbH (Musterstraße 1 in 22222 Musterstadt) hat am 01.10.2018 um 15:53 Uhr das Produkt Welle W043 der Gruppe Getriebe reklamiert. Es handelt sich hierbei um 50 beanstandete Produkte von insgesamt 1000 Produkten der Charge CH4145, welche nach Zeichnungsnummer ZN1566, Index A für den Auftrag A183 gefertigt wurden. Der Grund für die Reklamation ist ein Maßfehler, welcher aufgrund der/des Durchmesser $\varnothing 15 \pm 0,1$ mm wiederholt erkannt worden ist. Das Ausmaß des Fehlers kann als kritisch eingestuft werden. Die reklamierende Organisation fordert den Abschluss der Reklamation bis spätestens zum 08.10.2018, um das Auftreten weiterer Fehler zu vermeiden. Die Kosten der Reklamation, werden mit 1000 € für das Material, 150 € für den Rückversand, 550 € für die Nachbearbei- tung und 100 € für sonstige Aufkommen eingeschätzt.</p>
--

Es ist ersichtlich, dass in diesem Beispiel zahlreiche relevante Reklamationsinformationen hinterlegt sind. Mit Hilfe des Informationssondierungsfilters können diese sichtbar gemacht und letztlich für die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung zielgerichtet weiterverarbeitet werden. Welche relevanten Informationen innerhalb des Beispieltextes hinterlegt sind, veranschaulicht die nachfolgende Tabelle 10.

Tabelle 10: Relevante Reklamationsinformationen aus dem Beispieltext

[Art der Reklamation] – [ABC-Einstufung]

Herr / Frau **[Vorname des Ansprechpartners] [Nachname des Ansprechpartners]** (Tel. **[Telefonnummer]**, E-Mail **[E-Mail]**) der Organisation **[Name der Organisation]** (**[Straße]**, **[Hausnummer]** in **[Postleitzahl] [Ort]**) hat am **[Eingangsdatum]** das Produkt **[Produktbezeichnung] [Produktnummer]** der Gruppe **[Produktgruppe]** reklamiert. Es handelt sich hierbei um **[Reklamierte Menge]** beanstandete Produkte von insgesamt **[Gelieferte Menge]** Produkten der Charge **[Charge]**, welche nach Zeichnungsnummer **[Zeichnungsnummer]**, Index **[Zeichnungsindex]** für den Auftrag **[Auftragsnummer]** gefertigt wurden. Der Grund für die Reklamation ist ein **[Fehlerart]**, welcher aufgrund der/des **[nichterfüllte Anforderung] [Wiederholung]** erkannt worden ist. Das Ausmaß des Fehlers kann als **[Fehlerbedeutung]** eingestuft werden. Die reklamierende Organisation fordert den Abschluss der Reklamation bis spätestens zum **[Fälligkeitsdatum]**, um das Auftreten weiterer Fehler zu vermeiden. Die Kosten der Reklamation, werden mit **[Materialkosten]** € für das Material, **[Rückversandkosten]** € für den Rückversand, **[Nachbearbeitungskosten]** € für die Nachbearbeitung und **[Sonstige Kosten]** € für sonstige Aufkommen eingeschätzt.

Der Reklamationstext verdeutlicht, dass der Organisation zahlreiche relevante Informationen zur Verfügung gestellt werden. **Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass eine Kundenreklamation nicht so ausführlich sein wird, wie es in Tabelle 9 und Tabelle 10 dargestellt ist.** Hintergrund dessen ist, dass der Kunde nicht über alle relevanten Reklamationsinformationen verfügt. Um dieser Problematik entgegenwirken zu können, soll der Algorithmus, die ihm zur Verfügung stehenden Reklamationsinformationen mit den Informationen aus bestehenden Informationssystemen, darunter bspw. das Kundensystem, Auftragssystem oder die Matrizen für Fehlerart und Fehlerbedeutung, abgleichen.

Wie dieser Vorgang exemplarisch aussieht, veranschaulicht Abbildung 12.

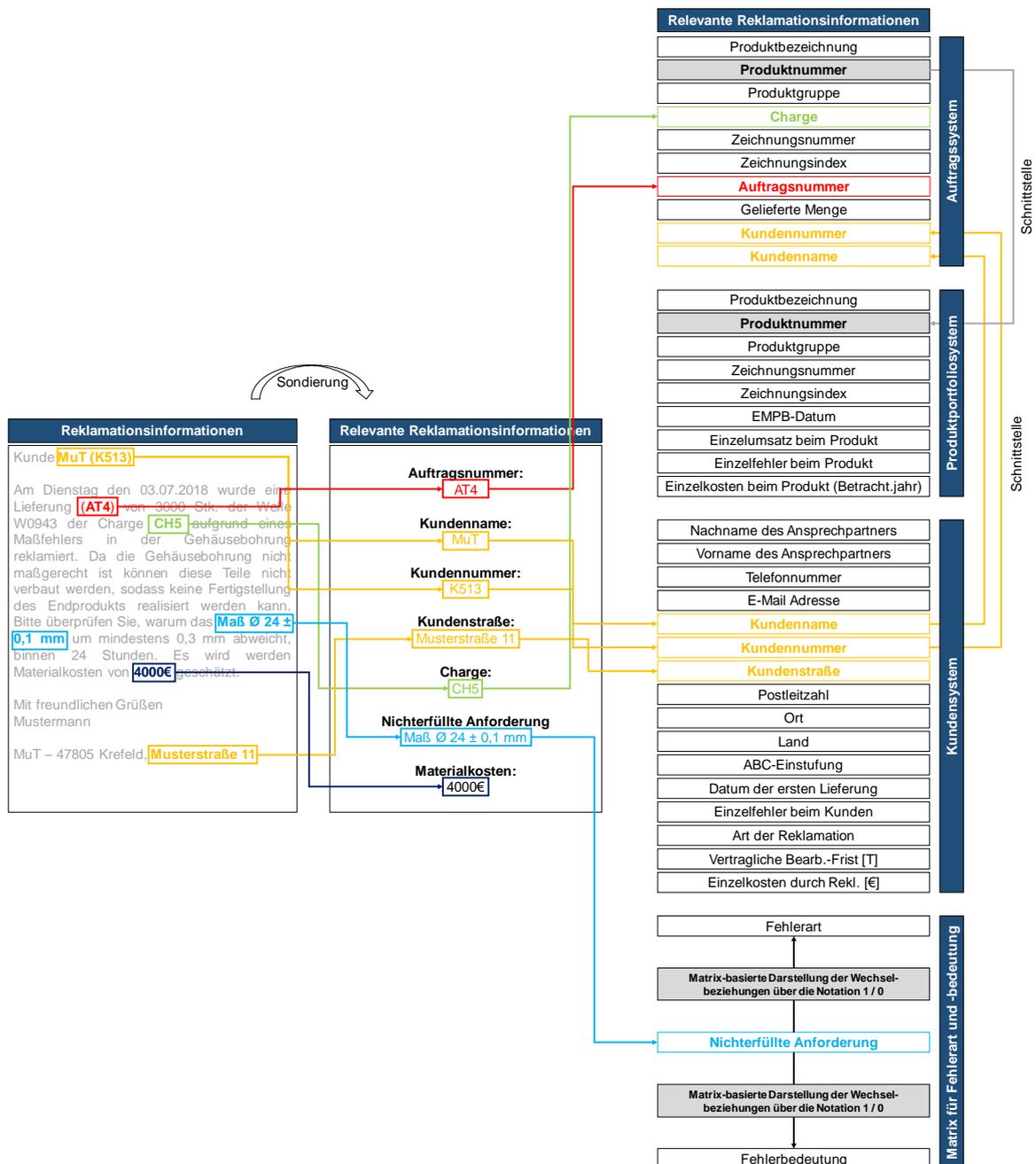
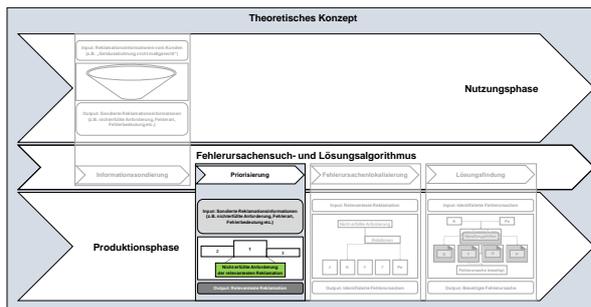


Abbildung 12: Exemplarische Darstellung einer automatisierten Sondierung relevanter Reklamationsinformationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019a] und [Heinrichsmeyer et al. 2019b]

Es ist ersichtlich, dass der Algorithmus zunächst bestimmte Informationen, wie unter anderem die Auftragsnummer oder die Kundennummer, erhebt. Mit Hilfe dieser Informationen führt er eine Suche in bestehenden Informationssystemen durch, um dadurch Rückschlüsse auf weitere Informationen, bspw. die Produktnummer oder Produktbezeichnung, ziehen zu können. Welche Informationen in der Sondierung als erstes erhoben werden und wie die Abläufe bzw. Schleifen des Algorithmus im Detail sind, wird im **Kapitel 5.2.1** der Programmierung der Informationssondierung ausführlich erläutert und anhand der Ablaufdiagramme aus Anhang 40, Anhang 41 und Anhang 42 transparent dargestellt. Auf Grundlage der Sondierung relevanter Informationen, soll im nächsten Schritt eine Möglichkeit der Priorisierung für Reklamationen entwickelt werden.

5.1.2 Theoretische Priorisierung von Reklamationen



Die Priorisierung von Reklamationen ist ein entscheidender Schritt bei der Weiterverarbeitung von relevanten Reklamationsinformationen. Um dies realisieren zu können, ist es notwendig, sich noch einmal mit dem zweiten Teilziel der Dissertation auseinanderzusetzen.

Mit dem **zweiten Teilziel** gilt es zu hinterfragen, wie eine Priorisierung der Reklamationen auf Basis der zuvor gefilterten relevanten Informationen aufzubauen ist. Dies hat den Hintergrund, dass der Algorithmus mit den Reklamationen beginnen soll, welche nach der Priorisierung am kritischsten eingestuft wurden.

Anhand des Teilziels ist ersichtlich, dass der FusLa Reklamationen hinsichtlich ihrer Priorität bewerten können muss. Um dies realisieren zu können, bedarf es **mehrerer aussagekräftiger** sowie **nachvollziehbarer Dimensionen (mehrdimensional)**, welche die **zuvor sondierten, relevanten Reklamationsinformationen heranziehen** und als **Priorität für die entsprechende Reklamation zusammengefasst werden** können [Wente et al. 2013].

Im Hinblick auf den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik in den **Kapiteln 3.1.2** und **3.2.2** konnte bereits herausgestellt werden, dass es zahlreiche, unterschiedliche Ansätze gibt, eine Priorisierung durchzuführen. Mit der Eingrenzung auf den Betrachtungsgegenstand von Reklamationen tat sich vor allem der Ansatz von [Schmitt und Linder 2012] hervor, welcher eine Vielzahl von Bewertungsdimensionen, die eine Bewertung der Reklamation hinsichtlich ihrer Priorität möglich machen sollen, herausarbeitet. Zu nennen sind hier unter anderem die Bewertungsdimensionen „Schaden und Ausmaß“, „Kundenwichtigkeit (A-, B-, C-Kunde)“ oder „Auftrittshäufigkeit“. Für all diese Bewertungsdimensionen werden nach dem Ansatz von [Schmitt und Linder 2012] sowohl ein spezifischer Wert als auch eine Gewichtung berechnet. Im Hinblick auf die zu untersuchende Problemstellung ist es ebenfalls notwendig, **unterschiedliche Dimensionen** abzubilden und für diese jeweilig **ein Wert** (eine Einschätzung für eine Information einer explizit vorliegenden Reklamation) und **eine Gewichtung** (eine Einschätzung für eine Dimension über alle aufgenommenen Reklamationen hinweg) darzulegen. Zum anderen aber kann durch die Definition **mehrerer Dimensionen** der Einfluss einer einzelnen Dimension auf die Priorität von Reklamationen relativiert werden. Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass die Voraussetzung für die Anwendung der Bewertungsdimensionen von [Schmitt und Linder 2012] eine darauf abgestimmte Informationsbasis ist. Unter Berücksichtigung der vorangegangenen Informationssondierung, wird eine andere Informationsbasis erstellt, welche **es erfordert, eigene, auf die Informationssondierung abgestimmte Dimensionen zu entwickeln**. Neben dem Ansatz von [Schmitt und Linder 2012] wurden in **Kapitel 3.1.2** ebenso das Eisenhower-Prinzip, die ABC-Analyse oder das Pareto-Prinzip betrachtet. Es stellte sich heraus, dass diese Ansätze eine subjektive Bewertung der Priorität vorsehen. Im Hinblick auf den Betrachtungsgegenstand von Reklamationen kann dies jedoch schwerwiegende Folgen haben, sofern eine Fehleinschätzung aufgrund subjektiver Einflüsse erfolgt. Dies bestärkt die Bildung **mehrerer Dimensionen** und die darauf folgende Ableitung von **Werten** sowie **Gewichtungen**, um damit den subjektiven Einfluss auszuschalten. Zuletzt anzuführen sind die Ergebnisse aus **Kapitel 3.2.2**, welche die Priorisierungsverfahren aktueller Softwaresysteme darlegen. Auch diese Auswertung hat gezeigt, dass aktuelle Softwaresysteme

lediglich auf eine ansteigende oder absteigende Anordnung von Reklamationen, auf Grundlage der Kosten oder Fehlerarten, zurückgreifen. Selten wurden Reklamationen hinsichtlich ihrer Priorität klassifiziert. In diesen Fällen zeigte sich jedoch ebenso eine subjektive Ausprägung der Priorisierung. Das bedeutet, dass auch bei aktuellen Softwaresystemen der richtige oder aber auch falsche Einfluss des Anwenders entscheidend sein kann. Um dieses Potential möglicher Fehleinschätzungen auszuschalten, stellt es sich erneut als notwendig heraus, **mehrere Dimensionen** abzuleiten, welche **Werte** und **Gewichtungen** enthalten [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Im Hinblick auf die Ergebnisse des Standes der Wissenschaft und Technik wurden daher mehrere eigene Dimensionen entwickelt, welche exakt auf die aus der Informationssondierung erhobenen Informationen abgestimmt wurden. Für jede Dimension wurden Formeln aufgestellt oder Kategorien gebildet, welche die Zuweisung eines Wertes und einer Gewichtung ermöglichen. Um die Transparenz dieser Dimensionen gewährleisten zu können, werden diese nachfolgend ausführlich erläutert.

5.1.2.1 Ableitung von Dimensionen für die Priorisierung von Reklamationen

Wie bereits angesprochen, wurden die Dimensionen für die Priorisierung von Reklamationen abgeleitet. Diese Dimensionen basieren zum einen auf den zuvor sondierten Reklamationsinformationen, um eine direkte Schnittstelle für die Priorisierung zu gewährleisten. Zum anderen wurden aber auch Ergebnisse und Erkenntnisse aus den **Kapiteln 3.1.2** und **3.2.2** herangezogen. Beispielsweise wurde auf Erkenntnisse aus dem Ansatz von [Schmitt und Linder 2012] im Hinblick auf die Heranziehung der Einstufung des Kunden oder Erkenntnisse aus der Priorisierung von Softwaresystemen über die Kosten bzw. Fehleranzahl zurückgegriffen. Die Dimensionen, welche für die Priorisierung durch den FusLa abgeleitet wurden, sind nachfolgend aufgelistet [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

- 1) Dimension 1: Einstufung des Kunden
- 2) Dimension 2: Datumsinformationen
- 3) Dimension 3: Anteil reklamierter Produkte
- 4) Dimension 4: Wiederholung
- 5) Dimension 5: Fehlerart
- 6) Dimension 6: Fehlerbedeutung
- 7) Dimension 7: Produktumsatz
- 8) Dimension 8: Fehlerhistorie
- 9) Dimension 9: Kostenanteil

Um ein Verständnis für die einzelnen Dimensionen und deren **Notwendigkeit** für die Priorisierung zu erhalten, werden diese nachfolgend ausführlich erläutert.

Dimension 1: Einstufung des Kunden

Organisationen stufen ihre Kunden sehr unterschiedlich ein. Sei es nach ihrem Beitrag am Umsatz der Organisation, anhand der Beständigkeit der Zusammenarbeit oder anhand der Häufigkeit von Einkäufen bei der Organisation. Je nach Wichtigkeitsstufe erhalten Kunden dabei einen entsprechenden Stellenwert für eine Organisation. Dies gilt es auch bei Priorisierung von Reklamationen nicht unberücksichtigt zu lassen. Um die Einstufung des Kunden quantifizieren zu können, soll im Rahmen der Dissertation die **ABC-Einstufung aus der vorangegangenen Informationssondierung** genutzt werden. Der Hintergrund dessen ist, dass die ABC-Einstufung bei Unternehmen hohe Akzeptanz erfährt und dieses Verfahren daher häufig eingesetzt wird [Günter und Helm 2006]. Die quantitativen Dimensionswerte, welche in Tabelle

11 dargestellt sind, spiegeln dabei mit 3 eine sehr hohe Wichtigkeit des Kunden und mit 1 eine geringe Wichtigkeit des Kunden wider [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Tabelle 11: Dimensionswerte für die Einstufung des Kunden in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Qualitativ	Quantitativ	Beschreibung
A	3	„Sehr wichtige Kunden, die den höchsten Anteil am Umsatz haben“. [Belsch 2017, S. 85]
B	2	„Wichtige Kunden, die einen durchschnittlichen Anteil am Umsatz haben“. [Belsch 2017, S. 85]
C	1	„Weniger wichtige Kunden, die einen unterdurchschnittlichen Anteil am Umsatz haben“. [Belsch 2017, S. 85]

Dimension 2: Datumsinformationen

Mit der zweiten Dimension sollen Informationen über Datumsangaben, darunter das **Fälligkeitsdatum** (FD) der Reklamation, welche im Rahmen der Informationssondierung erhoben wurden, in die Priorisierung von Reklamationen mit einfließen. Dies hat den Hintergrund, dass je nach zeitlicher Forderung durch den Kunden auch entsprechendes Handeln gefordert ist. Dieser Parameter soll demnach berücksichtigen, wieviel Zeit der Organisation noch bleibt, um eine Entscheidung oder Maßnahme zu treffen, ohne dabei den Kunden zu verärgern. Das bedeutet wiederum, dass je nach verbleibender Zeit zur Entscheidungs- oder Maßnahmenfindung auch eine Reklamation als weniger kritisch oder kritisch anzusehen ist. Um dies umzusetzen, wurden die relevanten Reklamationsinformationen, wie in Formel 1 dargestellt, in Relation zueinander gesetzt [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

$$\text{Verbleibende Nettoarbeitstage (T}_i\text{)} = \text{FD} - \text{Aktuelles Datum in Tagen} \quad (1)$$

FD = Fälligkeitsdatum

Damit eine Einstufung der drei Dimensionswerte erfolgen kann, wurden insgesamt 3 verschiedene Bereiche ausgearbeitet. Da einem Unternehmen oftmals nur 48 Stunden bis zur Durchführung von Sofortmaßnahmen verbleiben, sollen auch diese 48 Stunden als kritische Obergrenze definiert werden [Marchenko et al. 2010]. Gehen die verbleibenden Nettoarbeitstage über die 2 Tage hinaus, so werden in der Literatur keine Grenzwerte hinsichtlich der Dringlichkeit der Reklamationsbearbeitung vorgegeben. Zwar gibt es bspw. die 24/48/30-Regel, welche besagt, dass eine Reklamation in 24 Stunden bestätigt, ihr Ausmaß in 48 Stunden mit Sofortmaßnahmen verringert und in 30 Tagen vollständig abgewickelt sein soll, jedoch sieht diese Regel keine Unterklassifizierung im Bereich von 48 Stunden und 30 Tagen vor [Jachens 2004]. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, wird davon ausgegangen, dass ein Unternehmen insgesamt drei bis sieben Tage, je nach Absprache mit dem Kunden oder vertraglichen Fristen, für eine normale Bearbeitung einer Reklamation zur Verfügung stehen. In diesem Fall soll die Wichtigkeit der Reklamationsbearbeitung als Normal angesehen werden. Die quantitativen Dimensionswerte spiegeln dabei mit 3 eine sehr hohe Wichtigkeit und mit 1 eine geringe Wichtigkeit der Reklamationsbearbeitung wider.

Ob diese Klassifizierung, welche in Tabelle 12 zusammenfassend dargestellt wird, auch geeignet ist, muss im Rahmen der Validierung untersucht werden [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Tabelle 12: Dimensionswerte für die Datumsinformationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Qualitativ	Quantitativ	Bereich	Beschreibung
Kritisch	3	$0 \leq T_i \leq 2$	Der Organisation verbleiben lediglich 48 h zum Umgang mit der Reklamation.
Normal	2	$3 \leq T_i \leq 14$	Der Organisation verbleiben noch drei bis vierzehn Tage zum Umgang mit der Reklamation.
Nicht kritisch	1	$T_i > 14$	Der Organisation verbleiben noch mehr als eine Woche zum Umgang mit der Reklamation.

Dimension 3: Anteil reklamierter Produkte

Die dritte Dimension fokussiert Angaben aus der Informationssondierung hinsichtlich der **gelieferten** und **reklamierten Menge**. Anhand dieser Reklamationsinformationen soll abgeschätzt werden, welches Ausmaß der Fehler beim Kunden angenommen hat und welche Menge an Produkten betroffen ist. Dabei gilt, dass je mehr Produkte einer gelieferten Menge von einem Fehler betroffen sind, desto kritischer ist auch das Ausmaß des Fehlers zu sehen. Um die dritte Dimension bewertbar zu machen, wurde die nachfolgende Formel 2 ausgearbeitet [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

$$\text{Anteil reklamierter Produkte (ARP)} = \frac{\text{Reklamierter Menge}}{\text{Gelieferte Menge}} \text{ in \%} \quad (2)$$

Der jeweilige Prozentsatz soll letztlich mit in die Endbewertung mit aufgenommen werden. Es wird bewusst auf eine Ausarbeitung von Intervallen für die Dimensionswerte verzichtet, da die Formel exaktere Daten für die Priorisierung liefert.

Dimension 4: Wiederholung

Mit der vierten Dimension, der sogenannten „Wiederholung“, soll abgeschätzt werden, ob der aufgetretene Fehler bereits in der Vergangenheit beanstandet wurde. Ist das der Fall, so lässt es die Aussage zu, dass die Maßnahmenableitung anhand der vergangenen Fehler unzureichend war und erneutes Handeln gefordert ist. Anders als bei der dritten Dimension zum Anteil reklamierter Produkte für eine explizite Reklamation, untersucht die vierte Dimension Wiederholungsfehler aller bereits in der Historie aufgenommenen Reklamationen. Sie gibt daher einen Überblick über den Verlauf bereits getroffener Maßnahmen und bringt diesen in die Priorisierung mit ein. Um einen gleichen Fehler zu vermeiden, ist es daher umso wichtiger, der Reklamation eine zunehmende Priorität zuzuweisen. Um die Dimensionswerte berechnen zu können, wird die aus der Informationssondierung gewonnene Information hinsichtlich der **Wiederholung** der nichterfüllten Anforderung herangezogen. Entscheidend bei dieser Dimension ist jedoch, dass die Wiederholung eines Fehlers nur dann gewertet wird, wenn die Reklamation dem gleichen Produkt und der identischen, nichterfüllten Anforderung gilt. Handelt es sich bspw. um das gleiche Produkt, jedoch um eine andere nichterfüllte Anforderung, kann auch nicht von einer Wiederholung gesprochen werden.

Um die Dimension der „Wiederholung“ quantifizieren zu können, wurden Dimensionswerte, welche in Tabelle 13 dargelegt sind, abgeleitet. Diese basieren auf der Anzahl der Wiederholungen und haben damit einen maßgeblichen Einfluss auf die Priorität einer Reklamation [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Tabelle 13: Dimensionswerte für die Wiederholung in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Qualitativ	Quantitativ	Beschreibung
Einmalig	1	Eine Anforderung eines spezifischen Produktes wurde ein einziges Mal nicht erfüllt.
W-malig	W	Eine Anforderung eines spezifischen Produktes wurde bereits W-malig nicht erfüllt.

Die Anzahl der Wiederholung soll letztlich mit in die Endbewertung aufgenommen werden.

Dimension 5: Fehlerart

Ähnlich der Dimension „Wiederholung“ soll auch die aus der Informationssondierung gewonnene Information hinsichtlich der **Fehlerart** dazu beitragen, das Ausmaß des Fehlers in die Priorisierung mit einzubinden. Aus **Kapitel 5.1.1** kann entnommen werden, dass die Fehlerart durchaus sehr mannigfaltig sein kann. Um dennoch eine Bewertung der Fehlerart durchführen zu können, wurde die Tabelle 7 um eine qualitative und quantitative Einstufung, wie in Tabelle 14 dargestellt, ergänzt [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Tabelle 14: Merkmale für die Fehlerart in Anlehnung an [Brünner 2000; Friederici 2003; König und Klocke 2002; Pichhardt 1994; Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Qualitativ	Quantitativ	Fehlerart	Beispiel		
Aufwand für ein Unternehmen zur Eliminierung des Fehlers	Hoch	3	Maßfehler Montagefehler Beschaffungsfehler	Durchmesser, Längen Falsche Teile verbaut Oberfläche, Material, Färbung	
		Mäßig	2	Lieferungsfehler Beschädigungsfehler	Falsche Teile geliefert, Vermischung Anstoßkanten, Kratzer
			Gering	1	Verpackungsfehler Dokumentenfehler Kennzeichnungsfehler

Die Einstufung in „Kritisch“, „Mäßig“ und „Gering“ berücksichtigt dabei den Aufwand für die Organisation, bei der ein Kunde sein Produkt reklamiert hat und erfolgt nicht gemäß der [DIN EN ISO 9001 2015], welche jeden Fehler als Nichtkonformität mit gleichem Aufwand einschätzt. Beispielsweise ist ein Fehler als kritisch anzusehen, wenn Anforderungen hinsichtlich seiner Maße oder seiner Beschaffenheit nicht eingehalten wurden. Der Grund dafür ist, dass die Organisation in diesem Fall alle gelieferten Produkte zurückrufen und im schlimmsten Fall verschrotten muss, zugleich aber die Aufgabe hat, neue, anforderungsgerechte Produkte herzustellen und zu liefern. Bei einer Einstufung von „mäßig“ hingegen besteht noch die Möglichkeit, den Schaden zu begrenzen. Zwar bleibt weiterhin die Problematik des Rückrufs nichtkonformer Produkte, jedoch ist es nicht zwingend erforderlich, dass die komplette Lieferung neu gefertigt werden muss. Die letzte Einstufung mit „Gering“ beinhaltet letztlich Fehler, welche

keinen direkten Einfluss auf das Produkt selbst haben, sondern sich nur auf Aspekte wie die Verpackung oder Kennzeichnung, auswirken. An dieser Stelle ist erneut darauf hinzuweisen, dass eine Reklamation durchaus unterschiedliche Fehlerarten gleichzeitig beschreiben kann. **So ist es durchaus möglich, dass ein Verpackungsfehler aber auch Maßfehler gleichzeitig aufgetreten sind und zur Reklamation geführt haben.** Ist dies der Fall, soll der Algorithmus stets den schlimmsten Fall betrachten und für den Dimensionswert der Fehlerart von der jeweilig schlimmsten qualitativen Einstufung ausgehen [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Dimension 6: Fehlerbedeutung

Neben der Fehlerart soll auch die aus der Informationssondierung erhaltene **Fehlerbedeutung** bei der Priorisierung eingebunden werden. Dies ermöglicht es, eine Einschätzung hinsichtlich des Ausmaßes der Reklamation zu erhalten. Je kritischer das Ausmaß, bspw. durch einen Personenschaden, desto kritischer sollte auch die Bearbeitung der Reklamation sein. Zur Ableitung von Dimensionswerten für die Fehlerbedeutung wurde die in **Kapitel 5.1.1** dargestellte Tabelle 8 herangezogen. Diese wurde in Anlehnung an die [VDA 2006] sowie der [AIAG & VDA 2019] erarbeitet und unterscheidet sich lediglich in den quantitativen Einstufungen sowie der Fokussierung auf allgemeine Produkt- und Produktionssysteme. Hintergrund dessen ist, dass der Algorithmus einen exakten Wert für die jeweilige Fehlerbedeutung zuweisen muss. Ein Intervall würde bedeuten, dass der Algorithmus selbstständig entscheiden kann, ob eine Fehlerbedeutung bspw. gering oder eher mäßig anzusehen ist. Dieser Sachverhalt wird jedoch in der Dissertation nicht behandelt. Zusammengefasst sind die Merkmale für die Fehlerbedeutung in Tabelle 15 [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Tabelle 15: Merkmale für die Fehlerbedeutung in Anlehnung an [VDA 2006], [AIAG & VDA 2019, S. 60, 136; Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Qualitativ	Quantitativ	Beschreibung
Sehr hoch	5	Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Produktsystems und/oder andere Produktsysteme / Produktionssysteme oder die Gesundheit von Personen. Nichteinhaltung von gesetzlichen, betriebsinternen oder behördlichen Vorgaben.
Hoch	4	Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Hauptfunktion. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes erforderlich.
Mäßig	3	Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Komfortfunktion. Deutlich wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes nicht erforderlich.
Gering	2	Mäßig bis gering wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Die Verwendung des Produktes ist jedoch nicht beeinträchtigt.
sehr gering	1	Keine wahrnehmbaren Auswirkungen. Nur vom Fachpersonal erkennbar. Leichte Unannehmlichkeiten.

Neben den Dimensionen, welche auf Basis der relevanten Reklamationsinformationen der Informationssondierung herausgearbeitet werden können, sollen auch organisationsbezogene

Informationen, wie bspw. der Umsatz eines reklamierten Produktes oder die entstandenen Kosten, mit in die Priorisierung von Reklamationen eingebunden werden. Organisationsbezogene Dimensionen werden auf Grundlage von organisationsbezogenen Informationen gebildet und lassen sich nicht ausschließlich aus Reklamationsinformationen zusammenführen [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Dimension 7: Produktumsatz

Die erste Dimension, welche auf Grundlage von Reklamationsinformationen hinsichtlich des Produktes, darunter dessen **Bezeichnung** oder **Identifikationsnummer**, ermittelt werden soll, ist der Produktumsatz. Mit Hilfe dieser Dimension soll abgeleitet werden, wie relevant ein Produkt für eine Organisation ist. Demnach kann auch abgeleitet werden, welchen Stellenwert die Reklamation eines umsatzstarken oder umsatzschwachen Produktes innerhalb der Organisation hat. Um der Dimension einen Dimensionswert zuweisen zu können, wurde der Umsatz des reklamierten Produktes in Relation zu dem Gesamtumsatz aller Produkte gesetzt. Die Formel dafür ist in Tabelle 16 dargestellt [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Tabelle 16: Dimensionswerte für den Produktumsatz in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Formel	Dimensionswert Produktumsatz = $\frac{EU_{i\text{Produkt}}}{GU_{\text{insgesamt}}}$
Werte	Gesamtumsatz (GU) = $\sum \text{Umsatz}_{\text{Aller Produkte insgesamt}}$
	Einzelumsatz insgesamt (EU _i) = $\sum \text{Umsatz}_{\text{Produkt}}$

Es wird erneut bewusst auf eine Ausarbeitung von Intervallen für die Dimensionswerte verzichtet, da die Formel exaktere Daten für die Priorisierung liefert.

Dimension 8: Fehlerhistorie

Neben der Dimension bezogen auf den Produktumsatz, kann auch die Historie aufgefasster Fehler beim Produkt oder beim Kunden als Priorisierungsdimension herangezogen werden. So ist bspw. die Anzahl von Fehlern von Systemen gemessen über einen definierten Zeitraum ebenfalls ein Maß dafür, wie kritisch das reklamierte Produkt zu behandeln ist. Je mehr Fehler in einem kurzen Zeitraum bei einem Produkt auftreten, desto höher muss auch dessen Priorität bei der Reklamationsbearbeitung sein. Um diese Dimension quantifizierbar zu machen, wurden folgende Formeln ausgearbeitet. Der hierbei aufgezeigte Fertigungszeitraum des Produktes umfasst dabei die Differenz zwischen dem aktuellen Datum und dem Fertigungsstart (Datum des Erstmusterprüfberichts (EMPB)) des reklamierten Produktes. Der aufgezeigte Zusammenarbeitszeitraum mit dem Kunden setzt sich hingegen aus der Differenz zwischen dem aktuellen Datum und dem Datum der Erstlieferung zusammen [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Dargestellt ist dies in Tabelle 17.

Tabelle 17: Dimensionswerte für die Fehlerhistorie in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Formel	Dimension Fehlerhistorie = $\frac{\sum EF_{\text{Produkt / Kunde}}}{FZ_{\text{Produkt}} \text{ oder } ZZ_{\text{Kunde}}}$
	Einzelfehleranzahl (EF) = $\sum \text{Fehler}_{\text{Produkt oder Kunde}}$
	Fertigungszeitraum (FZ) = $\text{Datum}_{\text{Aktuelles Datum}} - \text{Datum}_{\text{EMPB}}$
	Zusammenarbeitszeitraum (ZZ) = $\text{Datum}_{\text{Aktuelles Datum}} - \text{Datum}_{\text{1st Lieferung}}$

Mit Hilfe dieser Dimension kann die Relevanz eines Produktes oder eines Kunden gemessen an bislang verbuchten Fehlern von Systemen, mit in die Priorisierung von Reklamationen einfließen. Es wird erneut bewusst auf eine Ausarbeitung von Intervallen für die Dimensionswerte verzichtet, da die Formel exaktere Daten für die Priorisierung liefert [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Dimension 9: Kostenanteil

Die letzte Dimension, welche zur Priorisierung von Reklamationen genutzt werden soll, ist die Dimension „Kostenanteil“. Unterschieden werden kann dabei bspw. zwischen Materialkosten, Rückversandkosten, Nachbearbeitungskosten, Verschrottungskosten oder sonstigen Kosten. Zur Priorisierung der Reklamation soll jedoch die Summe aller, in Verbindung mit dem Fehler aufgetretener Kosten genutzt werden. Die Dimension lässt sich so verstehen, dass erhöhte Kosten einer Reklamation mit einer erhöht kritischen Betrachtung der Priorisierung einhergehen. Ähnlich der Dimension „Fehleranteil“ soll auch an dieser Stelle die Unterscheidung zwischen den Kosten durch das reklamierte Produkt und Kosten beim Kunden durch das reklamierte Produkt getroffen werden. Bezogen werden die beiden jeweiligen Einzelkosten auf den Fertigungszeitraum des Produktes oder Zusammenarbeitszeitraum mit dem Kunden. Ergänzend dazu ist an dieser Stelle anzumerken, dass diese Dimension entlang der Bearbeitungsdauer der Reklamation stark variieren kann [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Um den Parameter für die Priorisierung nutzbar zu machen, wurden die in Tabelle 18 erfassten Formeln ausgearbeitet.

Tabelle 18: Dimensionswerte für den Kostenanteil in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Formel	Dimension Kostenanteil = $\frac{\sum EK_{\text{Produkt oder Kunde}}}{FZ_{\text{Produkt}} \text{ oder } ZZ_{\text{Kunde}}}$
	Einzelkosten (EK) = $\sum \text{Kosten}_{\text{Produkt oder Kunde}}$
	Fertigungszeitraum (FZ) = $\text{Datum}_{\text{Aktuelles Datum}} - \text{Datum}_{\text{EMPB}}$
	Zusammenarbeitszeitraum (ZZ) = $\text{Datum}_{\text{Aktuelles Datum}} - \text{Datum}_{\text{1st Lieferung}}$

Zur transparenten Darstellung des Vorgangs der Ableitung von Dimensionswerten wird anhand eines Beispiels für die Dimensionen eins und zwei das Prinzip der Ableitung, auf Basis sondierter Reklamationsinformationen, in Tabelle 19 veranschaulicht.

Tabelle 19: Beispiel für die Ableitung von Dimensionswerten auf Basis von sondierten Reklamationsinformationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

	Reklamationsinformationen			Dimensionswerte	
	Einstufung des Kunden	Fälligkeitsdatum	Aktuelles Datum	Dimension 1 Einstufung des Kunden (D_{i1})	Dimension 2 Datumsinformationen (D_{i2})
Reklamation 1	B	10.10.2019	08.10.2018	2	2
Reklamation 2	A	09.10.2019		3	3
Reklamation 3	A	08.10.2019		3	1
Reklamation 4	C	27.10.2019		1	2
Reklamation 5	B	17.10.2019		2	3
...
Reklamation n	C	24.10.2019	1	3	

Tabelle 19 zeigt, dass je nach Reklamationsinformation und Dimension entsprechende Dimensionswerte abgeleitet werden können. Anhand der sehr unterschiedlichen Dimensionen soll eine **Priorisierung von Reklamationen über insgesamt neun Dimensionen (mehrdimensional)** möglich sein. Angestrebt wird, dass **alle Dimensionswerte für die Priorisierung** berechnet werden. Ob dies **möglich** und vor allem **notwendig** ist, soll die **Validierung** anhand mehrerer Industriebeispiele herausstellen [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

5.1.2.2 Normierung der Dimensionswerte

Da die einzelnen quantitativen Werte der Dimensionen sehr unterschiedlich sein können, ist es unabdingbar, diese zu normieren. Nur so kann eine Vergleichbarkeit der Dimensionen vorausgesetzt werden. Um eine Normierung zu realisieren, wurde die Formel aus Tabelle 20 in Anlehnung an [Alt 2013] angewendet, da diese **nicht explizit für Normal-, Exponential- oder gar Weibullverteilte Messreihen anwendbar ist**. Mit Hilfe dieser Formel ist es möglich, die Dimensionswerte der Reklamation i und der Dimension j auf eine beliebige Reichweite zu normieren. Dadurch wird erreicht, dass sich die Bereiche der Dimensionswerte für jede Dimension nicht voneinander unterscheiden. Im Rahmen der Dissertation wurde eine Reichweite von 1 bis 10 gewählt. Die Reichweite von 1 bis 10 wird als geeigneter Maßstab angesehen. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass diese Formel nur dann eine Normierung ermöglicht, sofern nicht alle Dimensionswerte identisch sind. In diesem spezifischen Fall kann die Formel keine obere sowie keine untere Grenze definieren. Um diesen Fall dennoch berücksichtigen zu können, wird bei identischen Dimensionswerten ein normierter Dimensionswert von 5,5, somit exakt die Mitte der Reichweite, zugewiesen.

Ob dieser jedoch angepasst werden muss, gilt es, im Rahmen der Validierung zu prüfen [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Tabelle 20: Normierung in Anlehnung an [Alt 2013; Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Formel	$NDW_{ij} = 9 \times \left(\frac{DW_{ij} - DW_{\min. ij}}{DW_{\max. ij} - DW_{\min. ij}} \right) + 1$ Für eine Reichweite von 1 bis 10
Werte	DW_{ij} = Dimensionswert der Dimension j der Reklamation i
	$DW_{\min. ij}$ = Minimum der Dimensionswerte der Dimension j der Reklamation i
	$DW_{\max. ij}$ = Maximum der Dimensionswerte der Dimension j der Reklamation i
	NDW_{ij} = Normierter Dimensionswert der Dimension j der Reklamation i

Um die Normierung der Dimensionswerte noch transparenter zu gestalten, wird anhand des nachfolgenden Beispiels aus Tabelle 21 der Prozess der Normierung für die Dimensionswerte der Reklamationen aus Tabelle 19 durchgespielt.

Tabelle 21: Beispiel für die Gewichtung der Dimensionen eins und zwei in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

	Dimensionswerte		Normierte Dimensionswerte	
	Dimension 1 Einstufung des Kunden (DW_{i1})	Dimension 2 Datumsinformationen (DW_{i2})	Dimension 1 Einstufung des Kunden (NDW_{i1})	Dimension 2 Datumsinformationen (NDW_{i2})
Reklamation 1	2	2	5,5	5,5
Reklamation 2	3	3	10	10
Reklamation 3	3	1	10	1
Reklamation 4	1	2	1	5,5
Reklamation 5	2	3	5	10
...
Reklamation n	1	3	1	10
Minimum ($DW_{\min.}$)	1	1		
Maximum ($DW_{\max.}$)	3	3		
Summen			33	42
Gewichtung (G_{ij}) (Mittelwert)			5,5	7

Tabelle 21 veranschaulicht, dass es mit Hilfe der vorgestellten Formel möglich ist, die Normierung unterschiedlicher Dimensionen auf Basis der Dimensionswerte durchzuführen.

5.1.2.3 Dimensionsspezifische Gewichtung für die Dimensionen

Da sich die Relevanz einzelner Dimensionen je nach Organisation unterscheidet, ist es notwendig, auch eine Gewichtung der einzelnen Dimensionen mit in die Priorisierung einzubinden. Nur so kann gewährleistet werden, dass jede Organisation eine organisationsspezifische Priorisierung je nach Wünschen und Interessen der jeweiligen Organisation erhält. Wie eine

solche Gewichtung aussehen kann, soll nachfolgend untersucht werden [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

Unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik aus den **Kapiteln 3.1.2** und **3.2.2** zeigte sich, dass viele Ansätze, darunter die von Softwaresystemen oder bspw. das Eisenhower-Prinzip, entweder gar keine Gewichtung ihrer Dimensionen möglich machen oder eine Gewichtung auf Grundlage einer Sortierung oder Kategorisierung heranziehen. Lediglich der Ansatz von [Schmitt und Linder 2012] sieht Gewichtungsfaktoren für die einzelnen Bewertungsdimensionen vor. Eine transparente Darstellung, wie diese Gewichtungsfaktoren gebildet werden, ob bspw. subjektiv oder objektiv, kann anhand der verfügbaren Literatur nicht herausgestellt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Gewichtung von Dimensionen, welche auch für anerkannte Verfahren, wie den bspw. Analytic Hierarchy Process (AHP) des Mathematikers Thomas L. Saaty Anwendung findet, ist die Methode des paarweisen Vergleichs. Hintergrund der Aufführung und Analyse dieser Methode ist, dass es sich um eine sehr bekannte Methode handelt, welche sich bereits in der Praxis, bspw. bei der Durchführung des House of Quality, etablieren konnte [Pfeifer und Schmitt 2014]. Die Bewertung selbst erfolgt subjektiv, durch den jeweilig Zuständigen innerhalb der Organisation. Dies birgt natürlich die Gefahr, dass Dimensionen falsch gewichtet und damit die Priorisierungen verfälscht werden. Ebenso ist ein Vergleich bei zahlreichen Dimensionen äußerst zeitaufwendig [Drews und Hillebrand 2010]. Demnach gilt es, einer subjektiven Gewichtung entgegenzuwirken und diese zu objektivieren. Im Rahmen der Dissertation sollen subjektive Einflüsse durch die Berechnung der Gewichtung, basierend auf den normierten Dimensionswerten, ausgeschlossen werden. Dadurch ist die Gewichtung nicht unternehmensspezifisch anpassbar. Um dies zu erreichen, werden die einzelnen normierten Dimensionswerte einer Dimension über alle Reklamationen hinweg aufsummiert und daraus der arithmetische Mittelwert gebildet. Diese Vorgehensweise zeigt also initial, dass alle Dimensionen zunächst rein objektiv, die gleiche Bedeutung für ein Unternehmen haben. Für den Fall, dass eigene Beweggründe der Organisation dazu führen, dass Dimensionen anders als die objektive Gewichtung bewertet werden, sollen diese individuell anpassbar bleiben. Ob diese Vorgehensweise sinnvoll ist, soll jedoch die Validierung anhand zweier Unternehmen aufzeigen.

5.1.2.4 Berechnung der Priorität einer Reklamation

Um nun im letzten Schritt eine Priorisierung von Reklamationen möglich zu machen, müssen die normierten Dimensionswerte (NDW_{ij}) und die Gewichtung (G_{ij}) zusammengeführt werden. Anzumerken ist, dass bei der Priorisierung die normierten Dimensionswerte angewendet werden, um mögliche Einflüsse unterschiedlicher Dimensionsbereiche vermeiden zu können. Insgesamt soll die Priorisierung mit Hilfe der nachfolgenden Formel berechnet werden [Heinrichsmeyer et al. 2019d].

$$\text{Priorität einer Reklamation } (P_i) = \sum_{j=1 \text{ und } i=1}^n (NDW_{ij}) \cdot (G_{ij}) \quad (3)$$

Zur Gewährleistung der Transparenz bei der Berechnung der Priorität wird auch für diesen Schritt ein Beispiel, wie in Tabelle 22 dargestellt, aufgezeigt.

Tabelle 22: Beispiel für die Priorisierung von Reklamationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

	Normierte Dimensionswerte		Priorität einer Reklamation
	Dimension 1 Einstufung des Kunden (NDW_{i1})	Dimension 2 Datumsinformationen (NDW_{i2})	(P_i)
Reklamation 1	5,5	5,5	68,75
Reklamation 2	10	10	125
Reklamation 3	10	1	62
Reklamation 4	1	5,5	44,0
Reklamation 5	5	10	100,2
...
Reklamation n	1	10	75,5
Summen	33	42	
Gewichtung (G_{ij}) (Mittelwert)	5,5	7	

Das Beispiel stellt dar, dass in diesem Fall die zweite Reklamation mit der höchsten und Reklamation vier mit der niedrigsten Priorität zu bewerten ist. Dennoch ist an dieser Stelle kritisch zu hinterfragen, wie die Gewichtung Einfluss auf die Priorität nehmen kann. Aufgrund dessen, dass die Gewichtung für jede Reklamation angesetzt wird, wäre der Einfluss der Gewichtung auf jede Priorität der zu betrachtenden Reklamationen identisch und demnach ohne Effekt, sofern keine Grenzwerte für die Priorität definiert sind.

Um dies zu vermeiden und den Einfluss der Gewichtung zu erhalten, müssen Intervalle mit festen Grenzen für die Priorität definiert werden. Durch bspw. eine Festlegung „geringer“ oder „hoher“ Priorität könnte die Gewichtung zur Veränderung des entsprechenden Intervalls führen. Um die Intervalle bilden zu können, wurde dafür berechnet, welche Priorität eine Reklamation im Durchschnittsfall (NDW_{ij} für alle Dimensionen 5,5 und G_{ij} für alle Dimensionen 5,5) hat. Der Durchschnittswert der Priorität beläuft sich hierbei auf 272,25. Weiterführend wurde definiert, dass alle Reklamationen, welche insgesamt 5% unter dem Durchschnittswert (258,638) liegen, mit einer geringen Priorität bewertet werden sollen. Eine hohe Priorität erhalten alle Reklamationen, welche 5% über dem Durchschnittswert (285,863) liegen. Das Intervall dazwischen, somit alle Reklamationen, welche sich nah am Durchschnittswert orientieren, werden als Reklamationen mit einer mittleren Priorität eingestuft. Die Einteilung über 10% Grenzen dient als erster Versuch, welchen es in der Validierung zu überprüfen gilt. Es ist durchaus möglich, dass der Prozentsatz erhöht oder minimiert werden muss.

Zur Gewährleistung der Transparenz werden die Prioritätsintervalle noch einmal in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Prioritätsintervalle für die qualitative Priorität von Reklamationen

Qualitative Priorisierung		
„Geringe Priorität“	„Mittlere Priorität“	„Hohe Priorität“
Quantitative Priorität < 258,638	258,638 > Quantitative Priorität < 285,863	Quantitative Priorität > 285,863

Um die Transparenz der Priorisierung von Reklamation gewährleisten zu können, wird der Prozess exemplarisch in Abbildung 13 dargestellt.

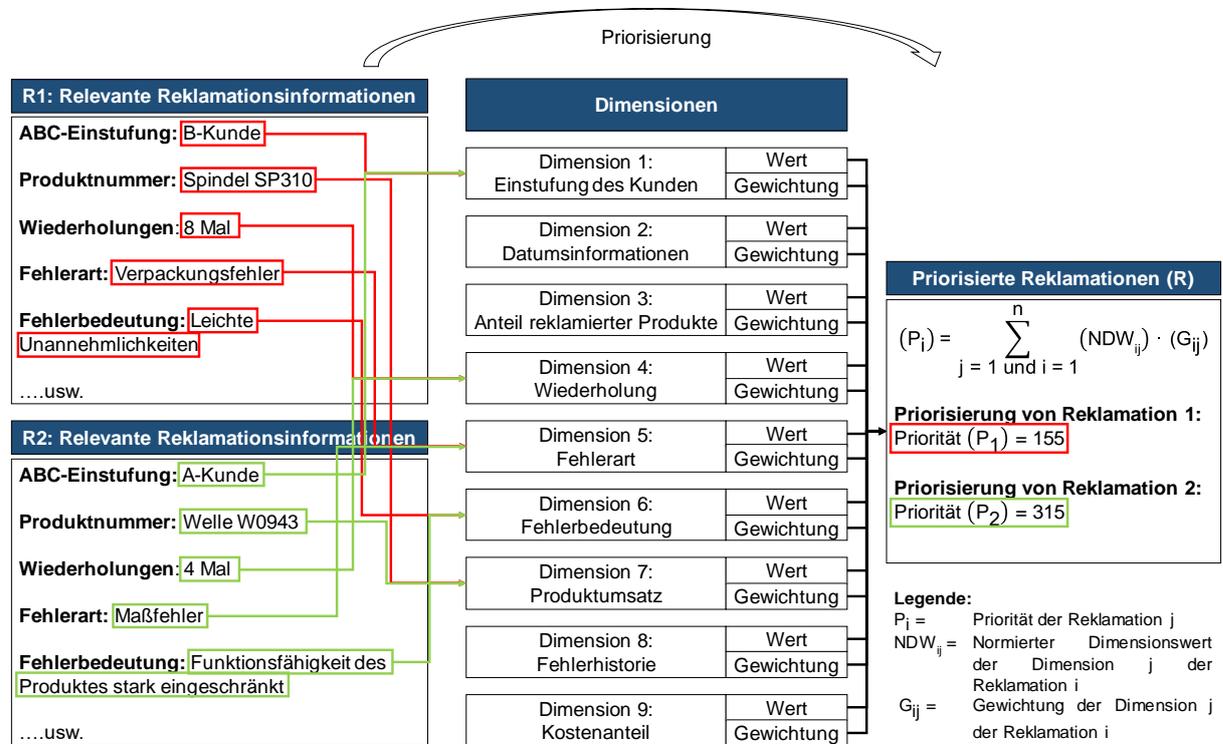
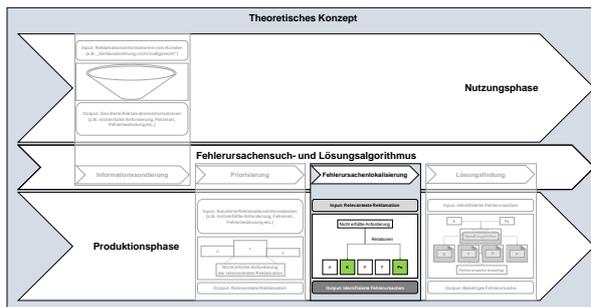


Abbildung 13: Priorisierung von Reklamationen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Aufbauend auf der Prioritätsberechnung für die Reklamationen, kann im nächsten Schritt die Fehlerursachenlokalisierung mit der relevantesten Reklamation beginnen. Wie dieser Vorgang ablaufen soll, wird nachfolgend erläutert.

5.1.3 Theoretische Fehlerursachenlokalisierung



Die Lokalisierung von Fehlerursachen ist ein entscheidender Prozess, dessen Präzision darüber entscheidet, wieviel Aufwand eine Organisation bei der Identifikation von Fehlerursachen innerhalb des eigenen Systems hat. Ziel ist es, vor allem den Mehraufwand für den Bearbeiter der Reklamation so gering wie möglich zu halten.

Durch das zielgerichtete Lokalisieren einer Fehlerursache in einem betroffenen Teilsystem, können Ressourcen, wie bspw. Personal, sinnvoll zur Behebung der Fehlerursache genutzt werden. Werden Fehlerursachen jedoch nicht vorher lokalisiert und direkt eine Lösungsfindung angestrebt, so wird auch der Aufwand um ein Vielfaches höher sein. Dies gilt es für eine Organisation zu vermeiden. Unter der Berücksichtigung des aktuellen Standes der Technik hat sich gezeigt, dass viele Ansätze in der Wissenschaft und Technik, welche in **den Kapiteln 3.1.3** und **3.2.3** ausführlich beschrieben wurden, lediglich eine manuelle und subjektive Lokalisierung von Fehlerursachen möglich machen. Dabei wird vor allem auf die Expertise von Mitarbeitern gesetzt, welche je nach Kompetenz oder Dauer des Beschäftigungsverhältnisses innerhalb einer Organisation variieren kann. Dennoch gilt es vor allem in der heutigen Zeit, schnell zu agieren, sodass eine manuelle Lokalisierung nicht mehr zeitgemäß sein kann. Um eine Alternative zur aktuellen Handhabung der Fehlerursachenlokalisierung zu ermöglichen und ein eigenes Verfahren zu entwickeln, gilt es, sich noch einmal mit den entsprechenden Teilzielen auseinanderzusetzen.

1. **Teilziel drei** fokussiert die Möglichkeit zur Ortung von Fehlerursachen in der Produktion ebenfalls auf Basis zuvor sondierter, relevanter Informationen. Dies hat den Hintergrund, dass der Algorithmus dazu in der Lage sein soll, den Ort der Fehlerursache auf wenige Teilsysteme einzugrenzen und nicht das gesamte Produktionssystem zu durchsuchen, um dadurch unter anderem Zeit einsparen und Mehraufwand zu vermeiden.
2. Zur Beherrschung der herausgestellten Komplexität von Systemen soll **Teilziel vier** dazu dienen, einen Modellansatz in den Algorithmus zu implementieren. Dies ermöglicht es, die Elemente eines Systems und dazugehörige Relationen für den Algorithmus handhabbar zu machen [Chaturvedi 2010; Mason 2008; Winzer 2016].

Anhand der Teilziele ist zum einen ersichtlich, dass der Algorithmus modellbasiert Fehlerursachen auf wenige Teilsysteme innerhalb der Produktion einschränken soll. Um dies realisieren zu können soll, wie bereits in **Kapitel 2.3.2** begründet, auf den eDeCoDe-Ansatz zur Modellierung soziotechnischer Systeme zurückgegriffen werden. Der eDeCoDe-Ansatz bietet gegenüber den anderen aufgezählten Ansätzen die Möglichkeit, Kausalketten der Fehlerentstehung in komplexen Systemen transparent darzustellen. Nachgewiesen wurde diese Möglichkeit im Rahmen des DFG-Projektes KAUSAL [Förderkennzeichen: WI 1234/21-1], welches sich bereits mit der transparenten Darstellung von Kausalketten der Fehlerentstehung in komplexen Systemen auseinandersetzte [Bielefeld et al. 2018]. Demnach scheint es hilfreich, auch auf den Ergebnissen von KAUSAL aufzubauen, um die Rückverfolgbarkeit nicht erfüllter Anforderungen aus der Reklamation in ein komplexes Produktionssystem möglich zu machen. Mit Hilfe standardisierter fünf Sichten, darunter Anforderungen, Komponenten, Funktionen,

Prozesse und Personen, soll das **gesamte Produktionssystem als Modell** dargestellt werden. Dies ist vor allem dann sehr kritisch zu sehen, wenn es um die erstmalige Modellierung des Produktionssystems handelt. Um dies umzusetzen, bedarf es zunächst eines **sehr hohen Initialaufwands**, um alle Systemelemente des Produktionssystems zu erfassen, zu verknüpfen und dadurch das benötigte Modell zu erschaffen. Aufgrund des Mangels einer Automatisierung der Modellierung solcher Produktionssysteme stellt sich natürlich an dieser Stelle die Frage, ob der Algorithmus eine Zeitersparnis liefert, wenn dieser einen so enormen Initialaufwand birgt. Vor allem im Hinblick auf die Aktualisierung eines Modells bestehen ebenso Bedenken. An dieser Stelle wird jedoch davon ausgegangen, dass sich der initiale Zeitaufwand relativiert. Gründe hierfür sind die folgenden:

- 1) Aufgrund der Tatsache, dass der Algorithmus auch durch weniger erfahrene Mitarbeiter (bspw. neue Angestellte oder Zeitarbeiter) bedient werden kann, ist es möglich, den **Einarbeitungsaufwand** zu verringern.
- 2) Ebenso kann der Algorithmus dazu beitragen, die **Suche nach den Fehlerursachen innerhalb des Produktionssystems zu verringern**, welche anhand von Erfahrungswerten mehrere Wochen einnehmen kann.
- 3) Zuletzt ist zu nennen, dass der Algorithmus es möglich macht, **schnell auf bestehendes Wissen zuzugreifen**, welches womöglich durch Eigenrecherche des Mitarbeiters oder in Absprache mit anderen Verantwortlichen, erst einmal generiert werden müsste. Demnach könnte auch der Mehraufwand für andere Abteilungen reduziert werden.

Ob der Initialaufwand der Modellierung jedoch eine Zeitersparnis verhindert, gilt es, innerhalb der Validierungen zu untersuchen.

Damit eine Fehlerursachenlokalisierung, innerhalb des Modells des Produktionssystems, möglich sein kann, bedarf es der bereits sondierten relevanten Reklamationsinformationen. Explizit werden Informationen hinsichtlich der **nichterfüllten Anforderung** als auch der **Produktnummer** angeführt. Doch wie kann der Algorithmus mit Hilfe der sondierten Reklamationsinformationen eine Lokalisierung der Fehlerursache möglich machen? Dies gelingt in insgesamt zwei Schritten [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

Schritt 1:

Im ersten Schritt zieht der Algorithmus die **Produktnummer** des reklamierten Produktes heran. Anhand der Produktnummer und über eine Schnittstelle zum eDeCoDe-Modell des Produktsystems ist es ihm möglich nachzuvollziehen, welche Prozesse zur Produktion des reklamierten Produktes durchgeführt werden. Anhand des Beispiels einer Welle können dies unter anderem der „Einkaufprozess“, der „Drehprozess“ oder gar der „Versandprozess“ sein. Hat der Algorithmus die Produktionsprozesse nachvollzogen, überprüft er die Wechselbeziehungen zu den weiteren Elementen des eDeCoDe-Modells des Produktionssystems. Das bedeutet, dass er untersucht, welche Komponenten (z.B. Maschinen), Anforderungen (z.B. die Erfüllung eines Durchmessers), Funktionen (z.B. eine Drehfunktion) und Personen (z.B. ein Bediener) in direktem Zusammenhang mit den erkannten Prozessen stehen. Ebenso prüft er die Wechselbeziehungen der Prozesse zu den äußeren Umwelteinflüssen sowie dem Input und Output. Dadurch erreicht der Algorithmus eine eindeutige Eingrenzung des **Teilsystems, welches zur Produktion des reklamierten Produktes benötigt wird** und schafft eine erste Verringerung der Komplexität. Wie ein solches Teilsystem, **explizit für den Prozess des „Drehens“**, aussehen kann, wurde bereits in Abbildung 9 dargestellt und wird nachfolgend nicht wieder aufgelistet. Die Abbildung 9 beschreibt den Prozess des „Drehens“ sowie dessen Un-

terprozesse, darunter bspw. das „Rotieren“ oder „Entgraten“. Ebenso werden alle Anforderungen aufgeführt, welche durch die Prozesse zu realisieren sind. Zwar ist der Betrachtungsgegenstand vom Produktionssystem auf ein Teilsystem beschränkt worden, so reicht dies jedoch nicht aus, um eine zielgerichtete Fehlerursachenlokalisierung durchführen zu können. Bereits das einfache Beispiel aus Abbildung 9 verdeutlicht, dass auch Teilsysteme noch sehr komplex sein können [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

Schritt 2:

Um diese noch vorhandene Komplexität beherrschbar machen zu können, bedarf es eines zweiten Schrittes, welcher die Auswertung der Wechselbeziehungen zur **nichterfüllten Anforderung** umfasst. Ziel dieses Schrittes ist es herauszufinden, welche Systemelemente zur Realisierung der nichterfüllten Anforderung hätten beitragen müssen, da dies die Systemelemente sind, welche als mögliche Fehlerursachen in Frage kommen. Unter Berücksichtigung des in Abbildung 9 aufgeführten Teilsystems und unter Annahme der Nichterfüllung eines **Durchmessers** soll dieser Vorgang, wie in Abbildung 14 exemplarisch dargestellt, erläutert werden [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

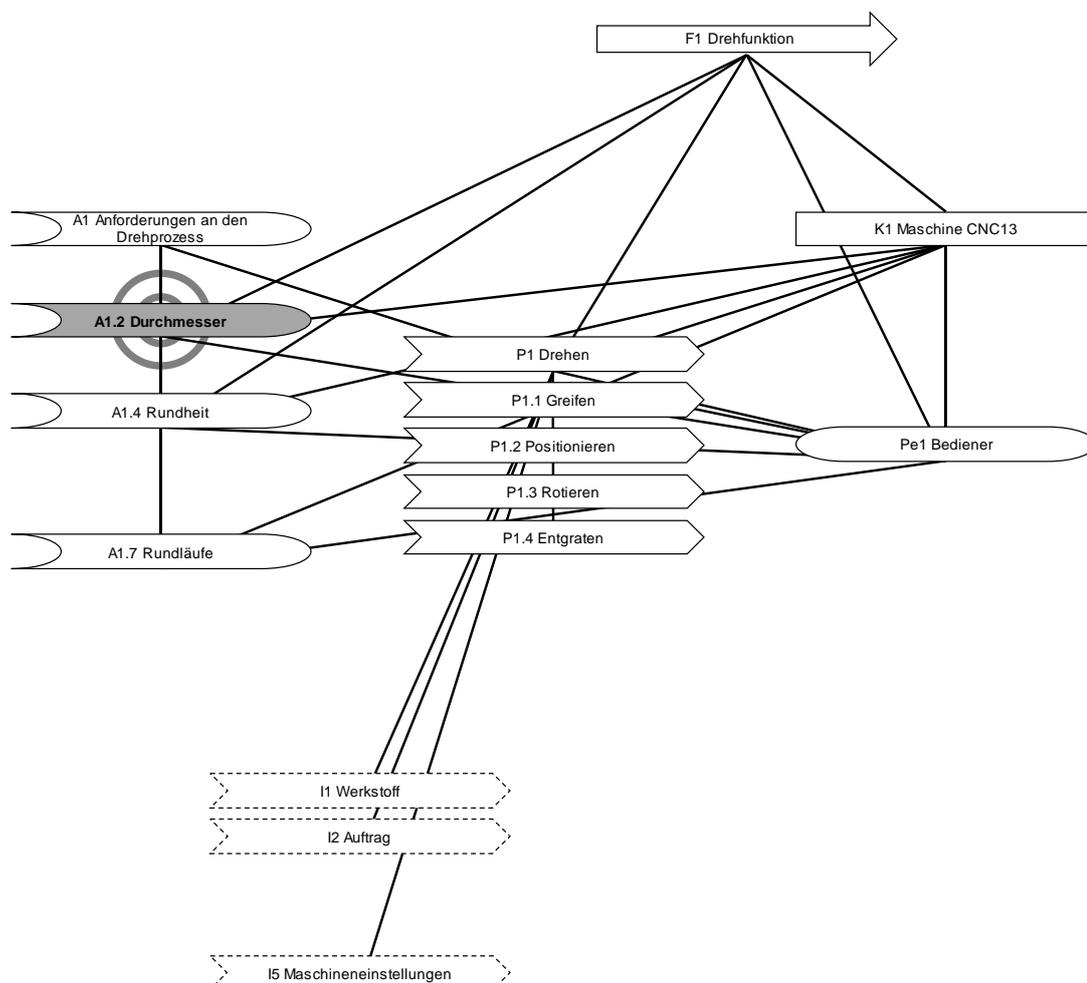


Abbildung 14: Identifizierung möglicher Fehlerursachen über die Wechselbeziehung zur nichterfüllten Anforderung anhand des Teilsystems aus Abbildung 9 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019a] und [Heinrichsmeyer et al. 2019b]

Anhand der Abbildung 14 ist ersichtlich, dass eine Fokussierung auf die nichterfüllte Anforderung, also den nichterfüllten Durchmesser, erfolgt. Dies hat den Hintergrund, dass durch diese

Fokussierung nur die Systemelemente einblendend werden, welche in Bezug auf die Reklamation relevant sein sollten. Das Beispiel veranschaulicht, dass, bspw. bei der Nichterfüllung der Anforderungen für den Durchmesser, unterschiedliche Fehlerursachen identifiziert werden können. Darunter zählen zum Beispiel eine Komponente (Maschine CNC13) oder eine Person (Bediener). Dieses Vorgehen ermöglicht es, mit dem Algorithmus, erneut eine Systemeingrenzung durchzuführen und die Komplexität weiter herabzusetzen. Während ein Produktionssystem zahlreiche Systemelemente beinhaltet, welche in der Theorie alle durch den mit der Reklamation beauftragten Mitarbeiter geprüft werden müssten, schafft der Algorithmus eine Limitierung möglicher Fehlerursachen auf wenige Systemelemente. Um die Transparenz des gesamten Vorgangs der Fehlerursachenlokalisierung zu gewährleisten, wird dieser zusammenfassend exemplarisch in Abbildung 15 veranschaulicht [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

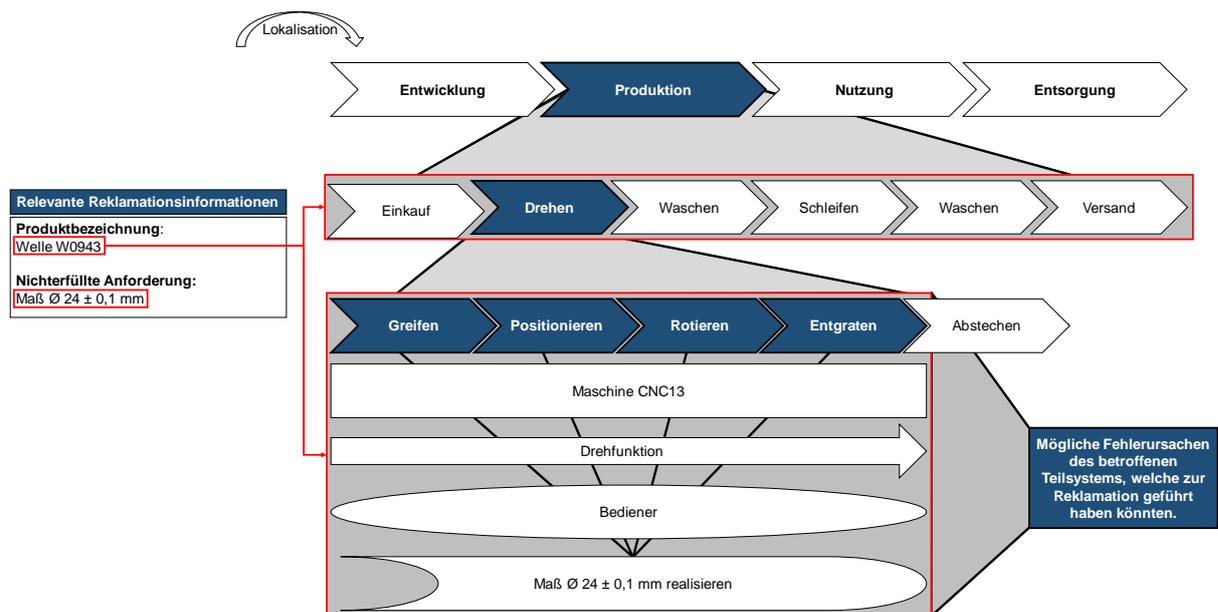
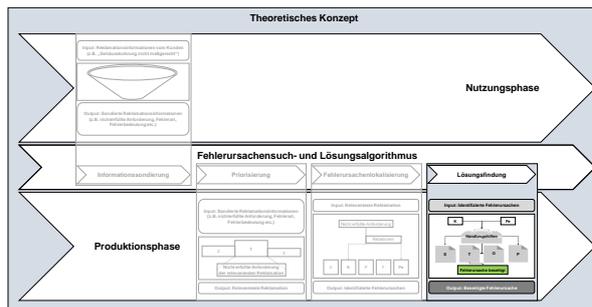


Abbildung 15: Lokalisierung von Fehlerursachen in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019a] und [Heinrichsmeyer et al. 2019b]

Nun reicht es jedoch nicht, identifizierte Fehlerursachen lediglich zu erkennen. Diese müssen natürlich schnellstmöglich beseitigt werden, um nicht weitere Kosten oder Mehraufwand durch neue Fehler hervorzurufen. Doch wie kann die Beseitigung von Fehlerursachen und die Berücksichtigung von vor allem in Wechselwirkung stehenden Fehlerursachen realisiert werden? Wie dies aussehen kann, stellt das nachfolgende Unterkapitel vor.

5.1.4 Theoretische Lösungsfindung für Fehlerursachen



Unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik in **Kapitel 3.1.4** und **3.2.4** konnte aufgezeigt werden, dass bestehende Ansätze sich nicht selten auf das Wissen des Bearbeiters oder eines Teams stützen. Dennoch muss auch von dem Fall ausgegangen werden, dass das Wissen zur Reklamationsbearbeitung nicht immer vorliegt.

Vor allem bei Angestellten, welche erst einen kurzen Zeitraum innerhalb der Organisation tätig sind und deren Abläufe noch nicht vollständig verinnerlicht haben, stellt sich diese Problematik. Um dem entgegenzuwirken, gilt es, das nachfolgende Teilziel fünf zu erreichen:

Mit dem **fünften Teilziel** soll die Lösungsfindung in den Algorithmus integriert werden. Demnach gilt es zu überprüfen, welche Möglichkeiten der Lösungsfindung es gibt und wie diese dazu beitragen, eine zielgerichtete Lösungsfindung zu realisieren.

Anhand des aufgezeigten Teilziels stellt sich heraus, dass der Algorithmus eine zielgerichtete Lösungsfindung realisieren muss. Angedacht ist daher, dem Algorithmus die Möglichkeit zu schaffen, je nach aufgefundener Fehlerursache Handlungshilfen zu deren Beseitigung bereitzustellen. Um dies zu realisieren, soll ein Katalog entwickelt werden, welcher auf Grundlage des STOP-Prinzips, substituierende, technische, organisatorische und personenbezogene Handlungshilfen bereitstellt [Egger und Razum 2014; Sauer 2017]. Die Auswahl des STOP-Prinzips ist damit begründet, dass dieses sich bereits in der Praxis, vor allem im Bereich der Arbeitssicherheit, etablieren konnte. Mit Hilfe des Prinzips können unter anderem die Pflichten des Arbeitgebers gemäß § 4 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) hinsichtlich der Durchführung geeigneter Maßnahmen realisiert werden [ArbSchG 2015]. Im Fall der Dissertation wird die Durchführung geeigneter Maßnahmen jedoch nicht nur in Bezug auf die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigung betrachtet, sondern auch zur Gewährleistung der Erfüllung von vertraglichen Anforderungen herangezogen. Mit Hilfe dieses Vorgehens soll der Algorithmus in der Lage sein, je nach Situation ein zielgerichtetes Konzept zur Fehlerursachenbeseitigung auszugeben. Dennoch ist dies nicht, wie gefordert, zielgerichtet. Geeigneter wäre es, wenn der Algorithmus nur für die Fehlerursachen Handlungshilfen bereitstellt, welche auch mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Auftreten des Fehlers geführt haben. Um dies zu erreichen, wurden sogenannte Fehlerursacheninformationen ausgearbeitet, welche eine Einschätzung der Wahrscheinlichkeit für jede Fehlerursache möglich machen sollten. Betrachtet man bspw. eine Komponente als mögliche Fehlerursache, so lässt sich deren Wahrscheinlichkeit als Fehlerursache über Fehlerursacheninformationen, wie bspw. die Ausfallzeit oder die Verfügbarkeit, beschreiben. Ist erkennbar, dass eine Komponente häufig Ausfälle verzeichnet oder deren Verfügbarkeit sehr gering ist, so wird es wesentlich wahrscheinlicher, dass diese Komponente als Ursache zu kennzeichnen ist, welche letztlich zum Fehler geführt hat. Unter Annahme einer Person als Fehlerursache können entsprechende Fehlerursacheninformationen über die fachliche, methodische oder personelle Kompetenz abgebildet werden. Je nach Ausprägung der Kompetenz zeigt sich, ob eine Person für die Ausführung eines Prozesses geeignet oder wahrscheinlich als Fehlerursache zu identifizieren ist. Mit Hilfe dieser Fehlerursacheninformationen wird erreicht, dass der Algorithmus eine interne Rangfolge für mögliche Fehlerursachen erstellt und entsprechend der Rangfolge Handlungshilfen, darunter bspw. Wartungs- oder Fortbil-

dungsvorschläge, ableitet. Wie diese Wartungs- und Fortbildungsvorschläge letztlich im jeweiligen Unternehmen umgesetzt werden können und sollen, obliegt jedoch nicht dem Algorithmus, sondern weiterhin dem Anwender. Eine Zusammenstellung der Handlungshilfen, welche im Rahmen des Dissertationsvorhabens ausgearbeitet wurden, befindet sich in Anhang 13 bis Anhang 16. Um den Vorgang der Lösungsfindung transparenter darstellen zu können, zeigt Abbildung 16 den Vorgang exemplarisch an einer komponentenbedingten Fehlerursache.

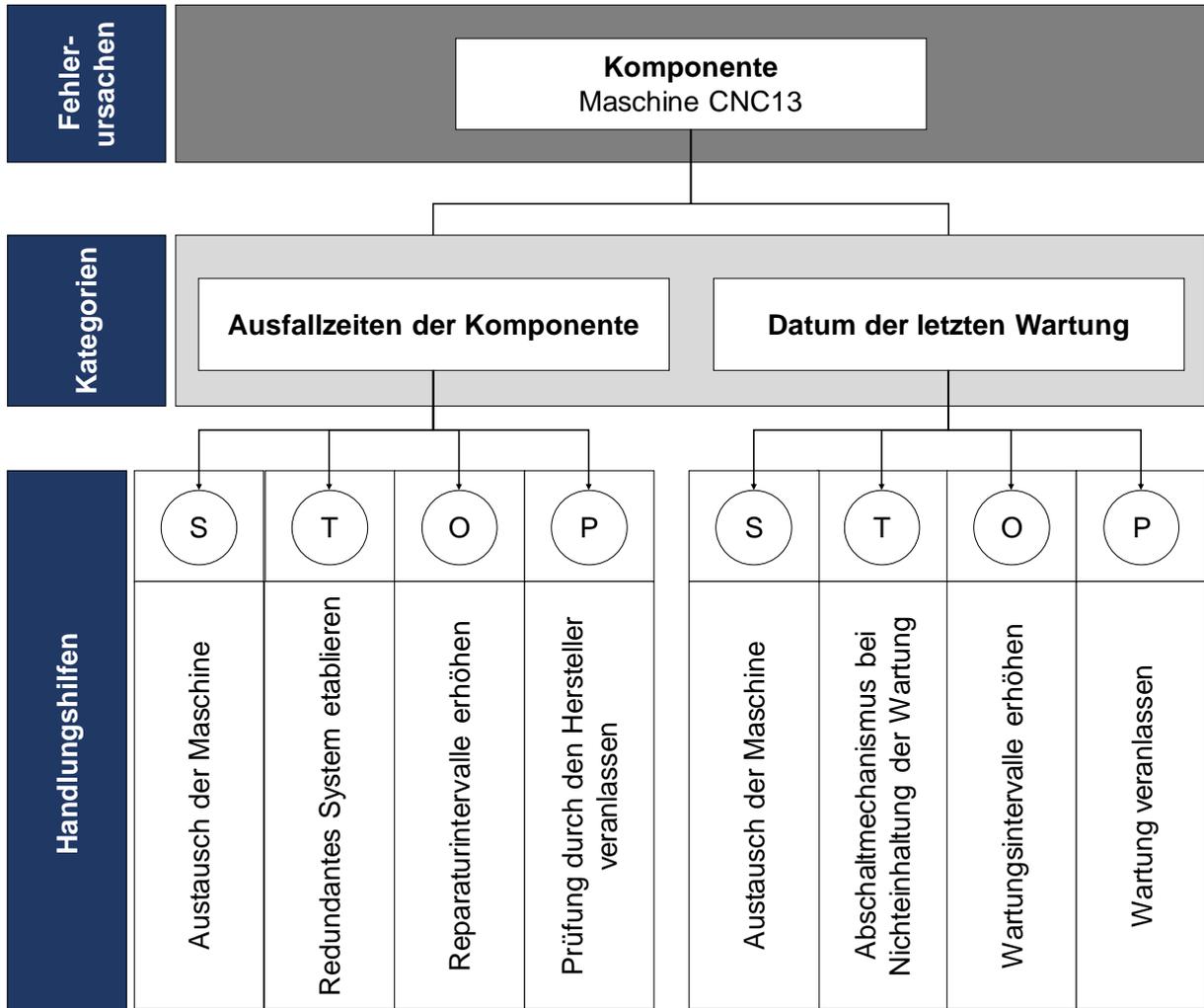


Abbildung 16: Lösungsfindung für mögliche Fehlerursachen

Um nun die Realisierbarkeit des vorgestellten theoretischen Konzepts untersuchen zu können, wird dieses nachfolgend mit Visual Basic for Applications (VBA) in Excel praktisch umgesetzt. Dies soll vor allem dazu dienen, eine praxisorientierte Erprobung und Validierung des FusLa möglich zu machen. Natürlich ist an dieser Stelle anzumerken, dass andere Programmiersprachen aus Sicht der Softwareentwicklung sicherlich geeigneter wären, um das theoretische Konzept des Algorithmus umzusetzen. Der Hintergrund für die Auswahl von VBA-Excel liegt jedoch darin begründet, dass zum einen in vielen Unternehmen noch zahlreiche Informationen in Form von Excel-Listen vorliegen und dadurch eine Überführung der Informationen vereinfacht wird. Zum anderen aber dient die Programmierung mittels VBA lediglich zur Überprüfung der Umsetzbarkeit. Eine aufwendige Programmierung eines vollständigen Softwaretools wäre zu umfangreich.

5.2 Programmierung des theoretischen Konzepts des Algorithmus zur zielgerichteten Fehlerursachensuche und Lösungsfindung

Innerhalb dieses Kapitels soll das zuvor vorgestellte, theoretische Kapitel praktisch umgesetzt werden. An dieser Stelle ist vor allem anzumerken, dass die Programmierung des Algorithmus in erster Linie dazu dient, die Validierung und Erprobung des theoretischen Konzepts anhand der Anwendungsbeispiele nachvollziehbarer zu gestalten. Von der Entwicklung einer marktfähigen Softwarelösung wird abgesehen, da die Dissertation dem Nachweis der **selbständig wissenschaftlichen** Arbeit dient. Es wird bei dieser Umsetzung bewusst darauf verzichtet, den Code des Algorithmus darzustellen, da dies nur zur Minderung der Transparenz führen würde. Dennoch wird an einer oder anderen Stelle darauf eingegangen, wie der Algorithmus auf Grundlage seines Codes agiert und mit den Reklamationsinformationen umgeht. Zur Gewährleistung der Transparenz wird in Anhang 36 bis Anhang 39 ein grober Programmablaufplan (PAP) dargestellt. Damit dem Anwender des Algorithmus ein erster Eindruck von der Bedienung ermittelt werden kann, wurde eine „Startseite“, wie in Anhang 17 abgebildet, erstellt, auf welcher der Anwender wesentliche Informationen über Ansprechpartner oder den eigentlichen Vorgang der Reklamationsverarbeitung erhält, bevor er über den „Start“-Button den Prozess der Informationssondierung initiiert [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

5.2.1 Programmierung der Informationssondierung von Reklamationsinformationen

Beginnend mit der Programmierung einer automatisierten Informationssondierung von relevanten Reklamationsinformationen wurde zunächst eine Oberfläche erstellt, in welcher der Benutzer den erhaltenen Reklamationstext einfügen kann. Der Reklamationstext sollte dem Anwender in digitaler Form vorliegen, um einen Mehraufwand durch das Übertragen in die Maske zu verhindern. Wie die im Rahmen der Dissertation ausgearbeitete Oberfläche aussieht, veranschaulicht Anhang 18. Durch die Betätigung des „Informationssondierung“-Buttons beginnt der Algorithmus mit der Analyse des Reklamationstextes. Er untersucht demnach den vollständigen Text hinsichtlich der in **Kapitel 5.1.1** festgelegten relevanten Reklamationsinformationen und sondiert diese. Die sondierten Reklamationsinformationen werden darauffolgend durch den Algorithmus in die dafür vorgesehenen Felder der Oberflächen Informationssondierung_1 aus Anhang 19, Informationssondierung_2 aus Anhang 20 und Informationssondierung_3 aus Anhang 21 hinterlegt. Erreicht wird diese Art von Sondierung durch das Ausführen unterschiedlicher Schleifen, in denen der Algorithmus die Inhalte des Reklamationstextes mit den Informationen aus Systemen der Organisation abgleicht. Der zeitliche Vorteil dieser Anwendung entsteht durch das schnelle Zugreifen auf bestehendes Wissen. Während ein Mitarbeiter, welcher bspw. nicht im direkten Kontakt mit dem Kunden steht, zunächst Eigenrecherche betreiben oder einen weiteren Mitarbeiter hinsichtlich der benötigten Informationen ansprechen müsste, kann mit Hilfe des Algorithmus dieser Aufwand verringert werden. Durch das sinnvolle Heranziehen bestehender Informationssysteme, darunter bspw. das Kunden- oder Auftragssystem, werden stets die aktuellsten Informationen bei der Informationssondierung geliefert. So sollten keine falschen Informationen, bspw. aufgrund falscher Erfahrungswerte, in die Reklamationsbearbeitung einfließen. Sollten Informationen dennoch falsch ausgegeben werden, bspw., weil das Informationssystem nicht korrekt gepflegt wurde oder diese gar fehlen, so hat der Anwender die Möglichkeit, diese Informationen manuell nachzutragen. Dadurch wird eine doppelte Pflege unterschiedlicher Systeme vermieden. Welche Schleifen der Algorithmus dabei genau durchläuft und wie diese im Rahmen der Informationssondierung ineinandergreifen, wird nachfolgend ausführlich erläutert [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

1. Schleife – Erkennung der Auftragsnummer

In der ersten Schleife sucht der Algorithmus nach ihm bekannten Auftragsnummern. Dazu greift er auf das Auftragssystem der Organisation zurück. Wie ein solches aussehen kann, zeigt Anhang 22 exemplarisch. Bezugnehmend auf das Beispiel aus Anhang 18 ist ersichtlich, dass im Reklamationstext die Auftragsnummer („A183“) durch den Kunden genannt wurde. Diese Information nutzt der Algorithmus, um in Relation stehende Informationen, unter anderem zur Produktbezeichnung („Welle“), Produktnummer („W043“) oder Charge („CH4145“), zu sammeln und diese in die Oberfläche der Informationssondierung_2, wie sie in Anhang 20 dargestellt wird, einzupflegen. Neben dem Zugriff auf das Auftragssystem, sucht der Algorithmus parallel dazu im Kundensystem der Organisation (Anhang 23) und im Produktportfoliosystem (Anhang 24). Der Algorithmus bündelt in diesem Vorgang die Informationen aus dem Auftragssystem mit den Informationen des Kunden- und Produktportfoliosystems, indem er die Kundennummer aus dem Auftragssystem bzw. die auftragsbasierte Produktnummer als Suchparameter für das Kundensystem verwendet. Das bedeutet, dass der Algorithmus anhand der Auftragsnummer erkennt, welche Kundennummer / Produktnummer dem Auftrag zuzuordnen ist und füllt dann die entsprechenden Oberflächen Informationssondierung_1 und Informationssondierung_2 mit allen relevanten Informationen. Durch diese Schleife wird also erreicht, dass alle Ansprechpartner-, Organisations- und Auftragsinformationen innerhalb weniger Sekunden aus dem Reklamationstext sondiert werden können. Da jeder Reklamationstext sehr unterschiedlich ist und natürlich nicht immer eine Auftragsnummer enthält, muss der Algorithmus in der Lage sein, auch ohne eine Auftragsnummer zu agieren. Dies gelingt ihm, indem er die nachfolgende Schleife 2 ausführt. Um die Abläufe des Algorithmus innerhalb der ersten Schleife transparenter darstellen zu können, wurde ein Ablaufdiagramm erstellt, welches im Anhang 40 hinterlegt ist [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

2. Schleife – Erkennung der Kundeninformationen

Bei der zweiten Schleife (Anhang 41) untersucht der Algorithmus den Reklamationstext hinsichtlich eines Kundennamens („Muster GmbH“), einer Kundennummer („MU1“) und der Kundenstraße („Musterstraße 1“). Dies gelingt ihm, indem er die Informationen aus dem Kundensystem mit den Informationen aus dem Reklamationstext abgleicht. Findet der Algorithmus bspw. einen Kundennamen, so fügt er diesen und alle in Relation stehenden Informationen automatisch in die dafür vorgesehenen Oberflächen ein. Eine Besonderheit an dieser Stelle ist jedoch, dass der Algorithmus nicht nur nach einem Kundennamen, einer Kundennummer oder einer Kundenstraße sucht und diese einfügt. Er überprüft zugleich, ob die Information bereits sondiert und in die Oberfläche überführt wurde. Dies ist zwingend erforderlich, wenn in einem Reklamationstext mehrmalig der Kundename, die Kundennummer oder die Kundenstraße genannt sind. Würde der Algorithmus diese Überprüfung nicht durchführen, so würde er bei jedem Erscheinen der entsprechenden Information einen neuen Eintrag in der Oberfläche vornehmen. Dies würde zugleich zu Fehlern bei der späteren Auswertung und damit zur Verfälschung des Ergebnisses der Fehlerursachensuche und Lösungsfindung führen. Eine weitere Besonderheit bei diesem Schritt ist das Hinzufügen fehlender Informationen aus der ersten Schleife. Ist bspw. innerhalb des Reklamationstextes eine Auftragsnummer („A183“) erfolgreich erkannt worden, kann jedoch innerhalb des Reklamationstextes auch eine Kundennummer, ein Kundename oder eine Kundenstraße vorhanden sein, welcher nicht im direkten Zusammenhang mit der Auftragsnummer steht. Dies ist nicht unüblich, wenn Reklamationen

innerhalb eines Unternehmensnetzwerkes²⁶ gestellt werden. Damit diese Informationen nicht verloren gehen und der Anwender die Möglichkeit hat, den korrekten Kunden auszuwählen, pflegt der Algorithmus nach erfolgter Duplikate-Prüfung auch diese Informationen in die Oberfläche ein. Findet der Algorithmus keine Auftragsnummer und keinen Kundennamen, keine Kundennummer oder Kundenstraße, so durchläuft er die dritte Schleife [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

3. Schleife – Erkennung der Charge

Bei dieser untersucht der Algorithmus den Reklamationstext hinsichtlich einer Charge. Analog zu den beiden ersten Schleifen greift der Algorithmus dafür erneut auf ein Informationssystem der Organisation zurück. Ebenfalls erfolgt eine Prüfung hinsichtlich bestehender Duplikate innerhalb des Reklamationstextes. Sollte der Algorithmus jedoch auch keine Charge auffinden können, so ist der Anwender des Algorithmus dazu aufgefordert, die Reklamation manuell in die Oberfläche einzutragen, um mit der darauf folgenden Auswertung zu beginnen. Da die Schleife 3 analog zu Schleife 1 abläuft und sich lediglich der Betrachtungsgegenstand der Auftragsnummer in den Betrachtungsgegenstand der Charge ändert, wird bewusst auf eine erneute Darstellung eines Ablaufdiagramms verzichtet. Während die ersten drei Schleifen die „Allgemeinen Informationen zum Kunden“ und die „Auftragsinformationen“, wie sie in **Kapitel 5.1.1** beschrieben wurden, aus dem Reklamationstext sondieren, bedarf es einer weiteren Schleife, welche die „Fehler- und Fehlerumfangsinformationen“ eindeutig identifiziert und erhebt. Aus diesem Grund wurde die vierte Schleife zur Erkennung der nichterfüllten Anforderung erarbeitet [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

4. Schleife – Erkennung der nichterfüllten Anforderung

Die vierte Schleife zur Erkennung der nichterfüllten Anforderung hat für die anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung einen enormen Stellenwert. Auf Grundlage der nichterfüllten Anforderung soll, wie im theoretischen Konzept dargelegt, eine Eingrenzung des Teilsystems erfolgen. Liegt diese nichterfüllte Anforderung jedoch nicht vor, dann ist eine Eingrenzung innerhalb des Produktionssystems nicht möglich. Eine weitere Schwierigkeit stellt sich im Abgleich von nichterfüllten Anforderungen im Reklamationstext und denen innerhalb der produktspezifischen Pflichtenhefte des Unternehmens. Vor allem bei unterschiedlichen Produkten, die jedoch nahezu gleiche Anforderungen zu erfüllen haben, kann es zu einer falschen Zuordnung zum Produktionssystem und damit zur falschen Eingrenzung kommen. Um diesen Problematiken entgegenzuwirken, wurde die vierte Schleife ausgearbeitet. Ähnlich den zuvor vorgestellten Schleifen überprüft der Algorithmus zunächst, ob eine Anforderung innerhalb des Reklamationstext wiederzufinden ist. Da jede Reklamation jedoch einen expliziten Produktbezug hat, muss der Algorithmus, bevor er die Anforderungen innerhalb des Reklamationstextes sucht, erkennen, um welches Produkt es sich explizit handelt. Anhand der vorangegangenen Schleifen kann der Algorithmus dies realisieren. Mit dem Wissen hinsichtlich des betroffenen Produktes greift er auf das entsprechende Pflichtenheft zu und gleicht nur diese Anforderungen mit dem Reklamationstext ab. Erkennt der Algorithmus eine Anforderung sowohl im Reklamationstext als auch im Pflichtenheft, überführt er diese Information in das entsprechende Feld der Oberfläche Informationssondierung_3. Durchaus kann der Fall eintreten, dass die nichterfüllte Anforderung nicht namentlich im Reklamationstext genannt ist. In diesem

²⁶ **Unternehmensnetzwerk:** „Unternehmensnetzwerke sind soziotechnische Systeme, welche aus drei oder mehr Unternehmen bestehen, gerichtete Beziehungen ausüben, ein gemeinsames (definiertes) Ziel verfolgen und eine Integration von (komplementären) Ressourcen bzw. Kernkompetenzen vollziehen, um Leistungen zu erbringen“ [Nicklas 2016, S. 2].

Fall kann der Algorithmus nicht zuordnen, um welche Anforderung es sich explizit handelt. Damit der Algorithmus jedoch die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung initiieren kann, erhält der Benutzer die Möglichkeit, die entsprechende, nichterfüllte Anforderung auszuwählen. Dies gelingt, indem der Algorithmus alle Anforderungen des Pflichtenheftes dem Anwender als Auswahlmöglichkeit zur Verfügung stellt. Anhand dieser Auswahlmöglichkeiten ist es dem Anwender möglich, die nichterfüllte Anforderung eindeutig zu definieren und mit der Ableitung der Fehlerart und -bedeutung fortzufahren. Da die Ableitung von Anforderungen, aus den zur Verfügung stehenden Pflichtenheften in der Industrie, jedoch durchaus problematisch sein kann, bestünde die Möglichkeit, auch einen Abgleich mit weiteren Dokumenten, darunter bspw. technischen Zeichnungen, zu fokussieren. Ebenso bestünde die Möglichkeit, eine weitere Korrekturschleife in den Algorithmus einzufügen, welcher nicht nur 1:1 genannte Anforderungen erkennt, sondern Teile der Anforderung innerhalb des Reklamationstextes wiederfindet. Dazu müsste der Algorithmus in jeder weiteren Korrekturschleife, welche bspw. durch das Nichtauffinden einer Anforderung innerhalb des Reklamationstextes initiiert werden würde, die gesuchte Anforderung modifizieren, bspw. von „AF: Ebenheit 0,035“ zu „Ebenheit“. In diesem Fall würde der Algorithmus zwar alle Anforderungen der Ebenheit identifizieren, jedoch würde dieses Verfahren die Auswahl der Anforderungen ebenfalls eingrenzen und den Anwender dadurch unterstützen [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

5. Schleife – Erkennung der Fehlerart und Fehlerbedeutung

Die fünfte Schleife dient der Erkennung der Fehlerart und -bedeutung. Dies gestaltet sich besonders schwierig, da je nach nichterfüllter Anforderung die Fehlerart und -bedeutung des Fehlers sehr mannigfaltig sein können. Um dies dennoch ableiten zu können, ist es notwendig, sich nochmalig mit der Fehlerdefinition aus **Kapitel 2.1.2** auseinanderzusetzen. Gemäß der ausgearbeiteten Definition sind Fehler nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System. Folglich haben Fehlerart und -bedeutung stets einen Bezug zur nichterfüllten Anforderung. Zur Darstellung dieses Bezuges ist es erforderlich, die in **Kapitel 5.1.2** definierten Merkmale für Fehlerarten und -bedeutungen den Anforderungen aus dem Pflichtenheft zuzuordnen. Damit der Algorithmus diesen Bezug bei der Informationssondierung berücksichtigen kann, wurde jeweils eine entsprechende Matrix ausgearbeitet, welche die Relationen zwischen der nichterfüllten Anforderung und den Fehlerarten und -bedeutungen festlegt. Durchaus ist an dieser Stelle festzuhalten, dass solch eine Matrix zunächst einen Mehraufwand für das Unternehmen darstellt, da diese Form der Darstellung der Relationen meist nicht vorliegt oder über eine subjektive Einschätzung erfolgt. Dies gilt es jedoch zu vermeiden, um die Priorität von Reklamationen so objektiv und aussagekräftig wie möglich berechnen zu können. Wie die angesprochenen Matrizen aussehen, zeigt Anhang 25 exemplarisch an unterschiedlichen Beispielanforderungen und den aus **Kapitel 5.1.2** abgeleiteten Fehlerbedeutungen. Anhand solch einer Matrix ist es dem Algorithmus möglich, der nichterfüllten Anforderung eine Fehlerbedeutung zuzuweisen. So kann bspw. bei der Nichterfüllung der Anforderung „Produkte müssen in KLTs verpackt sein“ von einer zunächst „geringen Fehlerbedeutung“ ausgegangen werden, da die Teile zwar umgepackt werden müssen, diese jedoch nicht in ihrer Funktionsfähigkeit eingeschränkt sind. Durch diese Zuordnung erhält der Anwender des Algorithmus stets ein einheitliches Ergebnis. Liegt in der Praxis eine solche Matrix nicht vor, erkennt der Algorithmus, dass derzeit noch keine Relationen zwischen Anforderungen und bspw. der Fehlerbedeutung angelegt worden sind und bietet dem Anwender die unterschiedlichen Merkmale der Fehlerbedeutung als Auswahlmöglichkeiten. Wählt der Anwender nun eine Fehlerbedeutung aus und fährt mit der Priorisierung fort, wird dieser Eintrag sofort gespeichert und für nachfol-

gende Informationssondierungen zur Verfügung gestellt. So wird erreicht, dass mit fortlaufender Bearbeitung von Reklamationen nach und nach die Einträge mit einer solchen Matrix erfasst werden können. Nach erfolgter Erfassung der Fehlerart und Fehlerbedeutung wird die nächste Schleife des Algorithmus gestartet [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

Schleife 6: Erkennung der Kostenangaben

Mit der sechsten Schleife werden alle Angaben zu Kosten, bspw. Material- oder Rückversandkosten, durch den Algorithmus erkannt und in die Oberfläche Informationssondierung_3 eingepflegt. Dies gelingt, indem der Algorithmus europäische Währungsangaben, wie bspw. „€“ oder „EURO“, erkennt. Natürlich ist eine Anpassung auf globale Währungsangaben durchaus möglich, war jedoch im Rahmen der Dissertation nicht von Bedeutung. Anhand dieser Angabe erfolgt eine Differenzierung gegenüber anderen Zahlenwerten innerhalb des Reklamationstextes. Eine Schwierigkeit, die sich bei der Programmierung stellte, belief sich auf die eindeutige Zuordnung der entsprechenden Kostenangaben. So kann der Algorithmus zwar feststellen, ob es sich um eine Kostenangabe handelt, jedoch ist er derzeit noch nicht in der Lage zu entscheiden, um welche Kosten es sich explizit handelt. Aus diesem Grund wurde der Algorithmus so angelegt, dass er alle sondierten Kostenangaben dem Anwender als Auswahlmöglichkeit zur Verfügung stellt. So kann gewährleistet werden, dass die entsprechenden Kostenangaben auch der richtigen Kostenart (Material, Rückversand, Nachbearbeitung, Sonstige) zugeordnet werden [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

Schleife 7: Erkennung der reklamierten Menge

Die vorletzte Schleife, die für den Algorithmus programmiert wurde, dient der Erfassung der reklamierten Menge. Dieser Teil der Informationssondierung gestaltete sich besonders schwer, da es sich bei der Angabe der reklamierten Menge lediglich um einen fallspezifischen Zahlenwert handelt, welcher von Reklamation zu Reklamation variiert. Ein Abgleich mit den Informationen aus den zur Verfügung stehenden Informationssystemen war somit nicht möglich. Um dennoch eine Identifikation der reklamierten Menge möglich zu machen, wurden, ähnlich der sechsten Schleife, unterschiedliche Strings definiert, welche eine Unterscheidung des Zahlenwertes möglich machen. So wurde bspw. der String „Y Produkte“ oder „Anzahl von X“ zur Identifikation festgelegt. Die Variablen „Y“ und „X“ stehen in diesem Fall für den Zahlenwert der reklamierten Menge. Welche Strings implementiert wurden, zeigt Anhang 43 im Überblick. Diesen Strings wurden auf Grundlage einer Sichtung von Reklamationen der zur Validierung Verfügung stehenden Organisationen definiert. Um mit der sechsten und siebten Schleife Ergebnisse zu erzielen, wurde der zur Verfügung stehende Reklamationstext für die Auswertung vorbereitet. Demnach nimmt der Algorithmus eine Überprüfung und Unterscheidung zwischen Strings und numerischen Angaben vor und bereinigt den Text von überschüssigen Zeichenketten, wie bspw. doppelte Leerzeichen [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

Schleife 8: Erkennung des Fälligkeitsdatums

Mit der letzten Schleife des Algorithmus erfolgt eine Überprüfung des Fälligkeitsdatums zur Bearbeitung der Reklamation. Dazu führt der Algorithmus im ersten Schritt eine Untersuchung hinsichtlich vertraglicher Regelungen zwischen dem Kunden und der Organisation durch. Er prüft, ob es eine schriftliche Vereinbarung über die Reklamationsbearbeitungsdauer gibt und zieht diese zur Berechnung des Fälligkeitsdatums heran. Ist keine Vereinbarung zwischen dem Kunden und der Organisation getroffen, untersucht der Algorithmus den Reklamationstext hinsichtlich einer Datumsangabe im Reklamationstext, welche in der Zukunft liegt. Hat auch dies keinen Erfolg, prüft der Algorithmus, ob die in Anhang 44 hinterlegten Strings im

Reklamationstext vorliegen und berechnet dann, je nach Fall, das Fälligkeitsdatum. Im Fall, dass alle drei Schritte fehlschlagen, hat der Bediener die Möglichkeit das Fälligkeitsdatum manuell zu fixieren. Auf Grundlage aller acht Schleifen ist es dem Algorithmus möglich, alle notwendigen und vor allem ausschließlich relevanten Reklamationsinformationen aus dem Reklamationstext zu sondieren. Im Hinblick auf die **Kopplung der einzelnen Schleifen** ist eine sequentielle Abfolge vorgesehen. Das bedeutet, dass jede Schleife genau einmalig den Reklamationstext durchläuft und nach Abschluss der Sondierung, die jeweils nächste Schleife initiiert. Ob diese sequentielle Abfolge sinnvoll ist und ob es weiterer Durchläufe in Form einer iterativen Abfolge bedarf, kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht bewertet werden. Dies soll jedoch im Rahmen der Validierung untersucht werden. Um nun zu berechnen, wie hoch die Priorität einer Reklamation ist, wurden diese Informationen herangezogen und folgende Priorisierung im Algorithmus etabliert [Heinrichsmeyer et al. 2019c].

5.2.2 Programmierung der Priorisierung von Reklamationen

Analog zur Programmierung der Informationssondierung wurde auch für die automatisierte Priorisierung von Reklamationen zunächst die Oberfläche „Priorisierung der Reklamation“, welche in Anhang 26 aufgezeigt ist, erstellt. Die Berechnung der einzelnen Werte und Gewichtungen der Dimensionen wurde bereits in **Kapitel 5.1.2** ausführlich dargestellt und wird an dieser Stelle nicht nochmalig angesprochen. Diese Oberfläche beinhaltet alle in **Kapitel 5.1.2** ausgearbeiteten Dimensionen und zeigt deren normierte Dimensionswerte sowie Gewichtungen auf. Wie die Berechnung der einzelnen Dimensionswerte und Gewichtungen erfolgt, wurde bereits in **Kapitel 5.1.2** ausführlich erklärt und wird an dieser Stelle nicht nochmalig erläutert. Für die Darstellung der Dimensionen wurde darauf geachtet, dass diese lediglich bis zur zweiten Nachkommastelle angezeigt werden. Dennoch wird für die Berechnung der Priorität einer Reklamation der vollständige Dimensionswert und die vollständige Gewichtung herangezogen. Auf Basis dieser automatisierten Priorisierung ist es dem Anwender möglich zu entscheiden, welche Reklamation am kritischsten einzustufen ist, um darauffolgend die Fehlerursachenlokalisierung zu initialisieren. **Nun kann es, vor allem in der Industrie dazu kommen, dass nicht alle Informationen für die Berechnung der entsprechenden Priorisierungsdimensionen zur Verfügung stehen.** Ist dies der Fall, soll der Algorithmus den Anwender über das Fehlen einer für die Priorisierung notwendigen Reklamationsinformation in Kenntnis setzen. Der Anwender hat dann die Möglichkeit zu entscheiden, ob er die fehlende Reklamationsinformation noch manuell nachtragen bzw. den Dimensionswert selber ableiten möchte oder ob ein Referenzwert von 5,5 angesetzt werden soll. Der Referenzwert von 5,5 wurde bewusst gewählt, weil dieser weder einen negativen noch positiven Einfluss auf die Priorisierung nimmt und damit das Ergebnis bei einer fehlenden Information nicht maßgeblich verfälscht. Ob diese Vorgehensweise sinnvoll ist, soll jedoch im Rahmen der Validierung überprüft werden. Wird festgestellt, dass der Referenzwert wenig aussagekräftig ist, könnte die Dimension für alle Reklamationen erst einmal ausgeklammert werden, bis eine Information zur Berechnung der entsprechenden Dimensionswerte vorliegt. Jedoch ist diese Vorgehensweise an dieser Stelle nur eine Vermutung, welche es ebenfalls in der Validierung zu verifizieren gilt.

5.2.3 Programmierung der Fehlerursachenlokalisierung

Die Programmierung der Fehlerursachenlokalisierung erfolgte, wie bereits in **Kapitel 5.1.3** erwähnt, auf dem eDeCoDe-Ansatz nach [Winzer 2016; Nicklas 2016]. Dieser sieht vor, ein soziotechnisches System in insgesamt fünf standardisierten Sichten, darunter Anforderungen, Komponenten, Funktionen, Prozesse und Personen, abzubilden. Um dies realisieren zu können, wurde die Fehlerursachenlokalisierung des Algorithmus so aufgebaut, dass er zwischen den unterschiedlichen fünf Sichten unterscheiden kann. D.h. es wurden zunächst für jede Sicht

eine DSM, wie exemplarisch an einer Anforderungs-Anforderungsmatrix in Tabelle 24 dargestellt, angelegt. Für die Wechselbeziehungen der Elemente innerhalb der eDeCoDe-Sichten selbst, gelten im Fall der Dissertation folgende Regeln [Heinrichsmeyer et al. 2019e]:

- Regel: eDeCoDe-Element (Zeile) ist eDeCoDe-Element (Spalte) untergeordnet.
- Beispiel: Anforderung A1 (Zeile) ist Anforderung D4 (Spalte) untergeordnet.

Mit der Notation von 0 und 1 kann diese Wechselbeziehung abgebildet werden. Dabei gilt bei einer Notation von 1, dass die Unterordnung zutreffend ist und bei Notation 0, dass diese Unterordnung nicht besteht.

Tabelle 24: Anforderungssicht für die Fehlerursachenlokalisierung

Anforderungen sind Anforderungen über- oder untergeordnet			Anforderungen (Spalten)					
			◁	⊞	⊃	⊄	⊝	⊞
			1	2	3	4	5	6
Anforderun- gen (Zeilen)	A	1	1	0	0	1	1	0
	B	2	0	1	1	1	0	1
	C	3	1	0	0	1	1	0
	D	4	1	0	1	1	1	1
	E	5	1	0	1	1	1	1
Legende	Notation 1 Spalte ist der Zeile untergeordnet				Notation 0 Spalte ist der Zeile nicht untergeordnet			

Aufbauend auf den insgesamt fünf DSM wurden die einzelnen Elemente der Systemsichten in einer DMM, wie in Tabelle 25 exemplarisch an einer Anforderungs-Prozessmatrix dargestellt und miteinander in Relation gesetzt. Dadurch wurde ein Beispiel-Produktionssystem erstellt, auf Grundlage dessen eine Programmierung der Fehlerursachenlokalisierung realisiert werden konnte. Die Relationen zwischen den einzelnen Elementen der jeweiligen Sichten sind gemäß der Abbildung 5 zu verstehen [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

- Regel: eDeCoDe-Element (Zeile) ist eDeCoDe-Element (Spalte) untergeordnet.
- Beispiel: Prozess A1 (Zeile) realisiert Anforderung D4 (Spalte).

Mit der Notation von 0 und 1 kann diese Wechselbeziehung abgebildet werden. Dabei gilt bei einer Notation von 1, dass die Relation zutreffend ist und bei der Notation 0, dass die Relation nicht besteht [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

Tabelle 25: Anforderungs- und Prozesssicht für die Fehlerursachenlokalisierung

Prozesse realisieren Anforderungen			Anforderungen (Spalten)					
			◁	⊞	⊃	⊄	⊝	⊞
			1	2	3	4	5	6
Prozesse (Zeilen)	A	1	1	0	0	1	1	0
	B	2	0	1	1	1	0	1
	C	3	1	0	0	1	1	0
	D	4	1	0	1	1	1	1
Legende	Notation 1 Spalte steht gemäß Abbildung 5 in Relation zur Zeile				Notation 0 Spalte steht gemäß Abbildung 5 nicht in Relation zur Zeile			

Analog zur automatisierten Informationssondierung und Priorisierung wurde zunächst eine Oberfläche, die sogenannte „Fehlerursachenlokalisierung“, erarbeitet. Diese Oberfläche dient der Ausführung des bereits in **Kapitel 5.1.3** ausführlich beschriebenen Verfahrens der Fehlerursachenlokalisierung. Wie die Oberfläche dargestellt ist, zeigt Anhang 27.

Anhand von Anhang 27 ist zu sehen, dass sich die Struktur der Oberfläche am eDeCoDe-Ansatz orientiert. Ebenso ist die, aus der Reklamation sondierte, nichterfüllte Anforderung nochmalig aufgelistet, deren Wechselbeziehungen es im Schritt der Fehlerursachenlokalisierung zu analysieren gilt. Dies gelingt, indem der Algorithmus alle Wechselbeziehungen der nichterfüllten Anforderung untersucht und diejenigen mit einer Relation (Wert 1) in die Oberfläche aus Anhang 27 überführt. Somit wird gewährleistet, dass dem Anwender alle Systemelemente, welche als mögliche Fehlerursache in Frage kommen, angezeigt werden. Aufgrund der Komplexität eines Produktionssystems wäre dies, vor allem innerhalb weniger Sekunden, mittels einer manuellen Auswertung durch den Anwender unvorstellbar [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

Eine Besonderheit bei der Oberfläche ist, dass diese nicht auf die Funktionssicht eingeht. Dies liegt darin begründet, dass gemäß des eDeCoDe-Ansatzes eine Realisierung der Funktionen über die Komponenten erfolgt. Das bedeutet, dass bei einem Ausfall einer Funktion stets die Komponente als Fehlerursache zu identifizieren ist. Aus diesem Grund werden Wechselbeziehungen der nichterfüllten Anforderungen zu Funktionen auch über die Komponentensicht abgedeckt, sodass eine Auflistung der Funktionssicht nicht notwendig ist. **In dem Fall, dass eine Funktion über das Zusammenwirken mehrerer Komponenten realisiert wird, werden auch all diese Komponenten als mögliche Fehlerursachen in Betracht gezogen und damit in die Oberfläche überführt.** Mit dem Wissen aller in Frage kommenden Fehlerursachen, kann der Anwender im nächsten Schritt mit der Lösungsfindung fortfahren [Heinrichsmeyer et al. 2019e].

5.2.4 Programmierung der Lösungsfindung für Fehlerursachen

Damit es dem Anwender möglich ist zu entscheiden, welche der erkannten Fehlerursachen wahrscheinlicher gegenüber den anderen ist, mussten Fehlerursacheninformationen abgefragt werden, welche den aktuellen Zustand der entsprechenden Fehlerursache abbilden. D.h. bspw. bei einer Komponente, welche als Fehlerursache identifiziert wurde, sind Fehlerursacheninformationen, wie die Ausfallrate, die Verfügbarkeit oder die Vorgabe hinsichtlich einer Wartung, abzufragen. Welche Informationen durch den Algorithmus herangezogen werden, wurde auf Grundlage von Literatur aber auch nach eigenen Erfahrungswerten abgeleitet und ist für die entsprechenden eDeCoDe-Sichten in Tabelle 26 dargestellt. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass Tabelle 26 lediglich einen Vorschlag für mögliche, zu erhebende Fehlerursacheninformationen darstellt. Das Dissertationsvorhaben erhebt demnach keinen Anspruch auf Vollständigkeit und die Einbeziehung aller theoretisch möglichen Fehlerursacheninformationen.

Dennoch soll in der Validierung dargestellt werden, welche Fehlerursacheninformationen als geeignet und welche als weniger geeignet angesehen werden können.

Tabelle 26: Fehlerursacheninformationen

Fehlerursache	Fehlerursacheninformationen	Literatur
Anforderung	Definitionsdatum der Anforderung	[Simoneit 1998]
	Freigabedatum der Anforderung	[DIN EN ISO 7200 2004]
	Zeichnungsindex für die Anforderung	[DIN EN ISO 7200 2004]
Komponente	Ausfallrate der Komponente	[Gehlen 2010]
	Verfügbarkeit der Komponente	[Eberlin und Hock 2014]
	Wartungsdatum der Komponente	[Thiel et al. 2008]
Prozess	Standardisierungsstand des Prozesses	[Wilhelm 2009]
	Freigabedatum des Prozesses	[Wilhelm 2009]
	Beherrschung der Umgebungsbedingungen des Prozesses	[Eschey 2013]
	Richtigkeit des Inputs des Prozesses	[Wilhelm 2009]
	Prozessfähigkeit des Prozesses	[Eschey 2013]
Person	Fachliche Kompetenz der Person (prozessabhängig)	[Wank 2005b]
	Methodische Kompetenz der Person (prozessabhängig)	[Wank 2005b]
	Persönliche Kompetenz der Person (prozessabhängig)	[Wank 2005b]

Um diese Form der Abfrage durchführen zu können, muss der Algorithmus so ausgelegt sein, dass er auf unterschiedliche Daten, darunter bspw. Prozess- oder Maschinendaten des Unternehmens, zugreifen kann. Da diese Systeme, je nach Unternehmen, sehr mannigfaltig sein können, wurden Schnittstellen zu den entsprechenden Daten bei der Programmierung des Algorithmus beispielhaft über Tabellenblätter angelegt. Mit Hilfe dieser Schnittstelle war es möglich, insgesamt vier unterschiedliche Oberflächen zu erarbeiten, welche die entsprechenden Fehlerursacheninformationen aus Tabelle 26 heranziehen. Diese werden dem Anwender per Mouseover-Befehl über die entsprechende Fehlerursache direkt angezeigt. Exemplarisch wird dieser Vorgang in Anhang 28 anhand der Fehlerursacheninformationen einer Komponente dargestellt. Wie die Oberflächen der Fehlerursacheninformationen für Personen, Komponenten und Anforderungen aussehen, wird in Anhang 29, Anhang 30 und Anhang 31 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Algorithmus in diesem Beispiel einen IST- / SOLL-Vergleich durchführt und bei den Informationen hinsichtlich des Wartungsdatums der Komponente eine Abweichung feststellt. Diese Abweichung legt die Vermutung nahe, dass die Komponente sehr wahrscheinlich als Ursache für das Eintreten der nichterfüllten Anforderung zu identifizieren ist. Dennoch hat der Anwender auch alle weiteren Fehlerursachen über den Algorithmus zu analysieren, um festzustellen, ob es nicht durch ein Zusammenspiel mehrerer Fehlerursachen zur Nichterfüllung kam. Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass der Algorithmus keine Fehlerursache ausschließt. Er gibt lediglich einen Überblick darüber, welche der erkannten Fehlerursachen eher zur Nichterfüllung in Frage kommen. Dem Anwender selbst bleibt überlassen, welche Fehlerursachen er als Grund der Nichterfüllung angibt.

Hat der Anwender des Algorithmus eine Auswahl möglicher Fehlerursachen getroffen, werden diese zur Lösungsfindung herangezogen. Die Lösungsfindung des Algorithmus fußt auf der Bereitstellung möglicher Handlungshilfen, welche je nach Fehlerursache variieren. Diese Handlungshilfen enthalten eine unterschiedliche Anzahl an Maßnahmen, welche sich wiederum in vier Kategorien, darunter substituierende (S), technische (T), organisatorische (O) und personenbezogene (P), untergliedern. Wie die Bereitstellung von Handlungshilfen durch den Algorithmus umgesetzt wird, ist exemplarisch am Beispiel einer komponentenbedingten Fehlerursache in Anhang 32 dargelegt. Es ist ersichtlich, dass der Algorithmus unterschiedliche organisatorische Maßnahmen vorschlägt. Diese Maßnahmen werden dann je nach Einschätzung durch den Anwender ausgewählt. Das Vorgehen hat den entscheidenden Vorteil, dass die Maßnahmen nicht einzig und allein durch den Anwender erhoben werden müssen und dadurch Zeit eingespart werden kann. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass bei jeder Reklamation zunächst die personenbezogenen, darauffolgend die organisatorischen und letztlich erst die technischen Maßnahmen realisiert werden sollten [Sauer 2017]. Dies verringert den Aufwand und die zur Realisierung benötigten Ressourcen. Hat der Anwender eine Auswahl getroffen und diese im dafür vorgesehenen Feld ausreichend begründet, kann er die Abwicklung der Reklamation durch das Speichern der Maßnahmen abschließen.

Damit die Rückverfolgbarkeit und Transparenz aller Schritte bei der Abwicklung der Reklamation gewährleistet werden kann, werden alle relevanten Informationen abschließend einheitlich dokumentiert. Dadurch ist es nicht nur möglich, auf alte Reklamationen zuzugreifen und diese zu bearbeiten, sondern es kann dadurch auch die Aufbewahrungsfrist von Geschäftsunterlagen gemäß § 147 Abs. 3 i. V. m. Abs. 1 Nr. 1, 4 und 4a AO, § 14b Abs. 1 UStG gewährleistet werden. Anhand der dargelegten Hauptprozesse der Informationssondierung, Priorisierung, Fehlerursachenlokalisierung und Lösungsfindung ist ersichtlich, dass die Qualität des Modells des Produktionssystems entscheidend für die zielorientierte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung ist. Aus diesem Grund, wurde dem Algorithmus eine Funktion beigefügt, welche eine Überprüfung der Systemelemente des Produktionssystems und deren Wechselbeziehungen möglich macht. Diese Funktion wird nachfolgend veranschaulicht.

5.2.5 Überprüfung des Produktionssystemmodells

Die Oberfläche zur Überprüfung des Produktionssystemmodells wird über die Startseite des Algorithmus erreicht. Diese ist in Anhang 33 dargestellt und orientiert sich an der Struktur des eDeCoDe-Ansatzes, da das Produktionssystemmodell auf diesem fußt.

Um die Überprüfung bestimmter Systemelemente und deren Wechselbeziehungen möglich zu machen, hat der Anwender die Möglichkeit, auf die entsprechende Matrix zu klicken. Durch diesen Vorgang wird eine Schleife initiiert, welche den Anwender hinsichtlich der Relationen befragt. D.h. der Algorithmus geht jedes Systemelement und jede Wechselbeziehung innerhalb der ausgewählten Matrix durch und prüft die Vollständigkeit des Produktionssystemmodells. Der Anwender hat bei diesem Vorgang die Möglichkeit, bestehende Relationen in Frage zu stellen und diese zu ändern. Ebenso kann er Bezeichnungen der einzelnen Systemelemente ändern und damit das Produktionssystemmodell für die Anwendung des FusLa verbessern sowie auf dem aktuellen Stand halten. Diese Funktion minimiert den Anpassungsaufwand, welcher bei manueller Eingabe enorm wäre. Ebenso wird durch diese Funktion vermieden, dass der Anwender in einer Zeile bzw. Spalte verrutscht und damit die Wechselbeziehungen falsch definiert. Eine weitere Funktionalität, welche sich dem Anwender durch die Oberfläche der Überprüfung des Produktionssystemmodells bietet, ist das Anlegen neuer Systemelemente. Durch die

Betätigung der Schaltflächen, darunter bspw. „A“, „F“ oder „P-I“, wird eine Abfrage initiiert, welche den Anwender hinsichtlich aller relevanten Informationen des Systemelements befragt. Dadurch kann nicht nur das Produktionssystemmodell aufgebaut werden, sondern dieses gleichzeitig, bspw. aufgrund der Auswertung der Reklamation, optimiert werden. Doch nicht nur die Systemelemente der entsprechenden eDeCoDe-Sichten werden durch diese Funktionalität abgefragt. Auch eine Zuweisung des Inputs zum entsprechenden Prozess ist möglich. Dem Anwender ermöglicht dies, eine direkte Verknüpfung zwischen dem Prozess und dem jeweiligen Input durchzuführen. Der Vorteil dessen ist, dass so auch eine Überprüfung des Inputs erfolgen kann, welcher durchaus auch zur Nichterfüllung einer Anforderung geführt haben kann. Ist das Produktionssystem vollständig modelliert, kann der Anwender die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung beginnen.

5.2.6 Hilfefenster zur Vermittlung eines einheitlichen Verständnisses

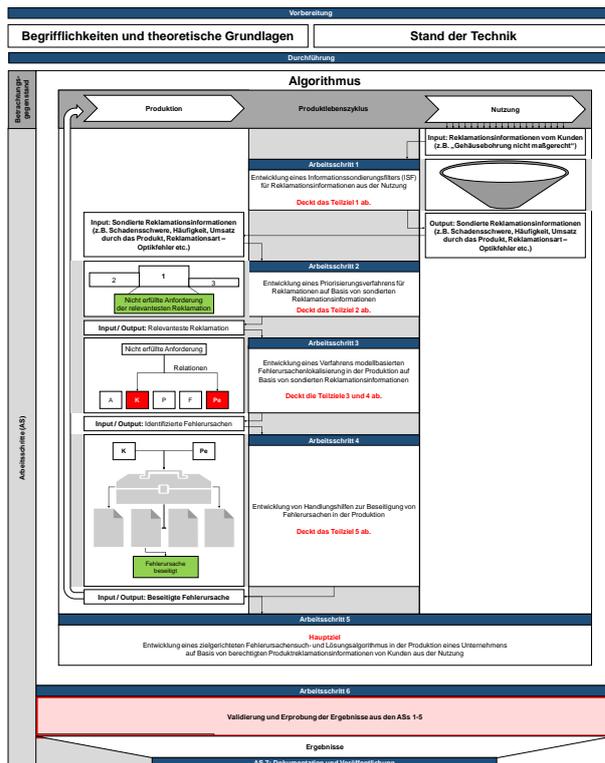
Bereits im **Kapitel 2** wurde darauf hingewiesen, wie essentiell ein einheitliches Verständnis der Begrifflichkeiten ist. Nur so kann gewährleistet werden, dass das Verständnis des Kunden und das des Unternehmens identisch ist und Missverständnisse bei der Reklamationsbearbeitung ausgeschlossen werden. Damit der Algorithmus zur Gewährleistung eines einheitlichen Verständnisses beitragen kann, bietet er ein Hilfefenster, welches dem Anwender, wie in Anhang 34 dargestellt, unterschiedliche Fragestellungen mit hilfreichen Informationen zur Verfügung stellt. Dadurch kann der Anwender nachvollziehen, wie für die Nutzung des Algorithmus notwendige Informationen verstanden werden. Ebenso werden alle Funktionen des Algorithmus ausführlich erläutert.

5.2.7 Bearbeitungsfenster zur Nutzung bestehenden Wissens

Ein weiteres Fenster, welches dem Algorithmus zusätzlich hinzugefügt wurde, ist das sogenannte Bearbeitungsfenster. Dies ist zwingend notwendig, um zum einen auf bestehendes Wissen von Reklamationsfällen zugreifen und zum anderen mit der Bearbeitung fortfahren zu können. Die Sinnhaftigkeit einer solchen Funktionalität wurde bereits in **Kapitel 3.1.4** im Hinblick auf die Nutzung von Lessons Learned Datenbanken angesprochen. Natürlich ist an dieser Stelle nicht von einer Lessons Learned Datenbank zu sprechen, dennoch können dadurch Erkenntnisse aus alten Reklamationen für aktuelle Reklamationen herangezogen und nutzbar gemacht werden. Wie sich das Fenster darstellen lässt, zeigt Anhang 35. Es ist ersichtlich, dass mit Hilfe eines Auswahlmenüs oder der Eingabe der Reklamationsidentifikationsnummer der Zugriff auf dokumentierte Reklamationen möglich ist. Demnach kann der Anwender, unabhängig davon ob er die alten Reklamationen bearbeitet hat oder nicht, darauf zurückgreifen und für den entsprechenden Anwendungsfall sinnvoll nutzen.

Da es nicht ausreicht, einen Algorithmus ausschließlich auf Grundlage eines theoretischen Konzeptes aufzubauen, bedarf es zwingend einer Validierung des Algorithmus in der Industrie. Diese wurde anhand zweier Industriebeispiele durchgeführt und die Ergebnisse im nachfolgenden Kapitel aufbereitet.

6 Validierung und Erprobung



Mit der Entwicklung des theoretischen Konzepts des Algorithmus und der darauf aufgebauten praktischen Umsetzung gilt es im nächsten Schritt, Verbesserungspotentiale und Schwachstellen, des aktuellen Prototyps des zielgerichteten FusLa, herauszuarbeiten. Dies wird durch die Überprüfung anhand unterschiedlicher Industriebeispiele und unter Heranziehen der abgeleiteten Anforderungen aus **Kapitel 4** erreicht. Zur Gewährleistung der Transparenz der Ergebnisse werden die einzelnen Auswertungen seriell dargestellt. Beginnend mit einer Vorstellung des jeweiligen Industriebeispiels werden darauf folgend alle notwendigen Informationen erhoben, danach der FusLa mit unterschiedlichen Zielen durchlaufen und letztlich die Ergebnisse hinterfragt.

Wie bereits angesprochen, verfolgt die Validierung unterschiedliche Ziele, welche spezifisch zum jeweiligen Industriebeispiel festgelegt wurden:

1. Mit der **ersten Validierung** gilt es zu untersuchen, ob der Algorithmus **sinnvolle Informationen und Auswertungen** liefert. Dies ermöglicht das Aufzeigen von Verbesserungspotentialen des Algorithmus hinsichtlich qualitativ hochwertiger Ergebnisse.
2. Mit der zweiten Validierung wird herausgearbeitet, wie sich die **unterschiedliche Qualität von Reklamationsinformationen auf die Auswertung auswirkt**. Diese Untersuchung soll herausstellen, wie das volle Potential des Algorithmus genutzt werden kann und ob es einer Normierung von Reklamationsstexten oder eines geeigneten kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu den verfügbaren Informationssystemen bedarf.

Zur Wahrung der Anonymität der einzelnen Organisationen, welche die Industriebeispiele zur Verfügung stellen und zum Schutz des internen Knowhows wurden **alle unternehmensbezogenen Informationen** ²⁷**bewusst unkenntlich gemacht**. Die vorliegende Dissertation zeigt daher lediglich die Auswertungen der Validierung des Algorithmus, (Durchlauf aller vier Prozesse) und ob dieser zum jetzigen Zeitpunkt in der Industrie einsetzbar ist. Beginnend mit der ersten Validierung wird nun zunächst die Organisation des ersten Industriebeispiels vorgestellt.

²⁷ Für den Zugriff auf die unternehmensbezogenen Informationen sind die jeweiligen Organisationen hinsichtlich ihrer Freigabe und Einwilligung der Weitergabe zu kontaktieren.

6.1 Validierung 1: Industriebeispiel im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Die erste Validierung erfolgte an einem Industriebeispiel im Bereich der **Stanz- und Umformtechnik**. In diesem Bereich werden unter anderem Stanzteile aber auch Biege- und Tiefzieh-teile sowie Möbelgleiter oder Spiegelschrauben, für eine sehr mannigfaltige Branchenauswahl, darunter die Automobil- aber auch Möbelindustrie, hergestellt. Dies ist insofern sehr interes-sant, als dass auch die Reklamationen je nach Branche sehr unterschiedlich ausfallen können und dadurch die Möglichkeit der branchenübergreifenden Validierung des Algorithmus bietet.

Mit dem Start der Validierung zeichnete sich bereits die erste Problematik des theoretischen Konzeptes ab. Damit eine Auswertung durch den Algorithmus überhaupt erfolgen kann, galt es zunächst, die dafür notwendige Informationsgrundlage zu schaffen. Das bedeutet, dass zunächst alle notwendigen Kundeninformationen, Produktinformationen oder gar Auftragsin-formationen lokalisiert, ein Modell des Produktionssystems erstellt und für einen Zugriff im Verlauf der Auswertung vorbereitet werden musste. Dieser Vorgang wird im Rahmen des Dis-sertationsvorhabens als sogenannte „**Vorbereitung der Validierung**“ betitelt. **Dieser ist drin-gend notwendig**, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass ein Unternehmen alle In-formationen im benötigten Format vorliegen hat. Aufgrund dessen, dass dieser jedoch vor der Validierung nicht im theoretischen Konzept vorlag, ist dieser Vorgang nachträglich in das Kon-zept einzupflegen.

6.1.1 Vorbereitung der Validierung

Die Vorbereitung der Validierung gliederte sich in insgesamt drei Schritte. Im ersten Schritt wurden alle Informationssysteme des Unternehmens, hinsichtlich zur Verfügung stehender In-formationen zu Kunden, Produkten und Aufträgen, untersucht. Da die Organisation sehr un-terschiedliche Systeme für die jeweiligen Informationen nutzt, wurden die benötigten Informa-tionen aufbereitet und für die Auswertung durch den Algorithmus in Tabellenblättern zusam-mengestellt. Dies ermöglichte, dass eine Programmierung von Schnittstellen für jedes spezifi-sche Informationssystem vermieden werden konnte. Im Ergebnis standen drei **nachgebildete Informationssysteme**, welche alle unternehmensspezifischen Informationen zu **Kunden** (An-hang 45), **Produkten** (Anhang 46) und **Aufträgen** (Anhang 47) enthielten. Um eine Verknüp-fung dieser drei Informationssysteme zu schaffen, wurden die Informationen „**Produktnum-mer**“, „**Kundenname**“ und „**Kundennummer**“ als **Schlüsselinformationen** deklariert. An-zumerken ist an dieser Stelle, dass zur praktischen Umsetzung des Algorithmus in der Indust-rie, Schnittstellen zu den bestehenden Informationssystemen des jeweiligen Unternehmens durch Softwareentwickler hergestellt und entsprechende Schlüsselinformationen definiert wer-den müssten [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Wie bspw. das Produktportfoliosystem aussieht, wird in Tabelle 27 exemplarisch aufgezeigt.

Tabelle 27: Exemplarische Darstellung des Produktportfoliosystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik (Anhang 46)

Produktportfoliosystem								
Bezeichnung	Nummer	Gruppe	Zeichnungsnummer	Zeichnungsindex	EMPB Datum	Einzelumsatz beim Produkt	Einzelfehler beim Produkt	Einzelkosten beim Produkt durch Reklamationen im Betrachtungsjahr 2019
KSGD	524	Gse	290	000	27.06.2017	82.482,00 €	5	340,00 €

Nach erfolgter Abbildung der Informationssysteme wurde im zweiten Schritt ein Modell des soziotechnischen Produktionssystems mit dem in **Kapitel 2.3.3** vorgestellten eDeCoDe-Ansatz, ausgearbeitet. Die notwendigen Informationen zur Modellierung wurden durch **Begehungen, Sichtung von Dokumenten** (z.B. technische Zeichnungen, Prüfpläne) und im **Gespräch mit dem jeweiligen Prozessverantwortlichen** zusammengestellt. Ebenso wurde die Oberfläche zur Überprüfung des Produktionssystemmodells des Algorithmus genutzt, um nicht nur die einzelnen Systemelemente der insgesamt fünf Sichten anzulegen, sondern auch deren Wechselbeziehungen über die automatisierte Abfrage zu erfassen. Doch nicht nur die einzelnen Systemelemente selbst, auch notwendige Informationen, unter anderem über Wartungsintervalle der Komponenten oder Kompetenzen der Personen, sind erhoben worden. Im Ergebnis standen bei diesem Schritt insgesamt **74 Anforderungen** (Anhang 48) an zwei nachfolgend vorgestellte, reklamierte Produkte, **8 Funktionen** (Anhang 49), **29 Prozesse** (Anhang 50/ **22 Inputs** (Anhang 67) / **11 Outputs** (Anhang 68) sowie **9 Komponenten** (Anhang 51) und **10 beteiligte Personen** (Anhang 52). Diese einzelnen Systemelemente wurden in **Design Structure** und **Domain Mapping Matrizen** (Anhang 53 bis Anhang 69) in Relation zueinander gesetzt und bilden das Produktionssystem der Organisation ab.

Exemplarisch wird der Vorgang der Herstellung von Relationen in Tabelle 28 ersichtlich [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Tabelle 28: Exemplarische Darstellung der A-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik (Anhang 57)

Anforderungen (A)	Personen (Pe)									
	Pe1 (SHD): Br 'Sn	Pe2 (SHD): Br 'En	Pe3 (SHD): Br 'Vn	Pe4 (SHD): Mr 'Vn	Pe5 (KSGD): Br 'Sn	Pe6 (KSGD): Br 'Gn	Pe7 (KSGD): Br 'En	Pe8 (KSGD): Mr '100% Ke	Pe9 (KSGD): Mr 'Vn	Pe10: Mr 'Ef
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A3.1 (KSGD): $\varnothing 32 \pm 0,15$ mm	26	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A7.3 (KSGD): Frei von Schnittkante	39	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35	44	0	0	0	0	1	0	0	1	0
A1.2 (SHD): $533,4 \pm 0,15$ mm	47	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Mit der Erfassung des Produktionssystems und den dazugehörigen Systemelementen konnte der dritte Schritt der Vorbereitung der Validierung erfolgen. Dieser diente der eindeutigen Definition von **Zusammenhängen zwischen der Fehlerart sowie Fehlerbedeutung und den zuvor erfassten Anforderungen**. Dieser Schritt ist zwingend notwendig, um für den Algorithmus festzulegen, um welche Art von Fehler es sich bei der nichterfüllten Anforderung handelt bzw. welche Bedeutung diese Nichterfüllung hat. Um das Ergebnis des Algorithmus hinsichtlich der Auswertung einer nichterfüllten Anforderung nicht zu verfälschen, wurde die Definition der Zusammenhänge unter Nutzung von Dokumenten (z.B. FMEA) und im Gespräch mit den Experten des Unternehmens (z.B. Produktion / Reklamationsmanagement) besprochen. Das Ergebnis dieser Ausarbeitung sind zwei Matrizen für die Zusammenhänge zwischen den zu erfüllenden Anforderungen und der Fehlerart (Anhang 70) sowie Fehlerbedeutung (Anhang 71). Wie die Zusammenhänge abgebildet sind, kann exemplarisch der nachfolgenden Tabelle 29 entnommen werden [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Tabelle 29: Exemplarische Darstellung der A-Fehlerart Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik (Anhang 70)

Anforderungen (A)	Fehlerarten							
	Maßfehler	Montagefehler	Beschaffenhheitsfehler	Lieferungsfehler	Beschädigungsfehler	Verpackungsfehler	Dokumentfehler	Kennzeichnungsfehler
	1	2	3	4	5	6	7	8
A4.1 (KSGD): Rz 32	28	1	0	0	0	0	1	0
A5.2 (KSGD): EN AW-5753	31	0	0	1	0	0	1	0
A8.1 (KSGD): KLT	41	0	0	0	1	1	1	0

Nachdem die drei Schritte zur Vorbereitung der Validierung vollständig abgeschlossen waren, konnte die eigentliche Validierung des FusLa erfolgen. An diesem Punkt zeigte sich bereits, dass die Vorbereitung der Validierung enorm aufwendig ist, sofern keine direkte Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen hergestellt ist. Besteht jedoch eine solche Schnittstelle, kann die Zeitersparnis sehr groß und der Überblick über das Produktionssystem transparenter sein. Die Reklamationen, welche zur ersten Validierung ausgewertet wurden, beriefen sich auf die Produkte „SHD“ und „KSGD“. Das Produkt SHD wird unter anderem in Pumpanlagen verbaut, um dort die Dichtheit zu garantieren. Das Produkt KSGD hingegen, kann sowohl in Ketensägen als auch im Personenkraftfahrzeug Verwendung finden. Aus der nachfolgenden Abbildung 17 ist ersichtlich, wie die Reklamationen an die Organisation übermittelt wurden. Bei beiden Reklamationen handelte es sich um eine digitale Zusendung per E-Mail, sodass ein Mehraufwand durch das Übertragen in den Algorithmus nicht gegeben war [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Abbildung 17 zeigt zwei Screenshot-Beispiele von Reklamationstexten in einem Web-Interface. Jedes Beispiel besteht aus einem Textfeld mit einer 'Hilfe'-Schaltfläche oben rechts und zwei Schaltflächen 'Zurück' und 'Informationssondierung' unten.

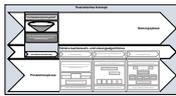
Links (KSGD): Der Text beginnt mit 'Guten Tage Herr Bn,' und berichtet über einen wiederkehrenden Fehler bei der Montage von KSGD. Er enthält detaillierte Angaben zum Anhang (Firma Hann, i.A. Jes Bah, es.bch@ha.com) und eine Beanstandung ('Ebenheit KSGD n.i.O.'). Die Fehlerbeschreibung lautet: 'Es handelt sich um 1-2 Teile je 500 Stück.' Am Ende wird eine Überprüfung der Bestände und des Prozesses angefordert, bis zur nächsten Lieferung.

Rechts (SHD): Der Text beginnt mit 'Sehr geehrter Herr Bn,' und berichtet über eine Reklamation (SHD). Er enthält weniger Details als das KSGD-Beispiel, sondern konzentriert sich auf die Bitte um Maßnahmen innerhalb von 10 Tagen. Die Kontaktdaten sind 'i.A. Jan Kpe', 'WE' und 'Mail: jee@o.com'.

Abbildung 17: Reklamationstexte der Produkte KSGD (links) und SHD (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Aus den beiden Abbildungen ist ersichtlich, dass diese sehr unterschiedlich sind. Während die Reklamation des KSGD etwas detaillierter ist und auf eine nichterfüllte Anforderung im Hinblick auf die Ebenheit schließen lässt, hat die Reklamation des SHD, neben den Angaben zu vorgegebenen Fristen, kaum Informationen. Ob der FusLa dennoch **sinnvolle Informationen für die angestrebte Auswertung** liefern kann, wird nachfolgend über das **Durchlaufen aller vier Prozesse des Algorithmus** für beide Reklamationen dargestellt [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

6.1.2 Informationssondierung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD



Beginnend mit dem ersten Prozess des Algorithmus, der Informationssondierung, wurde zunächst untersucht, ob der Algorithmus alle Informationen des Kunden im Hinblick auf den Ansprechpartner und die Organisation sondieren kann.

Reklamation des Produktes KSGD:

Unter Betrachtung der Reklamation des Produktes KSGD zeigte sich, dass der Algorithmus trotz vereinzelter Informationen, bspw. zum Namen der Organisation des Kunden oder dem Namen des Ansprechpartners, in der Lage war, auch weitere relevante Reklamationsinformationen aus den zur Verfügung stehenden Informationssystemen zu sondieren. Über die programmierten Schleifen erkennt der Algorithmus, um welchen Kunden es sich bei der vorliegenden Reklamation handelt und welchen Ansprechpartner es bei Rückfragen zu kontaktieren gilt. Ebenso zeigt das Ergebnis, dass der Algorithmus auch die korrekten Informationen für eine weitere Auswertung zur Verfügung stellt und nicht einen falschen Kunden oder gar falschen Ansprechpartner in die Oberfläche einpflegt. Wie der Vorgang der Informationssondierung_1 erfolgt, ist in Abbildung 18 dargestellt [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Reklamationstext	Informationssondierung
<p>Bitte fügen Sie in dem dafür vorgesehenen Feld den Reklamationstext des Kunden ein und drücken Sie daran anschließend auf "Informationssondierung". Der Algorithmus wird dann, entsprechend des Reklamationstextes, alle zur Bearbeitung notwendigen Informationen aus den zur Verfügung stehenden Informationssystemen bereitstellen.</p> <p>Bitte hier den Reklamationstext einfügen:</p> <p>Guten Tage Herr Bn, erneut eine Info unseres Lieferanten, der die KSGD montiert. Lt. Fa. Se handelt es sich hierbei um einen wiederkehrenden Fehler.</p> <p>Mit freundlichen Grüßen, Firma Hann i.A. Jes Bah es.bch@ha.com</p> <p>Anhang: An Firma: Hann z.Hd: Jes Bah</p> <p>Beanstandungsgrund: Ebenheit KSGD n.i.O. Fehlerbeschreibung: Es handelt sich um 1-2 Teile je 500 Stück.</p> <p>Wir bitten Sie, Ihre Bestände und Ihren Prozess zu überprüfen. Wir erwarten Ihre Rückmeldung und die Abstellung des Fehlers bis zur nächsten Lieferung. Bei wiederholtem Auftreten des Fehlers wird ein Prüfbericht erstellt.</p>	<p>Bitte überprüfen Sie nochmal alle Informationen bearbeiten Sie diese gegebenenfalls. Bedenken Sie, dass wenn Sie eine Änderung an den Informationen vornehmen, diese auch in den Datenbanken verändert werden! Hinweis: Sollte der Algorithmus mehrere Informationen zu einem Reiter gefunden haben, wird Ihnen dies wie folgt angezeigt: [blau]. Wählen Sie dann die entsprechende Information aus. Findet der Algorithmus keine Informationen, zeigt er es so an [rot] und, es muss eine manuelle Eingabe erfolgen.</p> <p>Informationen zum Ansprechpartner des externen Kunden:</p> <p>Nachname: Bah Vorname: Jes Telefonnummer: 1581 E-Mail Adresse: es.bch@ha.com</p> <p>Informationen zur Organisation des externen Kunden:</p> <p>Name: Hann Nummer: 18 Straße: Arann-Se 21 Postleitzahl: 13358 Ort: Bih Land: Dland ABC-Einstufung: A</p>
<p>Zurück</p> <p>Informationssondierung</p>	<p>Zurück</p> <p>Weiter</p>

Abbildung 18: Informationssondierung_1 der Reklamationen des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Aufbauend auf der Sondierung aller relevanten Informationen zum Kunden erfolgte die Sondierung im Hinblick auf relevante Rahmen- und Auftragsinformationen. D.h., dass der Algorithmus in diesem Schritt alle Informationen, bspw. zum Eingang der Reklamation oder zur Produktbezeichnung, erfassen sollte. Bei der Durchführung dieses Schrittes am Produkt KSGD zeigten sich die ersten Schwachstellen des Algorithmus. Beginnend mit den Rahmeninformationen, konnte der Algorithmus aufgrund einer fehlenden Datumsangabe im Reklamationstext keine Aussage zum Fälligkeitsdatum ableiten. Trotz einer Information zur vertraglichen Frist des Kunden zur Abwicklung einer Reklamation übersetzte der Algorithmus diese Erkenntnis

nicht in ein verwertbares Fälligkeitsdatum. Hilfreich wäre es, wenn der Algorithmus die vertragliche Frist auch auf das aktuelle Datum anwenden könnte, sodass bei einer fehlenden Datumsangabe automatisch ein vertragsspezifisches Fälligkeitsdatum berechnet würde [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]. Eine weitere Schwachstelle des Algorithmus zeigte sich im Hinblick auf die zu sondierenden Produktinformationen. An dieser Stelle liegt die Problematik in der unzureichenden Präzision des Reklamationstextes. In diesem wird keine Information hinsichtlich einer Auftragsnummer oder gar Charge gegeben, welche die geforderte Anforderung des Kunden nicht erfüllen konnte. Aufgrund dessen kann der Algorithmus nicht nachvollziehen, um welches Produkt es sich exakt handelt und welche Lieferung betroffen ist. Notwendig wäre eine Erweiterung der Schleifen, um eine Sondierung hinsichtlich des Produktnamens oder der Produktnummer zu ermöglichen. In diesem Fall hätte der Algorithmus das Produkt KSGD erkennen [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]. Dennoch hat der Algorithmus auch in diesem Fall sinnvolle Ergebnisse geliefert. Bei einer ausbleibenden Sondierung hat er die fehlenden Informationen gekennzeichnet und Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung gestellt, welche plausibel sind. So wie auch in Abbildung 19 dargestellt, konnten, durch die Auswahl der entsprechenden Auftragsnummer, alle relevanten Produktinformationen korrekt erfasst werden [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Informationssondierung ID: 2 Hilfe

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Rahmeninformationen:

Eingang: 09.05.2019

Art: Extern

Anzahl der Wdh.: **Es ist noch keine Anforderung ausgewählt**

Fälligkeitsdatum: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Auftragsinformationen:

Bezeichnung: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Nummer: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Gruppe: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Charge: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Zeichnungsnummer: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Zeichnungsindex: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Auftragsnummer: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Gelieferte Menge: **Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!**

Zurück Weiter

Informationssondierung ID: 2 Hilfe

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Rahmeninformationen:

Eingang: 09.05.2019

Art: Extern

Anzahl der Wdh.: **Es ist noch keine Anforderung ausgewählt**

Fälligkeitsdatum: 14.05.2019

Auftragsinformationen:

Bezeichnung: KSGD

Nummer: 524

Gruppe: Gse

Charge: 263

Zeichnungsnummer: 290

Zeichnungsindex: 000

Auftragsnummer: 834

Gelieferte Menge: 5332

Zurück Weiter

Abbildung 19: Informationssondierung_2 der Reklamationen des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Im letzten Schritt der Informationssondierung wurden die Fehler- und Fehlerumfangsinformationen für die vorliegende Reklamation erfasst. Dabei war von entscheidender Bedeutung, dass der Algorithmus die korrekte nichterfüllte Anforderung aus dem Reklamationstext ableitet, da auf Basis dieser Anforderung die darauf folgende Fehlerursachenlokalisierung fußt. Aus der Validierung ging hervor, dass der Algorithmus auch an dieser Stelle Probleme hatte, die korrekte Anforderung auszuwählen. Zwar erkannte er, welche Anforderungen zum reklamierten Produkt gehören und erkannte auch, dass die Ebenheit betroffen ist, jedoch blieb eine explizite Auswahl der nichterfüllten Anforderung aus. Demnach führte der Algorithmus alle Anforderungen aus dem Pflichtenheft des reklamierten Produktes als Auswahlmöglichkeiten an, bei denen auch die Anforderung hinsichtlich der Ebenheit angezeigt wurde. Dies bedeutet,

dass der Algorithmus zwar das richtige Ergebnis liefern kann, jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht in der Lage ist, eigenständig zu denken. Hilfreich wäre hier der Einsatz von KI, welche es dem Algorithmus ermöglichen würde, sein Ergebnis selbst zu hinterfragen und die Auswahlmöglichkeit auf die entsprechende nichterfüllte Anforderung einzugrenzen [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]. Weiterführend zeigte die Validierung, dass der Algorithmus durchaus in der Lage ist, die korrekte Fehlerart und Fehlerbedeutung zuzuweisen. Je nach nichterfüllter Anforderung ist diese jedoch, wie in Abbildung 20 exemplarisch zu sehen, unterschiedlich.

Abbildung 20 zeigt zwei Screenshot-Aufnahmen des 'Informationssondierung' Formulars für das Produkt KSGD (ID: 2). Die linke Aufnahme zeigt die ursprüngliche Eingabe, die rechte Aufnahme zeigt die vom Algorithmus erkannte und korrigierte Eingabe. Rote Pfeile verdeutlichen die Korrekturen.

Informationssondierung	Informationssondierung
Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:	Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:
Fehlerinformationen:	Fehlerinformationen:
Nichterfüllte Anforderung: A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	Nichterfüllte Anforderung: A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35
Fehlerart: Dokumentenfehler	Fehlerart: Maßfehler
Fehlerbedeutung: Hoch - Funktionsfähigkeit des Produktes stark eingeschränkt bzw. Ausfall von Funktionen, die zur Verwendung notwendig sind. Seltener Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich.	Fehlerbedeutung: Hoch - Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Hauptfunktion. Seltener Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich.
Fehlerumfangsinformationen:	Fehlerumfangsinformationen:
Reklamierte Menge: 1-2	Reklamierte Menge: 2
Materialkosten: Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €	Materialkosten: 0 €
Rückversandkosten: Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €	Rückversandkosten: 0 €
Nachbearbeitungskosten: Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €	Nachbearbeitungskosten: 0 €
Sonstige Kosten: Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €	Sonstige Kosten: 0 €
<p>Sollten alle sondierten Informationen entsprechend den vorgegebenen Feldern durch den Algorithmus eingetragen worden sein, können Sie im nachfolgenden Schritt eine Priorisierung der Reklamation durchführen. Um eine Übersicht über die Priorisierungsdimensionen und die entsprechenden Werte sowie Gewichtung für die Reklamation zu erhalten, drücken Sie auf die Schaltfläche „Priorisierung“</p>	<p>Sollten alle sondierten Informationen entsprechend den vorgegebenen Feldern durch den Algorithmus eingetragen worden sein, können Sie im nachfolgenden Schritt eine Priorisierung der Reklamation durchführen. Um eine Übersicht über die Priorisierungsdimensionen und die entsprechenden Werte sowie Gewichtung für die Reklamation zu erhalten, drücken Sie auf die Schaltfläche „Priorisierung“</p>
Zurück Priorisierung	Zurück Priorisierung

Abbildung 20: Informationssondierung_3 der Reklamationen des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Als letzte Erkenntnis der Validierung dieses Schrittes zeigte sich eine enorme Schwachstelle im Hinblick auf die reklamierte Menge und der dazugehörigen Kosten. Auf Grund dessen, dass im Reklamationstext keine Währungsangaben bzw. Angaben zu auftretenden Kosten vorlagen, erkannte der Algorithmus auch keine möglichen Material-, Rückversand-, Nachbearbeitungs- oder sonstige Kosten. Im Gespräch mit den Experten der Organisation aus dem Bereich Stanz- und Umformtechnik stellte sich heraus, dass diese Angaben auch äußerst unüblich sind. Meist werden die Informationen nach Abschluss einer Reklamation erfasst, was wiederum zu der Aussage führt, in einer Weiterentwicklung des Algorithmus auf die Angaben von Kosten zu verzichten. Dies ruft die Fragestellung hervor, ob es überhaupt sinnvoll ist, Kostenangaben zu erfassen, da sich diese im Laufe der Reklamationsabwicklung stets verändern können. Vorgeschlagen wird daher, auf eine Sondierung von Kostenangaben zu verzichten. In Bezug auf die reklamierte Menge hingegen ist diese Information äußerst relevant für die Organisation. Im vorliegenden Reklamationstext wurde die Angabe der reklamierten Menge zwar erkannt, jedoch aufgrund der unpräzisen Formulierung im Text mit „1-2“ nicht ausreichend genau definiert. Demnach musste der Wert von zwei reklamierten Produkten händisch nachgetragen werden. Es empfiehlt sich, dass der Kunde eine eindeutige Angabe zu den Produkten macht, welcher er reklamieren möchte, da andernfalls eine Bewertung des Ausmaßes der nichterfüllten Anforderung kaum möglich ist [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]. Ebenso ist kritisch zu hinterfragen, ob die definierten Strings in Anhang 43 ausreichend sind, um die Vielfalt von Reklamationstexten abzudecken oder ob ein alternativer

Lösungsweg zur Informationssondierung der reklamierten Menge ausgearbeitet werden muss. Aufbauend auf die Auswertung der Reklamation des Produktes KSGD wurde auch eine Auswertung des Produktes SHD durchgeführt.

Reklamation des Produktes SHD:

Die Auswertung der Reklamation des Produktes SHD erfolgte analog zur Auswertung des Produktes KSGD. Im Vergleich zum Reklamationstext des Produktes KSGD lieferte der Reklamationstext des Produktes SHD kaum verwendbare Informationen. Dieser enthielt lediglich eine Information, dass es um das Produkt SHD geht und eine Abwicklung der Reklamation innerhalb von 10 Tagen zu erfolgen hat. Dennoch zeigte sich bereits beim ersten Schritt der Informationssondierung eine Parallele zur ersten Reklamation [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

The image shows two side-by-side panels. The left panel, titled 'Reklamationstext', contains a text area with the following content: 'Sehr geehrter Herr Bn, wir haben eine Reklamation (SHD). Können Sie uns in 10 Tagen Maßnahmen schicken? Mit freundlichen Grüßen, i.A. Jan Kpe WE M: 1114 Mail: jee@o.com'. The right panel, titled 'Informationssondierung', contains a form with the following fields: 'Nachname: Kpe', 'Vorname: Jan', 'Telefonnummer: 1114', 'E-Mail Adresse: jee@o.com', 'Name: WE', 'Nummer: 172', 'Straße: Noe 10', 'Postleitzahl: 52787', 'Ort: Dond', 'Land: Dland', and 'ABC-Einstufung: A'. Red boxes highlight the text in the complaint and the corresponding fields in the form, with red arrows indicating the mapping.

Abbildung 21: Informationssondierung 1 der Reklamationen des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Auch in diesem Fall konnte der Algorithmus durch den Zugriff auf das Kundensystem alle relevanten Informationen, wie in Abbildung 21 verdeutlicht, aus dem Reklamationstext ziehen und diese in die dafür vorgesehenen Felder einpflegen. Die sondierten Informationen waren dabei vollständig und auch korrekt. Demnach ermöglichte der Algorithmus auch an dieser Stelle eine solide Sondierung. Dennoch zeigte sich bereits beim zweiten Schritt der Sondierung ein ähnliches Bild wie bei der Reklamation des Produktes KSGD. Erneut erkannte der Algorithmus keine Produktinformationen, sodass eine Sondierung ausblieb. Trotz der Angabe, dass es sich um die Reklamation des Produktes SHD handelt, konnte der Algorithmus kein Produkt erkennen. Erst nach Angabe der Auftragsnummer ermöglichte der Algorithmus auch hier eine vollständige und korrekte Erfassung aller relevanten Reklamationsinformationen. Es zeigt sich erneut, dass es demnach notwendig ist, eine weitere Schleife zu programmieren, welche auch die Produktnummer und den Produktnamen erkennt. Es ist jedoch an dieser Stelle anzumerken, dass der Reklamationstext auch für die Erstellung eines gewöhnlichen 8D-Reports unzureichend ist. Demnach müsste, unabhängig vom Einsatz eines Algorithmus, definitiv eine Rücksprache mit dem Ansprechpartner des Kunden erfolgen [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]. Mit dem zweiten Schritt der Informationssondierung zeigte sich, wie in Abbildung 22 veranschaulicht, dass der Algorithmus das Fälligkeitsdatum

anders als bei der Reklamation des KSGD aufgrund der Anzahl der Bearbeitungstage berechnen konnte [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

The image shows two side-by-side screenshots of a web form titled 'Informationssondierung' for product SHD. Both screenshots have an ID of 2 and a 'Hilfe' button. The instruction reads: 'Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:'.
 The left screenshot shows the 'Rahmeninformationen' section with fields for 'Eingang' (10.05.2019), 'Art' (Extern), 'Anzahl der Wdh.' (red error: 'Es ist noch keine Anforderung ausgewählt'), and 'Fälligkeitsdatum' (20.05.2019). Below is the 'Auftragsinformationen' section with multiple red error messages: 'Sondierung hat kein Ergebnis geliefert, bitte Auswahl treffen oder eingeben!' for 'Bezeichnung', 'Nummer', 'Gruppe', 'Charge', 'Zeichnungsnummer', 'Zeichnungsindex', 'Auftragsnummer', and 'Gelieferte Menge'. At the bottom are 'Zurück' and 'Weiter' buttons.
 The right screenshot shows the same form but with the error messages removed. The 'Auftragsinformationen' section now has blue input fields: 'Bezeichnung' (SHD), 'Nummer' (21), 'Gruppe' (Ppe), 'Charge' (237), 'Zeichnungsnummer' (300), 'Zeichnungsindex' (001), 'Auftragsnummer' (34, highlighted with a red box), and 'Gelieferte Menge' (251). At the bottom are 'Zurück' and 'Weiter' buttons.

Abbildung 22: Informationssondierung_2 der Reklamationen des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Im letzten Schritt der Informationssondierung, welche in Abbildung 23 dargelegt ist, zeigte der Algorithmus ein gleiches Ergebnis zur Reklamation des Produktes KSGD. Es fehlten erneut Angaben zu Kosten und eine eindeutige Zuweisung der nichterfüllten Anforderung musste manuell erfolgen. Ebenso musste die reklamierte Menge durch den Anwender eingetragen werden. Die Erkenntnisse, diese Probleme zu lösen, wurden bereits in der vorangegangenen Reklamation angesprochen und werden daher nicht nochmal aufgeführt [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

The image shows two side-by-side screenshots of a web form titled 'Informationssondierung' for product SHD. Both screenshots have an ID of 2 and a 'Hilfe' button. The instruction reads: 'Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:'.
 The left screenshot shows the 'Fehlerinformationen' section with fields for 'Nichterfüllte Anforderung' (A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein), 'Fehlerart' (Dokumentenfehler), and 'Fehlerbedeutung' (Hoch - Funktionsfähigkeit des Produktes stark eingeschränkt bzw. Ausfall von Funktionen, die zur Verwendung notwendig sind. Seltener Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich). Below is the 'Fehlerumfangsinformationen' section with red error messages for 'Reklamierte Menge', 'Materialkosten', 'Rückversandkosten', 'Nachbearbeitungskosten', and 'Sonstige Kosten'. At the bottom are 'Zurück' and 'Priorisierung' buttons.
 The right screenshot shows the same form but with the error messages removed. The 'Fehlerinformationen' section has blue input fields: 'Nichterfüllte Anforderung' (A9.1 (SHD): KSR eingesetzt), 'Fehlerart' (Montagefehler), and 'Fehlerbedeutung' (Hoch - Funktionsfähigkeit des Produktes stark eingeschränkt bzw. Ausfall von Funktionen, die zur Verwendung notwendig sind. Seltener Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich). The 'Fehlerumfangsinformationen' section has blue input fields: 'Reklamierte Menge' (2, highlighted with a red box), 'Materialkosten' (0), 'Rückversandkosten' (0), 'Nachbearbeitungskosten' (0), and 'Sonstige Kosten' (0). At the bottom are 'Zurück' and 'Priorisierung' buttons.
 Red arrows point from the corresponding fields in the left screenshot to the right screenshot, indicating the transition from error state to data entry.

Abbildung 23: Informationssondierung_3 der Reklamationen des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Nachdem die Validierung der Informationssondierung anhand beider Reklamationen durchgeführt wurde, konnte der nächste Prozess des Algorithmus, die sogenannte Priorisierung hinsichtlich der Qualität der berechneten Priorität, erprobt werden [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

6.1.3 Priorisierung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD



Die Untersuchung hinsichtlich der Sinnhaftigkeit der Priorisierung wurde ebenfalls anhand der zwei bereits vorgestellten Reklamationen durchgeführt. Diese Ergebnisse sind nachfolgend dargelegt.

Dazu wurden die aus den Schritten der Informationssondierung generierten, relevanten Reklamationsinformationen als Grundlage für die Priorisierung herangezogen. Welche Reklamationsinformationen für welche Dimensionen genutzt wurden, ist bereits in den **Kapiteln 5.1.2** und **5.2.2** ausführlich behandelt worden und wird nachfolgend nicht nochmal ausgeführt.

Im Hinblick auf das Industriebeispiel und den zwei zur Verfügung gestellten Reklamationen der Produkte KSGD und SHD zeigt sich das in der Abbildung 24 veranschaulichte Ergebnis.

Priorisierung		ID: 2	Hilfe
Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen: Die Priorisierung Ihrer Reklamation erfolgt auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen. Sie umfasst zum einen die Ableitung der Werte von neun verschiedenen Priorisierungsdimensionen und zum anderen die Berechnung der unternehmensspezifischen Gewichtung für jede einzelne Dimension.			
Dimensionen:	Werte:	Gewichtungen:	
D1: Einstufung des Kunden:	5,50	5,50	
D2: Datumsinformationen:	1,00	5,50	
D3: Anteil reklamierter Produkte:	1,00	5,50	
D4: Wiederholung:	5,50	5,50	
D5: Fehlerart:	5,50	5,50	
D6: Fehlerbedeutung:	5,50	5,50	
D7: Produktumsatz:	10,00	5,50	
D8: Fehlerhistorie:	10,00	5,50	
D9: Kostenanteil:	10,00	5,50	
Nachfolgend bekommen Sie den Priorisierungswert für den von Ihnen eingetragenen Reklamationswert. Bedenken Sie, dass die Priorisierung vollständig objektiv, anhand der sondierten Informationen erfolgt ist. Sollten Sie eine Anpassung der Werte vornehmen wollen, müssen Sie individuell entweder den Wert oder die Gewichtung anpassen. Bedenken Sie, dass eine subjektive Anpassung das Endergebnis massiv beeinflussen kann.			
Priorisierung von Reklamationen:			
Priorität:	297,0	Hohe Priorität	
Zurück	Weiter		

Priorisierung		ID: 3	Hilfe
Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen: Die Priorisierung Ihrer Reklamation erfolgt auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen. Sie umfasst zum einen die Ableitung der Werte von neun verschiedenen Priorisierungsdimensionen und zum anderen die Berechnung der unternehmensspezifischen Gewichtung für jede einzelne Dimension.			
Dimensionen:	Werte:	Gewichtungen:	
D1: Einstufung des Kunden:	5,50	5,50	
D2: Datumsinformationen:	10,00	5,50	
D3: Anteil reklamierter Produkte:	10,00	5,50	
D4: Wiederholung:	5,50	5,50	
D5: Fehlerart:	5,50	5,50	
D6: Fehlerbedeutung:	5,50	5,50	
D7: Produktumsatz:	1,00	5,50	
D8: Fehlerhistorie:	1,00	5,50	
D9: Kostenanteil:	1,00	5,50	
Nachfolgend bekommen Sie den Priorisierungswert für den von Ihnen eingetragenen Reklamationswert. Bedenken Sie, dass die Priorisierung vollständig objektiv, anhand der sondierten Informationen erfolgt ist. Sollten Sie eine Anpassung der Werte vornehmen wollen, müssen Sie individuell entweder den Wert oder die Gewichtung anpassen. Bedenken Sie, dass eine subjektive Anpassung das Endergebnis massiv beeinflussen kann.			
Priorisierung von Reklamationen:			
Priorität:	247,5	Geringe Priorität	
Zurück	Weiter		

Abbildung 24: Priorisierung der Reklamationen der Produkte KSGD (links) und SHD (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Es ist ersichtlich, dass der Algorithmus für beide Produkte eine Priorität berechnen konnte. Um nun herausstellen zu können, ob diese Priorität auch der Einschätzung des Unternehmens entspricht, wurde ein Gespräch mit den Mitarbeitern des Reklamationsmanagements über die jeweilige Relevanz der Reklamationen geführt. Dabei konnte herausgestellt werden, dass im **direkten Vergleich** beider Reklamationen, die des KSGD mit einer „hohen Priorität“ und die der SHD mit einer „geringen Priorität“ einzustufen ist. Somit konnte der Algorithmus auch diese Einschätzung mit einem Ergebnis von 297,0 für den KSGD und einem Ergebnis von 247,5 für die SHD korrekt einschätzen. Im nächsten Schritt galt es, manuell zu überprüfen, ob die quantitativen Werte zum einen korrekt sind und zum anderen in die dafür vorgesehenen Felder eingefügt wurden. Dafür ist jeder einzelne Wert, anhand der zuvor sondierten Reklamationsinformationen, manuell berechnet worden. Es wurde festgestellt, dass die einzelnen Ergebnisse, wie im theoretischen Konzept vorgesehen, berechnet wurden. Selbst bei gleichen Reklama-

tionsinformationen unterschiedlicher Reklamationen bewertete der Algorithmus die beiden Reklamationen im Hinblick auf deren Priorität identisch. Insgesamt veranschaulichte die Validierung der Priorisierung somit, dass der Algorithmus durchaus in der Lage dazu ist, Reklamationen unternehmensspezifisch zu priorisieren und auch die Sichtweise des Unternehmens, zumindest für dieses Industriebeispiel, widerzuspiegeln [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]. Dennoch stellten sich auch Verbesserungspotentiale durch die Zusammenarbeit mit dem Unternehmen heraus. Zum einen wiesen diese daraufhin, dass bei der ersten Dimension „Einstufung des Kunden“ nicht nur die Kunden, welche den größten Umsatz für die Organisation liefern, Berücksichtigung finden sollten. Vielmehr sollte auch die Häufigkeit und Beständigkeit des Einkaufs durch den Kunden in die Priorisierung implementiert werden. Ergänzend dazu wurde bei der dritten Dimension „Anteil reklamierter Produkte“ darauf hingewiesen, dass nicht nur Produkte, sondern auch Meterware reklamiert werden kann. Demnach scheint es sinnvoll, nicht nur den Anteil fehlerhafter Produkte zu berechnen, sondern auch den allgemeinen fehlerbehafteten Anteil zu berücksichtigen. Ein letztes Verbesserungspotential wurde bei der zweiten Dimension „Datumsinformationen“ erkannt. Es wurde angesprochen, dass der Algorithmus bei der Berechnung eines negativen Wertes für die zweite Dimension, bspw. wenn das Fälligkeitsdatum in der Vergangenheit liegt und die Reklamation noch nicht fertig bearbeitet wurde, stets von einer hohen Priorität und somit von einem maximalen normierten Dimensionswert von 10 ausgehen soll. Nachdem die Validierung der Priorisierung anhand beider Reklamationen durchgeführt wurde, konnte der nächste Prozess des Algorithmus, die sogenannte Fehlerursachenlokalisierung in der Produktion, erprobt werden.

6.1.4 Fehlerursachenlokalisierung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD



Zur Feststellung, ob die angedachte Fehlerursachenlokalisierung in der Produktion auf Grundlage von Reklamationen auch sinnvoll und vor allem zielorientiert ist, wurde diese ebenfalls für beide Reklamationen durchgeführt.

Reklamation des Produktes KSGD:

Bei der Reklamation des Produktes KSGD, wurde die Anforderung **A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35 als nichterfüllte Anforderung** erkannt. Mit diesem Wissen untersuchte der Algorithmus das Produktionssystem des KSGD und führte sehr unterschiedliche, aber mögliche Fehlerursachen in der Anordnung des eDeCoDe-Ansatzes auf.

Fehlerursachenlokalisierung		ID: 2	Hilfe
Nachfolgend wird die Fehlerursache im Produktionssystem lokalisiert, sodass darauf aufbauend eine Lösungsfindung vollzogen werden kann. Bitte überprüfen Sie nochmalig, ob es sich bei der sondierten, nichterfüllten Anforderung auch um die nichterfüllte Anforderung aus der Reklamation handelt.			
Nichterfüllte Anforderung:	A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35		
Anforderungen:	A9 (KSGD): Lagetoleranz muss in Ordnung sein		
Komponenten:	K4: Ea Ee K1: Ef K2: Ef St K5: Wg KSGD		
Prozesse:	P5.1 (KSGD): Fr In + Vn P7 (KSGD): 100 % Ke		
Personen:	Pe5 (KSGD): Br 'Sn Pe8 (KSGD): Mr '100 % Ke		
Zurück		Weiter	

Abbildung 25: Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Diese Fehlerursachen werden in Abbildung 25 aufgelistet. Es ist dargestellt, dass der Algorithmus die Fehlerursache unter anderem bei vier Komponenten, darunter K1: Ef (Maschine), K2: Ef St (Maschine), K4: Ea Ee (Maschine) oder K5: Wg KSGD (Werkzeug), vermutet. Ebenso listet er zwei Prozesse, P5.1 (KSGD): Fr In + Vn (Herstellung) und P5.2: 100 % Ke (Prüfung) auf, in denen die Anforderung hätte erfüllt werden sollen. Weitere Fehlerursachen vermutet der Algorithmus bei zwei Personen, sowohl der Pe5: Br 'Sn (Bediener) als auch der Pe8: Mr '100% Ke (Prüfer). Im Hinblick auf die Anforderungen zeigt der Algorithmus lediglich die Anforderungen auf, welche der Ebenheit übergeordnet sind. Demnach kann diese nicht als Fehlerursache identifiziert werden [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Um darlegen zu können, ob der Algorithmus sinnvolle Ergebnisse im Rahmen der Fehlerursachenlokalisierung liefert, wurden sowohl Mitarbeiter des Reklamationsmanagements als auch Verantwortliche der Produktion zu Rate gezogen. Bei diesem Gespräch konnte herausgearbeitet werden, dass die angezeigten Fehlerursachen zwar durchaus zur Nichterfüllung der Anforderung der Ebenheit geführt haben könnten, diese jedoch nicht die tatsächliche Fehlerursache abbilden. Hintergrund dessen ist, dass der Algorithmus zu diesem Zeitpunkt nur Fehlerursachen identifiziert, welche zur **Realisierung einer Anforderung beitragen**. Dies ist jedoch dann problematisch, wenn es sich um sehr fallspezifische Fehlerursachen handelt, welche nicht in direkter Wechselbeziehung zur Anforderung stehen. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, schlugen die Mitarbeiter des Unternehmens vor, auch die Systemelemente in Betracht zu ziehen, welche eine **Veränderung der Anforderung** verursachen können. Diese Veränderung könnte sowohl prospektiv (z.B. durch den Prozess der Wärmebehandlung) als auch retrospektiv (z.B. durch den Prozess der Nachbearbeitung) Einfluss auf die Anforderungen nehmen. Hilfreich wäre ebenso eine Kopplungsmöglichkeit des Algorithmus mit bestehenden Erkenntnissen, bspw. aus Risikoabschätzungen oder bereits durchgeführten FMEAs.

Diese Erkenntnisse sollte der Algorithmus dazu nutzen, die bestehenden Wechselbeziehungen innerhalb des Produktionssystems zu hinterfragen und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit zu untersuchen. Dennoch zeigte die Auswertung, dass der Algorithmus bereits jetzt großes Potential besitzt, die Komplexität eines Produktionssystems zu beherrschen. Unter Annahme, dass der Algorithmus über diese Möglichkeit bereits bei der Durchführung der Validierung verfügt hätte, wäre der Algorithmus durchaus in der Lage gewesen, die korrekte Fehlerursache zu identifizieren und dem Anwender mitzuteilen. Diese Vermutung wurde durch eine erneute Durchführung der Fehlerursachenlokalisierung nach Anpassung der Wechselbeziehungen mit der Erfassung der Fehlerursache **P6 (KSGD): Gn (Nachbearbeitung)** und **Pe6 (KSGD): Br 'Gn (Bediener)** bestätigt [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Reklamation des Produktes SHD:

Analog zur Reklamation des Produktes KSGD, wurde auch das Produktionssystem des Produktes SHD durch den Algorithmus ausgewertet. In diesem Fall erkannte der Algorithmus, auf Grundlage der **nichterfüllten Anforderung A9.1 (SHD): KSR eingesetzt**, dass der Fehler auf lediglich zwei Fehlerursachen, wie in Abbildung 26 dargestellt, zurückgeführt werden kann.

Fehlerursachenlokalisierung ID: [Hilfe](#)

Nachfolgend wird die Fehlerursache im Produktionssystem lokalisiert, sodass darauf aufbauend eine Lösungsfindung vollzogen werden kann. Bitte überprüfen Sie nochmalig, ob es sich bei der sondierten, nichterfüllten Anforderung auch um die nichterfüllte Anforderung aus der Reklamation handelt.

Nichterfüllte Anforderung:

Anforderungen:

Komponenten:

Prozesse:

Personen:

Enhanced Demand Compliant Design (e-De-Co-De)

[Zurück](#) [Weiter](#)

Abbildung 26: Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Bei der ersten Fehlerursache erkannte der Algorithmus den Prozess P2.1 (SHD): En (Einlegen). Darüber hinaus schließt er auf die Person Pe3 (SHD): Br 'Vn (Bediener), welche ebenfalls als Fehlerursache zu identifizieren war. Im Hinblick auf die erkannte Anforderung zeigte der Algorithmus erneut nur die Anforderung auf, welche der nichterfüllten Anforderung übergeordnet ist. Auch diese ist nicht als Fehlerursache zu verstehen. Gleich dem Gespräch hinsichtlich der Reklamation des KSGD wurde auch die der SHD mit den Mitarbeitern des Reklamationsmanagements und den Verantwortlichen der Produktion gemeinsam abgestimmt. In diesem Gespräch konnte festgehalten werden, dass der Algorithmus exakt die Fehlerursachen lokalisierte, welche zur Nichterfüllung der Anforderung geführt hatten [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Innerhalb weniger Sekunden wies der Algorithmus auf die entsprechenden Fehlerursachen hin und sparte dadurch, im Vergleich zu einer manuellen Fehlerursachenlokalisierung wichtige Ressourcen, wie unter anderem Zeit und Personal, ein. D.h., es konnte mit der Validierung des Algorithmus auf Grundlage der zweiten Reklamation erneut gezeigt werden, welches Potential dieser hat.

Nachdem die Validierung der Fehlerursachenlokalisierung anhand beider Reklamationen durchgeführt wurde, konnte der letzte Prozess des Algorithmus, die sogenannte Lösungsfindung, erprobt werden.

6.1.5 Lösungsfindung der Reklamationen der Produkte SHD und KSGD



Im letzten Prozess des Algorithmus erfolgte die Überprüfung der Lösungsfindung auf Grundlage der aus der Fehlerursachenlokalisierung identifizierten Fehlerursachen innerhalb der Produktionssysteme.

Reklamation des Produktes KSGD:

Bezugnehmend auf die Reklamation des Produktes KSGD wurden, wie bereits angesprochen, die Fehlerursachen **P6 (KSGD): Gn (Nachbearbeitung)** und **Pe6 (KSGD): Br 'Gn (Bediener)** durch den Algorithmus erkannt. Um nun zu untersuchen, wie plausibel diese Aussagen des Algorithmus sind, wurden für diese Fehlerursachen die in **Kapitel 5.1.4** und **5.2.4** aufgezeigten Fehlerursacheninformationen erhoben. Diese Fehlerursacheninformationen werden in der nachfolgenden Abbildung 27 aufgezeigt [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Fehlerursacheninformationen		Hilfe	
Person:	Pe6 (KSGD): Br 'Gn		
Beschreibung:			
Prozess:	P6 (KSGD): Gn		
	IST	SOLL	
Fachlich:	190	200	<input type="checkbox"/> In Ordnung
Methodisch:	200	200	<input checked="" type="checkbox"/> In Ordnung
Persönlich:	370	400	<input type="checkbox"/> In Ordnung
Abbrechen		Handlungshilfen	

Fehlerursacheninformationen		Hilfe
Prozess:	P6 (KSGD): Gn	
Beschreibung:		
Standardisiert?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Proz.-Be. vor. <input checked="" type="checkbox"/> In Ordnung
Freigegeben?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	15.08.2016 <input checked="" type="checkbox"/> In Ordnung
Umgebung beherrscht?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Keine vorhanden <input checked="" type="checkbox"/> In Ordnung
	IST	SOLL
Input Korrekt?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein	120, ... <input type="checkbox"/> In Ordnung
	IST	SOLL
CPK-Wert		<input type="checkbox"/> In Ordnung
Abbrechen		Handlungshilfen

Abbildung 27: Fehlerursacheninformationen der Fehlerursachen Pe6 (KSGD): Br 'Gn (links) und P6 (KSGD): Gn (rechts) der Reklamation des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Anhand der Abbildungen ist ersichtlich, dass einige der Fehlerursacheninformationen als „in Ordnung“ und wiederum andere als „nicht in Ordnung“ gekennzeichnet sind. Beginnend mit den Informationen im Hinblick auf die Fehlerursacheninformationen zu Pe6 (KSGD): Br 'Gn (Bediener) aus Abbildung 27 zeigt sich, dass vor allem die fachlichen und persönlichen Kompetenzen zur Ausübung der Tätigkeit unterschritten sind. Demnach kann es wahrscheinlich sein, dass die Nichterfüllung der Anforderung auf diese Fehlerursache zurückzuführen ist. Unter Betrachtung der Fehlerursacheninformationen zu P6 (KSGD): Gn (Nachbearbeitung) zeigt sich, dass vor allem der Input als „nicht in Ordnung“ gekennzeichnet ist. Dies ist jedoch dadurch zu erklären, dass keine SOLL-Vorgaben für den Input vorlagen und somit auch keine aussagekräftige Auswertung durch den Algorithmus möglich war. Zu hinterfragen ist, ob das Prinzip des Inputabgleichs in dieser Form weiterhin umgesetzt werden sollte oder ob es alternative Überprüfungsmethoden für den jeweiligen Input gibt. Hilfreich wäre die Erzeugung einer Schnittstelle zu verfügbaren Maschinendaten. Diese könnten Hinweise darauf geben, welcher Input angewendet und gefordert wurde. Im Hinblick auf Prozesse, welche durch Personen

ausgeführt werden, wäre eine direkte Abfrage am Arbeitsplatz, bspw. über geeignete Computer-Aided Quality (CAQ) Systeme, ideal. Dies sind jedoch Überlegungen, welche in weiteren Forschungsvorhaben vertieft werden sollten. Neben der fehlenden Angabe zum Input ist auch ersichtlich, dass keine Prozessfähigkeitsindex Werte (cpk) in der Oberfläche hinterlegt sind. Dies ist damit zu begründen, dass die cpk-Werte lediglich anforderungsspezifisch durch das Unternehmen erhoben wurden. Eine Zuweisung des cpk-Werts zum jeweiligen Prozess erfolgt nicht. Für die Zukunft wäre auch hier eine Schnittstelle zu geeigneten CAQ-Systemen äußerst hilfreich, um stets die aktuellsten cpk-Werte in die Bewertung mit einzubeziehen. Bezogen auf die Fehlerursacheninformationen der Personensicht konnte darüber hinaus ein weiteres Anpassungspotential durch die Validierung erkannt werden. Aktuell werden die vorhandenen Kompetenzen nur mit dem Maximalwert der benötigten Kompetenzen verglichen. Hat demnach eine Person nicht die maximale Kompetenz, so wird diese als wahrscheinliche Fehlerursache angesehen. Notwendig wäre es, die Kompetenzen zu staffeln, sodass bspw. eine Person in einem Bereich von 90-100% der benötigten Kompetenzen dennoch als in Ordnung angesehen wird [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]. Anhand der aufgezeigten Fehlerursacheninformationen kann davon ausgegangen werden, dass sowohl der Prozess selbst als auch die Person als Fehlerursache in Frage kommen. Das bedeutet, dass zum einen die Person auf Grundlage der derzeitigen Kompetenzen Schwierigkeiten mit dem entsprechenden Prozess hatte oder der Prozess nicht korrekt ausgeführt wurde. Um jedoch nachfolgende Reklamationen durch das erneute Nichterfüllen der Anforderung zu vermeiden, gilt es im nächsten Schritt, geeignete Handlungshilfen zur Lösungsfindung abzuleiten. Die im Rahmen der Validierung abgeleiteten Handlungshilfen werden in der nachfolgenden Abbildung 28 dargestellt [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Handlungshilfen Hilfe	Handlungshilfen Hilfe
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Personenbezogene Maßnahmen</p> <p style="color: red; font-size: small;">ACHTUNG: Bitte Speichern Sie Ihre Maßnahmen bevor Sie die Kategorie wechseln!</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Regelmäßige Sensibilisierung der Personen</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Unterweisung und Beratung der Personen</p> <p><input type="checkbox"/> Betreuung der Personen durch Vorgesetzte</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Organisatorische Maßnahmen (O)</p> <p style="color: red; font-size: small;">ACHTUNG: Bitte Speichern Sie Ihre Maßnahmen bevor Sie die Kategorie wechseln!</p> <p><input type="checkbox"/> Aus- und Weiterbildungsangebote verbessern</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Standardisierte Verfahrensanweisungen für Prozesse ausarbeiten</p> <p><input type="checkbox"/> Einarbeitung bei neu eingestellten Personen, Personen, welche Vertretung ausüben oder bei Personen in Teilzeit verbessern</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kompetenzen ins Qualitätsmanagementsystem integrieren</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Personengespräche und Coachings planen und durchführen</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Arbeitsklima für die Mitarbeiter durch Zusatzangebote fördern</p> <p><input type="checkbox"/> Personelle Förderung stärker in der Unternehmensphilosophie verankern</p> <p><input type="checkbox"/> Auswahl geeigneter Personen für die Ausführung des Prozesses</p> </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Begründung der Auswahl / Alternative Lösung</p> <p>Begründung</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Begründung der Auswahl / Alternative Lösung</p> <p>Begründung</p> </div>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Zurück Speichern </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Zurück Speichern </div>

Abbildung 28: Handlungshilfen für die Fehlerursache Pe6 (KSGD): Br 'Gn (links) und P6 (KSGD): Gn (rechts) der Reklamation des Produktes KSGD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Anhand der Abbildungen ist zu sehen, dass für die Fehlerursache des Prozesses zum einen die Ausarbeitung einer standardisierten Verfahrensanweisung vorgeschlagen wird. Doch auch im Hinblick auf die Erweiterung der Kompetenzen der Person sind Maßnahmen, wie die Integration der Kompetenzen ins QMS oder Durchführung von Personalgesprächen, vorgesehen. Neben den Maßnahmen für Prozesse sollen auch die Maßnahmen für Personen, darunter die regelmäßige Sensibilisierung oder Unterweisung der Mitarbeiter, zur Vermeidung der erkannten Fehlerursache führen. Ob diese Maßnahmen ihren Zweck erfüllen, kann jedoch erst nach dem nicht erneuten Auftreten der Reklamation bestätigt werden. Fakt ist jedoch, dass der Algorithmus geeignete Handlungshilfen in Form von Maßnahmen zur Verfügung stellt und diese tatsächlich auf die meist sehr spezifischen Fehlerursachen, zumindest für diese Reklamation, angewendet werden können [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Reklamation des Produktes SHD:

Gleich dem Vorgehen bei der Reklamation wurde auch die Lösungsfindung für die Reklamation des Produktes SHD umgesetzt. Rückblickend auf die Fehlerursachenlokalisierung konnte festgehalten werden, dass die Fehlerursachen **Pe3 (SHD): Br 'Vn (Bediener)** und **P2.1 (SHD): En (Einlegen)** sind. Auch für diese Fehlerursachen wurden erneut alle notwendigen Fehlerursacheninformationen, wie in der nachfolgenden Abbildung 29 dargestellt, durch den Algorithmus erhoben [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Abbildung 29 zeigt zwei Screenshot-Aufnahmen von Fehlerursacheninformationen. Das linke Bild zeigt die Informationen für die Fehlerursache Pe3 (SHD): Br 'Vn, das rechte Bild für P2.1 (SHD): En.

Links (Pe3 (SHD): Br 'Vn):

- Person: Pe3 (SHD): Br 'Vn
- Beschreibung:
- Prozess: P2.1 (SHD): En
- Fachlich: IST 90, SOLL 100, In Ordnung
- Methodisch: IST 200, SOLL 200, In Ordnung
- Persönlich: IST 390, SOLL 400, In Ordnung

Rechts (P2.1 (SHD): En):

- Prozess: P2.1 (SHD): En
- Beschreibung:
- Standardisiert? Ja Nein, In Ordnung
- Freigegeben? Ja Nein, 08.01.2018, In Ordnung
- Umgebung beherrscht? Ja Nein, Keine vorhanden, In Ordnung
- Input Korrekt? Ja Nein, IST 122, SOLL ..., In Ordnung
- CPK-Wert: IST, SOLL, In Ordnung

Abbildung 29: Fehlerursacheninformationen der Fehlerursache Pe3 (SHD): Br 'Vn (links) und P2.1 (SHD): En (rechts) der Reklamation des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Die Ergebnisse zeigen ein nahezu identisches Abbild dessen, was auch bereits in der vorherigen Reklamation identifiziert werden konnte, demnach wird nicht noch einmal im Detail auf jede Erkenntnis eingegangen. Auch in diesem Fall werden Kompetenzen für den jeweiligen Prozess nicht durch die Person erfüllt. Demnach ist auch diese, sehr wahrscheinlich, für die Nichterfüllung der Anforderung verantwortlich. Ebenso ist dargestellt, dass erneut keine Erfassung der SOLL-Inputs und cpk-Werte erfolgte. Dies ist auf die fehlenden Informationen, wie es bereits bei der Reklamation des KSGD der Fall war, zurückzuführen [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Um ein erneutes Auftreten des Fehlers zu verhindern, gilt es, nun die entsprechenden Handlungshilfen zur Lösungsfindung abzuleiten. Im Hinblick auf die Fehlerursache Pe3 (SHD): Br 'Vn scheint es sinnvoll, zunächst personenbezogene Maßnahmen einzuleiten, darunter unter anderem die „regelmäßige Sensibilisierung der Personen“. Für die Fehlerursache P2.1 (SHD): En hingegen sollten organisatorische Maßnahmen in Betracht gezogen werden. Unter anderem sind hier erneut „standardisierte Verfahrensanweisungen“ aber auch die „erneute Einarbeitung des Personals“ umzusetzen. An dieser Stelle kann ebenfalls nicht vorhergesagt werden, ob diese Maßnahmen tatsächlich ausreichend sind, um die erkannten Fehlerursachen vollständig abzustellen. Dennoch zeigte sich ein weiteres Mal, dass der Algorithmus durchaus in der Lage ist, dem Anwender eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verfügung zu stellen, um die erkannten Fehlerursachen zu minimieren oder gar zu eliminieren. Welche Maßnahmen für die erkannten Fehlerursachen ausgewählt wurden, wird in der nachfolgenden Abbildung 30 noch einmal zusammenfassend dargestellt [Heinrichsmeyer et al. 2019f; Heinrichsmeyer et al. 2019g].

Abbildung 30 zeigt zwei Screenshot-Aufnahmen von Handlungshilfen für Fehlerursachen. Die linke Seite zeigt die Handlungshilfen für die Fehlerursache Pe3 (SHD): Br 'Vn, die rechte Seite für die Fehlerursache P2.1 (SHD): En.

Handlungshilfen (links): Personenbezogene Maßnahmen. ACHTUNG: Bitte Speichern Sie Ihre Maßnahmen bevor Sie die Kategorie wechseln!

- Personen bei nicht standardisierten Prozessen bspw. über das Vier-Augen-Prinzip überwachen
- Regelmäßige Sensibilisierung der Personen
- Unterweisung der Personen hinsichtlich der Durchführung von Prozessen

Begründung der Auswahl / Alternative Lösung

Begründung

Zurück Speichern

Handlungshilfen (rechts): Organisatorische Maßnahmen (O). ACHTUNG: Bitte Speichern Sie Ihre Maßnahmen bevor Sie die Kategorie wechseln!

- Aus- und Weiterbildungsangebote verbessern
- Standardisierte Verfahrensanweisungen für Prozesse ausarbeiten
- Einarbeitung bei neu eingestellten Personen, Personen, welche Vertretung ausüben oder bei Personen in Teilzeit verbessern
- Kompetenzen ins Qualitätsmanagementsystem integrieren
- Personengespräche und Coachings planen und durchführen
- Arbeitsklima für die Mitarbeiter durch Zusatzangebote fördern
- Personelle Förderung stärker in der Unternehmensphilosophie verankern
- Auswahl geeigneter Personen für die Ausführung des Prozesses

Begründung der Auswahl / Alternative Lösung

Begründung

Zurück Speichern

Abbildung 30: Handlungshilfen für die Fehlerursache Pe3 (SHD): Br 'Vn (links) und P2.1 (SHD): En (rechts) der Reklamation des Produktes SHD in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g; Heinrichsmeyer et al. 2019h]

6.1.6 Zusammenfassung der Erkenntnisse der ersten Validierung

Damit die Ergebnisse der ersten Validierung so transparent wie möglich sind, werden diese noch einmal kurz in Anhang 99 bis Anhang 103 zusammengefasst. Dies bietet einen gesamten Überblick, welcher für die Ableitung von Verbesserungspotentialen (VP) des Algorithmus genutzt werden kann. Bei dieser Auflistung werden die aktuellen Nachteile mit (-) und die aktuellen Vorteile mit (+) gekennzeichnet.

Das zusammenfassende Ergebnis zeigt, dass der Algorithmus durchaus noch Verbesserungspotentiale hat. Dennoch zeigt es auch auf, dass bereits zum jetzigen Zeitpunkt ein enormes Potential in der automatisierten Fehlerursachensuche und Lösungsfindung durch den Algorithmus liegt. Um nun auch die Auswirkung von Reklamationstexten unterschiedlicher Qualität bewerten zu können, wurde ein weiteres Unternehmen zur Validierung akquiriert. Die daraus erzeugten Ergebnisse sind im nächsten Abschnitt aufbereitet.

6.2 Validierung 2: Industriebeispiel im Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung

Die zweite Validierung erfolgte an einem Industriebeispiel im Bereich der **Präzisionszerspannung & Kaltumformung** und zieht ebenfalls den **ersten Prototypen des Algorithmus**, welcher in **Kapitel 5** ausführlich vorgestellt wurde, ohne die Verbesserungspotentiale aus Validierungsbeispiel 1 aus **Kapitel 6.1.6**, heran. Dadurch werden die Verbesserungspotentiale aus der ersten Validierung nicht einfach direkt umgesetzt, sondern mit der zweiten Validierung noch einmal hinterfragt, bestätigt oder verworfen. Der Bereich der Präzisionszerspannung & Kaltumformung dient unter anderem der Herstellung von Zerspanungs- und Kaltumformungsteilen, darunter bspw. Wellen oder Spindeln, welche vorrangig für die Automobilindustrie gefertigt werden. Dieses Industriebeispiel ist insofern sehr interessant, als dass in diesem Fall Reklamationen betrachtet werden können, deren Abwicklung meist den hohen Standards der Automobilhersteller entsprechen müssen. Dies zeigt, ob der Algorithmus diese Standards ebenfalls erfüllen kann. Analog zum ersten Validierungsbeispiel muss zur Auswertung durch den Algorithmus zunächst eine solide Informationsgrundlage geschaffen werden. Auch in diesem Fall wird daher zunächst darauf eingegangen, welche Informationen für die Auswertung herangezogen wurden. Daraufaufgehend werden die Auswertungsergebnisse präsentiert.

6.2.1 Vorbereitung der Validierung

Gleich der Vorbereitung der Validierung für das erste Industriebeispiel erfolgte die Vorbereitung der Validierung im Rahmen von drei Schritten. Da diese Schritte bereits in **Kapitel 6.1.1 ausführlich erläutert** sind, wird nachfolgend nur kurz das Ergebnis dieser drei Schritte vorgestellt. Im Fall des zweiten Industriebeispiels wurden ebenfalls ein Kunden-, Produktportfolio- und Auftragssystem angelegt. Der Hintergrund war, dass auch das zweite Unternehmen sehr unterschiedliche Informationssysteme verwendete, wodurch eine Nachbildung der Systeme über Tabellenblätter zur Vermeidung der Schnittstellenproblematik als sinnvoll angesehen wurde. Das Ergebnis der Nachbildung wird in den Anhängen 44 (**Kundensystem**), 45 (**Produktportfoliosystem**) und 46 (**Auftragssystem**) für die nachfolgend ausgewertete Reklamation dargestellt. Erneut ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass zur praktischen Umsetzung des Algorithmus in der Industrie genau solch eine Schnittstelle zu den bestehenden Informationssystemen des jeweiligen Unternehmens durch Softwareentwickler hergestellt werden müsste. Aufbauend auf die nachgebildeten Informationssysteme, galt es, ebenso das soziotechnische Produktionssystem mit dem in **Kapitel 2.3.3** vorgestellten eDeCoDe-Ansatz, zu modellieren. Neben der Heranziehung vorliegender **Dokumente** (z.B. technische Zeichnungen, Prüfpläne) und Durchführung von **Gesprächen mit den jeweiligen Prozessverantwortlichen** sowie **Begehungen** bot sich bei diesem Industriebeispiel die Möglichkeit, mit dem Fertigungsleiter alle Prozesse für das reklamierte Produkt Schritt für Schritt durchzugehen und diese in enger Zusammenarbeit mit den jeweiligen Anforderungen, Komponenten, Funktionen und Personen zu verknüpfen. Dies trug nicht nur zum besseren Verständnis hinsichtlich der Wechselbeziehungen innerhalb des Unternehmens bei, sondern zeigte auch, dass seitens des Unternehmens großes Interesse an der Durchführung bestand. Die Wechselbeziehungen der Elemente wurden erneut über Design Structure und Domain Mapping Matrizen in Relation zueinander gesetzt. Im Ergebnis der Zusammenarbeit stand ein Produktionssystem, welches insgesamt **69 Anforderungen** (Anhang 75) an ein nachfolgend vorgestelltes, reklamiertes Produkt, **21 Funktionen** (Anhang 76), **22 Prozesse** (Anhang 77) / **25 Inputs** (Anhang 94) / **11 Outputs** (Anhang 95) sowie **11 Komponenten** (Anhang 78) und **9 beteiligte Personen** (Anhang 79) umfasste. Alle weiteren Ergebnisse, im Hinblick auf die bestehenden Wechselbeziehungen zwischen den Systemelementen, sind ebenfalls in Anhang 80 bis Anhang 96 hinterlegt

und werden an dieser Stelle nicht noch einmal aufgeführt. Aufbauend auf der Ausarbeitung des Produktionssystems wurden im letzten Schritt der Vorbereitung der Validierung noch die Zusammenhänge zwischen den erhobenen Anforderungen und den ausgearbeiteten Fehlerarten sowie Fehlerbedeutungen, wie bereits in **Kapitel 6.1.1** beschrieben, erfasst. Diese wurden ebenfalls unter Nutzung von Dokumenten (z.B. FMEA) und im Gespräch mit den Experten des Unternehmens (z.B. Produktion / Reklamationsmanagement) hergestellt. Die erarbeiteten Ergebnisse werden in Anhang 97 (**Fehlerart**) und Anhang 98 (**Fehlerbedeutung**) zur Verfügung gestellt. Mit dem Abschluss der Vorbereitung der Validierung, konnte darauffolgend die zweite Validierung des FusLa anhand des Industriebeispiels im Bereich der Präzisionszer-spanung & Kaltumformung durchgeführt werden. Die Basis für die Validierung bot eine sehr umfangreiche Reklamation eines Kunden. Der Vorteil der sehr detaillierten Reklamation, ist die Möglichkeit eines direkten Vergleichs mit den bereits ausgewerteten und weniger detaillierten Reklamationstexten aus der ersten Validierung. Hintergrund dessen ist, dass mit diesem direkten Vergleich untersucht werden kann, wie sich die unterschiedliche Qualität von Reklamationstexten auf die Ergebnisse des FusLa auswirkt. Damit die Auswertung transparent dargestellt werden kann, ist nachfolgend zunächst die Reklamation des Kunden an das Unternehmen veranschaulicht. Bei der Reklamation im Falle des Unternehmens für Präzisionszer-spanung & Kaltumformung stand eine nichterfüllte Anforderung des Produktes SGW im Fokus. Das Produkt SGW wird in der Regel in Personenkräftfahrzeugen verbaut und ist eine sicherheitskritische Komponente. Demnach ist die Erfüllung aller Anforderungen umso wichtiger. Um diese Reklamation durch den Kunden auswerten zu können, musste der vorliegende Reklamationstext zunächst in die dafür vorgesehene Oberfläche überführt werden. Auch für diesen Fall lag der Reklamationstext in digitaler Form vor, sodass eine Überführung innerhalb weniger Sekunden möglich war. Wie der Reklamationstext aufgebaut ist, kann der nachfolgenden Abbildung 31 entnommen werden [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Reklamationstext
Hilfe

Bitte fügen Sie in dem dafür vorgesehenen Feld den Reklamationstext des Kunden ein und drücken Sie daran anschließend auf "Informationssondierung". Der Algorithmus wird dann, entsprechend des Reklamationstextes, alle zur Bearbeitung notwendigen Informationen aus den zur Verfügung stehenden Informationssystemen zur Verfügung stellen.

Bitte hier den Reklamationstext einfügen:

ET: Mge 54 - incl. Anhang, Gdt, Sne, Gesendet 12.07.2018 14:36
 Sehr geehrter Herr Ln, anbei erhalten Sie eine Mge zu unserem Bil 9108 – SGW Links. Die betroffene Cge lässt sich nicht in unserer Anlage verarbeiten. Bei weiteren Fragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung. / In case of any further questions, please do not hesitate to contact us. Mit freundlichen Grüßen / Best regards
 i. A. Sne Gdt, phone: +45 22 - 41, e-mail: Sdt@et.com

Anhang: ET:GH, Grd 4, 97 Tch-Drz
 Lieferdaten: Material 9108, Bezeichn.: SGW, Fertigungsauftrag: S0431, Bestell - Nr.:
 Liefermenge: 4.000 Stück, Fehlermenge: 4.000, Lieferschein: 3437
 Sehr geehrte Damen und Herren, vorstehend bezeichnete Ware ist bei uns eingegangen. Bei der am 12.07.2018 durchgeführten Wareneingangsoder Fertigungskontrolle sind folgende Mängel festgestellt worden: Fehlerbeschreibung: Fm- und Lang Fehlerort: Gde SGW lassen sich in der Maschine nicht verarbeiten. Als Sofortmaßnahmen erwarten wir unverzüglich: suspekte Charge wurde von der Maschine genommen, Charge wurde gesperrt S0431 - 3984 Stück, 5 Stück der 11 geprüften Muttren senden wir Ihnen mit der Post zu. Bitte um Angabe Ihrer Paketdienstkundennummer. Bei Annahme unter Vorbehalt oder bei Nacharbeit durch ET wird die Ware als nicht vertragsgemäß akzeptiert. Auch wenn wir die Ware vorläufig nicht zurücksenden oder weiterverarbeiten gilt sie damit nicht als genehmigt, solche tatsächlichen Handlungen sind nicht als Indiz für eine Unerheblichkeit des festgestellten Sachmangels zu werten. Wir geben keine Erklärung zur Abnahme ab. Mündliche Erklärungen dieser Art durch unsere Mitarbeiter sind nur dann verbindlich, wenn sie unverzüglich schriftlich bestätigt werden. Die Kosten in Höhe von€ für Sofortmaßnahmen haben Sie zu tragen. Sofern Sie den geforderten Sofortmaßnahmen nicht nachkommen, werden wir diese Maßnahmen zu Ihren Lasten selbst ausführen oder ausführen lassen.

Wir erwarten Ihre Stellungnahme innerhalb von 1 Arbeitstag.

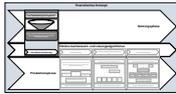
Zurück
Informationssondierung

Abbildung 31: Reklamationstext des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Es ist ersichtlich, dass der Reklamationstext weitaus umfangreicher und qualitativ hochwertiger ist, als die bislang ausgewerteten Reklamationstexte des ersten Industriebeispiels. In dem Reklamationstext finden sich unter anderem Angaben darüber, welches Produkt betroffen ist, um welche Liefer- und Fehlermenge es sich handelt und welche Mängel an dem Produkt festgestellt wurden. Außerdem werden Informationen im Hinblick auf die Auftragsnummer oder gar Charge mitgeteilt. Weiterhin sind Informationen hinsichtlich einer Frist für eine Stellungnahme dokumentiert. Lediglich eine Angabe zu Kosten, welche aufgrund durchzuführender Sofortmaßnahmen anfallen können, werden nicht durch den Kunden an das Unternehmen übermittelt [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Ob die hohe Qualität des Reklamationstextes einen entscheidenden Einfluss auf die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung durch den Algorithmus hat, wird nachfolgend über das Durchlaufen aller vier Prozesse des Algorithmus für die vorliegende Reklamation des Produktes SGW, dargestellt.

6.2.2 Informationssondierung der Reklamation des Produktes SGW



Beginnend mit dem ersten Prozess des Algorithmus, der Informationssondierung, wurde zunächst untersucht, ob der Algorithmus alle Informationen im Hinblick auf den Ansprechpartner und Organisation des Kunden sondieren kann.

Bezugnehmend auf die Reklamation des Produktes SGW zeigt der erste Schritt der Informationssondierung, dass der Algorithmus durchaus in der Lage ist, alle notwendigen Ansprechpartnerinformationen und Informationen zur Organisation des Kunden zu sondieren. Auf Grundlage des zur Verfügung stehenden Reklamationstextes erkannte der Algorithmus nicht nur den Vor- und Nachnamen des Kunden und überführte diese in die dafür vorgesehenen Felder der Oberfläche Informationssondierung_1. Dem Algorithmus war es ebenso möglich, auch die Organisation des Kunden anhand des Kundennamens und der Kundenadresse zu identifizieren. Mit Hilfe dieser Informationen vervollständigte der Algorithmus die weiteren Felder innerhalb der Oberfläche und trug somit bereits im ersten Schritt zur effektiven Erfassung aller relevanten Reklamationsinformationen innerhalb des Reklamationstextes bei. Das Ergebnis des ersten Schrittes der Informationssondierung kann der nachfolgenden Abbildung 32 entnommen werden [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Reklamationstext	Hilfe	Informationssondierung	ID: 2	Hilfe
<p>Bitte fügen Sie in dem dafür vorgesehenen Feld den Reklamationstext des Kunden ein und drücken Sie daran anschließend auf "Informationssondierung". Der Algorithmus wird dann, entsprechend des Reklamationstextes, alle zur Bearbeitung notwendigen Informationen aus den zur Verfügung stehenden Informationssystemen zur bereitstellen.</p> <p>Bitte hier den Reklamationstext einfügen:</p> <p>ET: Mge 54 - incl. Anhang [Gdt, Sne] Gesendet: 12.07.2018 14:30 Sehr geehrter Herr Ln, anbei erhalten Sie eine Mge zu unserem Bil 9108 – SGW Links. Die betroffene Cge lässt sich nicht in unserer Anlage verarbeiten. Bei weiteren Fragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung. / In case of any further questions, please do not hesitate to contact us. Mit freundlichen Grüßen / Best regards i. A. Sne Gdt, phone: +45 22 - 41, e-mail: Sdt@et.com</p> <p>Anhang: ET GH, Grd 4, 97 Tch-Drz Lieferdaten:Material 9108, Bezeichn.: SGW, Fertigungsauftrag: S0431, Bestell - Nr., Liefermenge: 4.000 Stück, Fehlermenge: 4.000, Lieferschein: 3437 Sehr geehrte Damen und Herren, vorstehend bezeichnete Ware ist bei uns eingegangen. Bei der am 12.07.2018 durchgeführten Wareneingangskontrolle sind folgende Mängel festgestellt worden: Fehlerbeschreibung: Fm- und Lang Fehlerort: Gde SGW lassen sich in der Maschine nicht verarbeiten. Als Sofortmaßnahmen erwarten wir unverzüglich: suspekt Charge wurde von der Maschine genommen, Charge wurde gesperrt 30431 - 3984 Stück, 5 Stück der 11 geprüften Muttern senden wir Ihnen mit der Post zu. Bitte um Angabe Ihrer Paketdienstkundennummer. Bei Annahme unter Vorbehalt oder bei Nacharbeit durch ET wird die Ware als nicht vertragsgemäß akzeptiert. Auch wenn wir die Ware vorläufig nicht zurücksenden oder weiterverarbeiten gilt sie damit nicht als genehmigt, solche tatsächlichen Handlungen sind nicht als Indiz für eine Unerheblichkeit des festgestellten Sachmangels zu werten. Wir geben keine Erklärung zur Abnahme ab. Mündliche Erklärungen dieser Art durch unsere Mitarbeiter sind nur dann verbindlich, wenn sie unverzüglich schriftlich bestätigt werden. Die Kosten in Höhe von€ für Sofortmaßnahmen haben Sie zu tragen. Sofern Sie den geforderten Sofortmaßnahmen nicht nachkommen, werden wir diese Maßnahmen zu Ihren Lasten selbst ausführen oder ausführen lassen.</p> <p>Wir erwarten Ihre Stellungnahme innerhalb von 1 Arbeitstag.</p>		<p>Bitte überprüfen Sie nochmal alle Informationen bearbeiten Sie diese gegebenenfalls. Bedenken Sie, dass wenn Sie eine Änderung an den Informationen vornehmen, diese auch in den Datenbanken verändert werden!</p> <p>Hinweis: Sollte der Algorithmus mehrere Informationen zu einem Reiter gefunden haben, wird Ihnen dies wie folgt angezeigt: [blau]. Wählen Sie dann die entsprechende Information aus. Findet der Algorithmus keine Informationen, zeigt er es so an [rot] und, es muss eine manuelle Eingabe erfolgen.</p>		
		<p>Informationen zum Ansprechpartner des externen Kunden:</p> <p>Nachname: Gdt</p> <p>Vorname: Sne</p> <p>Telefonnummer: +45 22 - 41</p> <p>E-Mail-Adresse: Sdt@et.com</p>		
		<p>Informationen zur Organisation des externen Kunden:</p> <p>Name: ET GH</p> <p>Nummer: 5370</p> <p>Straße: Grd 4</p> <p>Postleitzahl: 97</p> <p>Ort: Tch-Drz</p> <p>Land: Dland</p> <p>ABC-Einstufung: A</p>		
Zurück	Informationssondierung	Zurück		Weiter

Abbildung 32: Informationssondierung_1 der Reklamationen des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Mit dem Abschluss des ersten Schrittes der Informationssondierung wurde der zweite Schritt initiiert. In diesem Schritt zeigte sich, dass der Algorithmus, im direkten Vergleich zu den Reklamationen des ersten Industriebeispiels, durchaus in der Lage ist, alle notwendigen Rahmen- und Auftragsinformationen, wie in Abbildung 33 veranschaulicht, zu sondieren [Heinrichsmeyer et al. 2020].

The image shows two side-by-side panels. The left panel, titled 'Reklamationstext', contains a customer complaint. The right panel, titled 'Informationssondierung', shows a form with fields populated with data extracted from the complaint. Red boxes and arrows indicate the mapping.

Reklamationstext (Left Panel):

Bitte fügen Sie in dem dafür vorgesehenen Feld den Reklamationstext des Kunden ein und drücken Sie daran anschließend auf "Informationssondierung". Der Algorithmus wird dann, entsprechend dem Reklamationstext, alle zur Bearbeitung notwendigen Informationen aus dem zur Verfügung stehenden Informationssystemen bereitstellen.

Bitte hier den Reklamationstext einfügen:

ET: Mge 54 - incl. Anhang, Gdt, Sne, **Gesendet 12.07.2018 14:36**

Sehr geehrter Herr Ln, anbei erhalten Sie eine Mge zu unserem Bil 9108 – SGW Links. Die betroffene Cge lässt sich nicht in unserer Anlage verarbeiten. Bei weiteren Fragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung. / In case of any further questions, please do not hesitate to contact us. Mit freundlichen Grüßen / Best regards

i. A. Sne Gdt, phone: +45 22 - 41, e-mail: Sdt@et.com

Anhang: ET GH, Grd 4, 97 Tch-Drz

Lieferdaten:Material 9108, Bezeichn.: **SGW, Fertigungsauftrag: S0431**, Bestell N...
Liefemenge: 4.000 Stück, Fehlmengenge: 4.000, Lieferschein: 9437

Sehr geehrte Damen und Herren, vorstehend bezeichnete Ware ist bei uns eingegangen. Bei der am 12.07.2018 durchgeführten Wareneingangsoder Fertigungskontrolle sind folgende Mängel festgestellt worden: Fehlerbeschreibung: Fm- und Lang Fehlerort: Cde SGW lassen sich in der Maschine nicht verarbeiten. Als Sofortmaßnahmen erwarten wir unverzüglich: suspekta Charge wurde von der Maschine genommen, Charge wurde gesperrt S0431 - 3984 Stück, 5 Stück der 11 geprüften Muttern senden wir Ihnen mit der Post zu. Bitte um Angabe Ihrer Paketdienstkennnummer.Bei Annahme unter Vorbehalt oder bei Nacharbeit durch ET wird die Ware als nicht vertragsgemäß akzeptiert. Auch wenn wir die Ware vorläufig nicht zurücksenden oder weiterverarbeiten gilt sie damit nicht als genehmigt, solche tatsächlichen Handlungen sind nicht als Indiz für eine Unerheblichkeit des festgestellten Sachmangels zu werten. Wir geben keine Erklärung zur Abnahme ab. Mündliche Erklärungen dieser Art durch unsere Mitarbeiter sind nur dann verbindlich, wenn sie unverzüglich schriftlich bestätigt werden. Die Kosten in Höhe von€ für Sofortmaßnahmen haben Sie zu tragen. Sofern Sie den geforderten Sofortmaßnahmen nicht nachkommen, werden wir diese Maßnahmen zu Ihren Lasten selbst ausführen oder ausführen lassen.

Wir erwarten Ihre Stellungnahme innerhalb von 1 Arbeitstag.

Zurück **Informationssondierung**

Informationssondierung (Right Panel):

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

ID: 2 **Hilfe**

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Rahmeninformationen:

Eingang: 12.07.2018

Art: Extern

Anzahl der Wdh.: **Es ist noch keine Anforderung ausgewählt**

Fälligkeitsdatum: 17.07.2018

Auftragsinformationen:

Bezeichnung: SGW links

Nummer: 9108

Gruppe: Mh. Mer

Charge: S0431

Zeichnungsnummer: 685-05

Zeichnungsindex: 05

Auftragsnummer: S0431

Delieferte Menge: 4000

Zurück **Weiter**

Abbildung 33: Informationssondierung_2 der Reklamationen des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Dies gelang dem Algorithmus, da im Reklamationstext exakt beschrieben war, wann der tatsächliche Eingang der Reklamation erfolgte. Mit dieser Information berechnete der Algorithmus das Fälligkeitsdatum zur Abwicklung der vollständigen Reklamation auf Basis einer vertraglich festgelegten Frist. Neben der Erfassung der Datumsangaben ist es dem Algorithmus ebenfalls möglich gewesen, relevante Reklamationsinformationen im Hinblick auf das Produkt zu erkennen. Nicht nur dessen Bezeichnung sondierte der Algorithmus korrekt, sondern auch dessen Nummer, Gruppe oder Zeichnungsangaben. Durch die Schnittstelle zum Auftragsssystem konnte darüber hinaus die Anzahl der gelieferten Produkte festgestellt und in das dafür vorgesehene Feld in der Oberfläche Informationssondierung_2 eingetragen werden. Eine Optimierungsmöglichkeit der Informationssondierung zeigte die Validierung an dieser Stelle jedoch im Hinblick auf die Anzahl der Wiederholungen. Aufgrund dessen, dass der Algorithmus die Anzahl der Wiederholungen in Bezug zum Produkt und der nichterfüllten Anforderung ermittelt, kann eine Sondierung der Wiederholungen erst dann erfolgen, wenn eine Anforderung erkannt bzw. ausgewählt wurde. Demnach wäre es notwendig, das Feld zur Anzahl der Wiederholungen auf die dritte Oberfläche Informationssondierung_3 zu überführen [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Nachdem der zweite Schritt der Informationssondierung abgeschlossen und ausgewertet wurde, konnte der letzte Schritt eingeleitet werden. In diesem Schritt zeigte sich, trotz der detaillierteren Fehlerbeschreibung innerhalb des Reklamationstextes, dass der Algorithmus nicht exakt zuordnen kann, um welche nichterfüllte Anforderung es sich tatsächlich handelt. Der Algorithmus erkennt zwar das Produkt und weist dadurch dem Feld für die nichterfüllte Anforderung alle erfassten Produkthanforderungen als Auswahlmöglichkeit zu, eine automatisierte Vorgehensweise ist dies jedoch nicht. Weiterhin hat der Anwender, wie in Abbildung 34 dargestellt, manuell auszuwählen, welche Anforderung tatsächlich nicht erfüllt wurde [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Abbildung 34 zeigt zwei Screenshot-Aufnahmen des 'Informationssondierung' Moduls für ein Produkt mit der ID 2. Die linke Seite zeigt die Screenshot-Aufnahme vor der manuellen Auswahl, die rechte Seite zeigt die Aufnahme nach der manuellen Auswahl. Rote Rahmen und Pfeile verdeutlichen die Änderungen.

Linke Seite (Informationssondierung):

- Informationssondierung** ID: 2 [Hilfe](#)
- Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:
- Fehlerinformationen:**
- Nichterfüllte Anforderung:** A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein
- Fehlerart:** Dokumentenfehler
- Fehlerbedeutung:** Hoch - Funktionsfähigkeit des Produktes stark eingeschränkt bzw. Ausfall von Funktionen, die zur Verwendung notwendig sind. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich.
- Fehlerumfangsinformationen:**
- Reklamierte Menge:** 4000
- Materialkosten:** Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €
- Rückversandkosten:** Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €
- Nachbearbeitungskosten:** Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €
- Sonstige Kosten:** Bitte erkannte Kosten auswählen oder manuell eingeben €
- Sollten alle sondierten Informationen entsprechend den vorgegebenen Feldern durch den Algorithmus eingetragen worden sein, können Sie im nachfolgenden Schritt eine Priorisierung der Reklamation durchführen. Um eine Übersicht über die Priorisierungsdimensionen und die entsprechenden Werte sowie Gewichtung für die Reklamation zu erhalten, drücken Sie auf die Schaltfläche „Priorisierung“
- [Zurück](#) [Priorisierung](#)

Rechte Seite (Informationssondierung):

- Informationssondierung** ID: 2 [Hilfe](#)
- Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:
- Fehlerinformationen:**
- Nichterfüllte Anforderung:** A7.1 (SGW): Lpng (Len-Nr.: S) für Ide
- Fehlerart:** Maßfehler
- Fehlerbedeutung:** Hoch - Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Hauptfunktion. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich.
- Fehlerumfangsinformationen:**
- Reklamierte Menge:** 4000
- Materialkosten:** 0 €
- Rückversandkosten:** 0 €
- Nachbearbeitungskosten:** 0 €
- Sonstige Kosten:** 0 €
- Sollten alle sondierten Informationen entsprechend den vorgegebenen Feldern durch den Algorithmus eingetragen worden sein, können Sie im nachfolgenden Schritt eine Priorisierung der Reklamation durchführen. Um eine Übersicht über die Priorisierungsdimensionen und die entsprechenden Werte sowie Gewichtung für die Reklamation zu erhalten, drücken Sie auf die Schaltfläche „Priorisierung“
- [Zurück](#) [Priorisierung](#)

Abbildung 34: Informationssondierung_3 der Reklamationen des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Der Hintergrund dieser Problematik lässt sich auf die fehlende Vereinheitlichung von Anforderungen zurückführen. Anforderungen werden zwar oftmals in technischen Zeichnungen oder in Pflichtenheften einheitlich und standardisiert dokumentiert. Eine Berücksichtigung dieser standardisierten Anforderungen im Reklamationstext bleibt jedoch meist aus. Dadurch wird es umso schwerer für den Algorithmus, exakt die Anforderung auszuwählen, welche tatsächlich als Reklamationsgrund aufzuführen ist. Demnach kristallisiert sich bereits jetzt der Bedarf einer Standardisierung und Normierung von Reklamationstexten, heraus. Als Alternative zu einer Normierung / Standardisierung von Reklamationstexten wäre auch ein kundenspezifisches Template inklusive einer Schnittstelle zu den in der Organisation verfügbaren Informationssystemen. So könnte der Kunde direkt die Informationen in einer Art und Weise auswählen, wie sie perfekt für die Weiterverarbeitung zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung benötigt würde. Um diese Notwendigkeit auch für die Priorisierung darlegen zu können, wird nachfolgend die Priorisierung der Reklamation des Produktes SGW durchgeführt [Heinrichsmeyer et al. 2020].

6.2.3 Priorisierung der Reklamation des Produktes SGW



Die Untersuchung hinsichtlich der Auswirkung unterschiedlicher Qualitäten des Reklamationstextes für die Priorisierung wird nachfolgend durch die Auswertung der Reklamation des Produktes SGW durchgeführt.

Um prüfen zu können, wie beeinflusst die Priorisierung von der Qualität des Reklamationstextes ist, wurden zwei Priorisierungen auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen durchgeführt. Bei der ersten Priorisierung wurden die sondierten Reklamationsinformationen unbearbeitet in die Priorisierung überführt. Bei der zweiten Priorisierung wurden hingegen bewusst Informationen aus den Feldern der „ABC-Einstufung“, „Fälligkeitsdatum“, „Gelieferte Menge“ sowie „Fehlerart“ und „Fehlerbedeutung“ zunächst verändert und in einem zweiten Schritt gelöscht, um das Fehlen der Informationen innerhalb des Reklamationstextes zu simulieren. Die Ergebnisse der beiden Auswertungen sind in der nachfolgenden Abbildung 35 dargestellt [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Dimensionen:	Werte:	Gewichtungen:
D1: Einstufung des Kunden:	10,00	5,50
D2: Datumsinformationen:	1,00	5,50
D3: Anteil reklamierter Produkte:	1,00	5,50
D4: Wiederholung:	5,50	5,50
D5: Fehlerart:	10,00	5,50
D6: Fehlerbedeutung:	10,00	5,50
D7: Produktsatz:	5,50	5,50
D8: Fehlerhistorie:	5,50	5,50
D9: Kostenanteil:	5,50	5,50

Unbearbeitet (links): ID: 2, Hilfe. Die Priorisierung Ihrer Reklamation erfolgt auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen. Sie umfasst zum einen die Ableitung der Werte von neun verschiedenen Priorisierungsdimensionen und zum anderen die Berechnung der unternehmensspezifischen Gewichtung für jede einzelne Dimension. Nachfolgend bekommen Sie den Priorisierungswert für den von Ihnen eingetragenen Reklamationstext. Bedenken Sie, dass die Priorisierung vollständig objektiv, anhand der sondierten Informationen erfolgt ist. Sollten Sie eine Anpassung der Werte vornehmen wollen, müssen Sie individuell entweder den Wert oder die Gewichtung anpassen. Bedenken Sie, dass eine subjektive Anpassung das Endergebnis massiv beeinflussen kann. **Priorisierung von Reklamationen:** **Priorität:** 247,5 Geringe Priorität.

Bearbeitet (rechts): ID: 2, Hilfe. Die Priorisierung Ihrer Reklamation erfolgt auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen. Sie umfasst zum einen die Ableitung der Werte von neun verschiedenen Priorisierungsdimensionen und zum anderen die Berechnung der unternehmensspezifischen Gewichtung für jede einzelne Dimension. Nachfolgend bekommen Sie den Priorisierungswert für den von Ihnen eingetragenen Reklamationstext. Bedenken Sie, dass die Priorisierung vollständig objektiv, anhand der sondierten Informationen erfolgt ist. Sollten Sie eine Anpassung der Werte vornehmen wollen, müssen Sie individuell entweder den Wert oder die Gewichtung anpassen. Bedenken Sie, dass eine subjektive Anpassung das Endergebnis massiv beeinflussen kann. **Priorisierung von Reklamationen:** **Priorität:** 272,25 Mittlere Priorität.

Abbildung 35: Priorisierung der Reklamation des Produktes SGW – Unbearbeitet (links) / Bearbeitet (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Aus den Abbildungen ist ersichtlich, dass die Priorisierung der gleichen Reklamation eindeutig durch das Fehlen der bewusst gelöschten Informationen verfälscht wird. Während die Reklamation auf Grundlage der vollständigen Informationen einen Wert von 247,5 und damit eine geringe Priorität zugewiesen bekommen hat, zeigte die Auswertung der unvollständigen Reklamation ein Ergebnis von 272,25 mit einer mittleren Priorität. Das Ergebnis lässt sich darauf zurückzuführen, dass der Algorithmus bei fehlenden Informationen den Referenzwert von 5,5 bildet und diesen einsetzt. Dadurch werden Dimensionswerte aber auch Gewichtungen, wie bspw. die D2: Datumsinformationen, verändert. Dies hat sowohl Vorteile als auch Nachteile. Zum einen ermöglicht es dem Algorithmus, dennoch einen Dimensionswert und eine Gewichtung zu erfassen. Kritisch wird dies, wenn der Einfluss fehlender Informationen so groß wird, dass aus einer zunächst weniger relevanten Reklamation eine Reklamation mit hoher Priorität wird. Dies könnte im schlimmsten Fall dazu führen, dass Unternehmen falsche Entscheidungen im Hinblick auf die Reihenfolge der Reklamationsbearbeitung treffen und somit Ressourcen, wie bspw. Zeit und Personal, nicht zielgerichtet und sinnvoll einsetzen. Doch was kann

getan werden, um diesen Fall zu vermeiden? Die Antwort liegt in der Normierung und Standardisierung von Reklamationstexten. Durch ein durchgängiges Format, welches alle notwendigen Informationen enthält, kann letztlich eine aussagekräftige Einschätzung hinsichtlich der Priorität von Reklamationen durch den Algorithmus abgeleitet werden. Eine Alternative zu einer Normierung / Standardisierung von Reklamationstexten wäre auch ein kundenspezifisches Template inklusive einer Schnittstelle zu den in der Organisation verfügbaren Informationssystemen. So könnte der Kunde direkt die Informationen in einer Art und Weise auswählen, wie sie für die Priorisierung benötigt würden [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Nachdem die Validierung der Priorisierung anhand beider Reklamationen durchgeführt wurde, konnte der nächste Prozess des Algorithmus, die sogenannte Fehlerursachenlokalisierung in der Produktion, erprobt werden.

6.2.4 Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes SGW



Zur Feststellung, ob die Qualität von Reklamationstexten ebenfalls Einfluss auf die Fehlerursachenlokalisierung innerhalb des Produktionssystem hat, wurde erneut die Reklamation des Produktes SGW herangezogen.

Da die Fehlerursachenlokalisierung, analog zur Priorisierung, auf Basis der sondierten, relevanten Reklamationsinformationen erfolgt, wurde dieser Prozess anhand einer vollständigen und anhand einer unvollständigen Informationsbasis überprüft. In diesem Fall wurde vor allem die nichterfüllte Anforderung bewusst aus dem entsprechenden Feld gelöscht. Das Ergebnis der Fehlerursachenlokalisierung kann der nachfolgenden Abbildung 36 entnommen werden [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Fehlerursachenlokalisierung ID: [Hilfe](#)

Nachfolgend wird die Fehlerursache im Produktionssystem lokalisiert, sodass darauf aufbauend eine Lösungsfindung vollzogen werden kann. Bitte überprüfen Sie nochmalig, ob es sich bei der sondierten, nichterfüllten Anforderung auch um die nichterfüllte Anforderung aus der Reklamation handelt.

Nichterfüllte Anforderung:

Anforderungen:

Komponenten:

Prozesse:

Personen:

Enhanced Demand Compliant Design (eDeCoDe)

[Zurück](#) [Weiter](#)

Fehlerursachenlokalisierung ID: [Hilfe](#)

Nachfolgend wird die Fehlerursache im Produktionssystem lokalisiert, sodass darauf aufbauend eine Lösungsfindung vollzogen werden kann. Bitte überprüfen Sie nochmalig, ob es sich bei der sondierten, nichterfüllten Anforderung auch um die nichterfüllte Anforderung aus der Reklamation handelt.

Nichterfüllte Anforderung:

Anforderungen:

Komponenten:

Prozesse:

Personen:

Enhanced Demand Compliant Design (eDeCoDe)

[Zurück](#) [Weiter](#)

Abbildung 36: Fehlerursachenlokalisierung der Reklamation des Produktes SGW – Unbearbeitet (links) / Bearbeitet (rechts) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Wie zu vermuten war, konnte der Algorithmus bei fehlender Information zur nichterfüllten Anforderung keine Aussage darüber treffen, welche Elemente des Produktionssystem in Wechselbeziehung zur Anforderung stehen. Das bedeutet, dass ohne eine Angabe der nichterfüllten Anforderung keine Fehlerursachenlokalisierung möglich ist. Es stellt sich somit erneut heraus, dass es notwendig ist, nichterfüllte Anforderungen in Reklamationstexten so zu beschreiben, wie diese bspw. in der technischen Zeichnung oder im Pflichtenheft hinterlegt sind. In diesem

Fall kann der Algorithmus sehr wohl Fehlerursachen innerhalb des Produktionssystems ausfindig machen. Belegt wird diese Aussage dadurch, dass bei der Auswertung der Reklamation des Produktes SGW genau die Systemelemente erfasst wurden, welche zum Hervorrufen des Fehlers geführt haben. Auch durch die Aussagen des Unternehmens hinsichtlich der tatsächlichen Fehlerursache **K4 (SGW): UNhine 164**, **P4 (SGW): Gden** und **Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)**, konnte die Aussage, dass der Algorithmus tatsächlich eine zielorientierte Fehlerursachenlokalisierung durchführen kann, bekräftigt werden. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Ergebnisse des Algorithmus nicht nur abhängig von der Qualität des Reklamationstextes, sondern auch von der Qualität des Produktionssystems sind. Nur wenn die Systemelemente und deren Wechselbeziehungen richtig erfasst sind, ist eine zielorientierte Fehlerursachenlokalisierung möglich. Dennoch hat sich auch gezeigt, dass es durch die Anwendung der entwickelten Oberfläche zur Überprüfung des Produktionssystems möglich ist, das Produktionssystem nicht nur aufzubauen und zu überprüfen, sondern auch mit der Zeit weiterzuentwickeln. Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss des Produktionssystems bei kontinuierlicher Überprüfung gering ausfällt [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Nachdem die Validierung der Fehlerursachenlokalisierung anhand beider Reklamationen durchgeführt wurde, konnte der letzte Prozess des Algorithmus, die sogenannte Lösungsfindung, erprobt werden.

6.2.5 Lösungsfindung der Reklamation des Produktes SGW



Im letzten Prozess des Algorithmus erfolgte die Überprüfung der Lösungsfindung auf Grundlage qualitativ unterschiedlicher Reklamationstexte des Kunden an das Unternehmen.

Dazu wurden, analog zur ersten Validierung, alle in **Kapitel 5.1.4** definierten Fehlerursacheninformationen für die jeweilig lokalisierten Fehlerursachen durch den Algorithmus ausgewertet. D.h., für die Fehlerursache K4 (SHW): UNhine 164 wurde unter anderem die Ausfallrate oder für die Fehlerursache P4 (SGW): Gden der Input überprüft. Zu sehen sind die Ergebnisse in der aufgelisteten Abbildung 37 [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Fehlerursacheninformationen		Hilfe
Komponente:	K4 (SGW): UNhine 164	
Beschreibung:	CNC-Drehmaschine	
	IST	SOLL
Ausfallrate:	<input type="checkbox"/> Nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> Nicht vorhanden <input type="checkbox"/> In Ordnung
Verfügbarkeit:	<input type="checkbox"/> Nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> Nicht vorhanden <input type="checkbox"/> In Ordnung
Wartung:	<input checked="" type="checkbox"/> 02.05.2019	<input checked="" type="checkbox"/> 29.07.2019 <input type="checkbox"/> In Ordnung
Abbrechen		Handlungshilfen

Fehlerursacheninformationen		Hilfe
Prozess:	P4 (SGW): Gden	
Beschreibung:	A 3010	
	IST	SOLL
Standardisiert?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input checked="" type="checkbox"/> In Ordnung
Freigegeben?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input checked="" type="checkbox"/> 16.01.2017 <input type="checkbox"/> In Ordnung
Umgebung beherrscht?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input checked="" type="checkbox"/> Temp., Verzög... <input type="checkbox"/> In Ordnung
Input Korrekt?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein	<input checked="" type="checkbox"/> 20... <input type="checkbox"/> In Ordnung
CPK-Wert	<input type="checkbox"/> IST	<input type="checkbox"/> SOLL <input type="checkbox"/> In Ordnung
Abbrechen		Handlungshilfen

Fehlerursacheninformationen		Hilfe
Person:	Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)	
Beschreibung:		
Prozess:	P4 (SGW): Gden	
	IST	SOLL
Fachlich:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> In Ordnung
Methodisch:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> In Ordnung
Persönlich:	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> In Ordnung
Abbrechen		Handlungshilfen

Abbildung 37: Fehlerursacheninformationen der Fehlerursache K4 (SGW): UNhine 164 (links), der Fehlerursache P4 (SGW): Gden (mittig) und der Fehlerursache Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre) (rechts) der Reklamation des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Da die Fehlerursacheninformationen nicht auf Grundlage des Reklamationstextes selbst ermittelt werden konnten, konnte keine Auswertung dieses Schrittes im Hinblick auf die Qualität des Reklamationstextes erfolgen. Dennoch basiert die Auswertung auf den im Unternehmen zur Verfügung stehenden Informationen, sodass eine Auswertung hinsichtlich der Qualität auf Grundlage von Fehlerursacheninformationen durchgeführt werden kann. Für die Validierung,

der Lösungsfindung für die Reklamation des Produktes SGW, wird demnach nachfolgend der Betrachtungsgegenstand verändert [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Beginnend mit der Untersuchung der Fehlerursacheninformationen der Fehlerursache **K4 (SGW): UNhine 164** stellte sich heraus, dass viele der zur Wahrscheinlichkeitsbestimmung benötigten Informationen nicht im Unternehmen vorlagen. Darunter sind zum einen die Ausfallrate und zum anderen die Verfügbarkeit der Komponente zu zählen. Ein ähnliches Bild zeigte auch die Validierung des ersten Industriebeispiels. Lediglich eine Erfassung der Wartungsintervalle konnte in die Wahrscheinlichkeitsbewertung mit einfließen, wodurch sich die Fragestellung ergibt, wie aussagekräftig das Ergebnis dieser Bewertung ist. Ohne quantitative Maschinendaten ist es kaum möglich, eine teil-objektive und gleichzeitig präzise Aussage zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Fehlerursache zu treffen. Demnach ist es zwingend erforderlich zu hinterfragen, welche alternativen Bewertungsverfahren möglich sind. Eine Variante wäre eine Kopplung des Algorithmus mit smarten Maschinen. Das bedeutet, dass der Algorithmus dadurch stets auf aktuelle Maschinendaten zugreifen und diese zur Bewertung heranziehen könnte. Dies würde es ebenso ermöglichen, aktuelle Schwankungen in der Produktion direkt in die Bewertung mit einfließen zu lassen. Zum jetzigen Zeitpunkt verfügt der Algorithmus jedoch nicht über eine solche Möglichkeit [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Bezugnehmend auf die Fehlerursacheninformationen der zweiten Fehlerursache **P4 (SGW): Gden** ergab die Auswertung, dass der Algorithmus zu diesem Zeitpunkt vor allem Schwachstellen im Hinblick auf die Bewertung von Input und cpk-Werten hat. Diese Problematik zeigte sich ebenfalls in der ersten Validierung und verdeutlicht die Dringlichkeit einer alternativen Lösung. Auch an dieser Stelle kann vorgeschlagen werden, dass der Algorithmus eine Schnittstelle zu geeigneten CAQ-Systemen oder smarten Maschinen erhält, um stets die aktuellsten cpk-Werte berücksichtigen zu können. Ebenso wäre es möglich, eine Inputüberprüfung durchzuführen, welche eine größere Aussagekraft hat, als die bislang durchgeführte. Dennoch zeigte die Auswertung auch, dass der Algorithmus im Hinblick auf die Standardisierung oder den Freigabestatus durchaus in der Lage ist, diese in die Wahrscheinlichkeitsbewertung mit einzubeziehen [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Im letzten Schritt wurden die Fehlerursacheninformationen der Fehlerursache **Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)** untersucht. Hierbei verdeutlichte sich, dass eine unzureichende Qualität der Fehlerursacheninformationen massiven Einfluss auf die Auswertung durch den Algorithmus hat. Das Problem entstand dadurch, dass das Unternehmen keine Form des Kompetenzmanagements anwendete. Demnach standen auch keine Kennzahlen in Bezug auf die fachliche, methodische oder gar personenbezogene Eignung zur Verfügung. Der Algorithmus hatte somit auch keine Informationsgrundlage, auf der eine sinnvolle Auswertung möglich war. Aufgrund dieses Ergebnisses, gilt es zu hinterfragen, ob es sinnvoll ist, die Kompetenzen von Personen in solch einer Form weiterhin durch den Algorithmus zu bewerten oder das Erheben von Kompetenzen eine Grundvoraussetzung für die Auswertung durch den Algorithmus darstellt [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Das Ergebnis der Validierung im Hinblick auf die Fehlerursacheninformationen zeigte deutlich, dass nicht nur die Qualität des Reklamationstextes, sondern auch die Qualität der Informationsgrundlage einen massiven Einfluss auf die Auswertung durch den Algorithmus hat. Ob sich dieser Einfluss jedoch auch im Rahmen der Ableitung von Handlungshilfen wiederfinden lässt, wird im nächsten Schritt untersucht. Aufgrund dessen, dass die Wahrscheinlichkeitsbewertung kein aussagekräftiges Ergebnis lieferte, wurde im Gespräch mit den Experten vor Ort ermittelt, welche Fehlerursache tatsächlich zur Nichterfüllung der Anforderung hatte. Dabei wurde fest-

gestellt, dass sowohl die **Person** als auch die **Komponente** als Fehlerursache in Frage kommen. Aus diesem Grund wurden auch nur für diese beiden Fehlerursachen Handlungshilfen abgeleitet. Die Durchführung der Lösungsfindung zeigte dabei, dass dieser Prozess vollständig unabhängig von der Qualität des Reklamationstextes oder gar der Qualität der Informationsgrundlage ist. Durch die vorgegebenen Maßnahmen in Form von Handlungshilfen kann der Algorithmus auch bei einer schlechteren Qualität der Informationen agieren. Für die beiden aufgezeigten Fehlerursachen konnten, die in der nachfolgenden Abbildung 38 dargestellten Maßnahmen definiert werden [Heinrichsmeyer et al. 2020].

Handlungshilfen Hilfe

Personenbezogene Maßnahmen (P)

ACHTUNG: Bitte Speichern Sie Ihre Maßnahmen, bevor Sie die Kategorie wechseln!

- Regelmäßige Sensibilisierung der Personen
- Unterweisung und Beratung der Personen
- Betreuung der Personen durch Vorgesetzte

Begründung der Auswahl / Alternative Lösung

Zurück
Speichern

Handlungshilfen Hilfe

Organisatorische Maßnahmen (O)

ACHTUNG: Bitte Speichern Sie Ihre Maßnahmen, bevor Sie die Kategorie wechseln!

- Wartung durch externe Organisation gemäß Wartungsvertrag veranlassen
- Wartungsintervalle verkürzen und Wartungsaufgaben eindeutig definieren
- Hersteller der Komponente mit Problemlösung im Rahmen der Vertragshaftung beauftragen
- Überprüfung ob Umgebungsbedingungen zum Ausfall der Komponente führen
- Überprüfung ob die Bediener die Komponente korrekt verwenden
- Überprüfung, ob die Komponente für den geplanten Prozess geeignet ist und die Anforderungen erfüllen kann
- Überprüfung der Korrektheit von getätigten Veränderungen an der Komponente durch externe Organisation
- Verfahrensanweisung hinsichtlich der Meldung von Komponenten mit hohen Ausfallzeiten oder geringer Verfügbarkeit ausarbeiten

Begründung der Auswahl / Alternative Lösung

Zurück
Speichern

Abbildung 38: Handlungshilfen der Fehlerursache Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre) (links) und der Fehlerursache K4 (SGW): UNhine 164 (rechts) der Reklamation des Produktes SGW in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2020]

Es ist ersichtlich, dass für die Fehlerursache **Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)** eine erneute Sensibilisierung im Hinblick auf die „nicht erfüllte Anforderung“ veranlasst wurde. In Bezug auf die Fehlerursache **K4 (SGW): UNhine 164** sind hingegen vorrangig Maßnahmen zur Kontrolle abgeleitet worden. Das Ergebnis zeigte, dass mit Hilfe der Maßnahmen durchaus eine Lösungsfindung möglich ist, unabhängig davon, welche Qualität die Informationsgrundlage oder der Reklamationstext vorweisen [Heinrichsmeyer et al. 2020].

6.2.6 Zusammenfassung der Erkenntnisse der zweiten Validierung

Damit die Ergebnisse der zweiten Validierung so transparent wie möglich sind, werden diese noch einmal kurz in Anhang 104 bis

Anhang 107 zusammengefasst. Dies bietet einen gesamten Überblick, welcher für die Ableitung von Verbesserungspotentialen des Algorithmus genutzt werden kann. Bei dieser Auflistung werden die aktuellen Nachteile mit (-) und die aktuellen Vorteile mit (+) gekennzeichnet.

Das Ergebnis der Validierung hat gezeigt, dass das Potential des FusLa stark auf die Qualität des Reklamationstextes und der Informationsgrundlage im Unternehmen limitiert ist. Es bedarf dringend einer Standardisierung bzw. Normierung von Reklamationstexten oder eines kundenspezifischen Template mit einer Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen, um das vollständige Potential abrufen und den Mehraufwand bei der Fehlerursachensuche und Lösungsfindung vermeiden zu können. Um nun alle erkannten Verbesserungspotentiale auch im zweiten Prototypen des Algorithmus berücksichtigen zu können, wird deren Umsetzbarkeit nachfolgend diskutiert.

6.3 Umsetzbarkeit der Verbesserungspotentiale im theoretischen Konzept

Anhand der Validierungen, welche ausführlich in den **Kapiteln 6.1** und **6.2** dargestellt sind, konnten insgesamt 14 Verbesserungspotentiale abgeleitet werden. Da einige Verbesserungspotentiale den gleichen Inhalt haben, wurden diese nach Möglichkeit zusammengefasst. Um die Umsetzbarkeit der **Verbesserungspotentiale** transparent diskutieren zu können, wird nachfolgend auf jedes Potential einzeln eingegangen und eine Bewertung nach der Klassifizierung ● = derzeit vollständig umsetzbar, ◐ = derzeit teilweise umsetzbar und ○ = derzeit nicht umsetzbar, durchgeführt.

1. *Implementierung eines Vorbereitungsprozesses zur Erarbeitung einer Informationsgrundlage.*

Bereits zu Beginn der Validierung konnte herausgestellt werden, dass es eines sogenannten „Vorbereitungsprozesses“ bedarf. Dieser ist zwingend erforderlich, um eine Informationsgrundlage zu schaffen, mit Hilfe derer der Algorithmus eine Fehlerursachensuche und Lösungsfindung durchführen kann. Dadurch, dass der Vorbereitungsprozess bereits in der Validierung beider Unternehmen durchgeführt und damit überprüft wurde, soll dieser lediglich noch im theoretischen Konzept ergänzt werden. Daher wird das Verbesserungspotential zum jetzigen Zeitpunkt als **vollständig umsetzbar (●)** angesehen.

2. *Automatisierung der Ausarbeitung der Informationsgrundlage, um wichtige Ressourcen (z.B. Zeit & Personal) für Unternehmen einzusparen.*

Die Automatisierung der Ausarbeitung der Informationsgrundlage könnte, vor allem im Hinblick auf den vierten industriellen Wandel, ein erreichbares Ziel abbilden. Durch eine weiter anwachsende Verknüpfung und vor allem intelligente Interaktion zwischen den Systemelementen eines Produktionssystems könnte es möglich sein, die Informationsflüsse innerhalb des Produktionssystems über Ansätze der künstlichen Intelligenz auszuwerten und ein Produktionssystemmodell zu erschaffen. Dafür müssten jedoch vor allem Ansätze künstlicher Intelligenz so vorangeschritten sein, dass diese nicht nur die Systemelemente in einem komplexen System erkennen, sondern diese auch sinnvoll in Wechselbeziehung zueinander setzen. Für den expliziten Fall der Nutzung des eDeCoDe-Ansatzes existieren solche Ansätze derzeit noch nicht, wodurch auch zu diesem Zeitpunkt noch keine Minderung des Initialaufwandes abzusehen ist.

Aus diesem Grund wird das Verbesserungspotential zum jetzigen Zeitpunkt als **teilweise umsetzbar (◐)** angesehen.

3. *Erweiterung der Informationssondierung um die Einbeziehung von Produktnummer und Produktnamen.*

Die Einbeziehung der Produktnummer und des Produktnamens ist durch die Anpassung der Schleifen aus **Kapitel 5.2.1** durchaus realisierbar. Analog zu den bereits ausgearbeiteten Schleifen würde der FusLa lediglich eine weitere Schnittstelle zum Produktportfoliosystem oder Auftragssystem überprüfen, um alle notwendigen Informationen abzurufen. Demnach wird das Potential als **vollständig umsetzbar (●)** angesehen. Die Umsetzung dieser neuen Schleife ist in Anhang 42 exemplarisch hinterlegt.

4. *Standardisieren oder Normieren von Reklamationstexten oder die Entwicklung eines kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen*

Die Normierung und Standardisierung von Reklamationstexten oder die Entwicklung eines kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen stellte sich vor allem beim zweiten Validierungsbeispiel aus **Kapitel 6.2** als Notwendigkeit heraus. Um tatsächlich das vollständige Potential des FusLa nutzen zu können, empfiehlt es sich, die Informationen im Reklamationstext per Dropdown-Listen oder über ein kundenspezifisches Template, welche im Informationssondierungsfilter aus Abbildung 11 vorgeschlagen wurde, abzufragen. Ebenfalls ist es notwendig, die Anforderungen so anzugeben, wie diese im Pflichtenheft bzw. in der technischen Zeichnung definiert worden sind. Dadurch könnte der Algorithmus sofort alle Informationen vollständig und korrekt sondieren und hätte somit eine solide Informationsgrundlage für die weiterführende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung. Ob eine solche Umsetzung auch in einer internationalen Norm auf Zustimmung trifft, kann an dieser Stelle nicht festgehalten werden. Ebenso ist kritisch zu hinterfragen, ob die Entwicklung eines solchen Template, aufgrund von Datenschutzbestimmungen des Bundesdatenschutzgesetzes oder der Datenschutz-Grundverordnung, realisierbar ist. Demnach kann das Potential als nur **teilweise umsetzbar (◐)** definiert werden.

5. *Ausklammerung der Sondierung von Kostenangaben, da diese nur in wenigen Fällen durch den Kunden angegeben werden und während der Reklamationsabwicklung variieren.*

Die Ausklammerung von Kostenangaben in der Sondierung zeigte sich sowohl beim ersten als auch beim zweiten Validierungsbeispiel. Im Gespräch mit den Mitarbeitern des Reklamationsmanagements im jeweiligen Unternehmen bestätigte sich, dass die Ausklammerung als sinnvoll angesehen werden kann. Um dies realisieren zu können, bedarf es der Entfernung der Kostenangaben aus der Oberfläche Informationssondierung_3 und bei der Berechnung über die Oberfläche Priorisierung. Diese Schritte bedürfen lediglich der Veränderung der Oberflächen und Veränderung des Quellcodes und werden demnach ebenfalls als **vollständig umsetzbar (●)** deklariert.

Exemplarisch ist dieser Vorgang in Abbildung 39 dargestellt.

Informationssondierung

ID: [Hilfe](#)

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Fehlerinformationen:

Nichterfüllte Anforderung:

Fehlerart:

Fehlerbedeutung:

Fehlerumfanginformationen:

Reklamierte Menge:

Sollten alle sondierten Informationen entsprechend den vorgegebenen Feldern durch den Algorithmus eingetragen worden sein, können Sie im nachfolgenden Schritt eine Priorisierung der Reklamation durchführen. Um eine Übersicht über die Priorisierungsdimensionen und die entsprechenden Werte sowie Gewichtung für die Reklamation zu erhalten, drücken Sie auf die Schaltfläche „Priorisierung“

Priorisierung

ID: [Hilfe](#)

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:
Die Priorisierung Ihrer Reklamation erfolgt auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen. Sie umfasst zum einen die Ableitung der Werte von neun verschiedenen Priorisierungsdimensionen und zum anderen die Berechnung der unternehmensspezifischen Gewichtung für jede einzelne Dimension.

Dimensionen:	Werte:	Gewichtungen:
D1: Einstufung des Kunden:	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="6,54"/>
D2: Datumsinformationen:	<input type="text" value="10,00"/>	<input type="text" value="5,20"/>
D3: Anteil reklamierter Produkte:	<input type="text" value="1,72"/>	<input type="text" value="1,82"/>
D4: Wiederholung:	<input type="text" value="5,50"/>	<input type="text" value="4,58"/>
D5: Fehlerart:	<input type="text" value="10,00"/>	<input type="text" value="9,31"/>
D6: Fehlerbedeutung:	<input type="text" value="5,00"/>	<input type="text" value="5,00"/>
D7: Produktumsatz:	<input type="text" value="10,00"/>	<input type="text" value="4,47"/>
D8: Fehlerhistorie:	<input type="text" value="6,01"/>	<input type="text" value="3,36"/>

Nachfolgend bekommen Sie den Priorisierungswert für den von Ihnen eingetragenen Reklamationstext. Bedenken Sie, dass die Priorisierung vollständig objektiv, anhand der sondierten Informationen erfolgt ist. Sollten Sie eine Anpassung der Werte vornehmen wollen, müssen Sie individuell entweder den Wert oder die Gewichtung anpassen. Bedenken Sie, dass eine subjektive Anpassung das Endergebnis massiv beeinflussen kann.

Priorisierung von Reklamationen:

Priorität:

Abbildung 39: Anpassung der Oberflächen Informationssondierung_3 und Priorisierung

6. Häufigkeit und Beständigkeit des Kundeneinkaufs in die Kategorisierung der ersten Dimension einbinden.

In Zusammenarbeit mit den Ansprechpartnern der zur Validierung herangezogenen Unternehmen zeigte sich, dass in der ersten Dimension auch eine Einbindung der **Häufigkeit** und **Beständigkeit** des Kunden, eine entscheidende Rolle bei der Erfassung des Dimensionswertes spielen muss. Aus diesem Grund wurden beide Größen für die Ableitung des Dimensionswertes in der ursprünglichen Tabelle 11, wie in Tabelle 30 ersichtlich, ergänzt.

Tabelle 30: Angepasste Dimensionswerte für die Einstufung des Kunden in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019d]

Qualitativ	Quantitativ	Beschreibung
A	3	„Sehr wichtige Kunden, die den höchsten Anteil am Umsatz haben“ [Belsch 2017, S. 85] oder beständig und häufig Produkte bei der Organisation einkaufen.
B	2	„Wichtige Kunden, die einen durchschnittlichen Anteil am Umsatz haben“ [Belsch 2017, S. 85] und durchschnittlich beständig / häufig bei der Organisation einkaufen.
C	1	„Weniger wichtige Kunden, die einen unterdurchschnittlichen Anteil am Umsatz haben“ [Belsch 2017, S. 85] oder kaum beständig und weniger häufig Produkte bei der Organisation einkaufen.

Das Potential kann demnach als **vollständig umsetzbar (●)** angesehen werden.

7. Kritische Priorität für die zweite Dimension zuweisen, wenn der Dimensionswert negativ ist.

Dieses Verbesserungspotential kann durch eine einfache Veränderung der Prioritätsberechnung umgesetzt werden. Demnach wird dem Algorithmus lediglich vorgeschrieben, dass dieser im Fall eines negativ berechneten Dimensionswerts von einem normierten Dimensionswert von 10 ausgehen muss. Diese Änderung wurde sofort im Algorithmus implementiert und das Potential als **vollständig umsetzbar (●)** deklariert.

8. Fehlerhaften Anteil zur Erfassung von Meterware in die Priorisierung des Algorithmus einpflegen.

Die Anpassung der dritten Priorisierungsdimension, hinsichtlich einer Betrachtung des fehlerhaften Anteils, kann durch eine Veränderung des Betrachtungsgegenstands der Formel 2 umgesetzt werden. Während die ursprüngliche Formel die reklamierte Menge in Relation zur gelieferten Menge setzte, soll nun auch die Relation reklamierter Meter und gelieferter Meter eine Berechnung der Dimensionswerte ermöglichen.

$$\text{Fehlerbehafteter Anteil (FBA)} = \frac{\text{Reklamierte Menge oder Reklamierte Meter}}{\text{Gelieferte Menge oder Gelieferte Meter}} \text{ in \%} \quad (4)$$

Das Potential kann demnach als **vollständig umsetzbar (●)** angesehen werden.

9. Durch ein Verschieben des Feldes „Wiederholungen“ von Oberfläche Informationssondierung_2 auf Oberfläche Informationssondierung_3 könnte die Problematik der Anzeige beseitigt werden.

Auch in diesem Fall handelt es sich lediglich um eine Anpassung der Oberflächen sowie Veränderung des Quellcodes, wodurch das Potential als **vollständig umsetzbar (●)** angesehen wird. Schematisch wird der Vorgang der Anpassung in Abbildung 40 dargestellt.

Informationssondierung ID: 13 Hilfe

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Rahmeninformationen:

Eingang: 01.10.2018

Art: Intern

Anzahl der Wdh.: 3

Fälligkeitsdatum: 02.10.2018

Auftragsinformationen:

Bezeichnung: Welle

Nummer: W043

Gruppe: Getriebe

Charge: CH4145

Zeichnungsnummer: ZN1566

Zeichnungsindex: A

Auftragsnummer: A 183

Gelieferte Menge: 1000

Zurück Weiter

Informationssondierung ID: 13 Hilfe

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Fehlerinformationen:

Nichterfüllte Anforderung: Durchmesser Ø15 ± 0,1 mm

Fehlerart: Dokumentenfehler

Fehlerbedeutung: Sehr hoch

Fehlerumgangsinformationen:

Reklamierte Menge: 50

Anzahl der Wdh.: 3

Sollten alle sondierten Informationen entsprechend den vorgegebenen Feldern durch den Algorithmus eingetragen worden sein, können Sie im nachfolgenden Schritt eine Priorisierung der Reklamation durchführen. Um eine Übersicht über die Priorisierungsdimensionen und die entsprechenden Werte sowie Gewichtung für die Reklamation zu erhalten, drücken Sie auf die Schaltfläche „Priorisierung“

Zurück Priorisierung

Abbildung 40: Anpassung der Oberflächen Informationssondierung_2 und Informationssondierung_3

10. Systemelemente, welche Anforderungen sowohl prospektiv als auch retrospektiv beeinflussen, sollten Berücksichtigung finden.

Im Rahmen des zweiten Validierungsbeispiels konnte festgestellt werden, dass Anforderungen nicht nur durch die Systemelemente im Produktionssystem realisiert, sondern auch verändert werden können. Die fehlende Berücksichtigung führte dazu, dass einige Fehlerursachen nicht als solche deklariert werden konnten. Um diese Problematik in Zukunft auszuschalten, empfiehlt es sich, die Zusammenhänge der eDeCoDe-Sichten aus Abbildung 5 im Hinblick auf die Anforderungen zu erweitern. Demnach werden nicht nur die Systemelemente in Wechselbeziehung gesetzt, welche zur Realisierung einer Anforderung beitragen, sondern auch deren Veränderung hervorrufen können. Die Sinnhaftigkeit aber auch Umsetzbarkeit dieses Vorgehens wurde bereits in **Kapitel 6.1.4** nachgewiesen und kann daher ebenfalls als **vollständig umsetzbar (●)** erfasst werden. Exemplarisch wird die Umsetzung in Abbildung 41 dargelegt.

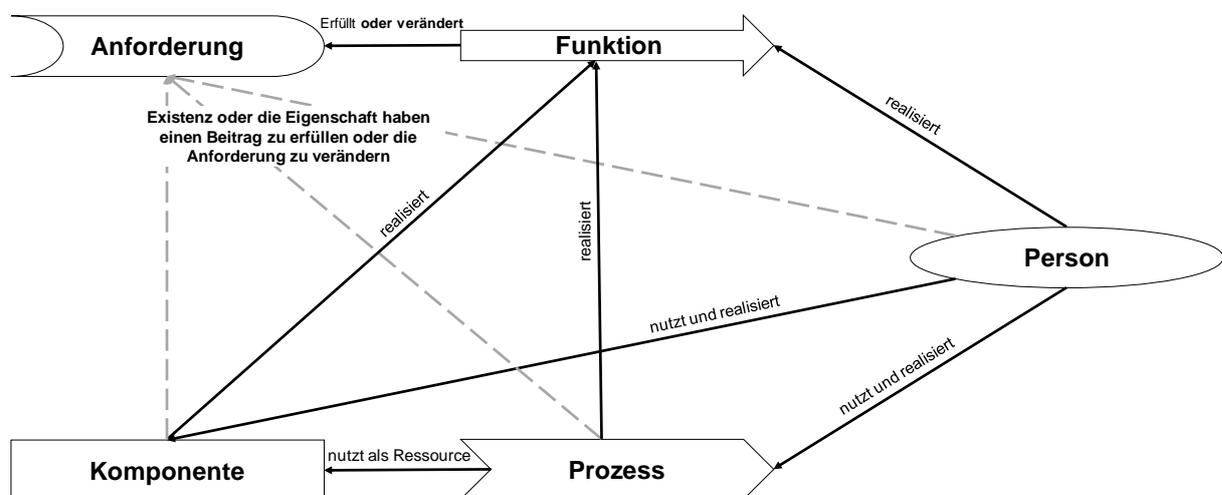


Abbildung 41: Berücksichtigung von Systemelementen, welche Anforderungen verändern können

11. Generierung einer Möglichkeit der Risikoabschätzung durch die Kopplung des Algorithmus mit Informationen aus Daten bereits durchgeführter Analysen (z.B. FMEA).

Die Generierung einer Möglichkeit der Risikoabschätzung durch die Kopplung mit bereits erfassten Daten und Informationen, bspw. von FMEAs, ist durchaus denkbar. Um dies jedoch realisieren zu können, bedarf es zunächst einer Schnittstelle zum Algorithmus. Ebenso müssen die bestehenden Daten und Informationen aus bereits durchgeführten Analysen in digitaler Form vorliegen. Schriftliche Dokumente bedürfen eines Übertragungsaufwandes und wären daher kaum geeignet. Um eine Risikoabschätzung heranziehen zu können, wäre es hilfreich, jedes Systemelement innerhalb des Produktionssystems mit den entsprechenden Risikoabschätzungen zu koppeln. Das bedeutet, dass der Anwender des Algorithmus stets angezeigt bekäme, von welchem Systemelement das größte Risiko ausgeht. Dadurch wäre eine Einschätzung hinsichtlich wahrscheinlicher Fehlerursachen umso präziser. Da eine solche Schnittstelle aktuell nicht existiert, jedoch realisierbar ist, wird das Potential als **teilweise umsetzbar (◐)** angesehen.

12. Es bedarf einer Schnittstelle zu geeigneten CAQ-Systemen in der Produktion oder zu smarten Maschinen.

Analog zur Schnittstelle zwischen dem Algorithmus und bestehenden Analysen, wie der FMEA, ist auch eine Schnittstelle zu bestehenden CAQ-Systemen oder smarten Maschinen durchaus denkbar. Dies ist auch zwingend erforderlich, um stets aktuelle Angaben zu cpk-

Werten oder Inputs zu erhalten. Aktuelle Schwankungen könnten somit direkt in die Bewertung mit einfließen. So wird erreicht, dass der Anwender des FusLa die Wahrscheinlichkeit von Fehlerursachen sinnvoll ableiten und eine zielorientierte Lösungsfindung initiieren kann. Dennoch ist auch eine solche Schnittstelle noch nicht realisiert. Da diese jedoch, aus theoretischer Sicht, durchaus umsetzbar ist, wird das Potential als **teilweise umsetzbar (◐)** deklariert.

13. Es sind sinnvolle Bereiche zu definieren, in denen Personen nicht direkt als Fehlerursache zu identifizieren sind, wenn diese nicht den Maximalwert der benötigten Kompetenzen erreichen.

Die Staffelung von benötigten Kompetenzen ist durch eine unternehmensspezifische Einteilung durchaus möglich. Es bedarf lediglich der Abstimmung mit dem jeweiligen Unternehmen, um herauszuarbeiten, ab wann eine Person ausreichende Kompetenzen für einen gewissen Prozess vorweist. Dabei ist jedoch auf die Expertise der im Unternehmen angestellten Prozessverantwortlichen zu vertrauen. Möglich wäre, dass auch an dieser Stelle eine KI eingreift, welche anhand bestimmter Kennzahlen, z.B. Anzahl der Verletzungen, Anzahl der Fehler etc., untersucht, welcher Kompetenzgrad erforderlich ist und diesen im Laufe der Zeit optimiert. Da jedoch erst einmal eine einfache Staffelung ausreicht, kann das Potential als **vollständig umsetzbar (●)** angesehen werden.

14. Es gilt zu hinterfragen, ob alternative Ansätze zur Wahrscheinlichkeitsbewertung geeigneter sind.

In der Wissenschaft sowie in der Industrie konnten sich bereits einige Ansätze der Wahrscheinlichkeitsbewertung etablieren. Zu nennen sind hierbei unter anderem Markow-Ketten oder Fehlerbaumanalysen. Im Rahmen des Dissertationsvorhabens wurde die Wahrscheinlichkeit lediglich semi-quantitativ über Fehlerursacheninformationen, welche explizit auf die eDeCoDe-Sichten zugeschnitten waren, bewertet. Dies stellte sich im Rahmen der Validierung als nicht optimal heraus. Demnach ist zu hinterfragen, wie eine Kopplung des Algorithmus, mit bestehenden Ansätzen zur Wahrscheinlichkeitsbewertung, aussehen kann. Da eine solche Schnittstelle jedoch nicht besteht, kann das Potential lediglich als **teilweise umsetzbar (◐)** angesehen werden.

Um die Transparenz der Bewertung der Umsetzbarkeit der Verbesserungspotentiale des FusLa zu gewährleisten, wird diese zusammenfassend in Anhang 108 dargestellt. Es stellt sich heraus, dass viele der Verbesserungspotentiale auch umsetzbar sind. Bei den Potentialen, welche keine vollständige Umsetzbarkeit aufzeigen, empfiehlt es sich weitere Forschungsvorhaben zu fokussieren und Veränderungen des theoretischen Konzepts vorzunehmen.

- 1) Die erste Veränderung betrifft die Implementierung eines Vorbereitungsprozesses zur Schaffung einer soliden Informationsgrundlage. Zur Schaffung dieser Informationsgrundlage werden Informationen sowohl aus der Nutzungsphase als auch aus der Produktionsphase herangezogen, wodurch dieser Prozess eine Schnittstelle zwischen beiden Phasen abbildet.
- 2) Die zweite Veränderung fokussiert den Prozess der Informationssondierung. Der FusLa soll stets nur Reklamationen verarbeiten, welche einem normierten und standardisierten Format entsprechen. Das Format, welches vorgeschlagen wird, beruft sich auf die Struktur des Informationssondierungsfilters aus Abbildung 11. Alternativ könnte ein kundenspezifisches Template entwickelt werden, welches dem Kunden die Inhalte der Informationssysteme als Dropdown-Menü zur Verfügung stellt. Dadurch wären die Informationen stets in einem Zustand, wie sie von der Organisation benötigt werden.

Ob dies jedoch den Aufwand der manuellen Eingabe durch den Kunden rechtfertigt, ist sehr kritisch zu hinterfragen.

- 3) Die dritte Veränderung sieht eine Risikoabschätzung bei der Fehlerursachenlokalisierung auf Grundlage vorliegender Analysedaten /-informationen vor. Durch diese Risikoabschätzung soll es möglich sein, die Systemelemente zu erkennen, welche nicht nur zu Realisierung einer Anforderung beitragen, sondern auch jene, welche eine Anforderung im Laufe der Produktion prospektiv oder retrospektiv verändern können.
- 4) Die vierte Veränderung findet in der Fehlerursachenlokalisierung statt. Hier wird eine Schnittstelle zwischen CAQ-Systemen und smarten Maschinen vorgeschlagen, um eine Wahrscheinlichkeitsberechnung für die identifizierten Fehlerursachen möglich zu machen. Dadurch wird erreicht, dass selbst bei fehlenden Fehlerursacheninformationen eine stichhaltige Bewertung der Fehlerursachen, hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit, erreichbar ist.

Wie sich das theoretische Konzept auf Grundlage der umzusetzenden Verbesserungspotentiale darstellen lässt, wird in Abbildung 42 veranschaulicht.

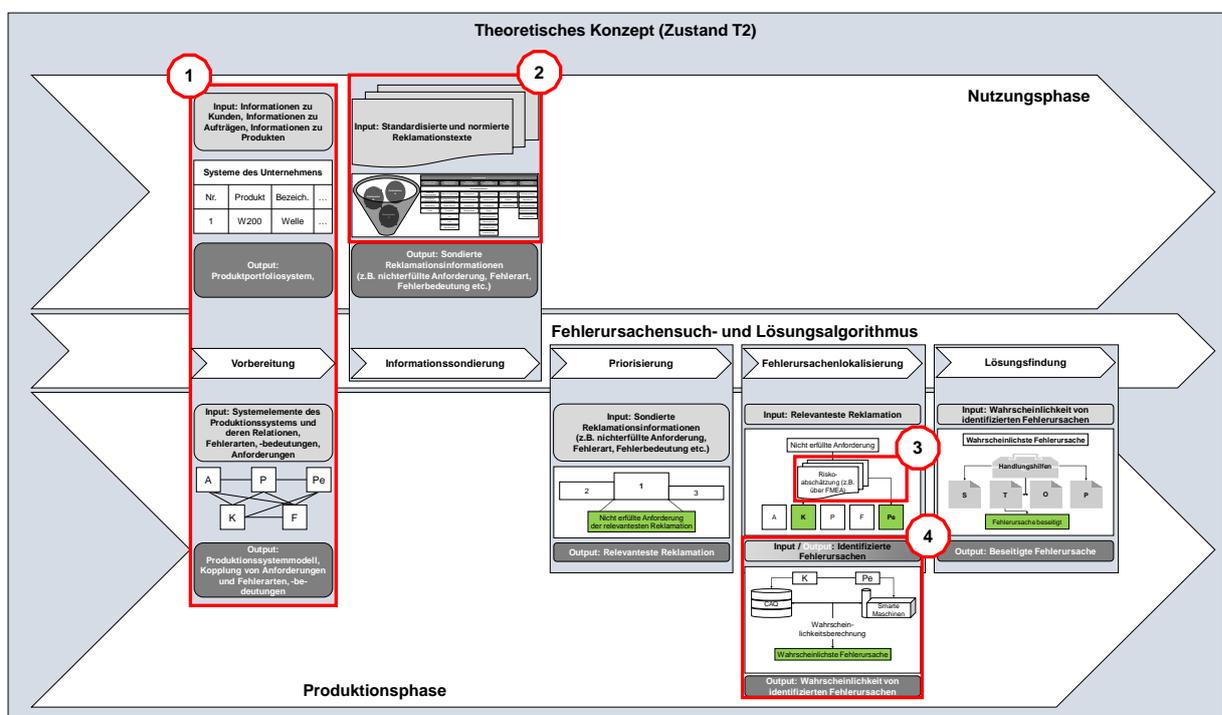
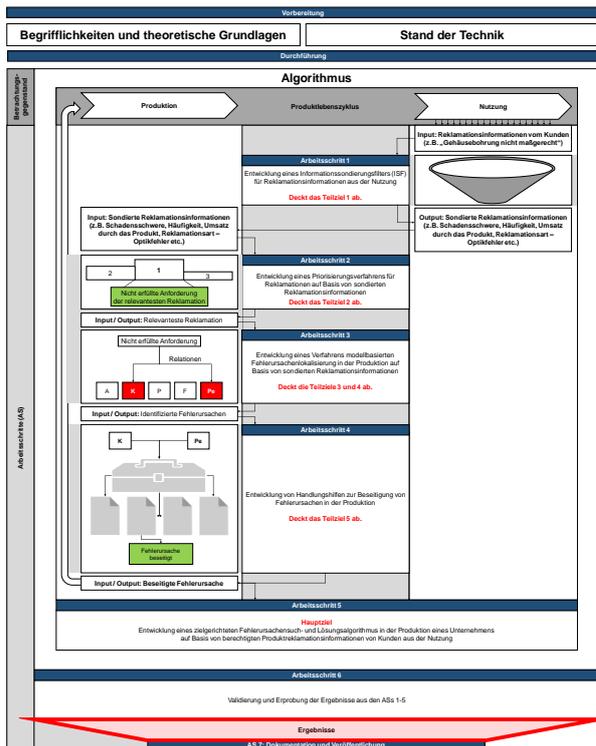


Abbildung 42: Umsetzung der Verbesserungspotentiale im theoretischen Konzept

Um letztlich ein abschließendes Fazit und einen weiterführenden Ausblick für das Dissertationsvorhaben geben zu können, werden im nachfolgenden Kapitel die Anforderungen an den FusLa bewertet.

7 Ergebnisse des Dissertationsvorhabens



In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse des Dissertationsvorhabens zusammenfassend dargelegt werden. Dafür wurden zunächst alle, auf Grundlage des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik, abgeleiteten Anforderungen, unter Heranziehung der Validierungsergebnisse, bewertet. Die resultierenden Bewertungsergebnisse werden daraufhin rückblickend betrachtet und ein abschließendes Fazit darüber gegeben, wie erfolgreich die Teilziele realisiert werden konnten. Im letzten Schritt wird das ausgearbeitete Fazit genutzt, um weiterführende Forschungsvorhaben und Forschungsschwerpunkte ableiten zu können. Dies soll zum einen die Richtung aufzeigen, in welche das Forschungsfeld erweitert werden kann. Zum anderen dient dieses Vorgehen als abschließender Überblick.

Beginnend mit der Bewertung der Anforderungen an den FusLa, wird im nächsten Abschnitt die Erfüllung der Anforderungen kritisch hinterfragt und dadurch der Erfüllungsgrad abgeleitet.

7.1 Bewertung der Anforderungen an den Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung

Damit eine Bewertung der Anforderungen, welche in **Kapitel 4** zusammenfassend dargestellt wurden möglich ist, gilt es, zunächst eine einheitliche Bewertungsform zu wählen. In diesem Fall wurden Anforderungen, welche vollständig erfüllt werden (100%), mit einem Zahlenwert von 2 gekennzeichnet. Anforderungen, welche hingegen nur zu einem bestimmten Anteil erfüllt wurden (1-99%), erhalten einen Zahlenwert von 1 und Anforderungen, welche nicht erfüllt werden konnten (0%), den Zahlenwert 0. Unter Betrachtung dieser Bewertungsform kann der FusLa bei einer Gesamtanzahl von 18 Anforderungen, damit maximal 36 Punkte erreichen. Zur Berechnung des Erfüllungsgrades der Anforderungen wird die erreichte Punktzahl letztlich durch die Maximalpunktzahl geteilt und mit dem Wert 100 multipliziert. Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass die Bewertung subjektiv anhand der erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse der Validierung erfolgt. Demnach ist es durchaus möglich, dass die Bewertung, je nach subjektivem Meinungsbild, leicht variieren kann.

7.1.1 Grundlegende Anforderungen

Analog zum Zwischenfazit werden zunächst die grundlegenden Anforderungen an den FusLa und darauf aufbauend die Anforderungen an die einzelnen Prozesse, darunter Informationssondierung, Priorisierung, Fehlerursachenlokalisierung und Lösungsfindung, bewertet.

1. *Der FusLa muss die Erkennung von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System, auf Grundlage von Reklamationsinformationen und deren Abstimmung mit Hilfe von Handlungshilfen, ermöglichen. (aus Kapitel 2.1.2)*

Der Algorithmus hat im Rahmen der Validierung gezeigt, dass er durchaus in der Lage ist, Gründe für nichterfüllte Anforderungen, auf Grundlage von Reklamationsinformationen, zu erkennen. Voraussetzung dafür stellen jedoch eine hinreichende Qualität des Reklamationstextes und der Informationen des Produktionssystems dar. Die Validierungsergebnisse haben herausgestellt, dass der Algorithmus bei allen Industriebeispielen zwar die entsprechenden Fehlerursachen ableiten konnte, die Sondierung der nichterfüllten Anforderung jedoch aufgrund einer mangelhaften Normierung und Standardisierung der Beschreibung von Anforderungen in Reklamationstexten stets manuell durchgeführt werden musste. Diese manuelle Auswahl gilt es jedoch dringend zu vermeiden, um Mehraufwand und den Einsatz weiterer Ressourcen (Zeit & Personal) zu verhindern. Im Hinblick auf die Abstimmung der Fehlerursachen durch den Einsatz geeigneter Handlungshilfen ermöglichte der Einsatz des STOP-Prinzips eine Vielfalt unterschiedlicher Maßnahmen zur Lösungsfindung. Ebenfalls konnte durch die Validierung herausgestellt werden, dass kein Einfluss einer unzureichenden Qualität des Reklamationstextes oder der unternehmensspezifischen Informationen auf die Lösungsfindung besteht. Somit konnten für jede erkannte Fehlerursache eine bzw. mehrere Maßnahmen abgeleitet und diese damit abgestellt werden. Insgesamt wird die Anforderung als **teilweise erfüllt (1)** angesehen, da das Ergebnis noch, je nach Informationsgrundlage, variieren kann.

2. *Der FusLa muss gegebene Eingangsgrößen (Reklamationsinformationen) in gesuchte Ausgabegrößen (Fehlerursachen und Handlungshilfen) umwandeln können. (aus Kapitel 2.1.2)*

Mit der zweiten Anforderung an den FusLa sollte dieser, die zur Verfügung stehenden Reklamationsinformationen in gesuchte Fehlerursachen und Handlungshilfen umwandeln. Durch das automatisierte Einlesen des Reklamationstextes können alle relevanten Reklamationsinformationen innerhalb des Reklamationstextes sondiert und als Eingangsgrößen herangezogen werden. Der Algorithmus ist in der Lage, auf Basis dieser relevanten Reklamationsinformationen alle in Frage kommenden Fehlerursachen zu identifizieren und darauf aufbauend Handlungshilfen als Ausgabegrößen abzuleiten. Demnach wird die Anforderung als **vollständig erfüllt (2)** angesehen. Auch in diesem Fall hat die Qualität der Informationen einen Einfluss auf den Umwandlungsvorgang, jedoch ändert dies nichts an dem Sachverhalt, dass der Algorithmus sowohl aus theoretischer als auch aus praktischer Sicht, zur Umwandlung in der Lage wäre.

3. *Der FusLa soll nur Informationen bearbeiten, welche die Vorgaben der Reklamationsdefinition erfüllen. (aus Kapitel 2.2.2)*

Damit der FusLa auf Grundlage von Reklamationen fungiert, muss er die Vorgaben der Reklamationsdefinition kennen. Dies wird dadurch realisiert, dass der Algorithmus nur dann funktioniert, wenn sich die nichterfüllte Anforderung im Pflichtenheft oder der technischen Zeichnung wiederfinden lässt. Ist dies nicht der Fall, so handelt es sich bei der Anforderung um

keinen Vertragsbestandteil und der Algorithmus kann die weiterführende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung nicht ausführen. Demnach ist diese Anforderung auch als **vollständig erfüllt (2)** anzusehen.

4. *Der FusLa muss den System-Input /-Output, die Systemumwelt, die Systemgrenze, die Systemelemente, deren Struktur, Relationen und Systemverhalten unterscheiden und berücksichtigen können. (aus Kapitel 2.3.1)*

Die vierte Anforderung an den FusLa sieht vor, dass dieser einen System-Ansatz in seine Auswertung mit einbezieht. Gelöst wurde dies zum einen durch das Heranziehen der modifizierten Systemdefinition in Anlehnung an [Lindemann 2005; Schnieder und Schnieder 2013; Haberfellner 2012], welche ein einheitliches Verständnis für den Systembegriff vermittelt. Zum anderen wurde der Algorithmus auf Grundlage des eDeCoDe-Ansatzes nach [Winzer 2016] und [Nicklas 2016] aufgebaut, welcher es ermöglicht, ein Verständnis für Systemelemente (z.B. Anforderungen), deren Struktur (über Design Structure Matrix) sowie Relationen (über Domain Mapping Matrix) zu erhalten. Der Algorithmus erkennt darüber hinaus, Systeminputs und Systemoutputs. Demnach wird diese Anforderung als **vollständig erfüllt (2)** angesehen.

5. *Der FusLa muss bereits erkannte Probleme dokumentieren und für nachfolgende Reklamationen verfügbar machen. (aus Kapitel 3.2.5)*

Nachdem der FusLa alle relevanten Reklamationsinformationen sondiert und eine Priorisierung durchgeführt hat, wird das erste Mal ein Eintrag in der Reklamationsdokumentation (eine Art Lessons Learned Datenbank) erstellt. Dieser Eintrag vervollständigt sich mit fortlaufender Bearbeitung und erfasst alle Aktivitäten des Anwenders. Das bedeutet, dass sowohl alle Ergebnisse im Hinblick auf die Fehlerursachenlokalisierung erfasst als auch alle abgeleiteten Handlungshilfen sowie dazugehörigen Maßnahmen in die Reklamationsdokumentation (Tabellenblatt) überführt werden. Ebenso sind die Ergebnisse der Priorisierung als auch der ursprüngliche Reklamationstext in der Dokumentation hinterlegt. Der Zugriff auf bereits abgeschlossene Reklamationen und erlangte Erkenntnisse ist dadurch gewährleistet. Aus diesem Grund wird diese Anforderung als **vollständig erfüllt (2)** angesehen.

6. *Der FusLa soll einen möglichst geringen zeitlichen und personellen Aufwand hervorrufen. (aus Kapitel 3.2.5)*

Von großer Bedeutung, vor allem für Unternehmen aus der Industrie, ist die Fragestellung nach dem zeitlichen und personellen Aufwand. Aus diesem Grund war eine Anforderung an den FusLa, diesen Aufwand so gering wie möglich zu halten. Als Basis für die Einschätzung, hinsichtlich des Aufwandes, wurden die beiden Validierungen anhand der Industriebeispiele genutzt. Es stellt sich heraus, dass der Algorithmus durchaus in der Lage ist, notwendige Ressourcen (Zeit & Personal) einzusparen, sofern einige Voraussetzungen gelten. Zum einen hängt die Einsparung massiv von der Qualität der zur Verfügung stehenden Informationsgrundlage ab. Ebenso beeinflusst die Qualität des Reklamationstextes die darauf folgende Auswertung enorm. Damit lässt sich im Hinblick auf die Qualität der Informationen ableiten, dass je geringer die Qualität ist, desto größer auch der Aufwand wird. Neben der Qualität der Informationsgrundlage ist der Aufwand zum anderen auch vom Aufbau des Produktionssystems abhängig. Existiert noch kein Produktionssystem, so muss dieses zunächst erstellt und vor allem auf einem aktuellen Stand gehalten werden. Dies bedarf durchaus einiger Ressourcen. Dennoch liefert es einen wesentlich effizienteren Überblick als die Einschätzung einer einzelnen Person im Reklamationsmanagement. Ebenso kann durch ein bestehendes Modell

der Einarbeitungsaufwand von vor allem neueren Personal durchaus verringert werden. Insgesamt zeigt das Ergebnis der Validierung, dass der Aufwand sowohl hoch als auch niedrig sein kann. Dies gilt es jedoch in weiteren Forschungsvorhaben eindeutig zu quantifizieren. Demnach kann die Anforderung als **teilweise erfüllt (1)** angesehen werden.

7. Der FusLa soll übereilte Sofortmaßnahmen verhindern. (aus Kapitel 3.2.5)

Eine Schwierigkeit, welche vor allem bei Unternehmen in der Industrie häufig zu beobachten ist, sind übereilte Sofortmaßnahmen, damit die Kundenzufriedenheit bestmöglich erhalten bleibt. In vielen Fällen können diese Sofortmaßnahmen durchaus ihren Zweck erfüllen, jedoch kann es auch dazu kommen, dass Sofortmaßnahmen getroffen werden, welche im Endeffekt einen Mehraufwand nach sich ziehen. Aus diesem Grund soll der Algorithmus diese übereilten Sofortmaßnahmen verhindern. Dies gelingt, indem der Algorithmus eine Vielzahl von Handlungshilfen mit entsprechenden Maßnahmen vorschlägt und dabei nach dem STOP-Prinzip agiert. Erst werden dabei personenbezogene Maßnahmen eingeleitet, welche kaum einen Mehraufwand hervorrufen aber dennoch effektiv sein können. Erst wenn diese Maßnahmen nicht ausreichend sind werden neue Maßnahmen, darunter bspw. organisatorische oder technische Maßnahmen, definiert. Dadurch, dass der Anwender in wenigen Sekunden die denkbare Fehlerursache identifizieren kann, ist es ihm möglich, ohne Zeitdruck zu entscheiden, welche Maßnahmen angebracht und sinnvoll sind. In Zukunft sollte der Algorithmus, bspw. über eine KI, selbst Maßnahmen ableiten, um dem Anwender eine Vorauswahl zu liefern. Dies soll ebenfalls dazu beitragen, übereilte Sofortmaßnahmen zu vermeiden. Die Bewertung der Anforderung wird insgesamt als **vollständig erfüllt (2)** angesehen.

8. Der FusLa soll einen Modellansatz nutzen, um die derzeitige Komplexität von Systemen beherrschen zu können. (aus Kapitel 3.2.5)

Damit die Komplexität von Systemen beherrschbarer wird, ist der Einsatz eines Modellansatzes empfehlenswert. Auch der Algorithmus hatte die Anforderung, einen Modellansatz zur Darstellung des Produktionssystems zu nutzen, um damit die Komplexität überblicken zu können. Nach erfolgter Bewertung unterschiedlicher Ansätze kristallisierte sich heraus, dass der eDeCoDe-Ansatz nach [Winzer 2016] und [Nicklas 2016] für das angedachte Dissertationsvorhaben am besten geeignet scheint. Aus diesem Grund basiert auch der theoretische Ansatz des FusLa auf den Sichten von eDeCoDe. Alle Systemelemente des Produktionssystems werden über die fünf eDeCoDe-Sichten standardisiert dargestellt und über dafür vorgesehene Matrizen sowie 0 / 1 Deklarationen in Relation zueinander gesetzt. Dadurch entsteht ein Modell des Produktionssystems, welches nicht nur einen Überblick über bestehende Wechselbeziehungen gibt, sondern auch die Möglichkeit der Auswertung durch den Algorithmus bietet. Aus diesem Grund wird diese Anforderung als **vollständig erfüllt (2)** angesehen.

7.1.2 Anforderungen an die Informationssondierung

Nachdem die grundlegenden Anforderungen an den FusLa bewertet wurden, erfolgt eine kritische Beurteilung der Anforderungen an die Informationssondierung.

9. Der FusLa muss über eine automatisierte Sondierung von Reklamationsinformationen verfügen. (aus Kapitel 3.1.1)

Mit dem ersten Prozess des FusLa wurde darauf abgezielt, alle relevanten Reklamationsinformationen automatisiert aus dem vorliegenden Reklamationstext zu sondieren. Bereits bei der Entwicklung des theoretischen Konzepts wurde darauf geachtet, welche Reklamationsinformationen als relevant und welche als weniger relevant angesehen werden können. Mit Hilfe

dieser Unterscheidung, wurde das theoretische Konzept auf Basis von VBA programmiert und anhand mehrerer Reklamationstexte unterschiedlicher Industriebeispiele validiert. Das Ergebnis hat gezeigt, dass der Algorithmus durchaus in der Lage ist, relevante Reklamationsinformationen aus dem Reklamationstext automatisch zu sondieren. Durch eine Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen innerhalb des Unternehmens gelingt dem Algorithmus eine Sondierung fehlender Informationen und deren Zuordnung in die jeweils dafür vorgesehenen Felder der Oberflächen Informationssondierung_1, _2 und _3. Insgesamt lässt sich somit festhalten, dass der Algorithmus, wie die Anforderung es vorsieht, über eine automatisierte Sondierung von Reklamationsinformationen verfügt. Somit ist die Anforderung **vollständig erfüllt (2)**.

10. Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung erfolgen kann. (aus Kapitel 3.1.1)

Die zweite Anforderung an die Informationssondierung sieht vor, dass die sondierten Reklamationsinformationen so aufbereitet sind, dass eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung möglich sein kann. Um diese Anforderung bewerten zu können, ist nochmalig zusammenzufassen, welche Informationen in die Fehlerursachensuche und Lösungsfindung einfließen. Tatsächlich handelt es sich hierbei nur um die nichterfüllte Anforderung. Alle anderen Informationen dienen zum einen zur Dokumentation und zum anderen zur Priorisierung der jeweiligen Reklamation. Demnach lässt sich eine Einschätzung, ob die Aufbereitung der Reklamationsinformationen für eine geeignete Fehlerursachensuche und Lösungsfindung geeignet ist, nur anhand der nichterfüllten Anforderung festmachen. Das Ergebnis der Validierung hat gezeigt, dass der Algorithmus auf Grundlage der nichterfüllten Anforderung tatsächlich Fehlerursachen erkennen und dafür geeignete Handlungshilfen ableiten kann. Hierbei stellt sich jedoch die Problematik, dass dieser Vorgang massiv durch die Formulierung der nichterfüllten Anforderung im Reklamationstext beeinflusst ist. Derzeit kann der Algorithmus nur dann eine Fehlerursachensuche und Lösungsfindung initiieren, sofern die Anforderung in einer bestimmten Form, z.B. wie in der technischen Zeichnung oder dem Pflichtenheft, angegeben ist. Andernfalls erkennt der Algorithmus die Anforderung nicht und kann diese dadurch auch nicht sondieren. Aus diesem Grund wird die Anforderung lediglich als **teilweise erfüllt (1)** angesehen und der Bedarf einer Standardisierung und Normierung von Reklamationstexten bzw. einer Entwicklung eines kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen nochmal hervorgehoben.

11. Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine Rückspiegelung der ausgewerteten Informationen in die Produktion möglich ist. (aus Kapitel 3.1.1)

Damit eine Fehlerursachensuche innerhalb des Produktionssystems durch den Algorithmus überhaupt machbar ist, sollte dieser über eine Möglichkeit der Rückspiegelung der sondierten Informationen in die Produktion verfügen. Gelöst wurde dies durch das Heranziehen des eDeCoDe-Ansatzes nach [Winzer 2016] und [Nicklas 2016]. Durch die Darstellung der einzelnen Systemelemente des Produktionssystems über die fünf eDeCoDe-Sichten und deren Verknüpfung über die Design Structure sowie Domain Mapping Matrix, konnte nicht nur das Produktionssystem vollständig abgebildet, sondern auch die Wechselbeziehungen zur nichterfüllten Anforderung, erfasst werden. Anhand dieser Wechselbeziehungen war es letztlich möglich, die nichterfüllte Anforderung auf wenige Systemelemente einzugrenzen und durch die Ableitung geeigneter Handlungshilfen in die Produktion zurückzuspiegeln. Demnach wird diese Anforderung als **vollständig erfüllt (2)** angesehen.

12. *Der FusLa muss die Sondierung von Reklamationsinformationen auf Grundlage einer festgelegten Informationsstruktur ermöglichen, um dadurch Textbausteine innerhalb der Reklamation zu erkennen und diese aus dem Reklamationstext filtern zu können. (aus Kapitel 3.2.1)*

Zur Sondierung relevanter Reklamationsinformationen wurde auf Grundlage des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik in **Kapitel 3.1.1** und **3.2.1** eine umfangreiche Informationsstruktur in Form eines Informationssondierungsfilters entwickelt. Dieser verfügt über unterschiedliche Informationen, welche für die nachfolgende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung als relevant angesehen wurden. Zu nennen sind hier unter anderem relevante Kundeninformationen, Informationen zum Fehler oder gar Auftragsinformationen. Im Rahmen der Validierung hat sich herausgestellt, dass sich diese Struktur bewährt. Lediglich im Hinblick auf die Sondierung der, mit der Reklamation verbundenen Kosten, traten Schwierigkeiten auf. Nichts desto trotz ist der Algorithmus auf Grundlage dieser Struktur in der Lage, alle relevanten Reklamationsinformationen zu erfassen, wodurch die Anforderung als **vollständig erfüllt (2)** angesehen werden kann.

7.1.3 Anforderungen an die Priorisierung

Nachdem die Anforderungen an die Informationssondierung des FusLa bewertet wurden, erfolgt eine kritische Beurteilung der Anforderungen an die Priorisierung.

13. *Der FusLa muss die Priorisierung von Reklamationen auf Basis unterschiedlicher Bewertungsdimensionen und dimensionsspezifischer Gewichtungen quantitativ, mehrdimensional und automatisiert möglich machen. (aus Kapitel 3.1.2)*

Die einzige Anforderung, welche an die Priorisierung gestellt wurde, sah vor, mehrere quantitative Bewertungsdimensionen sowie dimensionsspezifische Gewichtungen in die Priorisierung mit einzubinden und diese automatisiert ablaufen zu lassen. Umgesetzt wurde dies durch die Ableitung von insgesamt neun unterschiedlichen Dimensionen. Diesen Dimensionen wurden, auf Grundlage der im vorherigen Prozess sondierten Reklamationsinformationen, unterschiedliche Werte zugewiesen. Um die Vergleichbarkeit und Vereinbarkeit der Werte zu gewährleisten, wurde jeder dieser Werte in einer Reichweite von 1-10 normiert. Dadurch gelang es, die einzelnen Dimensionen mit den jeweiligen Reklamationsinformationen und unternehmensspezifischen Informationen zu koppeln. Ergänzend zu den Dimensionswerten, wurden reklamationsübergreifende Gewichtungen pro Dimension erfasst. Diese waren ebenfalls quantitativ und passten sich bei jedem Anlegen einer neuen Reklamation automatisiert an. Gebündelt wurden alle Dimensions- und Gewichtungswerte letztlich in einer Priorität für Reklamationen. Insgesamt zeigte die Validierung, dass der Algorithmus die Priorität von Reklamationen automatisiert sowie quantitativ und mehrdimensional berechnen kann. Kritisch war dies jedoch dann, wenn für die Priorisierung notwendige Informationen fehlten. In diesem Fall kam es zur Verfälschung des Ergebnisses. Aus diesem Grund gilt es zu untersuchen, wie dieses Problem in Zukunft abgeschaltet werden kann. Die Anforderung wird als **teilweise erfüllt (1)** angesehen.

7.1.4 Anforderungen an die Fehlerursachenlokalisierung

Nachdem die Anforderungen an die Priorisierung des FusLa bewertet wurden, erfolgt eine kritische Beurteilung der Anforderungen an die Fehlerursachenlokalisierung.

14. *Der FusLa muss die Fehlerursachenlokalisierung möglich machen, welche unabhängig von Erfahrungswerten der Mitarbeiter ist und auf einer vorher definierten Struktur oder einem vorher definierten Vorgehen fußt. (aus Kapitel 3.2.3)*

Die Fehlerursachenlokalisierung, wurde im Rahmen des Dissertationsvorhabens auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen und dem eDeCoDe-Ansatz nach [Winzer 2016] und [Nicklas 2016] entwickelt. Dabei sind die Systemelemente des Produktionssystems über die fünf Sichten, darunter Anforderungen, Personen, Prozesse, Funktionen sowie Komponenten, abgebildet und über 0 / 1 Deklarationen in Relation zueinander gesetzt. Durch die Wechselbeziehungen zu den Systemelementen ist es möglich, die nichterfüllte Anforderung innerhalb des Produktionssystems zu lokalisieren. Dabei wird auf die Systemelemente geschlossen, welche zur Realisierung der Anforderung hätten beitragen müssen. Im Rahmen der Validierung hat sich gezeigt, dass dieses Vorgehen in der Lage ist, fehlerverursachende Systemelemente zu identifizieren. Die Validierung verdeutlichte jedoch auch, dass es nicht ausreichend ist, lediglich die Systemelemente zu betrachten, welche zur Realisierung der Anforderung beitragen. Auch die Systemelemente, welche eine Anforderung innerhalb der Produktion noch verändern können, sind entscheidend für die Fehlerursachenlokalisierung. Da dieser Aspekt zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht umgesetzt ist, wird die Anforderung als nur **teilweise umgesetzt (1)** angesehen.

15. *Der FusLa muss bei der Identifizierung von Fehlerursachen nicht nur eine mögliche Fehlerursache, sondern alle möglichen Fehlerursachen die zum Fehler geführt haben können, herausstellen. (aus Kapitel 3.2.3)*

Wie bereits bei der vorherigen Anforderung angesprochen, konnte bei der Validierung herausgestellt werden, dass der Algorithmus derzeit nur die Fehlerursachen erkennen kann, welche zur Realisierung der nichterfüllten Anforderung hätten beitragen müssen. Dies ist jedoch nicht ausreichend, um alle möglichen Fehlerursachen durch den Algorithmus zu erfassen. Im Gespräch mit den Experten der Unternehmen für die Industriebeispiele ist festgehalten worden, dass es notwendig ist, auch die Systemelemente zu betrachten, welche eine Veränderung der Anforderung hervorrufen. Nur so kann die Anforderung hinsichtlich der Erfassung aller möglichen Fehlerursachen zufriedenstellend umgesetzt werden. Für die Anforderung wird daher eine Bewertung von **teilweise erfüllt (1)** definiert.

16. *Der FusLa muss Informationen zu möglichen Fehlerursachen erheben und zur Auswertung nutzen. (aus Kapitel 3.2.3)*

Damit lokalisierte Fehlerursachen auch auswertbar gemacht werden können, wurden für das Dissertationsvorhaben unterschiedliche Fehlerursacheninformationen definiert. Die Fehlerursacheninformationen orientieren sich entlang der eDeCoDe-Sichten nach [Winzer 2016] und [Nicklas 2016]. Demnach wurden für jede Sicht, darunter bspw. die Personensicht, unterschiedliche Fehlerursacheninformationen, wie bspw. fachliche oder methodische Kompetenzen, abgeleitet. Diese Fehlerursacheninformationen wurden herangezogen, um abzuschätzen, wie wahrscheinlich das Eintreten einer erkannten Fehlerursache war. Dies hat den Hintergrund, dass es sinnvoll ist zu entscheiden, welche Fehlerursachen zuerst und welche erst danach durch geeignete Handlungshilfen eliminiert werden sollen. Dennoch stellten sich sowohl bei der Erhebung als auch der Auswertung der Fehlerursacheninformationen unterschiedliche Schwierigkeiten heraus. Zum einen konnten manche Informationen, darunter bspw. die Ausfallrate oder Verfügbarkeit einer Komponente nicht bewertet werden, weil die jeweiligen Unternehmen über keine Daten diesbezüglich verfügten. Ebenso stellten sich große Probleme beim Input-Abgleich heraus, da die Kunden meist keine standardisierten Vorgaben

machten, welchen Input dieser vorsehen. Diese Probleme minimierten auch die Aussagekraft der Wahrscheinlichkeitsbewertung. Um diesem Sachverhalt entgegenzuwirken, scheint es notwendig, entweder eine andere Art der Wahrscheinlichkeitsbewertung in Betracht zu ziehen oder das bestehende Verfahren zu optimieren. Aufgrund der Schwierigkeiten wird die dritte Anforderung an die Fehlerursachenlokalisierung als **teilweise erfüllt (1)** angesehen.

7.1.5 Anforderungen an die Lösungsfindung

Nachdem die Anforderungen an die Fehlerursachenlokalisierung des FusLa bewertet wurden, erfolgt eine kritische Beurteilung der Anforderungen an die Lösungsfindung.

- 17. Der FusLa muss die Beseitigung von Fehlerursachen, auf Basis eines vorgefertigten Kataloges, ermöglichen und Handlungshilfen, je nach Fehlerursache, bereitstellen. (aus Kapitel 3.1.4)*

Die erste Anforderung, welche an die Lösungsfindung gestellt wurde, sieht die Beseitigung von Fehlerursachen mittels Handlungshilfen vor. Um dies zu realisieren, wurden für unterschiedlichste Fehlerursachen entlang der eDeCoDe-Sichten nach [Winzer 2016] und [Nicklas 2016] mannigfaltige Handlungshilfen mit Maßnahmen ausgearbeitet, mit denen es möglich sein sollte, auf verschiedenste Fehlerursachen zu reagieren. Die Validierung hat gezeigt, dass dieser Ansatz durchaus Potential hat. Für die, in der Validierung genutzten, Industriebeispiele, konnten jeweils Handlungshilfen mit den entsprechenden Maßnahmen ausgewählt und die Fehlerursachen dadurch abgestellt werden. Aktuell müssen die Maßnahmen jedoch noch manuell durch den Anwender ausgewählt werden. Es wäre sinnvoll, auch diesen Prozess, bspw. über eine KI, effektiver zu gestalten. Dies spielt jedoch für die Bewertung der Anforderung, welche als **vollständig erfüllt (2)** angesehen wird, keine Rolle.

- 18. Der FusLa muss bei der Beseitigung von Fehlerursachen einer einheitlichen und standardisierten Struktur folgen. (aus Kapitel 3.1.4)*

Die Lösungsfindung des FusLa wurde im Rahmen des Dissertationsvorhabens auf Grundlage des STOP-Prinzips aufgebaut. Das STOP-Prinzip gibt dabei insgesamt vier unterschiedliche Kategorien (substituierend (S), technisch (T), organisatorisch (O) und personenbezogen (P)) vor. Mit Hilfe dieser Kategorien war es möglich, unterschiedliche Arten von Maßnahmen für die Handlungshilfen auszuarbeiten. Es gelang darüber hinaus, eine einheitliche und standardisierte Struktur für die Lösungsfindung zu definieren. Die Anforderung wird demnach als **vollständig erfüllt (2)** angesehen.

7.1.6 Anforderungsbewertung im Überblick

Nach erfolgter Bewertung aller Anforderungen an den FusLa ist es nun möglich, den Grad der Anforderungserfüllung zu berechnen. Hierzu werden alle Einzelbewertungen summiert, durch die Maximalpunktzahl geteilt und mit dem Wert 100 multipliziert. Alle Anforderungen werden noch einmal in einem Überblick in Anhang 109 und Anhang 110 zusammenfassend dargestellt. Die Bewertung zeigt, dass der Algorithmus einen Erfüllungsgrad der Anforderungen von 80,556 % erreicht. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass der Algorithmus enormes Potential hat, die herkömmliche Fehlerursachensuche und Lösungsfindung zu verändern oder gar zu optimieren. Dennoch hat der Algorithmus auch weiterhin einige Schwachstellen, welche es in weiteren Forschungsvorhaben zu fokussieren gilt. Um einen zusammenfassenden Überblick über das Gesamtergebnis des Dissertationsvorhabens zu erhalten, wird nachfolgend ein abschließendes Fazit gezogen.

7.2 Fazit des Dissertationsvorhabens

Das Dissertationsvorhaben stellte heraus, dass die Komplexität neuer Produkte aber auch Prozesse nicht nur Vorteile, sondern auch vielfältige Herausforderungen für Unternehmen mit sich bringt. Unter anderem hervorgerufen durch den stetigen Wunsch nach neuen Innovationen von Seiten des Kunden, zeigte sich vor allem ein massiver Anstieg von Anforderungen durch den Kunden. Diese Anforderungen zu erfüllen, ist vor allem in der heutigen Zeit eine Voraussetzung dafür, sich gegenüber der Konkurrenz auf einem immer globaleren Markt durchzusetzen. Problematisch wird dies nur dann, wenn Anforderungen nicht erfüllt werden und bis in die Nutzungsphase beim Kunden durchdringen. Als Resultat stehen Beschwerden aber auch Reklamationen, welche es zwingend auszuwerten gilt, um Verbesserungspotentiale in der Produktion oder Schwachstellen am Produkt feststellen zu können. Dennoch zeigte die Untersuchung des Standes der Wissenschaft und Technik, dass viele Unternehmen, vor allem im Hinblick auf den Umgang mit umfangreichen Reklamationsinformationen, an ihre Grenzen kommen. Nicht nur, dass viele Unternehmen Reklamationen als Übel ansehen und kein geeignetes Reklamationsmanagement haben, sie verfügen auch meist nicht über geeignete Möglichkeiten, um mit der vorherrschenden Komplexität der Produktionssysteme umgehen zu können. Aktuelle Methoden, wie bspw. der 8D-Report aber auch verfügbare Softwaresysteme ermöglichen zwar eine kurzfristige Hilfestellung, kommen jedoch bei sehr komplexen Produktionssystemen ebenfalls an ihre Grenzen. Als Resultat der geschilderten Problematik definierte sich die folgende Zielstellung:

Entwicklung eines zielgerichteten Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus [FusLa] in der Produktion einer Organisation auf Basis von berechtigten Produktreklamationsinformationen von Kunden aus der Nutzung eines Produktsystems.

Angestrebt wurde damit, die zur Verfügung stehenden Reklamationsinformationen auch bei sehr komplexen Produktionssystemen nutzbringend auswerten zu können. Dadurch sollte nicht nur das Reklamationsmanagement zeitgemäßer gestaltet, sondern auch die Akzeptanz für den Umgang mit Reklamationen gesteigert werden. Dennoch handelt es sich bei dem Dissertationsvorhaben um einen sehr komplexen Prozess, welcher einigen Einschränkungen bedurfte. Es wurden insgesamt sechs verschiedene Einschränkungen für das Dissertationsvorhaben festgelegt, welche nachfolgend nochmals aufgelistet sind (**vgl. Kapitel 1.2**):

- E1: Fokussierung auf materielle **Produkte**, nicht auf immaterielle Dienstleistungen
- E2: Fokussierung auf Reklamationen **zwischen Kunden und Organisationen**
- E3: Nutzung der Informationen zur **Fehlerursachensuche und Lösungsfindung**
- E4: Rückführung in die **Produktion**, nicht in die Produktentwicklung
- E5: Betrachtung von **Reklamationen** und nicht von Beschwerden
- E6: Fokussierung auf den **B2B-Bereich**

Aufbauend auf diesen Einschränkungen galt es, sinnvolle Teilziele zu definieren, welche die Richtung des Dissertationsvorhabens vorgaben. Diese Teilziele sind nachfolgend ebenfalls aufgelistet (**vgl. Kapitel 1.2**):

- TZ1: Geeignete Sondierung relevanter Reklamationsinformationen
- TZ2: Sinnvolle und mehrdimensionale Priorisierung von Reklamationen
- TZ3: Ortung von Fehlerursachen in Teilsystemen zur besseren Eingrenzung
- TZ4: Nutzung eines Modellansatzes zur Beherrschung der Komplexität
- TZ5: Abstellung der Fehlerursachen durch angemessene Lösungsfindung

Um die festgelegten Teilziele überhaupt umsetzen und transparent darlegen zu können, galt es, zunächst ein einheitliches Verständnis über wesentliche Begrifflichkeiten und theoretische Grundlagen zu schaffen. Dazu zählte die eindeutige Definition des Reklamationsbegriffs sowie die Ableitung des Begriffs FusLa. Weiterführend wurde der Systembegriff untersucht und darauf aufbauend ein Modellansatz zur Modellierung soziotechnischer Systeme für das Dissertationsvorhaben ausgewählt. Mit Hilfe der Begrifflichkeiten und theoretischen Grundlagen wurde die Basis für die weiterführende Arbeit geschaffen.

Daran angeschlossen erfolgte eine sehr umfangreiche Analyse des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik. Betrachtet wurden unterschiedlichste Forschungsvorhaben, welche sich im Schwerpunkt mit dem Umgang von Reklamationen beschäftigten aber auch Softwaresysteme und Ansätze der KI, welche bereits in der Industrie Anwendung finden. Das Ergebnis der Auswertung belegt, dass es zwar zahlreiche Ansätze gibt, welche einen sehr mannigfaltigen Umgang mit Reklamationen vorsehen, diese jedoch keine Automatisierung bspw. in Form eines Algorithmus innehaben. Um die Potentiale der analysierten Forschungsvorhaben, Softwaresysteme und Ansätze künstlicher Intelligenz sinnvoll zu nutzen und Synergien zu schaffen, wurden, aufbauend auf den gesammelten Erkenntnissen, unterschiedliche Anforderungen an einen FusLa abgeleitet. Diese Anforderungen sollten im späteren Verlauf zur Bewertung des Algorithmus dienen. Um jedoch den Algorithmus überhaupt bewerten zu können, galt es, zunächst ein theoretisches Grundkonzept auszuarbeiten.

Das theoretische Grundkonzept basierte ebenfalls auf den Ergebnissen und Erkenntnissen der Auswertung des Standes der Wissenschaft und Technik. Definiert wurden für das theoretische Grundkonzept insgesamt vier Prozesse, darunter die Informationssondierung, Priorisierung, Fehlerursachenlokalisierung und Lösungsfindung, wobei jeder der Prozesse einen ganz spezifischen Zweck hatte. Beginnend mit dem ersten Prozess, sollten alle relevanten Reklamationsinformationen, aus einem zur Verfügung stehenden Reklamationstext, automatisiert erhoben werden. Um dies zu erreichen, galt es zunächst festzulegen, was als relevante Reklamationsinformation zu verstehen ist. Dafür wurde ein Informationssondierungsfilter angelegt. Dieser beinhaltete unterschiedliche Arten von Informationen und definierte die Struktur der Informationssondierung. Aufbauend auf den sondierten Informationen sollte eine Priorisierung erfolgen. Dies war notwendig, um für ein Unternehmen einzuschätzen, welche Relevanz die erhaltene Reklamation im Vergleich zu anderen Reklamationen oder gar Tätigkeiten hat. Dazu sind insgesamt neun verschiedene Dimensionen definiert und diesen jeweils ein Wert und eine Gewichtung zugewiesen worden. Über entwickelte Formeln gelang es, die Priorisierung teilweise objektiv, mehrdimensional und quantitativ auszuarbeiten. Nach erfolgter Priorisierung bedurfte es der eigentlichen Fehlerursachensuche und Lösungsfindung. Dazu wurde der zuvor ausgewählte eDeCoDe-Ansatz nach [Winzer 2016] und [Nicklas 2016] zur Modellierung der Produktionssysteme herangezogen. Die Umsetzung der Fehlerursachenlokalisierung erfolgte auf Grundlage der nichterfüllten Anforderung aus dem Reklamationstext und ermöglichte durch das Auswerten der Wechselbeziehungen zu anderen Systemelementen, eine eindeutige Erfassung möglicher Fehlerursachen. Diese Fehlerursachen sind mit Hilfe ebenfalls definierter Fehlerursacheninformationen, hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit des Auftretens, bewertet worden. Mit dem letzten Prozess, der sogenannten Lösungsfindung, erfolgte die Eliminierung der erkannten Fehlerursachen über geeignete Handlungshilfen mit dazugehörigen Maßnahmen. Unter Anwendung des STOP-Prinzips sollten für jede erkannte Fehlerursache individuelle Lösungen angeboten werden. Zur praktischen Umsetzung des theoretischen Konzepts wurde die Programmiersprache Visual Basic for Applications (VBA) herangezogen. Im Ergebnis stand der erste Prototyp des FusLa, welcher über unterschiedliche Oberflächen und mannigfaltige Funktionen verfügte.

Zur Feststellung von Verbesserungspotentialen und Schwachstellen des ersten Prototyps erfolgten mehrere Validierungen anhand unterschiedlicher Industriebeispiele. Mit dem ersten Validierungsbeispiel wurde der Algorithmus im Bereich der Stanz- und Umformtechnik überprüft. Dabei galt es zu untersuchen, ob der Algorithmus sinnvolle Ergebnisse liefert und die zur Verfügung stehenden Informationen zielorientiert verarbeitet. Bei dieser Validierung konnten sowohl Potentiale als auch Schwachstellen herausgestellt werden.

- + Der Algorithmus zeigte, dass er in der Lage ist, relevante Reklamationsinformationen aus dem Reklamations-text, zu sondieren. Durch die Kopplung des Algorithmus mit bestehenden Informationssystemen trug dieser Vorgang dazu bei, Ressourcen (Zeit & Personal) einzusparen. Ebenfalls gelang es dem Algorithmus, die zur Verfügung stehenden Reklamationen korrekt zu priorisieren und dem Meinungsbild des Unternehmens zu entsprechen. Darüber hinaus zeigten sich Potentiale darin, auch in sehr komplexen Produktionssystemen, die Systemelemente ausfindig zu machen, welche zur Realisierung der nichterfüllten Anforderung hätten beitragen müssen. Zuletzt bot er für jede identifizierte Fehlerursache geeignete Handlungshilfen mit entsprechenden Maßnahmen.

Dennoch zeigten sich auch enorme Schwachstellen in unterschiedlichen Bereichen.

- Trotz des großen Potentials relevante Ressourcen einzusparen, mussten dennoch Ressourcen dafür aufgebracht werden das vollständige Produktionssystem abzubilden und zu pflegen. Darüber hätten in der Industrie tatsächliche Schnittstellen zu den jeweiligen Produktionssystemen hergestellt werden müssen, was ebenfalls Mehraufwand gewesen wäre. Es zeigte sich während der Validierung ebenfalls, dass die Informationssondierung nur dann effektiv ist, sofern ein Abgleich zwischen Informationen im Reklamations-text und den Informationen aus den Informationssystemen möglich ist. Andernfalls muss der Anwender ebenfalls tätig werden. Eine weitere Schwachstelle bot sich bei der Wahrscheinlichkeitsbewertung der Fehlerursachen, deren unzureichende Informationsgrundlage die Bewertung so stark beeinflusste, dass ein aussagekräftiges Ergebnis kaum möglich war. Zuletzt stellte sich heraus, dass eine Schnittstelle zu bestehenden Unterlagen, wie bspw. FMEAs oder Risikoabschätzungen oder anderen Systemen, darunter bspw. CAQ-Systeme, äußerst hilfreich wäre jedoch zu diesem Zeitpunkt nicht vorhanden war.

Mit der zweiten Validierung, welche bei einem Unternehmen im Bereich der Präzisionszerspänung & Kaltumformung erfolgte, galt es, der Fragestellung nachzugehen, welchen Einfluss die Qualität von Reklamations-texten auf die Auswertung durch den FusLa hat. Auch bei dieser Validierung konnten sowohl Potentiale als auch Schwachstellen herausgestellt werden.

- + Bei der Validierung verdeutlichte sich das enorme Potential der Informationssondierung. Durch das Heranziehen eines sehr umfassenden Reklamations-textes war es möglich, sowohl alle Kundeninformationen als auch alle Auftrags- sowie Rahmeninformationen, zu sondieren. Weiterführend zeigte sich, dass der Algorithmus auch bei einer fehlenden Informationsgrundlage, Reklamationen priorisieren kann, auch wenn dies lediglich eine Einschätzung ist und diese vom tatsächlichen Prioritätswert leicht abweicht. Weitere Potentiale stellten sich bei der Lösungsfindung heraus, welche durch den Einfluss des Reklamations-textes nicht betroffen waren. Der Algorithmus konnte, trotz unzureichender Qualität, eine vielfältige Auswahl von Handlungshilfen mit entsprechenden Maßnahmen zur Verfügung stellen.

Dennoch zeigten sich auch in diesem Anwendungsfall enorme Schwachstellen.

- Beginnend mit der Informationssondierung wurde der Bedarf, einer Normierung bzw. Standardisierung von Reklamationstexten bzw. der Entwicklung eines kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen, umso deutlicher. Vor allem im Hinblick auf die Sondierung der nichterfüllten Anforderung, braucht es festgelegten Notationen, welche vorschreiben, wie diese zu formulieren sind. Empfehlenswert ist die Angabe der Anforderung aus dem Pflichtenheft oder der technischen Zeichnung. Bezugnehmend auf die Priorisierung, zeigte die schlechte Qualität des Reklamationstextes einen Einfluss auf die Priorisierung, welche im schlimmsten Fall zu Fehleinschätzungen führen könnte. Das gleiche Problem wie bei der Informationssondierung, beeinflusste auch die Fehlerursachenlokalisierung. Durch die fehlende Notation konnte der Algorithmus in keinem Fall die nichterfüllte Anforderung erkennen, sodass diese stets manuell ausgewählt werden musste.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Validierung wurde im letzten Schritt noch eine ausführliche Bewertung der Anforderungen an den FusLa durchgeführt. Diese Bewertung zeigte noch einige Verbesserungspotentiale in den Prozessen der Fehlerursachenlokalisierung oder Informationssondierung. Auch im Hinblick auf grundlegende Anforderungen konnten einige Verbesserungspotentiale aufgezeigt werden. Dennoch erwies sich der Prototyp, mit einem Erfüllungsgrad der Anforderungen von 80,556 % (Punktwert 29 / Gesamtwert 36), als Erfolg. Diesen Erfolg gilt es weiterzutragen und in nachfolgenden Forschungsvorhaben voranzutreiben. Wie dies realisiert werden kann, soll in einem abschließenden Ausblick auf weitere Forschungsvorhaben und Forschungsschwerpunkte dargelegt werden.

7.3 Ausblick auf weitere Forschungsvorhaben und Forschungsschwerpunkte

Der fortwährende industrielle Wandel, sei es durch die Gestaltung smarterer Produktionssysteme oder Entwicklung interaktiver Produktsysteme, lässt vermuten, dass auch in Zukunft eine weiter anwachsende Produktionskomplexität zu bewältigen ist. Aus diesem Grund scheint es umso wichtiger zu sein, sich frühzeitig mit dem Gedanken zu beschäftigen, ob aktuelle Ansätze und Methoden noch ausreichend sind, um der fortwährenden Komplexität gerecht zu werden. Mit dem vorliegenden Dissertationsvorhaben wurde ein erster Schritt in Richtung der Automatisierung der Fehlerursachensuche und Lösungsfindung in der Produktion auf Basis von Reklamationsinformationen aus der Nutzung in Form eines Algorithmus gewagt. Dennoch ist das volle Potential dieses ersten Prototyps des Algorithmus noch nicht ausgeschöpft. Um dies zu erreichen, bedarf es weiterer Forschungsvorhaben, welche sich mit den aktuell kritischen Forschungsschwerpunkten (FS) auseinandersetzen. Welche Forschungsschwerpunkte dies genau sind, wird nachfolgend deutlich:

- **FS 1: Normierung und Standardisierung von Reklamationstexten bzw. Entwicklung eines kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen**

Die Standardisierung und Normierung von Reklamationstexten bzw. Entwicklung eines kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen, kann nach der Durchführung des Dissertationsvorhabens als sehr relevant eingestuft werden. Bereits bei der Informationssondierung oder Priorisierung zeigte sich, dass ohne eine einheitliche Notation für Reklamationstexte auch deren volles Potential nicht genutzt werden kann. Aufgrund dieser Erkenntnisse ist es notwendig, die Qualität des Reklamationstextes zu überprüfen. Demnach scheint es hilfreich, eine Klassifizierung von Kundenreklamationen hinsichtlich ihrer

Qualität durchzuführen. Ansätze, welche dabei zur Klassifizierung herangezogen werden könnten, bieten bspw. [Choe et al. 2013]. Weiterführend wird empfohlen, dass festgelegt wird welche Informationen durch den Kunden zur Verfügung gestellt und wie diese aufbereitet werden müssen. Im besten Fall werden die daraus erlangten Erkenntnisse im Rahmen einer ISO Norm dokumentiert und als Pflicht des Kunden deklariert. Kritisch zu hinterfragen gilt es jedoch, ob dadurch lediglich der Aufwand der Organisation auf den Kunden abgegeben wird oder ob es tatsächlich zu einer Zeitersparnis kommt. Dass eine Standardisierung und Normierung durchaus sinnvoll sein kann, um bspw. Kosten zu sparen oder die Qualität von Informationen zu steigern, zeigt [Buxmann 1996]. Dieser beruft sich zwar auf die Standardisierung betrieblicher Informationssysteme, jedoch lässt sich dieser Betrachtungsgegenstand auf den Anwendungsfall von Reklamations-texten übertragen. Ebenso zeigt [Potzmader 2012], dass vor allem die Weitergabe von Wissen durch die Standardisierung gefördert wird.

- **FS 2: Schnittstellenproblematiken**

Der aktuelle Prototyp des Algorithmus basiert, wie bereits angesprochen, auf Visual Basic for Applications (VBA). Durch die Nutzung verschiedener Tabellenblätter war es möglich, Informationssysteme der unterschiedlichen Unternehmen nachzubilden und diese zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung heranzuziehen. Dennoch sollte untersucht werden, wie die Schnittstellen in der Industrie realisiert und umgesetzt werden können. Eine Richtung, welche Informationssysteme dafür notwendig sind, zeigt die vorliegende Dissertation. Jedoch berücksichtigt diese zurzeit keine CAQ-Systeme oder smarten Maschinen. Ziel dieser Schnittstellen ist es, stets aktuelle Analysedaten /-informationen in die Anwendung des Algorithmus einzubinden und dadurch Durchgängigkeit, zu erzielen. Dies würde es ermöglichen, aktuelle Schwankungen in der Produktion direkt in die Bewertung mit einfließen zu lassen. Dieses Ziel deckt sich ebenfalls mit den Aussagen der Industrie, welche gemäß einer Studie des Fraunhofer IPA „durchgängige und aktuelle Produktions- und Qualitätsdaten“ [Müller et al. 2016, S. 44] als Bedarf ansehen. Zu hinterfragen ist jedoch, welche alternativen Programmiersprachen zur Verfügung stehen und welche am besten zur Implementierung in der Industrie geeignet sind.

- **FS 3: Quantitative Wahrscheinlichkeitsberechnung**

Das Ergebnis der Validierung stellte eindeutig heraus, welche Schwierigkeiten das aktuelle Verfahren, hinsichtlich der Wahrscheinlichkeitsbewertung des Auftretens einer Fehlerursache, hat. Demnach gilt es zu erforschen, ob es alternative Verfahren gibt, welche eine quantitative und im besten Fall vollständig objektive Wahrscheinlichkeitsberechnung für die einzelnen Fehlerursachen möglich machen. Zu hinterfragen ist, ob der Algorithmus mit einer Möglichkeit zur Simulation ausgestattet wird oder ob die Wahrscheinlichkeitsberechnung über andere Fehlerursacheninformationen als die gewählten erfolgen soll. Eine Möglichkeit bestünde im Einsatz von Ansätzen künstlicher Intelligenz, welche die Wahrscheinlichkeit von Fehlerursachen prognostizieren. Ansätze, welche bereits in diese Richtung gehen, sind die Ansätze des autonomen Fahrens. Mit diesen soll es zukünftig möglich sein, komplexe Systeme, wie bspw. den Straßenverkehr, zu überblicken und je nach Daten- / Informationsgrundlage auf Ereignisse oder Fehler bspw. durch das Verringern der Geschwindigkeit oder Ausweichen, zu reagieren. Interessant wäre es, diese Form der künstlichen Intelligenz auf Produktionssysteme und Fehlerursachen zu adaptieren. Da diese Ansätze jedoch noch in der Entwicklungsphase sind, ist es derzeit kaum abzuschätzen wie vielversprechend eine Adaption sein könnte.

- **FS 4: Veränderung von Anforderungen im Produktionssystem**

Im Rahmen der ersten Validierung wurde in Zusammenarbeit mit den Experten des Unternehmens festgehalten, dass es durchaus sinnvoll ist, nicht nur die Systemelemente bei der Fehlerursachenlokalisierung zu betrachten, welche zur Realisierung der nichterfüllten Anforderung hätten beitragen müssen. Ebenfalls äußerst relevant sind Systemelemente, welche die zu erfüllenden Anforderungen in den vorgeschalteten aber auch nachgeschalteten Prozessen beeinflussen. Es scheint notwendig, ein Verfahren zu entwickeln, wie diese Einflüsse erkannt und hinsichtlich ihres Risikos abgeschätzt werden können. Diese Ergebnisse der Risikoabschätzung könnten dann zur Erarbeitung des Produktionssystemmodells äußerst hilfreich sein. Dass die Thematik der Risikoabschätzung auch in der Industrie zunehmende Bedeutung erfährt, zeigt nicht nur der Wandel anerkannter Normen, wie bspw. der [DIN EN ISO 9001 2015], welche seit 2015 auch das risikobasierte Denken fördern soll. Auch die Anpassung bereits etablierter Methoden, darunter bspw. die FMEA, welche im Hinblick auf die Risikobewertung weiterentwickelt wurde [Dapper 2017]. Um diesen Umschwung durch den Algorithmus abdecken zu können, scheint eine Etablierung, einer Möglichkeit der Risikobewertung hinsichtlich der Veränderung von Anforderungen in Produktionssystemen, äußerst sinnvoll.

- **FS 5: Einsparung von Ressourcen (Zeit, Kosten, Personal)**

Von besonderer Bedeutung für Unternehmen sind Einsparungen notwendiger Ressourcen, darunter Zeit, Kosten und Personal. Es ist von großer Bedeutung, ein Forschungsvorhaben zu initiieren, welches quantitativ nachweisen kann, dass der Algorithmus zur Einsparung von Ressourcen, im Vergleich zu aktuellen Ansätzen und Methoden, beiträgt. Dies würde nicht nur das Wohlwollen der Unternehmen hervorrufen, sondern auch die Akzeptanz des Reklamationsmanagements durch geringeren Mehraufwand erhöhen. Das Unternehmen stets eine „Senkung von Produktionskosten“ [Marbler et al. 2018, S. 11] oder eine „Effizienzsteigerung“ [Marbler et al. 2018, S. 11] durch den Einsatz neuer Technologien beabsichtigen, belegt auch eine Studie der Ernst & Young GmbH, welche eine Umfrage anhand von 1157 Industrieunternehmen durchführte. Demnach scheint es umso wichtiger nachzuweisen, welches enormes Potential der Algorithmus den Unternehmen bietet.

- **FS 6: Automatisierte Modellierung von Produktionssystemen**

Ein entscheidender Faktor, welcher im Hinblick auf die Einsparung relevanter Ressourcen ebenfalls eine Rolle spielt, ist die Modellierung eines Produktionssystems. Im Rahmen des Dissertationsvorhabens wurde dieser Schritt manuell und in Zusammenarbeit mit den Experten der jeweiligen Unternehmen durchgeführt. Dies kann jedoch nicht zielführend sein, sofern davon ausgegangen wird, dass Produktionssysteme fortwährend komplexer werden. Demnach scheint es sinnvoll, sich der Fragestellung zu widmen, wie Produktionssysteme automatisiert erfasst werden können, ohne dass dabei ein enormer Initialaufwand entsteht. Hilfreich wäre sicherlich der Einsatz von Ansätzen künstlicher Intelligenz, welche die Systemelemente eines Produktionssystems gemäß dem eDeCoDe-Ansatz erkennen und diese automatisiert in Wechselbeziehung zueinander setzen. Das durchaus Vorteile in dem Einsatz von künstlicher Intelligenz liegen, zeigt, wenn auch nicht explizit für die automatisierte Erfassung von Produktionssystemen, eine Studie der „bitkom“. So sehen 47% (555 Industrieunternehmen ab 100 Mitarbeitern) der Befragten, eine „Steigerung der Produktivität“ [Berg 2019, S. 5] beim Einsatz künstlicher Intelligenz. Doch auch die „Optimierung von Produktions- und Fertigungsprozessen“ [Berg 2019, S. 5] könnte, gemäß 39% der Befragten, vor allem im Hinblick auf die Erfassung des Produktionssystems durch das iterative Überprüfen künstlicher Intelligenz, erzielt werden.

All diese Forschungsschwerpunkte können dazu beitragen, das enorme Potential des Algorithmus nutzbringend zu erweitern. Es bietet sich daher an diese Forschungsschwerpunkte durch das Angebot weiterer Forschungsvorhaben und Projekte, zu erschließen und zu fördern.

8 Anhang

8.1 Anhang A: Einleitung

Anhang 1: Zunehmende Komplexität in der Produktentwicklung nach Bild 2.23 von [Ehrlenspiel und Meerkamm 2017]

Art	Bereiche	Einflussfaktoren
Interne Komplexität	Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • steigende Produkt-, Variantenvielfalt • steigende Komponenten- und Funktionsvielfalt • zunehmende externe Zulieferungen • sinkende Losgröße
	Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> • steigende Prozessvielfalt • steigende Prozessvernetzung • steigender Zeitdruck
	Organisation	<ul style="list-style-type: none"> • steigende Anforderungen an Organisationsstrukturen • zunehmende Vernetzung der Beteiligten
Externe Komplexität	Markt	<ul style="list-style-type: none"> • Forderung nach mehr individuellen und multifunktionalen Produkten • Globalisierung • Spezialisierung
	Gesetze	<ul style="list-style-type: none"> • zunehmende nationale Gesetzesflut • zunehmende Anzahl relevanter, internationaler Gesetze (z.B. Europäische Union (EU))
	Normen	<ul style="list-style-type: none"> • immer mehr nationale Normen (bes. Sicherheitstechnik) • immer mehr internationale Normen (Kundenländer) • immer mehr formenspezifische Richtlinien, Normen

Anhang 2: Konsequenzen für Organisationen durch das Nichtbearbeiten von Reklamationen

Konsequenzen	Literatur
Zufriedenheit und Loyalität des Kunden sowie dessen Vertrauen in die Beziehung zur Organisation sinken, da das Außenbild eine unzureichende Kundenbetreuung und ein unzureichendes Interesse am Kunden repräsentiert.	[Langbehn 2010; Künzel 2005; Limbeck 2007; Hensel und Ventzislavova 2013; Künzel 2013]
Kundenverlust oder Kundenabwanderung zur Konkurrenz, welche die richtigen Entscheidungen treffen und fehlerfreie Produkte und Dienstleistungen anbieten.	[Langbehn 2010; Künzel 2005; Limbeck 2007; Hensel und Ventzislavova 2013]
Das Image der Organisation verschlechtert sich, da Kunden aufgrund von schlechten Erfahrungen ihre Ansichten im Bekanntenkreis weiter reichen (Multiplikator Effekt 20 Personen).	[Langbehn 2010; Künzel 2005; Limbeck 2007; Hensel und Ventzislavova 2013; Brückner 2011]
Umsatz und Marktanteile werden sich aufgrund des schlechten Umgangs mit dem Kunden verringern, sodass Organisationen auf ihren Produkten und den Kosten sitzen bleiben.	[Künzel 2005; Gibson 2012]
Verbesserungsvorschläge, Wünsche oder Vorstellungen hinsichtlich systematischer und unsystematischer Schwachstellen und Fehler der Produkte, Prozesse, Organisation und Leistungen zur Einleitung der Lösungsfindung oder zur Erfassung des Meinungsbildes können nicht durch die Erfahrungen des Kunden abgeleitet werden	[Langbehn 2010; Fiehler et al. 2002; Geyer 1983; Künzel 2005; Limbeck 2007; Hensel und Ventzislavova 2013; Künzel 2013; Scharlau und Rossié 2016]
Außendarstellung und Image können nicht kundenorientiert ausgelegt werden, sodass sich die Organisation nicht optimal am Markt behaupten kann.	[Künzel 2005; Brückner 2011]

Anhang 3: Dimensionen der Informationsqualität nach [Hildebrand et al. 2018, S. 26–27]

Nr.	Dimensionen	Beschreibung
1	„Zugänglichkeit“	„Informationen sind zugänglich, wenn sie anhand einfacher Verfahren und auf direktem Weg für den Anwender abrufbar sind.“
2	„Angemessener Umfang“	„Informationen sind von angemessenem Umfang, wenn die Menge der verfügbaren Informationen den gestellten Anforderungen genügt.“
3	„Glaubwürdigkeit“	„Informationen sind glaubwürdig, wenn Zertifikate einen hohen Qualitätsstandard ausweisen oder die Informationsgewinnung und -verarbeitung mit hohem Aufwand betrieben werden.“
4	„Vollständigkeit“	„Informationen sind vollständig, wenn sie nicht fehlen und zu den festgelegten Zeitpunkten in den jeweiligen Prozess-Schritten zur Verfügung stehen.“
5	„Übersichtlichkeit“	„Informationen sind übersichtlich, wenn genau die benötigten Informationen in einem passenden und leicht fassbaren Format dargestellt sind.“
6	„Einheitliche Darstellung“	„Informationen sind einheitlich dargestellt, wenn die Informationen fortlaufend auf dieselbe Art und Weise abgebildet werden“
7	„Bearbeitbarkeit“	„Informationen sind leicht bearbeitbar, wenn sie leicht zu ändern und für unterschiedliche Zwecke zu verwenden sind.“
8	„Fehlerfreiheit“	„Informationen sind fehlerfrei, wenn sie mit der Realität übereinstimmen.“
9	„Eindeutige Auslegbarkeit“	„Informationen sind eindeutig auslegbar, wenn sie in gleicher, fachlicher korrekter Art und Weise begriffen werden.“
10	„Objektivität“	„Informationen sind objektiv, wenn sie streng sachlich und wertfrei sind.“
11	„Relevanz“	„Informationen sind relevant, wenn sie für den Anwender notwendige Informationen liefern.“
12	„Hohes Ansehen“	„Informationen sind hoch angesehen, wenn die Informationsquelle, das Transportmedium und das verarbeitende System im Ruf einer hohen Vertrauenswürdigkeit und Kompetenz stehen.“
13	„Aktualität“	„Informationen sind aktuell, wenn sie die tatsächliche Eigenschaft des beschriebenen Objektes zeitnah abbilden.“
14	„Verständlichkeit“	„Informationen sind verständlich, wenn sie unmittelbar von den Anwendern verstanden und für deren Zwecke eingesetzt werden können.“
15	„Wertschöpfung“	„Informationen sind wertschöpfend, wenn ihre Nutzung zu einer quantifizierbaren Steigerung einer monetären Zielfunktion führen kann.“

8.2 Anhang B: Begrifflichkeiten und theoretische Grundlagen

Anhang 4: Definitionen der Begrifflichkeit „Algorithmus“ aus der Literatur

Literatur	Definitionen „Algorithmus“
[Ehrlenspiel und Meerkamm 2017, S. 904]	„Festgelegte, eindeutige, endliche Folge von Vorgehenschritten und Regeln, deren schematische Befolgung zu einer eindeutigen Lösung einer Klasse von Aufgaben führt.“
[Weicker und Weicker 2013, S. 17]	„Ein Algorithmus ist eine Vorschrift zur Bewältigung einer Aufgabe als Folge von Aktionen, wobei die folgenden Bedingungen gelten: <ul style="list-style-type: none"> • Der Algorithmus lässt sich in endlicher Form beschreiben und ist aus Elementen von endlich vielen, durch die ausführende Maschine definierten Kommandobefehlen aufgebaut. • Der Algorithmus hat genau eine Startaktion und nach der Ausführung eines jeden Befehls ist die Menge der Folgeaktionen klar durch die Beschreibung und die bisher durchgeführten Aktionen definiert. • Die Eingabe des Algorithmus ist eine Folge von Daten, die auch leer oder unendlich sein kann. Aber zu jedem Zeitpunkt während der Ausführung ist die bisher betrachtete Datenmenge endlich.“
[Schulz 2007, S. 55]	„Ein Algorithmus ist ein schrittweises Verfahren zur Berechnung von Ausgabegrößen aus gegebenen Eingabegrößen mit folgenden Eigenschaften: <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung des Algorithmus ist endlich lang. • Zu jedem Zeitpunkt belegt der Algorithmus nur endlich viel Speicherplatz. • Es werden lediglich Eingabedaten und Zwischenergebnisse verwendet. • Jeder Schritt muss in endlicher Zeit exakt ausführbar sein.“
[Pomberger und Döbler 2008, S. 33]	„Ein Algorithmus ist eine vollständige, präzise und in einer Notation oder Sprache mit exakter Definition abgefasste, endliche Beschreibung eines schrittweisen Problemlösungsverfahrens zur Ermittlung gesuchter Datenobjekte (ihrer Werte) aus gegebenen Werten von Datenobjekten, in dem jeder Schritt aus einer Anzahl ausführbarer, eindeutiger Aktionen und einer Angabe über den nächsten Schritt besteht.“
[Menzel 1997, S. 9]	„Als Algorithmus lässt sich die praktische Möglichkeit auffassen, ein allgemeines Problem in jedem zulässigen Einzelfalle durch schrittweise Anwendung einer Lösungsvorschrift mit einem konkreten Ergebnis zu lösen.“
[Broy 1992, S. 27]	„Ein Algorithmus ist ein Verfahren mit einer präzisen (d.h. in einer genau festgelegten Sprache abgefassten) endlichen Beschreibung unter Verwendung effektiver (d.h. tatsächlich ausführbarer) elementarer (Verarbeitungs-) Schritte.“

Anhang 5: Definitionen der Begrifflichkeiten „Beschwerde“ und „Reklamation“ aus der Literatur

Literatur	Definition	Begriff
[Stauss und Seidel 2014, S. 29]	„Reklamation ist die Teilmenge von Beschwerden, in denen Kunden in der Nachkaufphase Beanstandungen an Produkt oder Dienstleistung explizit oder implizit mit einer rechtlichen Forderung verbinden, weil zugesicherte Eigenschaften nicht vorliegen.“	Reklamationen
[ISO 13485 2016, S. 12]	„Schriftliche, elektronische oder mündliche Mitteilung über angebliche Unzulänglichkeiten hinsichtlich Identität, Qualität, Haltbarkeit, Zuverlässigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Sicherheit oder Leistung eines Medizinprodukts, das aus dem Lenkungsbereich der Organisation entlassen wurde oder sich auf eine Dienstleistung bezieht, die die Leistung derartiger Medizinprodukte beeinflusst.“	
[Hansen 1990, S. 449]	„Teilmenge von Beschwerden, in denen Kunden in der Nachkaufphase Beanstandungen an Produkt oder Dienstleistung explizit oder implizit mit einer kaufrechtlichen Forderung verbinden, die gegebenenfalls juristisch durchgesetzt werden kann.“	
[ISO9000 2015, S. 51]	„Ausdruck der Unzufriedenheit, die gegenüber einer Organisation (3.2.1) in Bezug auf deren Produkt (3.7.6) oder Dienstleistung (3.7.7) oder den Prozess (3.4.1) zur Bearbeitung von Reklamationen selbst zum Ausdruck gebracht wird, wenn eine Reaktion beziehungsweise Klärung explizit oder implizit erwartet wird.“	
[Binder-Kissel 2003, S. 14; Leiner 2014, S. 3]	„Reklamationen beziehen sich immer implizit oder explizit auf kaufrechtliche Ansprüche und stellen somit nur einen Teil der Beschwerde dar.“	
[Neuland 1999, S. 9; Leiner 2014, S. 3]	„Reklamationen sind Beanstandungen von Produkten oder Dienstleistungen des Kunden, die mit einer Forderung an das Unternehmen verbunden sind und die der Kunde auf dem Rechtsweg durchsetzen kann.“	
[Pepels 2008, S. 107]	„Diejenige Teilmenge von Beschwerden, bei denen Kunden in der Nachkaufphase Beanstandungen explizit oder implizit mit einer Forderung verbinden, die juristisch auf Basis von Gewährleistungsrechten (gesetzlich) oder Garantiepflichten (vertraglich) durchsetzbar ist.“	
[Stauss und Seidel 2014, S. 29]	„Beschwerden sind intentionale Unzufriedenheitsäußerungen von Anspruchspersonen oder –Institutionen bezüglich irgendeines Aspekts unternehmerischen Verhaltens.“	Beschwerde
[Müller 2014, S. 40]	„Eine Beschwerde ist eine negative Äußerung eines Kunden, Lieferanten oder Geschäftspartners über ein Produkt oder eine Dienstleistung. Sie ist insbesondere gerechtfertigt, wenn zugesicherte oder erwartete Eigenschaften nicht erfüllt sind.“	
[Haeske 2001, S. 11; Leiner 2014, S. 3]	„Beschwerde ist eine Äußerung von Unzufriedenheit gegenüber einer Organisation oder einer Drittinstitution, wenn der Konsument die wahrgenommenen Probleme mit dem Produkt oder der Dienstleistung als subjektiv schwerwiegend empfindet.“	
[Fornell 1982, S. 479]	„Die Beschwerde ist eine Äußerung über einen Missstand: eine Unzufriedenheit mit einem Produkt, den damit in Zusammenhang stehenden Dienstleistungen oder mit irgendeinem Umstand in der Vorphase des Kaufes oder beim Kauf selbst.“	
[Hoffmann 1991, S. 2]	„Unternehmensgerichtete Kundenartikulationen nach dem Kauf von Produkten oder Dienstleistungen, die darauf abzielen, subjektiv wahrgenommene Kundenprobleme, die in direktem Zusammenhang mit dem Kauf und/oder der Nutzung der Produkte oder Dienstleistung stehen, zu beseitigen.“	
[Landon 1980, S. 337]	“An expression of dissatisfaction on a consumer's behalf to a responsible party.”	
[Wimmer und Roleff 1998, S. 269]	„Eine Beschwerde ist eine vom Kunden ausgehende Artikulation von Unzufriedenheit [...], die sich auf ein konkretes Leistungsangebot einschließlich der damit in der Vor-, Kauf- und Nachkaufphase zusammenhängenden Marketingaktivitäten. des Anbieters bezieht und an diesen adressiert ist.“	

Anhang 6: Vergleich unterschiedlicher Ansätze zur Beschreibung komplexer Systeme [Bielefeld et al. 2018, S. 945]

Legende	2 = Anforderung erfüllt	Modelica	SysML	CONSENS	DeCoDe
	1 = Anforderung teilweise erfüllt				
	0 = Anforderung nicht erfüllt				
Nr.	Anforderungen	Ansätze			
1	Beherrschung und Beherrschbarkeit der Komplexität	1	1	1	1
2	Standardisierte Beschreibung der Ansichten (Elementtypen)	0	2	1	2
3	Standardisierte Beschreibung der Beziehungen	0	1	1	1
4	Umgang mit der Notwendigkeit der Anzahl von Sichten (Elementtypen) und Beziehungen	0	0	0	0
5	Berücksichtigung der Schnittstellenprobleme zwischen den verschiedenen Disziplinen	1	1	1	2
6	Bidirektionaler Austausch von vernetzten Informationen (Wissen)	2	0	1	2
7	Berücksichtigung des dynamischen, zeitlichen Verhaltens des Systemmodells	2	1	1	1
8	Berücksichtigung der Interaktion zwischen System und Umgebung (Einbeziehung der Systemumgebung)	1	1	1	1
9	Demonstration der Rückverfolgbarkeit von Fehlern	0	0	0	1
Summe Σ		7	7	7	11

8.3 Anhang C: Stand der Wissenschaft und Technik

Anhang 7: Bewertungstabelle (Teil 1) geplanter und abgeschlossener Forschungsvorhaben von 2000-2018, welche den aufgezeigten Forschungsbedarf tangieren

Bewertung		•		Teilziel vollständig abgedeckt				
		◐		Teilziel zum Teil abgedeckt				
		◑		Teilziel nicht abgedeckt				
Ausarbeitungen				Teilziele (TZ)				
				Automatisierte Sondierung relevanter Informationen von Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Priorisierung von Reklamationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Ortung von Fehlerursachen in der Produktion mit Hilfe relevanter Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Nutzung eines Modellansatzes zur Fehlerursachensuche in der Produktion	Generierung von Handlungshilfen zur Beseitigung von Fehlerursachen aus Reklamationen in der Produktion mittels Katalog
Nr.	National	Kennzeichen	Jahr	TZ1	TZ2	TZ3	TZ4	TZ5
1	Ein ganzheitlicher Reklamationsbearbeitungsprozess - Organisationsinterne Strukturen zur effektiven Analyse, Bearbeitung und Nutzung von Kundenreklamationen	IREKS	2012	◐	◐	◑	◑	◑
		[17498N]						
2	Entwicklung eines Metriksystems für das Reklamationsmanagement	MeSys	2010	◐	◑	◑	◑	◑
		[15948N]						
3	DSy - Debugging eingebetteter Systeme	Dsy	2016	◑	◑	◐	◑	◑
		[165955509]						
4	Assistenzsysteme zur Überwachung von vernetzten Anlagen - Herausforderungen beim Vernetzen sowie beim Erkennen von kausalen Zusammenhängen in Industrie 4.0 Umgebungen	AgAVE	2017	◑	◑	◑	◐	◑
		[19341BG]						
5	Instrumentarium zum umfassenden Fehlermanagement für ein schnelles und gesichertes Handeln bei Ausnahmesituationen in kleinen und mittleren Organisationen	SAFE	2004	◑	◑	◑	◑	◐
6	Learning Failure Management	LeaF	2018	◐	◑	◑	◑	◑

Anhang 8: Bewertungstabelle (Teil 2) geplanter und abgeschlossener Forschungsvorhaben von 2000-2018, welche den aufgezeigten Forschungsbedarf tangieren

Bewertung	●	Teilziel vollständig abgedeckt						
	◐	Teilziel zum Teil abgedeckt						
	○	Teilziel nicht abgedeckt						
Teilziele (TZ)			Automatisierte Sondierung relevanter Informationen von Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Priorisierung von Reklamationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Ortung von Fehlerursachen in der Produktion mit Hilfe relevanter Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Nutzung eines Modellansatzes zur Fehlerursachensuche in der Produktion	Generierung von Handlungshilfen zur Beseitigung von Fehlerursachen aus Reklamationen in der Produktion mittels Katalog	
Ausarbeitungen								
Nr.	National	Kennzeichen	Jahr	TZ1	TZ2	TZ3	TZ4	TZ5
7	Entwicklung eines empirisch fundierten Gestaltungsmodells für die effektive und effiziente Analyse, Bearbeitung und Nutzung von Kundenreklamationsinformationen	[182065375]	2010	◐	○	○	○	○
8	Reklamationen vermeiden - Inspektion von Kunststoffbahnen nach dem Prägen oder Bedrucken	/	2009	○	○	◐	○	○
9	Entwicklung eines Sensors zur Extraktion und Analyse ungerichteter Beschwerden aus Online-Foren	[280368616]	2015	◐	○	○	○	○
10	Entwicklung eines ganzheitlichen Werkzeugs zur Analyse und Verbesserung produktionsnaher Fehlerabstellprozesse im Werkzeugmaschinenbau	PROFAP	2015	○	○	◐	○	◐
		[18455N]		○	○	◐	○	◐
Nr.	International	Kennzeichen	Jahr	TZ1	TZ2	TZ3	TZ4	TZ5
1	Fast intelligent defect recognition system (FINDER)	FINDER	2002	○	○	○	◐	○
		[G6RD-CT-2002-00668]		○	○	○	◐	○

Anhang 9: Bewertungstabelle von Softwaresystemen, welche das Reklamationsmanagement unterstützen

Bewertung		•	Teilziel vollständig abgedeckt								
		◐	Teilziel zum Teil abgedeckt								
		◑	Teilziel nicht abgedeckt								
Softwaresysteme						Teilziele (TZ)					
Nr	Softwaresysteme	Telefonat	Infomaterial	Demo	Stand	Automatisierte Sondierung relevanter Informationen von Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Priorisierung von Reklamationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Ortung von Fehlersachen in der Produktion mit Hilfe relevanter Reklamationsinformationen aus der Nutzung eines Produktsystems	Nutzung eines Modellsatzes zur Fehlerursachensuche in der Produktion	Generierung von Handlungshilfen zur Beseitigung von Fehlersachen aus Reklamationen in der Produktion mittels Katalog	
						TZ1	TZ2	TZ3	TZ4	TZ5	
1	Intrafox	Durchgeführt	Website	Vorhanden	25.09.2018	◐	◐	◐	◑	◐	
2	CWA Smart-Process	Durchgeführt	Website	Vorhanden	04.10.2018	•	◐	◐	◐	◐	
3	RM Babtec	Nicht durchgeführt	PDF	Angefordert	24.09.2018	◐	◑	◐	◑	◑	
4	QM Ware	Nicht durchgeführt	Website	Vorhanden	24.09.2018	◐	◑	◐	◑	◑	
5	FEMA	Durchgeführt	Website	Vorhanden	25.09.2018	◐	◐	◐	◐	◐	
6	qmBase	Durchgeführt	Website	Vorhanden	27.09.2018	◐	◐	◑	◑	◐	
7	RM BAUMANN	Nicht durchgeführt	PDF	Nicht vorhanden	24.09.2018	◐	◐	◐	◑	◐	
8	CASQ-it RUF	Nicht durchgeführt	PDF	Nicht vorhanden	08.10.2018	◐	◐	◐	◑	◐	
9	RM Business Systemhaus AG	Durchgeführt	Website	Nicht vorhanden	26.09.2018	◐	◐	◐	◐	•	
10	falcana.SALES	Nicht durchgeführt	Nicht vorhanden	Vorhanden	24.09.2018	◐	◑	◐	◑	◑	
11	QSys REK	Nicht durchgeführt	PDF	Nicht vorhanden	24.09.2018	◐	◐	◐	◑	◐	
12	RM Pickert	Nicht durchgeführt	PDF	Nicht vorhanden	24.09.2018	◐	◑	◐	◑	◑	
13	RM Dato-Soft	Durchgeführt	Nicht vorhanden	Vorhanden	02.10.2018	◐	◐	◐	◑	◐	

Anhang 10: Allgemeine Informationen aus Sicht der Industrie inklusive Beispiel

Information	Beispiel
Zuständig: Name, Vorname, Telefon, E-Mail	Mustermann, Max, 0222-111, m.muster@m.de
Organisation inklusive Website	Mustermann GmbH, www.mgmbh.de
Adresse (inklusive PLZ, Ort, Land)	Musterweg 1, 11111 Musterstadt, Muster- land
Verantwortliche Organisationseinheit	Musterfertigung
Teammitglieder	Frau Muster, Herr Mann

Anhang 11: Relevante Informationen von Reklamationen aus Sicht der Industrie inklusive Beispiel

Information	Beispiel
Rahmeninformationen <ul style="list-style-type: none"> • Reklamations-ID / Nummer • Reklamationsversionsstand • Reklamationsart • Reklamation berechtigt? • Wiederholung der Reklamation? • Eingangsdatum? • Stellungnahme bis? • Fälligkeitsdatum 	<ul style="list-style-type: none"> • R-ID: 10 • Version: A • Intern, Extern (Kunde, Lieferant) • Ja / Nein • Ja / Nein • 25.09.2018 • 01.10.2018 • 08.10.2018
Reklamiertes Produkt <ul style="list-style-type: none"> • Produkt-ID / Nummer • Produktbezeichnung • Produktgruppe • Charge • Zeichnungsnummer • Zeichnungsindex • Auftrags-/Vorgangsnummer • Auftrags-/Vorgangsmenge • Reklamierte Menge 	<ul style="list-style-type: none"> • P-ID: W100 • Welle 100 • Getriebe • CHW100 • ZVW100 • Index: A • AVW100 • 1000 Stück • 200 Stück
Reklamierende Organisation <ul style="list-style-type: none"> • Organisations-ID / Nummer • Organisationsname • Organisationsbewertung • Adresse (inklusive PLZ, Ort, Land) • Website • Ansprechpartner (Name, Vorname, Telefon, E-Mail) 	<ul style="list-style-type: none"> • O-ID: FA1 • Fa. Muster • A-/B-/C-Kunde • Musterweg 1, 11111 Musterstadt, Musterland • www.mustermann.de • Mustermann, Max, 0222-111, m.muster@m.de
Kosten <ul style="list-style-type: none"> • Materialkosten • Verschrottungskosten • Rückversandkosten • Nachbearbeitungskosten • Sonstige Kosten • Gesamtsumme 	<ul style="list-style-type: none"> • 10.000 € • 500 € • 1.300 € • 700 € • 500 € • 13.000 €

Anhang 12: Relevante Informationen zum Fehler aus Sicht der Industrie inklusive Beispiel

Information	Beispiel
Fehler <ul style="list-style-type: none">• Fehler-ID / Nummer• Fehlerart• Fehlerbezeichnung• Fehlerort• Fehlerbeschreibung• Fehleranzahl• Fehlerbedeutung	<ul style="list-style-type: none">• F-ID: 2• Maßfehler• Durchmesser Ø5 mm unterschritten• Produktion – Prozess „Schweißen“• Beim Einbau ist aufgefallen, dass...• 50 Fehler bei 1000 Stück• Kein Verbau der Produkte möglich

8.4 Anhang D: Entwicklung des Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung

Anhang 13: Handlungshilfen – Maßnahmen für Anforderungen

Fehlerursache:	Anforderung
Substituierende Maßnahmen (S)	
Technische Maßnahmen (T)	
Maßnahme 1	Einsatz eines IT-Systems zur automatisierten Rückführung von neuen Anforderungen
Organisatorische Maßnahmen (O)	
Maßnahme 1	Erstellung einer Verfahrensanweisung zur Rückführung der Anforderungsänderung in die Produktion
Maßnahme 2	Erstellung einer Verfahrensanweisung zur Kommunikation von Zeichnungsänderungen
Maßnahme 3	Erstellung einer Verfahrensanweisung zur Freigabe von Anforderungen
Personenbezogene Maßnahmen (P)	
Maßnahme 1	Unterweisung der Personen hinsichtlich sich ändernder Anforderungen
Maßnahme 2	Regelmäßige Sensibilisierung der Personen

Anhang 14: Handlungshilfen – Maßnahmen für Komponenten

Fehlerursache:	Komponenten
Substituierende Maßnahmen (S)	
Maßnahme 1	Austausch der alten Komponente
Technische Maßnahmen (T)	
Maßnahme 1	Installation einer redundanten Komponente
Maßnahme 2	Erneuerung der Komponente
Maßnahme 3	Auswahl einer geeigneteren Komponente
Maßnahme 4	Installation eines Frühwarnsystems zum Austausch
Maßnahme 5	Installation eines Systems zur Umgebungsbedingungsüberwachung
Maßnahme 6	Installation einer unterbrechungsfreien Stromversorgung
Maßnahme 7	Installation von Feuer- und Rauchmeldeanlagen
Maßnahme 8	Installation von Videoüberwachungssystemen
Organisatorische Maßnahmen (O)	
Maßnahme 1	Wartung durch externe Organisation gemäß Wartungsvertrag veranlassen
Maßnahme 2	Wartungsintervalle verkürzen und Wartungsaufgaben eindeutig definieren
Maßnahme 3	Hersteller der Komponente mit Problemlösung im Rahmen der Vertragshaftung beauftragen
Maßnahme 4	Überprüfung, ob Umgebungsbedingungen zum Ausfall der Komponente führen
Maßnahme 5	Überprüfung, ob die Bediener die Komponente korrekt verwenden
Maßnahme 6	Überprüfung, ob die Komponente für den geplanten Prozess geeignet ist und die Anforderungen erfüllen kann
Maßnahme 7	Überprüfung der Korrektheit von getätigten Veränderungen an der Komponente durch externe Organisation
Maßnahme 8	Verfahrensanweisung hinsichtlich der Meldung von Komponenten mit hohen Ausfallzeiten oder geringer Verfügbarkeit ausarbeiten
Personenbezogene Maßnahmen (P)	
Maßnahme 1	Bediener hinsichtlich der korrekten Nutzung der Komponente schulen
Maßnahme 2	Bediener hinsichtlich möglicher Neuerungen an der Komponente schulen
Maßnahme 3	Bediener hinsichtlich der Meldung von Komponenten mit hohen Ausfallzeiten oder geringer Verfügbarkeit schulen
Maßnahme 4	Bediener hinsichtlich der Meldung bei Überschreitung der Wartungszeiträume schulen

Anhang 15: Handlungshilfen – Maßnahmen für Prozesse

Fehlerursache:	Prozesse
Substituierende Maßnahmen (S)	
Maßnahme 1	Durchführung eines alternativen Prozessablaufes
Maßnahme 2	Verwendung eines geeigneteren Inputs
Technische Maßnahmen (T)	
Maßnahme 1	Einführung von IT-Software, welche die einzelnen Prozessschritte über eine Ergebniseingabe abfragt
Maßnahme 2	Implementierung eines Systems zur echtzeitbasierten Umsetzung von Prozessänderungen und anschließender Freigabe
Maßnahme 3	Einsatz von Überwachungssystemen, welche Fehlbedienungen oder Unregelmäßigkeiten erkennen
Maßnahme 4	Inputüberwachung über Sensorik / Messtechnik
Maßnahme 5	Überwachung der Umgebungsbedingungen über Sensorik / Messtechnik
Maßnahme 6	Abkapselung des Prozesses von Umgebungsbedingungen
Organisatorische Maßnahmen (O)	
Maßnahme 1	Verfahrensanweisungen für die Standardisierung von Prozessen erarbeiten
Maßnahme 2	Prozesslandkarte für die Organisation erstellen und diese bspw. mit dem KVP- und PDCA-Ansatz stetig verbessern
Maßnahme 3	QMS-Workflow anpassen, sodass eine Freigabe frühzeitig geprüft und in den entsprechenden Organisationseinheiten umgesetzt werden kann
Maßnahme 4	Quality Gates einführen
Maßnahme 5	Wareneingangs- und Warenausgangskontrolle optimieren
Maßnahme 6	Standards für Material erhöhen und Sperrmaßnahmen implementieren
Maßnahme 7	Lieferantenaudits durchführen
Maßnahme 8	Trennung von Maschinen und ungeeigneten Umweltbedingungen durch geeignete Aufstellung der Prozessen
Personenbezogene Maßnahmen (P)	
Maßnahme 1	Personen bei nicht standardisierten Prozessen bspw. über das Vier-Augen-Prinzip überwachen
Maßnahme 2	Regelmäßige Sensibilisierung der Personen
Maßnahme 3	Unterweisung der Personen hinsichtlich der Durchführung von Prozessen

Anhang 16: Handlungshilfen – Maßnahmen für Personen

Fehlerursache:	Personen
Substituierende Maßnahmen (S)	
Maßnahme 1	Arbeitsplatzwechsel der Person
Technische Maßnahmen (T)	
Maßnahme 1	IT-System für Wissenstransfer und Schulungen implementieren
Maßnahme 2	Wissensdatenbank oder Wikis für Best-Practice Lösungen zur Verfügung stellen
Organisatorische Maßnahmen (O)	
Maßnahme 1	Aus- und Weiterbildungsangebote verbessern
Maßnahme 2	Standardisierte Verfahrensanweisungen für Prozesse ausarbeiten
Maßnahme 3	Einarbeitung bei neu eingestellten Personen; Personen, welche Vertretung ausüben oder bei Personen im Teilzeitverhältnis verbessern
Maßnahme 4	Kompetenzen ins Qualitätsmanagementsystem integrieren
Maßnahme 5	Personengespräche und Coachings planen und durchführen
Maßnahme 6	Arbeitsklima für Mitarbeiter durch Zusatzangebote fördern
Maßnahme 7	Personelle Förderungen stärker in der Unternehmensphilosophie verankern
Maßnahme 8	Auswahl geeigneter Personen für die Ausführung des Prozesses
Personenbezogene Maßnahmen (P)	
Maßnahme 1	Regelmäßige Sensibilisierung der Personen
Maßnahme 2	Unterweisung und Beratung der Personen
Maßnahme 3	Betreuung der Personen durch Vorgesetzte

Anhang 17: Startseite des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus

Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa)

Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität

Willkommen beim Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus des Fachgebiets Produktsicherheit und Qualität (FG ProQ). Dieser Algorithmus wurde im Rahmen eines Promotionsvorhabens entwickelt und anhand mehrerer Industriebeispiele validiert. Sie erhalten mit Hilfe des Algorithmus einen standardisierten Umgang mit externen Kundenreklamationen. Um mit der Reklamationsbearbeitung beginnen zu können, drücken Sie auf die Schaltfläche „Start“ und folgen Sie den Anweisungen des Algorithmus. Im Fall einer Bearbeitung einer bereits angefangenen Reklamationsabwicklung, drücken Sie auf die Schaltfläche „Bearbeiten“. Aufgrund dessen, dass die Auswertung von dem zur Verfügung stehenden Produktionssystem abhängt, wird empfohlen, eine Prüfung des Produktionssystems über die Schaltfläche „Prüfen“ durchzuführen.

Sollten sich bei der Bearbeitung mögliche Rückfragen ergeben oder Sie Verbesserungspotentiale aufdecken, haben Sie die Möglichkeit, das Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität unter dem unten genannten Kontakt zu erreichen.

Kontaktinformationen:

Bergische Universität Wuppertal
Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik
Fachgebiet Produktsicherheit und Qualität
Gaußstraße 20
42119 Wuppertal

M.Sc. Marius Heinrichsmeyer
Telefon +49 (0)202 439 3260
heinrichsmeyer@uni-wuppertal.de

[Zurück](#)[Prüfen](#)[Bearbeiten](#)[Start](#)

Anhang 18: Oberfläche – Reklamationstext in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Reklamationstext

[Hilfe](#)

Bitte fügen Sie in dem dafür vorgesehenen Feld den Reklamationstext des Kunden ein und drücken Sie daran anschließend auf "Informationssondierung". Der Algorithmus wird dann, entsprechend des Reklamationstextes, alle zur Bearbeitung notwendigen Informationen aus den zur Verfügung stehenden Informationssystemen bereitstellen.

Bitte hier den Reklamationstext einfügen:

Kundenreklamation – A-Kunde

Herr / Frau Max Mustermann (Tel. 01111, E-Mail: max-mustermann@m.de) der Organisation Muster GmbH (Musterstraße 1 in 22222 Musterstadt) hat am 01.10.2018 um 15:53 Uhr das Produkt Welle W043 der Gruppe Getriebe reklamiert. Es handelt sich hierbei um 50 beanstandete Produkte von insgesamt 1000 Produkten der Charge CH4145, welche nach Zeichnungsnummer ZN1566, Index A für den Auftrag A183 gefertigt wurden. Der Grund für die Reklamation ist ein Maßfehler, welcher aufgrund der/des Durchmesser $\varnothing 15 \pm 0,1$ mm wiederholt erkannt worden ist. Das Ausmaß des Fehlers kann als kritisch eingestuft werden. Die reklamierende Organisation fordert den Abschluss der Reklamation bis spätestens zum 08.10.2018, um das Auftreten weiterer Fehler zu vermeiden. Die Kosten der Reklamation, werden mit 1000 € für das Material, 150 € für den Rückversand, 550 € für die Nachbearbeitung und 100 € für sonstige Aufkommen eingeschätzt.

[Zurück](#)[Informationssondierung](#)

Anhang 19: Oberfläche - Informationssondierung_1 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Informationssondierung

ID: 13 [Hilfe](#)

Bitte überprüfen Sie nochmal alle Informationen, bearbeiten Sie diese gegebenenfalls. Bedenken Sie, dass wenn Sie eine Änderung an den Informationen vornehmen, diese auch in den Informationssystemen verändert werden!
Hinweis: Sollte der Algorithmus mehrere Informationen zu einem Reiter gefunden haben, wird Ihnen dies wie folgt angezeigt: . Wählen Sie dann die entsprechende Information aus. Findet der Algorithmus keine Informationen, zeigt er es so an und es muss eine manuelle Eingabe erfolgen.

Informationen zum Ansprechpartner des externen Kunden:

Nachname:	<input type="text" value="Mustermann"/>
Vorname:	<input type="text" value="Max"/>
Telefonnummer:	<input type="text" value="0202 / 111222"/>
E-Mail Adresse:	<input type="text" value="Max-mustermann@m.de"/>

Informationen zur Organisation des externen Kunden:

Name:	<input type="text" value="Muster GmbH"/>
Nummer:	<input type="text" value="MU1"/>
Straße:	<input type="text" value="Musterstraße 1"/>
Postleitzahl:	<input type="text" value="22222"/>
Ort:	<input type="text" value="Musterstadt"/>
Land:	<input type="text" value="Deutschland"/>
ABC-Einstufung:	<input type="text" value="C"/>

[Zurück](#) [Weiter](#)

Anhang 20: Oberfläche - Informationssondierung_2 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Informationssondierung		ID: 13	Hilfe
Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:			
Rahmeninformationen:			
Eingang:	01.10.2018		
Art:	Intern		
Anzahl der Wdh.:	3		
Fälligkeitsdatum:	02.10.2018		
Auftragsinformationen:			
Bezeichnung:	Welle		
Nummer:	W043		
Gruppe:	Getriebe		
Charge:	CH4145		
Zeichnungsnummer:	ZN1566		
Zeichnungsindex:	A		
Auftragsnummer:	A183		
Gelieferte Menge:	1000		
Zurück		Weiter	

Anhang 21: Oberfläche - Informationssondierung_3 in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Informationssondierung

ID: 13 [Hilfe](#)

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Fehlerinformationen:

Nichterfüllte Anforderung:	Durchmesser $\varnothing 15 \pm 0,1$ mm
Fehlerart:	Dokumentenfehler
Fehlerbedeutung:	Sehr hoch

Fehlerumfangsinformationen:

Reklamierte Menge:	50
Materialkosten:	30 €
Rückversandkosten:	2 €
Nachbearbeitungskosten:	90 €
Sonstige Kosten:	45 €

Sollten alle sondierten Informationen entsprechend den vorgegebenen Feldern durch den Algorithmus eingetragen worden sein, können Sie im nachfolgenden Schritt eine Priorisierung der Reklamation durchführen. Um eine Übersicht über die Priorisierungsdimensionen und die entsprechenden Werte sowie Gewichtung für die Reklamation zu erhalten, drücken Sie auf die Schaltfläche „Priorisierung“.

[Zurück](#) [Priorisierung](#)

Anhang 22: Beispiel für ein Auftragssystem in einer Organisation

Auftragssystem									
Produktbezeichnung	Produktnummer	Produktgruppe	Charge	Zeichnungsnummer	Zeichnungsindex	Auftragsnummer	Delivered Menge	Kundennummer	Kundenname
Welle	W043	Getriebe	CH414 5	ZN1566	A	A183	1000	MU1	Muster GmbH

Anhang 23: Beispiel für ein Kundensystem in einer Organisation

Kundensystem															
Nachname des Ansprechpartners	Vorname des Ansprechpartners	Telefonnummer	E-Mail-Adresse	Kundenname	Kundennummer	Kundenstraße	Postleitzahl	Ort	Land	ABC-Einstufung	Datum der ersten Lieferung	Einzelfehler beim Kunden	Art der Reklamation	Vertragliche Bearb.-Frist [T]	Einzelkosten durch Rekl. [€]
Mustermann	Max	0202 / 111222	max-mustermann(at)m.de	Muster GmbH	MU1	Musterstraße 1	22222	Musterstadt	Deutschland	C	14.01.2011	3	Extern	10	5153,46

Anhang 24: Beispiel für ein Produktportfoliosystem in einer Organisation

Produktbezeichnung	Produktnummer	Produktgruppe	Zeichnungsnummer	Zeichnungsindex	EMPB Datum	Einzelumsatz beim Produkt	Einzelfehler beim Produkt	Einzelkosten beim Produkt durch Reklamationen im Betrachtungsjahr
Welle	W043	Getriebe	ZN1566	A	13.04.2019	50.292,00 €	5	5133,00 €

Anhang 25: Relationen zwischen Anforderungen und Fehlerbedeutung

Anforderungen	Fehlerbedeutung				
	1	2	3	4	5
Die Produkte müssen aus Material gefertigt werden, das die Gesundheit nicht beeinträchtigt.	1	1	0	0	0
Die Produkte müssen einen Durchmesser von $\varnothing 15 \pm 0,1$ mm haben.	2	0	1	0	0
Die Produkte müssen schwarz-matt lackiert sein.	3	0	0	1	0
Die Produkte müssen in KLTs verpackt sein.	4	0	0	0	1
Die Produkte müssen frei von Öl sein.	5	0	0	1	0
Die Produkte müssen eine Zugfestigkeit von 275 MPa aufweisen.	6	0	1	0	0

Anhang 26: Oberfläche - Priorisierung der Reklamation in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Priorisierung

ID:
Hilfe

Bitte prüfen Sie sorgfältig die sondierten Informationen:

Die Priorisierung Ihrer Reklamation erfolgt auf Grundlage der zuvor sondierten Reklamationsinformationen. Sie umfasst zum einen die Ableitung der Werte von neun verschiedenen Priorisierungsdimensionen und zum anderen die Berechnung der unternehmensspezifischen Gewichtung für jede einzelne Dimension.

Dimensionen:	Werte:	Gewichtungen:
D1: Einstufung des Kunden:	<input style="width: 100%;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="6,54"/>
D2: Datumsinformationen:	<input style="width: 100%;" type="text" value="10,00"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="5,20"/>
D3: Anteil reklamierter Produkte:	<input style="width: 100%;" type="text" value="1,72"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="1,82"/>
D4: Wiederholung:	<input style="width: 100%;" type="text" value="5,50"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="4,58"/>
D5: Fehlerart:	<input style="width: 100%;" type="text" value="10,00"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="9,31"/>
D6: Fehlerbedeutung:	<input style="width: 100%;" type="text" value="5,00"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="5,00"/>
D7: Produktumsatz:	<input style="width: 100%;" type="text" value="10,00"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="4,47"/>
D8: Fehlerhistorie:	<input style="width: 100%;" type="text" value="6,01"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="3,36"/>
D9: Kostenanteil:	<input style="width: 100%;" type="text" value="10,00"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="5,53"/>

Nachfolgend bekommen Sie den Priorisierungswert für den von Ihnen eingetragenen Reklamationstext. Bedenken Sie, dass die Priorisierung vollständig objektiv, anhand der sondierten Informationen erfolgt ist. Sollten Sie eine Anpassung der Werte vornehmen wollen, müssen Sie individuell entweder den Wert oder die Gewichtung anpassen. Bedenken Sie, dass eine subjektive Anpassung das Endergebnis massiv beeinflussen kann.

Priorisierung von Reklamationen:

Priorität:	<input style="width: 95%;" type="text" value="325,154"/>	<input style="width: 95%;" type="text" value="Hohe Priorität"/>
------------	--	---

Zurück
Weiter

Anhang 27: Oberfläche – Fehlerursachenlokalisierung in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Fehlerursachenlokalisierung

ID: [Hilfe](#)

Nachfolgend wird die Fehlerursache im Produktionssystem lokalisiert, sodass darauf aufbauend eine Lösungsfindung vollzogen werden kann. Bitte überprüfen Sie nochmalig, ob es sich bei der sondierten, nichterfüllten Anforderung auch um die nichterfüllte Anforderung aus der Reklamation handelt.

Nichterfüllte Anforderung:

Anforderungen:

Komponenten:

Prozesse:

Personen:

Enhanced Demand Compliant Design (eDeCoDe)

[Zurück](#) [Weiter](#)

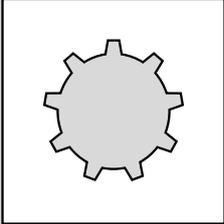
Anhang 28: Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Komponenten in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Fehlerursacheninformationen

Hilfe

Komponente:

Beschreibung:



	IST	SOLL		
Ausfallrate:	<input type="text" value="230 (Stunden)"/>	<input type="text" value="235 (Stunden)"/>	<input type="checkbox" value="X"/>	In Ordnung
Verfügbarkeit:	<input type="text" value="5000 (Stunden)"/>	<input type="text" value="5055 (Stunden)"/>	<input type="checkbox" value="X"/>	In Ordnung
Wartung:	<input type="text" value="14.02.2019"/>	<input type="text" value="14.02.2017"/>	<input type="checkbox"/>	In Ordnung

Abbrechen Handlungshilfen

Anhang 29: Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Prozesse in Anlehnung an [Heinrichs-meyer et al. 2019g]

Fehlerursacheninformationen

Hilfe

Prozess:

Beschreibung:

```

graph LR
  I[I] --> P[P]
  P --> O[O]
  style P fill:#ccc
  
```


Standardisiert?	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	Proz.-Be. vor.	<input checked="" type="checkbox"/>	In Ordnung			
Freigegeben?	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	15.08.2016	<input checked="" type="checkbox"/>	In Ordnung			
Umgebung beherrscht?	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	Keine vorhanden	<input checked="" type="checkbox"/>	In Ordnung			
Input Korrekt?	<input type="checkbox"/>	Ja	<input checked="" type="checkbox"/>	Nein	IST	20,..	SOLL	...	<input type="checkbox"/>	In Ordnung
CPK-Wert	IST		SOLL				<input type="checkbox"/>	In Ordnung		

Abbrechen

Handlungshilfen

Anhang 30: Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Personen in Anlehnung an [Heinrichs-meyer et al. 2019g]

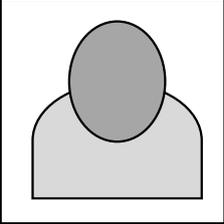
Fehlerursacheninformationen

Hilfe

Person: Pe6 (KSGD): Br 'Gn

Beschreibung:

Prozess: P6 (KSGD): Gn



	IST	SOLL		
Fachlich:	190	200	<input type="checkbox"/>	In Ordnung
Methodisch:	200	200	<input checked="" type="checkbox"/>	In Ordnung
Persönlich:	370	400	<input type="checkbox"/>	In Ordnung

Abbrechen

Handlungshilfen

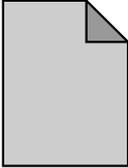
Anhang 31: Oberfläche - Fehlerursacheninformationen für Anforderungen in Anlehnung an [Heinrichs-meyer et al. 2019b]

Fehlerursacheninformationen

Hilfe

Anforderung:

Beschreibung:



Neue Anforderung? Ja Nein 26.04.2003 In Ordnung

Freigegeben? Ja Nein 15.08.2004 In Ordnung

IST SOLL

Zeichnungsindex korrekt? Ja Nein A B In Ordnung

Abbrechen

Handlungshilfen

Anhang 32: Oberfläche - Handlungshilfen für Komponenten -Auswahl organisatorischer Maßnahmen (O) in Anlehnung an [Heinrichsmeyer et al. 2019g]

Handlungshilfen Hilfe

Organisatorische Maßnahmen (O)

ACHTUNG: Bitte Speichern Sie Ihre Maßnahmen, bevor Sie die Kategorie wechseln!

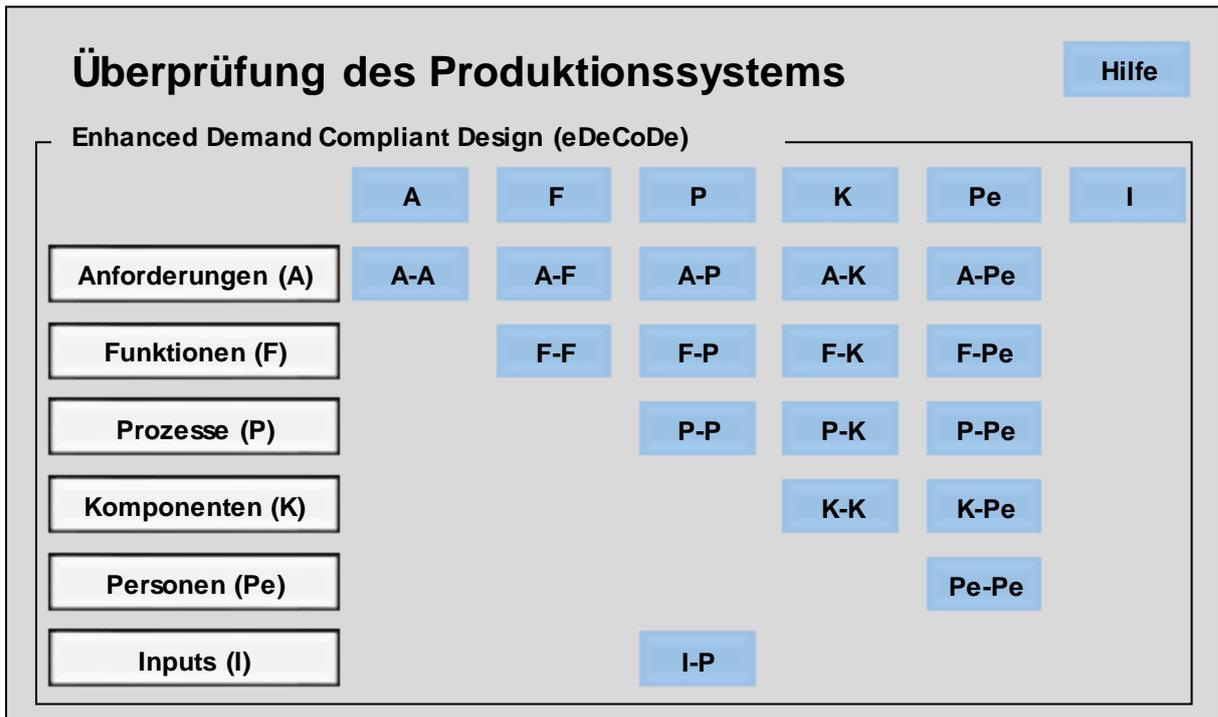
- Wartung durch externe Organisation gemäß Wartungsvertrag veranlassen
- Wartungsintervalle verkürzen und Wartungsaufgaben eindeutig definieren
- Hersteller der Komponente mit Problemlösung im Rahmen der Vertragshaftung beauftragen
- Überprüfung ob Umgebungsbedingungen zum Ausfall der Komponente führen
- Überprüfung ob die Bediener die Komponente korrekt verwenden
- Überprüfung ob die Komponente für den geplanten Prozess geeignet ist und die Anforderungen erfüllen kann
- Überprüfung der Korrektheit von getätigten Veränderungen an der Komponente durch externe Organisation
- Verfahrensanweisung hinsichtlich der Meldung von Komponenten mit hohen Ausfallzeiten oder geringer Verfügbarkeit ausarbeiten

Begründung der Auswahl / Alternative Lösung

Begründung

Zurück Speichern

Anhang 33: Oberfläche - Überprüfung des Produktionssystemmodells



Anhang 34: Oberfläche - Hilfenfenster des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus

Hilfenfenster

Hilfe

Das Hilfenfenster soll dazu dienen, dem Anwender ein grundlegendes Verständnis für Begrifflichkeiten aber auch wesentliche Funktionen des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus zu vermitteln. Wählen Sie dazu in den entsprechenden Auswahlménüs die Fragestellungen aus, zu denen Sie eine Hilfe benötigen.

Frage zum Begriff:	Wie definiert sich der Begriff des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus?
	Ein Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus (FusLa) ist ein Verfahren zum Entdecken und Erkennen von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System und deren Bewältigung durch das Umwandeln gegebener Eingangsgrößen in gesuchte Ausgabegrößen, unter Anwendung spezieller Kenntnisse sowie Methoden, im Rahmen der Ausführung endlicher Schritte
Frage zur Funktion:	Wie funktioniert die Fehlerursachenlokalisierung?
	Die Fehlerursachenlokalisierung nutzt die Angabe zur nichterfüllten Anforderung, um auf Grundlage dieser, die Wechselbeziehungen zu Systemelementen des Produktionssystems auszuwerten. Durch eine eindeutige 0 oder 1 Notation erkennt der Algorithmus, welche Systemelemente zur Realisierung der nichterfüllten Anforderung hätten beitragen müssen und demnach, welche Systemelemente als Fehlerursache in Frage kommen.

Zurück

Anhang 35: Oberfläche - Bearbeitungsfenster zur Nutzung bestehenden Wissens

Bearbeitung einer Reklamation

Hilfe

In diesem Fenster ist es Ihnen möglich, bereits angefangene oder vollständig bearbeitete Reklamationen erneut aufzugreifen, um diese weiter zu bearbeiten oder als Lessons Learned Beispiele heranzuziehen. Wählen Sie dafür die entsprechende Reklamation im vorgegebenen Auswahlmenü aus.

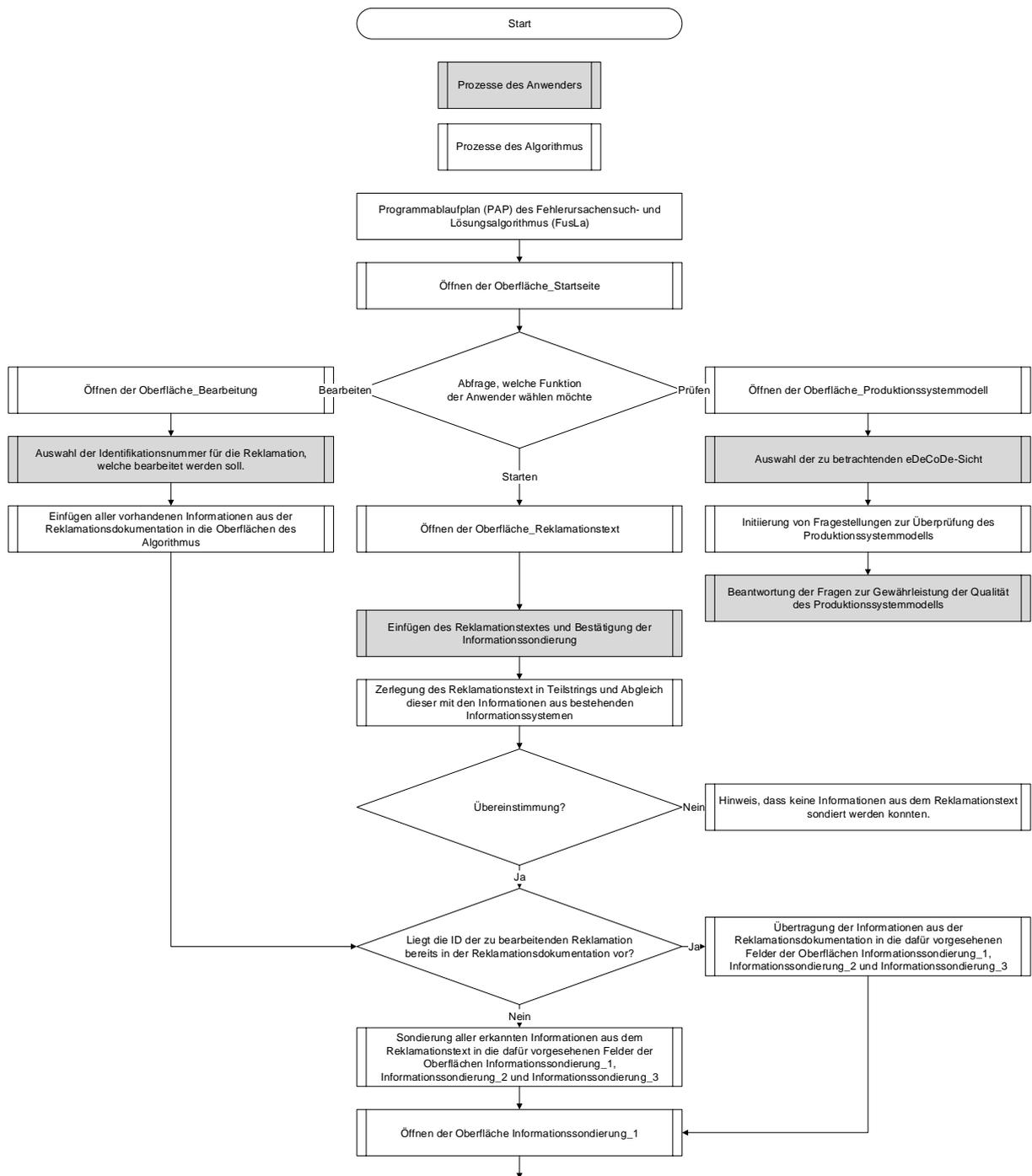
Auswahlmenü:

ID	Priorität	Name	Nummer	Nachname	Bezeichnung
2	183	BUW	UN 1	Heinrichsmeyer	Welle WX5
3	13	MUT	UN 2	Mustermann	Spindel C7
4	98	DIRO	UN 3	Musterfrau	Getriebe M5

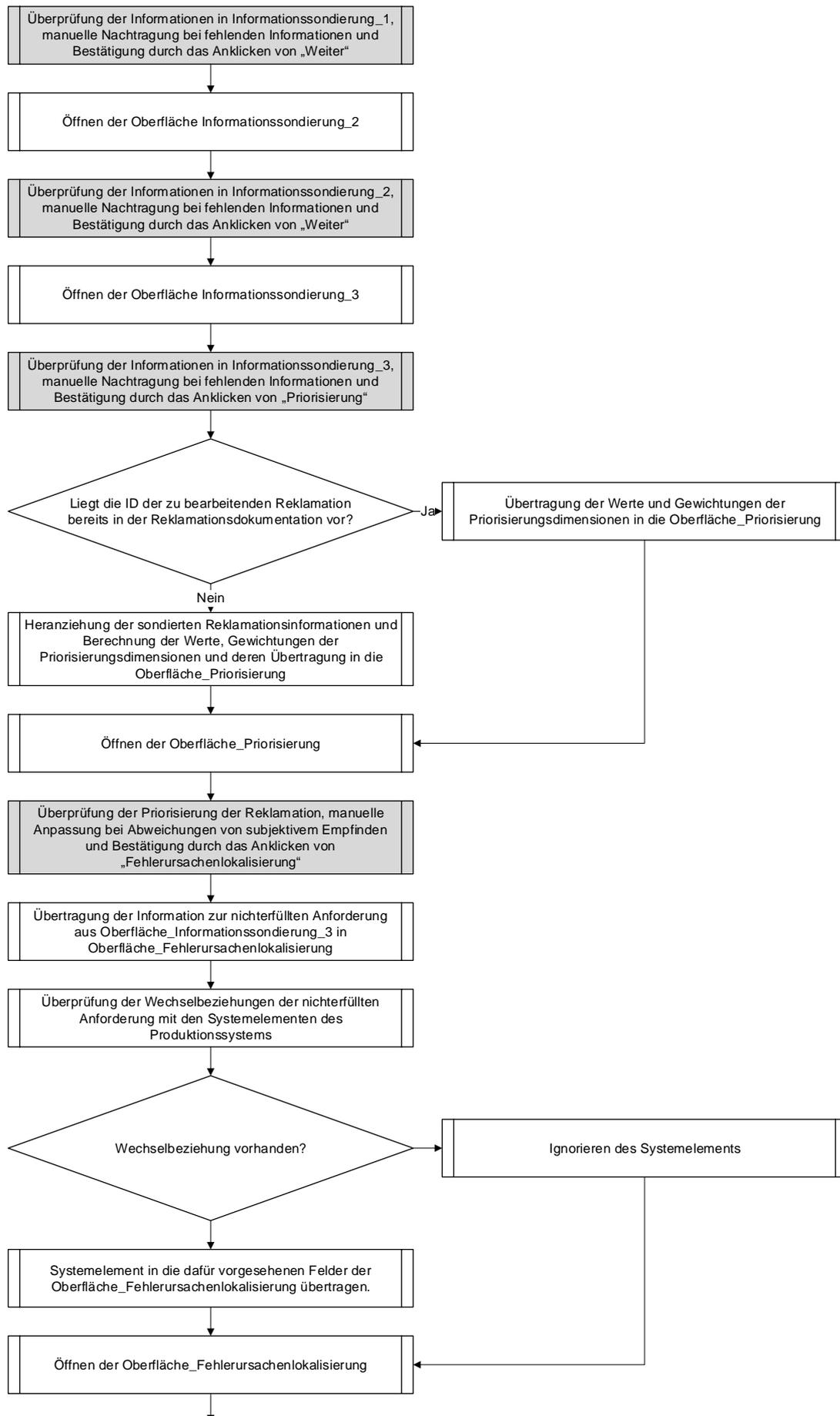
Zurück

Bearbeiten

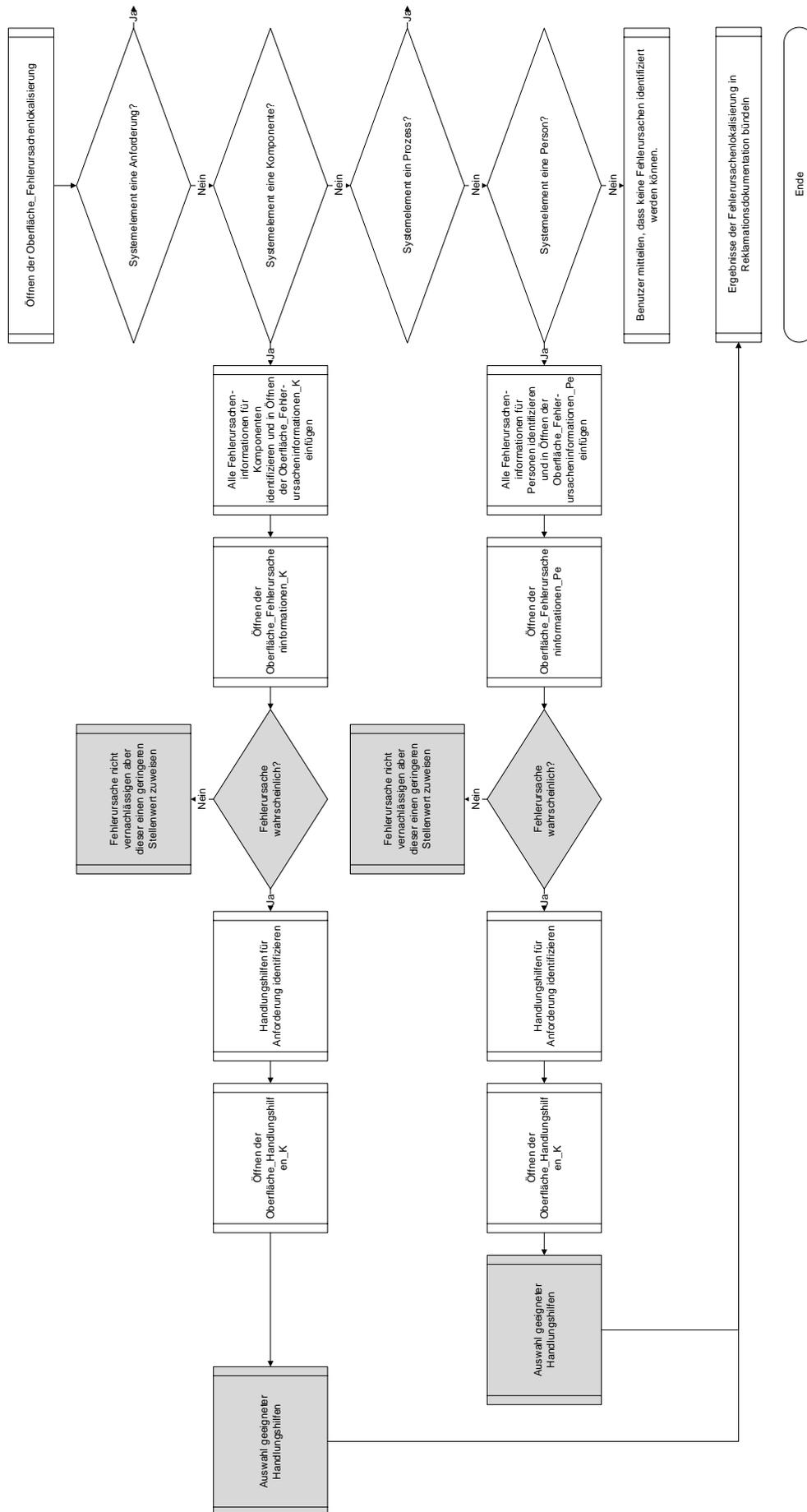
Anhang 36: Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 1 / 4)



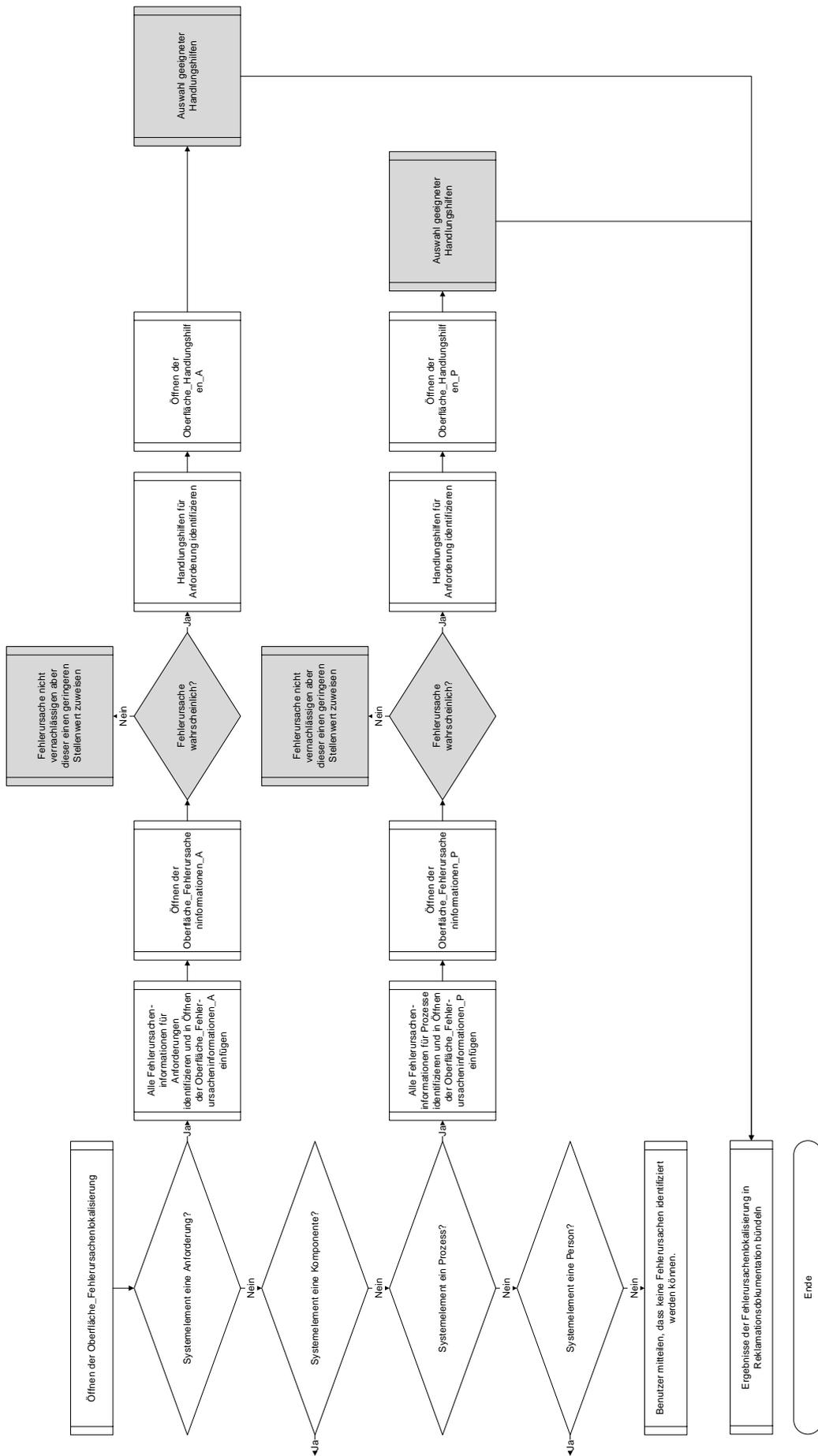
Anhang 37: Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 2 / 4)



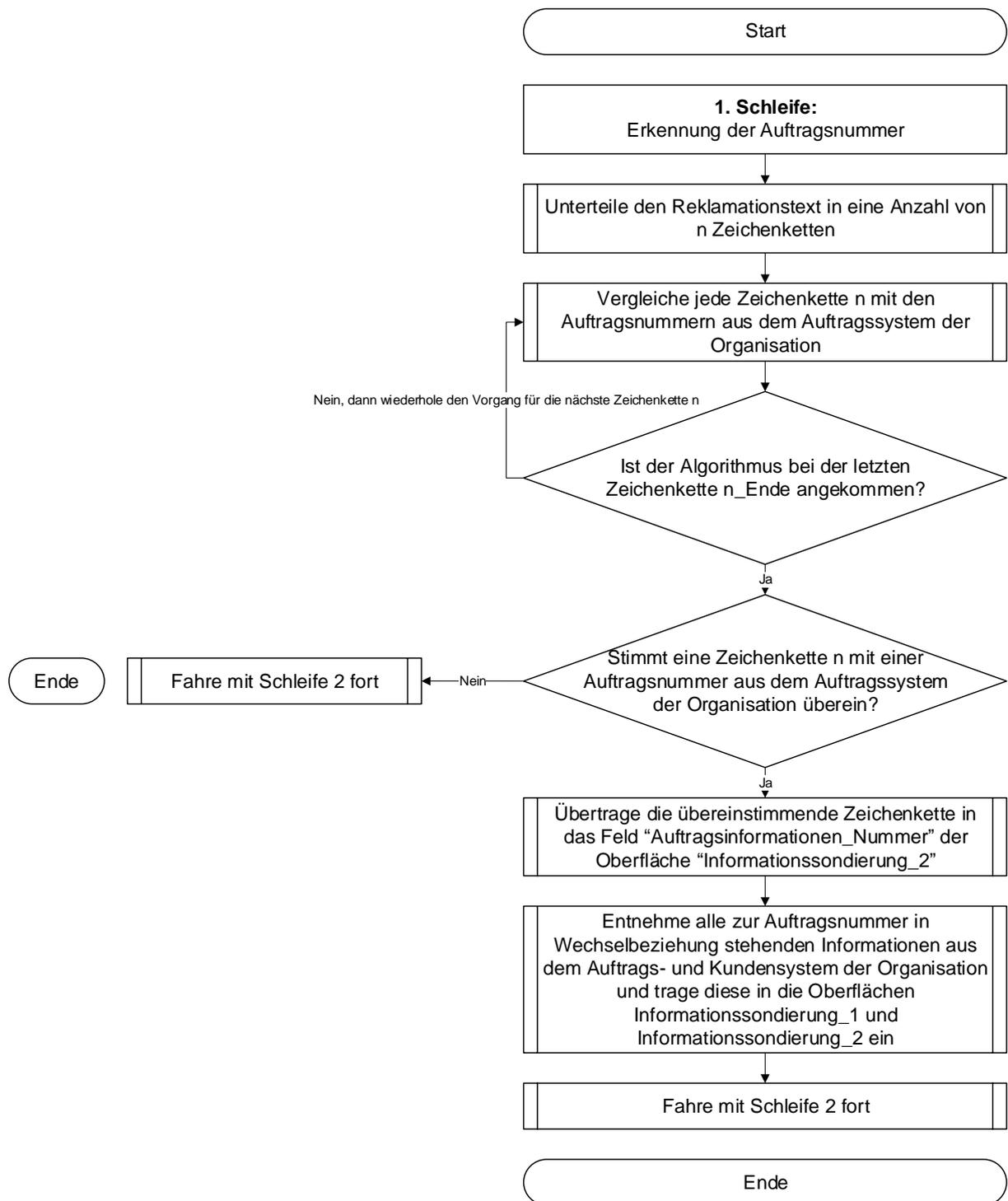
Anhang 38: Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 3 / 4)



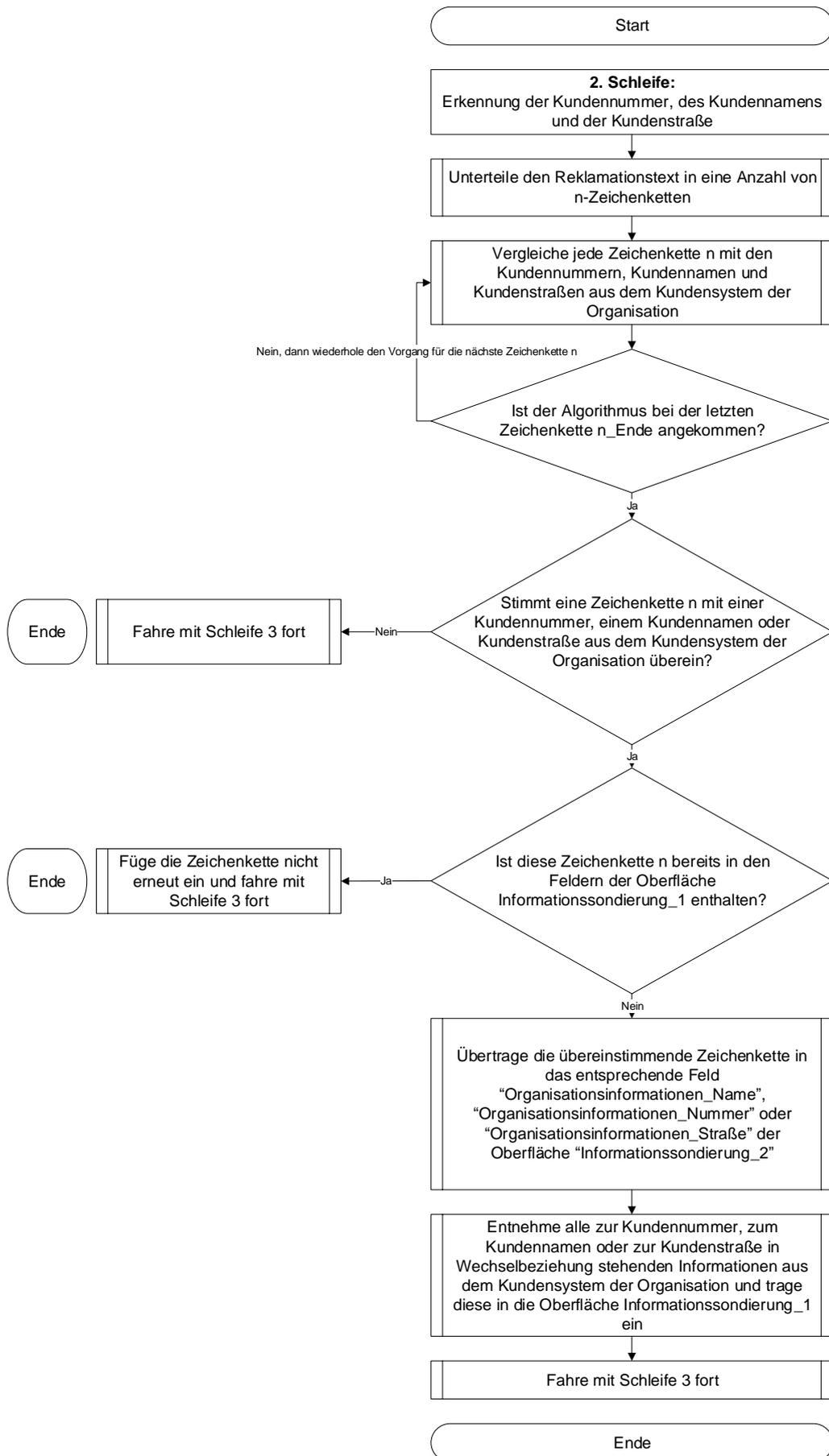
Anhang 39: Grober Programmablaufplan des FusLa (Teil 4 / 4)

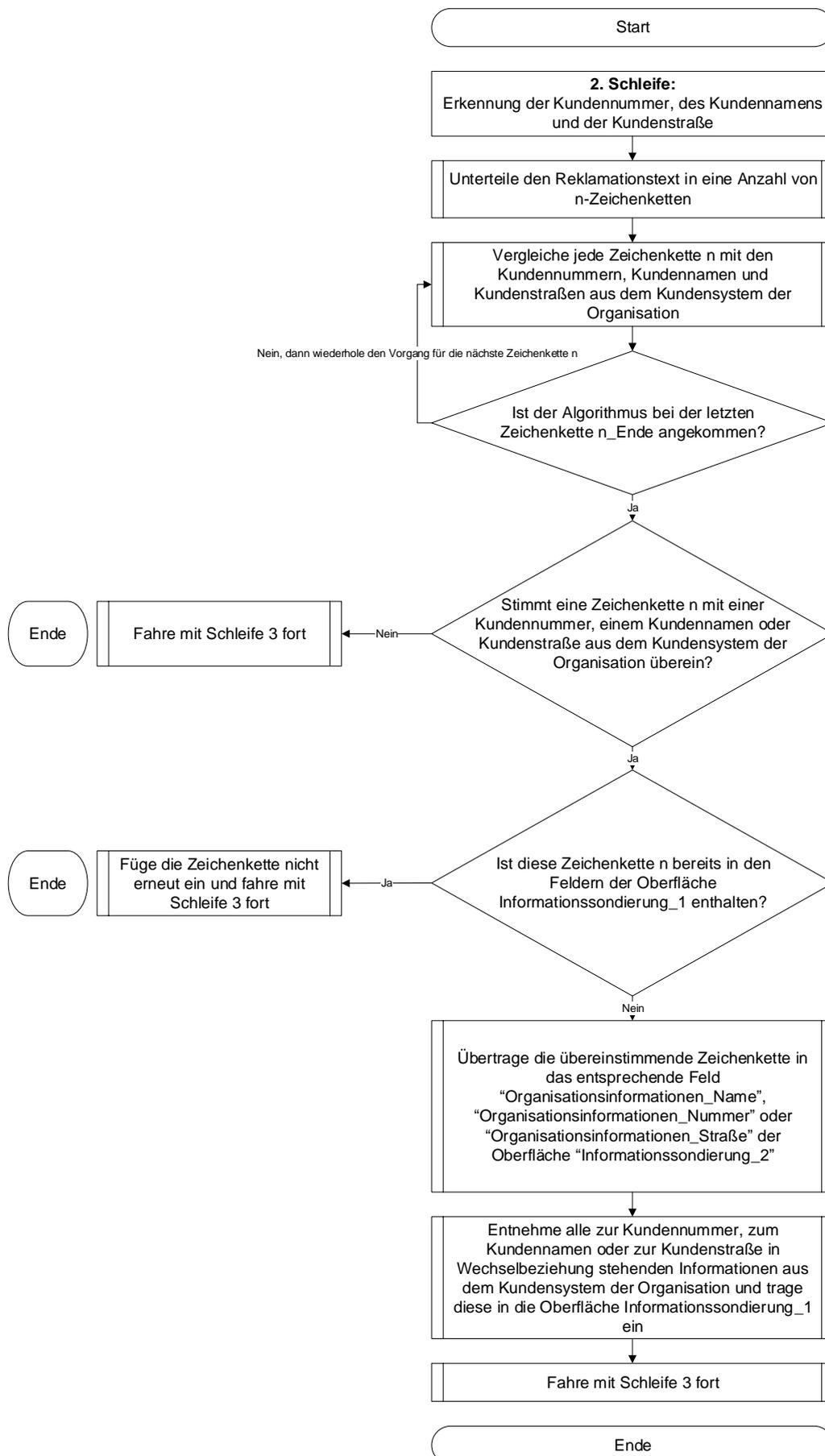


Anhang 40: Ablaufdiagramm der 1. Schleife – Erkennung der Auftragsnummer



Anhang 41: Ablaufdiagramm der 2. Schleife – Erkennung der Kundennummer, des Kundennamens und der Kundenstraße



Anhang 42: Ablaufdiagramm der 7. Schleife – Erkennung des Produktnamens und der Produktnummer


Anhang 43: Strings zur Informationssondierung der reklamierten Menge

Start String	Reklamierte Menge (Beispiel)	End String
/	5	„Produkt /-e“
„Anzahl von“	7	/
/	4	„Teil /-e“
/	6	„fehlerhafte /-s“
„insgesamt“	4	/
„Es wurde / -n“	12	/
/	6	„reklamiert“
„Fehlermenge:“	3	/

Anhang 44: Strings zur Informationssondierung des Fälligkeitsdatums

Start String	Zahlenwert für die Frist (Beispiel)	End String
/	7	„Tag /-e /-n“
/	6	„Stunde /-n“
/	4	„Woche /-n“
/	5	„Monat /-e“

Anhang 46: Produktportfoliosystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Produktportfoliosystem								
Bezeichnung	Nummer	Gruppe	Zeichnungsnummer	Zeichnungsindex	EMPB Datum	Einzelumsatz beim Produkt	Einzelfehler beim Produkt	Einzelkosten beim Produkt durch Reklamationen im Betrachtungsjahr 2019
KSGD	524	Gse	290	000	27.06.2017	82.482,00 €	5	340,00 €
SHD	21	Ppe	300	001	13.04.2017	50.892,00 €	2	513,00 €

Anhang 47: Auftragssystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Auftragssystem									
Bezeichnung	Nummer	Gruppe	Charge	Zeichnungsnummer	Zeichnungsindex	Auftragsnummer	Gelieferte Menge	Kundennummer	Kundenname
KSGD	524	Gse	263	290	000	834	5332	18	Hann
SHD	21	Ppe	237	300	001	34	251	172	WE

Anhang 48: Anforderungssicht (A) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Systemelemente der Anforderungssicht (A)	Nr.	Beschreibung	Definiert am		Freigegeben?		Zeichnungsindex	Produktnummer
A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.1 (KSGD): 115,21 ±0,1 mm	2	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.2 (KSGD): 19,8 ±0,1 mm	3	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.3 (KSGD): 513,2 ±0,1 mm	4	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.4 (KSGD): 1334,1 ±0,1 mm	5	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.5 (KSGD): 98,4 ±0,2 mm	6	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.6 (KSGD): 156,1 ±0,2 mm	7	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.7 (KSGD): 78,7 ±0,1 mm	8	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.8 (KSGD): 240,3 ±0,1 mm	9	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.9 (KSGD): 294,2 ±0,1 mm	10	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.10 (KSGD): 143,2 ±0,1 mm	11	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.11 (KSGD): 182,3 ±0,1 mm	12	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.12 (KSGD): 158,2 ±0,1 mm	13	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.13 (KSGD): 913,2 ±0,15 mm	14	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.14 (KSGD): 713,5 ±0,15 mm	15	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.15 (KSGD): 143,2 ±0,1 mm	16	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.16 (KSGD): 441,2 ±0,15 mm	17	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.17 (KSGD): 919,3 ±0,15 mm	18	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1.18 (KSGD): 390,8 ±0,15 mm	19	Dimension	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A2 (KSGD): Radien müssen in Ordnung sein	20	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A2.1 (KSGD): R32	21	Radius	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A2.2 (KSGD): R4	22	Radius	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A2.3 (KSGD): R13	23	Radius	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A2.4 (KSGD): R25	24	Radius	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A3 (KSGD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	25	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A3.1 (KSGD): Ø 32 ±0,15 mm	26	Durchmesser	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A4 (KSGD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	27	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A4.1 (KSGD): Rz 32	28	Rauigkeit	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A5 (KSGD): Material muss in Ordnung sein	29	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A5.1 (KSGD): 1.4305	30	Material	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A5.2 (KSGD): EN AW-5753	31	Material	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A6 (KSGD): Prägung muss in Ordnung sein	32	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A6.1 (KSGD): TN i.O.	33	Prägung	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A6.2 (KSGD): FD i.O.	34	Prägung	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A6.3 (KSGD): H i.O.	35	Prägung	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A7 (KSGD): Oberfläche muss in Ordnung sein	36	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A7.1 (KSGD): Frei von Rückständen	37	Oberfläche	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A7.2 (KSGD): Frei von Grat	38	Oberfläche	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A7.3 (KSGD): Frei von Schnittkante	39	Oberfläche	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A8 (KSGD): Verpackung muss in Ordnung sein	40	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A8.1 (KSGD): KLT	41	Verpackung	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A9 (KSGD): Lagetoleranz muss in Ordnung sein	42	/	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A9.1 (KSGD): Position 0,8 CD	43	Lagetoleranz	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35	44	Lagetoleranz	Ja	15.06.2017	Ja	27.06.2017	0	524
A1 (SHD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	45	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.1 (SHD): 231,4 ±0,15 mm	46	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.2 (SHD): 533,4 ±0,15 mm	47	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.3 (SHD): 224,1 ±0,15 mm	48	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.4 (SHD): 344,7 ±0,1 mm	49	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.5 (SHD): 384,9 ±0,2 mm	50	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.6 (SHD): 155,3 ±0,1 mm	51	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.7 (SHD): 83,2 ±0,1 mm	52	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A1.8 (SHD): 64,2 ±0,1 mm	53	Dimension	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A2 (SHD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	54	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A2.1 (SHD): Ø 32,7 ±0,4 mm	55	Durchmesser	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A2.2 (SHD): Ø 92,4 ±0,1 mm	56	Durchmesser	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A2.3 (SHD): Ø 13,4 ±0,1 mm	57	Durchmesser	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A2.4 (SHD): Ø 84,4 ±0,1 mm	58	Durchmesser	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A3 (SHD): Radien müssen in Ordnung sein	59	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A3.1 (SHD): R15	60	Radius	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A4 (SHD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	61	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A4.1 (SHD): Rz 25	62	Rauigkeit	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A5 (SHD): Material muss in Ordnung sein	63	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A5.1 (SHD): 1.4303	64	Material	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A6 (SHD): Koaxialität muss in Ordnung sein	65	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A6.1 (SHD): Koaxialität 0,1 BC	66	Koaxialität	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A7 (SHD): Ebenheit muss in Ordnung sein	67	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A7.1 (SHD): Ebenheit 0,15	68	Ebenheit	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A8 (SHD): Verpackung muss in Ordnung sein	69	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A8.1 (SHD): KLT	70	Verpackung	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A9 (SHD): Verpressung muss in Ordnung sein	71	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A9.1 (SHD): KSR eingesetzt	72	Vollständige Zusammensetzung	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A10 (SHD): Oberfläche muss in Ordnung sein	73	/	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21
A10.1 (SHD): Frei von Rückständen	74	Oberfläche	Ja	24.03.2017	Ja	13.04.2017	1	21

Anhang 49: Funktionsicht (F) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Systemelemente der Funktionsicht (F)	Nr.
F1: Szfunktion (KSGD)	1
F2: Psfunktion (KSGD)	2
F3: Esfunktion (KSGD)	3
F4: Gffunktion (KSGD)	4
F5: Szfunktion (SHD)	5
F6: Psfunktion (SHD)	6
F7: Esfunktion (SHD)	7
F8: Gffunktion (SHD)	8

Anhang 50: Prozesssicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Systemelemente der Prozesssicht (P)	Nr.	Standardisiert?	Freigegeben?	Umgebungsbedingungen beherrscht?	Input verwendet	Input gefordert	CPK Aktuell	CPK Gefordert
P1 (SHD): Ag / lg Sn	1	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.1 (SHD): Ln - Ag	2	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.2 (SHD): Re sn - Ag	3	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.3 (SHD): Sn un - Ag	4	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.4 (SHD): Tn - Ag	5	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.5 (SHD): Ln - Ag	6	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.6 (SHD): An - Ag	7	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.7 (SHD): Ln - lg	8	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.8 (SHD): Re sn - lg	9	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.9 (SHD): Sn un - lg	10	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.10 (SHD): Tn - lg	11	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.11 (SHD): Ln - lg	12	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P1.12 (SHD): An - lg	13	Ja	Ja	Keine vorhanden	117 (SHD): Ee SHD; 113 (SHD): Si; 112 (SHD): 1.403 Ci; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
Pz (SHD): Vn	14	Ja	Ja	Keine vorhanden	122 (SHD): Ag; 121 (SHD): Ig; 110 (SHD): Kg; 12 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte

Systemelemente der Prozesssicht (P)	Nr.	Standardisiert?	Freigegeben?	Umgebungsbedingungen beherrscht?	Input verwendet	Input gefordert	CPK Aktuell	CPK Gefordert
P2.1 (SHD): En	15	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 08.01.2018	Keine vorhanden Ja	I22 (SHD): Ag: I21 (SHD): Ig: I10 (SHD): Kg: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte
P2.2 (SHD): Hb	16	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 08.01.2018	Keine vorhanden Ja	I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P2.3 (SHD): En	17	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 08.01.2018	Keine vorhanden Ja	I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte
P3 (SHD): En	18	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 08.01.2018	Keine vorhanden Ja	I8 (KSGD): Eg: I4 (KSGD): Ee: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P4 (SHD): Vn	19	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 08.01.2018	Keine vorhanden Ja	I11 (SHD): Kn: I5 (KSGD): We: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte
P5 (KSGD): Sn	20	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I14 (KSGD): Si: I7 (KSGD): 1.4305 Ci: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P5.1 (KSGD): Fr In + Vn	21	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I14 (KSGD): Si: I7 (KSGD): 1.4305 Ci: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte
P5.2 (KSGD): Pg + Tl In	22	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I14 (KSGD): Si: I7 (KSGD): 1.4305 Ci: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P5.3 (KSGD): An	23	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I14 (KSGD): Si: I7 (KSGD): 1.4305 Ci: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte
P6 (KSGD): Gn	24	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I20 (KSGD): Ge KSGD: I3 (KSGD): Sr: I2 (KSGD): Ag: I1 (KSGD): RI	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P7 (KSGD): 100 % Ke	25	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I18 (KSGD): Er KSGD: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte
P8 (KSGD): En	26	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I19 (KSGD): Gr KSGD: I8 (KSGD): Eg: I4 (KSGD): Ee: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P9 (KSGD): Vn	27	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I18 (KSGD): Er KSGD: I9 (KSGD): Sk: I6 (KSGD): Kn: I5 (KSGD): We: I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte
P10 (KSGD) Ef	28	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja	I2 (KSGD): Ag	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	Keine Grenzwerte
P11 (SHD) Ef	29	Ja Prozessbeschreibung vorhanden	Ja 15.08.2016	Keine vorhanden Ja		Keine explizite Vorgabe	CPK wird Maßspezifisch erfasst - Änderung im	Keine Grenzwerte

Anhang 51: Komponentensicht (K) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Systemelemente der Komponentensicht (K)	Nr.	Beschreibung	Bild	Ausfallrate (MTTF) [Jahre]	Verfügbarkeit [h]	Wartung	Mit dem Maschinenhersteller vereinbarte Ausfallrate (MTTF) [Jahre]	Mit dem Maschinenhersteller vereinbarte Verfügbarkeit [h]	Intern vereinbarte Wartung (monatlich)
K1: Ef	1	2t Er-Pe		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	04.03.2018	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	04.04.2018
K2: Ef St	2	1t St		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	01.04.2018	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	01.05.2018
K3: Hg	3	2t Er-Pe		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	15.04.2018	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	15.05.2018
K4: Ea Ee	4	Eg		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	15.04.2018	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	15.05.2018
K5: Wg KSGD	5	KSGD		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K6: Wg SHD In	6	SHD In		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K7: Wg SHD An	7	SHD An		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K8: Wg SHD Vn	8	SHD		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
S1: Se SHD En	9	SHD		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
S2: Se KSGD En	10	KSGD		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K9: TI	11	Ge		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	26.04.2018	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	03.05.2018

Anhang 52: Personensicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

Systemelemente der Personensicht (Pe)	Nr.
Pe1 (SHD): Br 'Sn	1
Pe2 (SHD): Br 'En	2
Pe3 (SHD): Br 'Vn	3
Pe4 (SHD): Mr 'Vn	4
Pe5 (KSGD): Br 'Sn	5
Pe6 (KSGD): Br 'Gn	6
Pe7 (KSGD): Br 'En	7
Pe8 (KSGD): Mr '100% Ke	8
Pe9 (KSGD): Mr 'Vn	9
Pe10: Mr 'Ef	10

Anhang 54: A-K Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

	K1: Ef	K2: Ef St	K3: Hg	K4: Ea Ee	K5: Wg KSGD	K6: Wg SHD In	K7: Wg SHD An	K8: Wg SHD Vn	S1: Se SHD En	S2: Se KSGD En	K9: TI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.1 (KSGD): 115,21 ±0,1 mm	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.2 (KSGD): 19,8 ±0,1 mm	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.3 (KSGD): 513,2 ±0,1 mm	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.4 (KSGD): 1334,1 ±0,1 mm	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.5 (KSGD): 98,4 ±0,2 mm	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.6 (KSGD): 156,1 ±0,2 mm	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.7 (KSGD): 78,7 ±0,1 mm	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.8 (KSGD): 240,3 ±0,1 mm	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.9 (KSGD): 294,2 ±0,1 mm	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.10 (KSGD): 928,6 ±0,1 mm	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.11 (KSGD): 182,3 ±0,1 mm	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.12 (KSGD): 158,2 ±0,1 mm	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.13 (KSGD): 913,2 ±0,15 mm	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.14 (KSGD): 713,5 ±0,15 mm	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.15 (KSGD): 143,2 ±0,1 mm	16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.16 (KSGD): 441,2 ±0,15 mm	17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.17 (KSGD): 919,3 ±0,15 mm	18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1.18 (KSGD): 390,8 ±0,15 mm	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A2 (KSGD): Radien müssen in Ordnung sein	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A2.1 (KSGD): R32	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A2.2 (KSGD): R4	22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A2.3 (KSGD): R13	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A2.1 (KSGD): R25	24	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A3 (KSGD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A3.1 (KSGD): Ø 32 ±0,15 mm	26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A4 (KSGD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A4.1 (KSGD): Rz 32	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A5 (KSGD): Material muss in Ordnung sein	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5.1 (KSGD): 1.4305	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5.2 (KSGD): EN AW-5753	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6 (KSGD): Prägung muss in Ordnung sein	32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A6.1 (KSGD): TN i.O.	33	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A6.2 (KSGD): FD i.O.	34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A6.3 (KSGD): H i.O.	35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A7 (KSGD): Oberfläche muss in Ordnung sein	36	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
A7.1 (KSGD): Frei von Rückständen	37	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A7.2 (KSGD): Frei von Grat	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A7.3 (KSGD): Frei von Schnittkante	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A8 (KSGD): Verpackung muss in Ordnung sein	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8.1 (KSGD): KLT	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9 (KSGD): Lagetoleranz muss in Ordnung sein	42	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A9.1 (KSGD): Position 0,8 CD	43	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35	44	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A1 (SHD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	45	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.1 (SHD): 231,4 ±0,15 mm	46	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.2 (SHD): 533,4 ±0,15 mm	47	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.3 (SHD): 224,1 ±0,15 mm	48	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.4 (SHD): 344,7 ±0,1 mm	49	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.5 (SHD): 384,9 ±0,2 mm	50	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.6 (SHD): 155,3 ±0,1 mm	51	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.7 (SHD): 83,2 ±0,1 mm	52	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A1.8 (SHD): 64,2 ±0,1 mm	53	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A2 (SHD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	54	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A2.1 (SHD): Ø 32,7 ±0,4 mm	55	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A2.2 (SHD): Ø 92,4 ±0,1 mm	56	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A2.3 (SHD): Ø 13,4 ±0,1 mm	57	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A2.4 (SHD): Ø 84,4 ±0,1 mm	58	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A3 (SHD): Radien müssen in Ordnung sein	59	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A3.1 (SHD): R15	60	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A4 (SHD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4.1 (SHD): Rz 25	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5 (SHD): Material muss in Ordnung sein	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5.1 (SHD): 1.4303	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6 (SHD): Koaxialität muss in Ordnung sein	65	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A6.1 (SHD): Koaxialität 0,1 BC	66	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A7 (SHD): Ebenheit muss in Ordnung sein	67	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A7.1 (SHD): Ebenheit 0,15	68	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A8 (SHD): Verpackung muss in Ordnung sein	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8.1 (SHD): KLT	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9 (SHD): Verpressung muss in Ordnung sein	71	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A9.1 (SHD): KSR eingesetzt	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10 (SHD): Oberfläche muss in Ordnung sein	73	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
A10.1 (SHD): Frei von Rückständen	74	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Anhang 55: A-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

		F1: Szfunktion (KSGD)	F2: Psfunktion (KSGD)	F3: Esfunktion (KSGD)	F4: Gffunktion (KSGD)	F5: Szfunktion (SHD)	F6: Psfunktion (SHD)	F7: Esfunktion (SHD)	F8: Gffunktion (SHD)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	1	0	0	0	0	0	0	
A1.1 (KSGD): 115,21 ±0,1 mm	2	1	0	0	0	0	0	0	
A1.2 (KSGD): 19,8 ±0,1 mm	3	1	0	0	0	0	0	0	
A1.3 (KSGD): 513,2 ±0,1 mm	4	1	0	0	0	0	0	0	
A1.4 (KSGD): 1334,1 ±0,1 mm	5	1	0	0	0	0	0	0	
A1.5 (KSGD): 98,4 ±0,2 mm	6	1	0	0	0	0	0	0	
A1.6 (KSGD): 156,1 ±0,2 mm	7	1	0	0	0	0	0	0	
A1.7 (KSGD): 78,7 ±0,1 mm	8	1	0	0	0	0	0	0	
A1.8 (KSGD): 240,3 ±0,1 mm	9	1	0	0	0	0	0	0	
A1.9 (KSGD): 294,2 ±0,1 mm	10	1	0	0	0	0	0	0	
A1.10 (KSGD): 928,6 ±0,1 mm	11	1	0	0	0	0	0	0	
A1.11 (KSGD): 182,3 ±0,1 mm	12	1	0	0	0	0	0	0	
A1.12 (KSGD): 158,2 ±0,1 mm	13	1	0	0	0	0	0	0	
A1.13 (KSGD): 913,2 ±0,15 mm	14	1	0	0	0	0	0	0	
A1.14 (KSGD): 713,5 ±0,15 mm	15	1	0	0	0	0	0	0	
A1.15 (KSGD): 143,2 ±0,1 mm	16	1	0	0	0	0	0	0	
A1.16 (KSGD): 441,2 ±0,15 mm	17	1	0	0	0	0	0	0	
A1.17 (KSGD): 919,3 ±0,15 mm	18	1	0	0	0	0	0	0	
A1.18 (KSGD): 390,8 ±0,15 mm	19	1	0	0	0	0	0	0	
A2 (KSGD): Radien müssen in Ordnung sein	20	1	0	0	0	0	0	0	
A2.1 (KSGD): R32	21	1	0	0	0	0	0	0	
A2.2 (KSGD): R4	22	1	0	0	0	0	0	0	
A2.3 (KSGD): R13	23	1	0	0	0	0	0	0	
A2.1 (KSGD): R25	24	1	0	0	0	0	0	0	
A3 (KSGD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	25	1	0	0	0	0	0	0	
A3.1 (KSGD): Ø 32 ±0,15 mm	26	1	0	0	0	0	0	0	
A4 (KSGD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	27	0	0	0	0	0	0	0	
A4.1 (KSGD): Rz 32	28	0	0	0	0	0	0	0	
A5 (KSGD): Material muss in Ordnung sein	29	0	0	0	0	0	0	0	
A5.1 (KSGD): 1.4305	30	0	0	0	0	0	0	0	
A5.2 (KSGD): EN AW-5753	31	0	0	0	0	0	0	0	
A6 (KSGD): Prägung muss in Ordnung sein	32	1	0	0	0	0	0	0	
A6.1 (KSGD): TN i.O.	33	1	0	0	0	0	0	0	
A6.2 (KSGD): FD i.O.	34	1	0	0	0	0	0	0	
A6.3 (KSGD): Hi.O.	35	1	0	0	0	0	0	0	
A7 (KSGD): Oberfläche muss in Ordnung sein	36	0	0	1	1	0	0	0	
A7.1 (KSGD): Frei von Rückständen	37	0	0	1	0	0	0	0	
A7.2 (KSGD): Frei von Grat	38	0	0	0	1	0	0	0	
A7.3 (KSGD): Frei von Schnittkante	39	0	0	0	1	0	0	0	
A8 (KSGD): Verpackung muss in Ordnung sein	40	0	0	0	0	0	0	0	
A8.1 (KSGD): KLT	41	0	0	0	0	0	0	0	
A9 (KSGD): Lagetoleranz muss in Ordnung sein	42	1	0	0	0	0	0	0	
A9.1 (KSGD): Position 0,8 CD	43	1	0	0	0	0	0	0	
A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35	44	1	0	0	0	0	0	0	
A1 (SHD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	45	0	0	0	0	1	1	0	
A1.1 (SHD): 231,4 ±0,15 mm	46	0	0	0	0	1	0	0	
A1.2 (SHD): 533,4 ±0,15 mm	47	0	0	0	0	1	0	0	
A1.3 (SHD): 224,1 ±0,15 mm	48	0	0	0	0	0	1	0	
A1.4 (SHD): 344,7 ±0,1 mm	49	0	0	0	0	1	0	0	
A1.5 (SHD): 384,9 ±0,2 mm	50	0	0	0	0	1	0	0	
A1.6 (SHD): 155,3 ±0,1 mm	51	0	0	0	0	1	0	0	
A1.7 (SHD): 83,2 ±0,1 mm	52	0	0	0	0	1	0	0	
A1.8 (SHD): 64,2 ±0,1 mm	53	0	0	0	0	1	0	0	
A2 (SHD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	54	0	0	0	0	1	1	0	
A2.1 (SHD): Ø 32,7 ±0,4 mm	55	0	0	0	0	0	1	0	
A2.2 (SHD): Ø 92,4 ±0,1 mm	56	0	0	0	0	0	1	0	
A2.3 (SHD): Ø 13,4 ±0,1 mm	57	0	0	0	0	1	0	0	
A2.4 (SHD): Ø 84,4 ±0,1 mm	58	0	0	0	0	1	0	0	
A3 (SHD): Radien müssen in Ordnung sein	59	0	0	0	0	1	0	0	
A3.1 (SHD): R15	60	0	0	0	0	1	0	0	
A4 (SHD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	61	0	0	0	0	0	0	0	
A4.1 (SHD): Rz 25	62	0	0	0	0	0	0	0	
A5 (SHD): Material muss in Ordnung sein	63	0	0	0	0	0	0	0	
A5.1 (SHD): 1.4303	64	0	0	0	0	0	0	0	
A6 (SHD): Koaxialität muss in Ordnung sein	65	0	0	0	0	1	0	0	
A6.1 (SHD): Koaxialität 0,1 BC	66	0	0	0	0	1	0	0	
A7 (SHD): Ebenheit muss in Ordnung sein	67	0	0	0	0	1	0	0	
A7.1 (SHD): Ebenheit 0,15	68	0	0	0	0	1	0	0	
A8 (SHD): Verpackung muss in Ordnung sein	69	0	0	0	0	0	0	0	
A8.1 (SHD): KLT	70	0	0	0	0	0	0	0	
A9 (SHD): Verpressung muss in Ordnung sein	71	0	0	0	0	0	1	0	
A9.1 (SHD): KSR eingesetzt	72	0	0	0	0	0	0	0	
A10 (SHD): Oberfläche muss in Ordnung sein	73	0	0	0	0	0	0	1	
A10.1 (SHD): Frei von Rückständen	74	0	0	0	0	0	0	1	

Anhang 58: K-K Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

		K1: Ef	K2: Ef St	K3: Hg	K4: Ea Ee	K5: Wg KSGD	K6: Wg SHD In	K7: Wg SHD An	K8: Wg SHD Vn	S1: Se SHD En	S2: Se KSGD En	K9: TI
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K1: Ef	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2: Ef St	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K3: Hg	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
K4: Ea Ee	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
K5: Wg KSGD	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
K6: Wg SHD In	6	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
K7: Wg SHD An	7	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
K8: Wg SHD Vn	8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
S1: Se SHD En	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
S2: Se KSGD En	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
K9: TI	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Anhang 59: K-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

		F1: Szfunktion (KSGD)	F2: Psfunktion (KSGD)	F3: Esfunktion (KSGD)	F4: Gffunktion (KSGD)	F5: Szfunktion (SHD)	F6: Psfunktion (SHD)	F7: Esfunktion (SHD)	F8: Gffunktion (SHD)
		1	2	3	4	5	6	7	8
K1: Ef	1	1	0	0	0	1	0	0	0
K2: Ef St	2	1	0	0	0	0	0	0	0
K3: Hg	3	0	0	0	0	0	1	0	0
K4: Ea Ee	4	0	0	1	0	0	0	1	0
K5: Wg KSGD	5	1	0	0	0	0	0	0	0
K6: Wg SHD In	6	0	0	0	0	1	0	0	0
K7: Wg SHD An	7	0	0	0	0	1	0	0	0
K8: Wg SHD Vn	8	0	0	0	0	0	1	0	0
S1: Se SHD En	9	0	0	0	0	0	0	1	0
S2: Se KSGD En	10	0	0	1	0	0	0	1	0
K9: TI	11	0	0	0	1	0	0	0	1

Anhang 60: K-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

	P1 (SHD): Ag / lg Sn	P1.1 (SHD): Ln - Ag	P1.2 (SHD): Re an - Ag	P1.3 (SHD): Sn un - Ag	P1.4 (SHD): Tn - Ag	P1.5 (SHD): Ln - Ag	P1.6 (SHD): An - Ag	P1.7 (SHD): Ln - lg	P1.8 (SHD): Re an - lg	P1.9 (SHD): Sn un - lg	P1.10 (SHD): Tn - lg	P1.11 (SHD): Ln - lg	P1.12 (SHD): An - lg	P2 (SHD): Vn	P2.1 (SHD): En	P2.2 (SHD): Hb	P2.3 (SHD): En	P3 (SHD): En	P4 (SHD): Vn	P5 (KSGD): Sn	P5.1 (KSGD): Fr lin + Vn	P5.2 (KSGD): Pg + Tl in	P5.3 (KSGD): An	P6 (KSGD): Gn	P7 (KSGD): 100% Ke	P8 (KSGD): En	P9 (KSGD): Vn	P10 (KSGD) Ef	P11 (SHD) Ef	
K1: Ef	1																													
K2: Ef St	2	1																												
K3: Hg	3	1	1																											
K4: Ea Ee	4	1	1	1																										
K5: Wg KSGD	5	1	1	1	1																									
K6: Wg SHD In	6	1	1	1	1	1																								
K7: Wg SHD An	7	1	1	1	1	1	1																							
K8: Wg SHD Vn	8	1	1	1	1	1	1	1																						
S1: Se SHD En	9	1	1	1	1	1	1	1	1																					
S2: Se KSGD En	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1																				
K9: TI	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anhang 61: K-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

	Pe1 (SHD): Br 'Sn	Pe2 (SHD): Br 'En	Pe3 (SHD): Br 'Vn	Pe4 (SHD): Mr 'Vn	Pe5 (KSGD): Br 'Sn	Pe6 (KSGD): Br 'Gn	Pe7 (KSGD): Br 'En	Pe8 (KSGD): Mr '100% Ke	Pe9 (KSGD): Mr 'Vn	Pe10: Mr 'Ef
K1: Ef	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
K2: Ef St	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
K3: Hg	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
K4: Ea Ee	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0
K5: Wg KSGD	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
K6: Wg SHD In	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
K7: Wg SHD An	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0
K8: Wg SHD Vn	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S1: Se SHD En	9	0	1	0	0	0	1	0	0	0
S2: Se KSGD En	10	0	1	0	0	0	1	0	0	0
K9: TI	11	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Anhang 62: F-F Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

	F1: Szfunktion (KSGD)	F2: Psfunktion (KSGD)	F3: Esfunktion (KSGD)	F4: Gffunktion (KSGD)	F5: Szfunktion (SHD)	F6: Psfunktion (SHD)	F7: Esfunktion (SHD)	F8: Gffunktion (SHD)
F1: Szfunktion (KSGD)	1	0	0	0	0	0	0	0
F2: Psfunktion (KSGD)	2	1	0	0	0	0	0	0
F3: Esfunktion (KSGD)	3	0	1	0	0	0	0	0
F4: Gffunktion (KSGD)	4	0	0	1	0	0	0	0
F5: Szfunktion (SHD)	5	0	0	0	1	0	0	0
F6: Psfunktion (SHD)	6	0	0	0	0	1	0	0
F7: Esfunktion (SHD)	7	0	0	0	0	0	1	0
F8: Gffunktion (SHD)	8	0	0	0	0	0	0	1

Anhang 68: P-Output Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

		O1 (SHD): SHD nach geford. Spezifikationen	O2 (SHD): Ig	O3 (SHD): Ag	O4 (KSGD): KSGD nach geford. Spezifikationen	O5 (SHD): Ve SHD	O6 (SHD): Br Cl 1.4303	O7 (SHD): Ee SHD	O8 (KSGD): Br Cl 1.4305	O9 (KSGD): Er KSGD	O10 (KSGD): Gr KSGD	O11 (SHD): Ge KSGD
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P1 (SHD): Ag / Ig Sn	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.1 (SHD): Ln - Ag	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.2 (SHD): Re sn - Ag	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.3 (SHD): Sn un - Ag	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.4 (SHD): Tn - Ag	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.5 (SHD): Ln - Ag	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.6 (SHD): An - Ag	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.7 (SHD): Ln - Ig	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.8 (SHD): Re sn - Ig	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.9 (SHD): Sn un - Ig	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.10 (SHD): Tn - Ig	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.11 (SHD): Ln - Ig	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1.12 (SHD): An - Ig	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2 (SHD): Vn	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P2.1 (SHD): En	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P2.2 (SHD): Hb	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
P2.3 (SHD): En	17	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
P3 (SHD): En	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4 (SHD): Vn	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5 (KSGD): Sn	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P5.1 (KSGD): Fr In + Vn	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P5.2 (KSGD): Pg + Tl In	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P5.3 (KSGD): An	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P6 (KSGD): Gn	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
P7 (KSGD): 100 % Ke	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
P8 (KSGD): En	26	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P9 (KSGD): Vn	27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
P10 (KSGD): Ef	28	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
P11 (SHD): Ef	29	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Anhang 70: A-Fehlerart Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanz- und Umformtechnik

	Maßfehler	Montagefehler	Beschafftheitsfehler	Lieferungsfehler	Beschädigungsfehler	Verpackungsfehler	Dokumententfehler	Kennzeichnungsfehler
	1	2	3	4	5	6	7	8
A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	1	0	0	0	0	1	0
A1.1 (KSGD): 115,21 ±0,1 mm	2	1	0	0	0	0	1	0
A1.2 (KSGD): 19,8 ±0,1 mm	3	1	0	0	0	0	1	0
A1.3 (KSGD): 513,2 ±0,1 mm	4	1	0	0	0	0	1	0
A1.4 (KSGD): 1334,1 ±0,1 mm	5	1	0	0	0	0	1	0
A1.5 (KSGD): 98,4 ±0,2 mm	6	1	0	0	0	0	1	0
A1.6 (KSGD): 156,1 ±0,2 mm	7	1	0	0	0	0	1	0
A1.7 (KSGD): 78,7 ±0,1 mm	8	1	0	0	0	0	1	0
A1.8 (KSGD): 240,3 ±0,1 mm	9	1	0	0	0	0	1	0
A1.9 (KSGD): 294,2 ±0,1 mm	10	1	0	0	0	0	1	0
A1.10 (KSGD): 928,6 ±0,1 mm	11	1	0	0	0	0	1	0
A1.11 (KSGD): 182,3 ±0,1 mm	12	1	0	0	0	0	1	0
A1.12 (KSGD): 158,2 ±0,1 mm	13	1	0	0	0	0	1	0
A1.13 (KSGD): 913,2 ±0,15 mm	14	1	0	0	0	0	1	0
A1.14 (KSGD): 713,5 ±0,15 mm	15	1	0	0	0	0	1	0
A1.15 (KSGD): 143,2 ±0,1 mm	16	1	0	0	0	0	1	0
A1.16 (KSGD): 441,2 ±0,15 mm	17	1	0	0	0	0	1	0
A1.17 (KSGD): 919,3 ±0,15 mm	18	1	0	0	0	0	1	0
A1.18 (KSGD): 390,8 ±0,15 mm	19	1	0	0	0	0	1	0
A2 (KSGD): Radien müssen in Ordnung sein	20	1	0	0	0	0	1	0
A2.1 (KSGD): R32	21	1	0	0	0	0	1	0
A2.2 (KSGD): R4	22	1	0	0	0	0	1	0
A2.3 (KSGD): R13	23	1	0	0	0	0	1	0
A2.1 (KSGD): R25	24	1	0	0	0	0	1	0
A3 (KSGD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	25	1	0	0	0	0	1	0
A3.1 (KSGD): Ø 32 ±0,15 mm	26	1	0	0	0	0	1	0
A4 (KSGD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	27	1	0	0	0	0	1	0
A4.1 (KSGD): Rz 32	28	1	0	0	0	0	1	0
A5 (KSGD): Material muss in Ordnung sein	29	0	0	1	1	0	0	1
A5.1 (KSGD): 1.4305	30	0	0	1	1	0	0	1
A5.2 (KSGD): EN AW-5753	31	0	0	1	0	0	0	1
A6 (KSGD): Prägung muss in Ordnung sein	32	0	0	1	0	0	0	1
A6.1 (KSGD): TN i.O.	33	0	0	1	0	0	0	1
A6.2 (KSGD): FD i.O.	34	0	0	1	0	0	0	1
A6.3 (KSGD): Hi.O.	35	0	0	1	0	0	0	1
A7 (KSGD): Oberfläche muss in Ordnung sein	36	0	0	1	0	0	0	1
A7.1 (KSGD): Frei von Rückständen	37	0	0	1	0	0	0	1
A7.2 (KSGD): Frei von Grat	38	0	0	1	0	0	0	1
A7.3 (KSGD): Frei von Schnittkante	39	0	0	1	0	0	0	1
A8 (KSGD): Verpackung muss in Ordnung sein	40	0	0	0	1	1	1	0
A8.1 (KSGD): KLT	41	0	0	0	1	1	1	0
A9 (KSGD): Lagetoleranz muss in Ordnung sein	42	1	0	0	0	0	0	1
A9.1 (KSGD): Position 0,8 CD	43	1	0	0	0	0	0	1
A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35	44	1	0	0	0	0	0	1
A1 (SHD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	45	1	0	0	0	0	0	1
A1.1 (SHD): 231,4 ±0,15 mm	46	1	0	0	0	0	0	1
A1.2 (SHD): 533,4 ±0,15 mm	47	1	0	0	0	0	0	1
A1.3 (SHD): 224,1 ±0,15 mm	48	1	0	0	0	0	0	1
A1.4 (SHD): 344,7 ±0,1 mm	49	1	0	0	0	0	0	1
A1.5 (SHD): 384,9 ±0,2 mm	50	1	0	0	0	0	0	1
A1.6 (SHD): 155,3 ±0,1 mm	51	1	0	0	0	0	0	1
A1.7 (SHD): 83,2 ±0,1 mm	52	1	0	0	0	0	0	1
A1.8 (SHD): 64,2 ±0,1 mm	53	1	0	0	0	0	0	1
A2 (SHD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	54	1	0	0	0	0	0	1
A2.1 (SHD): Ø 32,7 ±0,4 mm	55	1	0	0	0	0	0	1
A2.2 (SHD): Ø 92,4 ±0,1 mm	56	1	0	0	0	0	0	1
A2.3 (SHD): Ø 13,4 ±0,1 mm	57	1	0	0	0	0	0	1
A2.4 (SHD): Ø 84,4 ±0,1 mm	58	1	0	0	0	0	0	1
A3 (SHD): Radien müssen in Ordnung sein	59	1	0	0	0	0	0	1
A3.1 (SHD): R15	60	1	0	0	0	0	0	1
A4 (SHD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	61	1	0	0	0	0	0	1
A4.1 (SHD): Rz 25	62	1	0	0	0	0	0	1
A5 (SHD): Material muss in Ordnung sein	63	0	0	1	1	0	0	1
A5.1 (SHD): 1.4303	64	0	0	1	1	0	0	1
A6 (SHD): Koaxialität muss in Ordnung sein	65	1	0	0	0	0	0	1
A6.1 (SHD): Koaxialität 0,1 BC	66	1	0	0	0	0	0	1
A7 (SHD): Ebenheit muss in Ordnung sein	67	1	0	0	0	0	0	1
A7.1 (SHD): Ebenheit 0,15	68	1	0	0	0	0	0	1
A8 (SHD): Verpackung muss in Ordnung sein	69	0	0	0	1	1	1	0
A8.1 (SHD): KLT	70	0	0	0	1	1	1	0
A9 (SHD): Verpressung muss in Ordnung sein	71	0	1	0	0	0	1	0
A9.1 (SHD): KSR eingesetzt	72	0	1	0	0	0	1	0

Anhang 71: A-Fehlerbedeutung Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Stanzi- und Umformtechnik

		1	2	3	4	5
		<p>Sehr hoch - Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Produktsystems und/oder andere Produktsysteme / Produktionssysteme oder die Gesundheit von Personen. Nichterhaltung von gesetzlichen, betriebsinternen oder behördlichen Vorgaben</p> <p>Hoch - Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Hauptfunktion. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich.</p> <p>Mäßig - Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vorgesehene Lebensdauer notwendige Komfortfunktion. Deutlich wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Sofortiger Austausch oder</p> <p>Gering - Mäßig bis gering wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Die Verwendung des Produktes ist jedoch nicht beeinträchtigt.</p> <p>Sehr gering - Keine wahrnehmbaren Auswirkungen. Nur vom Fachpersonal erkennbar. Leichte Unannehmlichkeiten.</p>				
		1	2	3	4	5
A1 (KSGD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	0	1	0	0	0
A1.1 (KSGD): 115,21 ±0,1 mm	2	0	1	0	0	0
A1.2 (KSGD): 19,8 ±0,1 mm	3	0	1	0	0	0
A1.3 (KSGD): 513,2 ±0,1 mm	4	0	1	0	0	0
A1.4 (KSGD): 1334,1 ±0,1 mm	5	0	1	0	0	0
A1.5 (KSGD): 98,4 ±0,2 mm	6	0	1	0	0	0
A1.6 (KSGD): 156,1 ±0,2 mm	7	0	1	0	0	0
A1.7 (KSGD): 78,7 ±0,1 mm	8	0	1	0	0	0
A1.8 (KSGD): 240,3 ±0,1 mm	9	0	1	0	0	0
A1.9 (KSGD): 294,2 ±0,1 mm	10	0	1	0	0	0
A1.10 (KSGD): 928,6 ±0,1 mm	11	0	1	0	0	0
A1.11 (KSGD): 182,3 ±0,1 mm	12	0	1	0	0	0
A1.12 (KSGD): 158,2 ±0,1 mm	13	0	1	0	0	0
A1.13 (KSGD): 913,2 ±0,15 mm	14	0	1	0	0	0
A1.14 (KSGD): 713,5 ±0,15 mm	15	0	1	0	0	0
A1.15 (KSGD): 143,2 ±0,1 mm	16	0	1	0	0	0
A1.16 (KSGD): 441,2 ±0,15 mm	17	0	1	0	0	0
A1.17 (KSGD): 919,3 ±0,15 mm	18	0	1	0	0	0
A1.18 (KSGD): 390,8 ±0,15 mm	19	0	1	0	0	0
A2 (KSGD): Radien müssen in Ordnung sein	20	0	1	0	0	0
A2.1 (KSGD): R32	21	0	1	0	0	0
A2.2 (KSGD): R4	22	0	1	0	0	0
A2.3 (KSGD): R13	23	0	1	0	0	0
A2.1 (KSGD): R25	24	0	1	0	0	0
A3 (KSGD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	25	0	1	0	0	0
A3.1 (KSGD): Ø 32 ±0,15 mm	26	0	1	0	0	0
A4 (KSGD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	27	0	0	1	0	0
A4.1 (KSGD): Rz 32	28	0	0	1	0	0
A5 (KSGD): Material muss in Ordnung sein	29	0	1	0	0	0
A5.1 (KSGD): 1.4305	30	0	1	0	0	0
A5.2 (KSGD): EN AW-5753	31	0	1	0	0	0
A6 (KSGD): Prägung muss in Ordnung sein	32	0	0	1	0	0
A6.1 (KSGD): TN i.O.	33	0	0	1	0	0
A6.2 (KSGD): FD i.O.	34	0	0	1	0	0
A6.3 (KSGD): H i.O.	35	0	0	1	0	0
A7 (KSGD): Oberfläche muss in Ordnung sein	36	0	0	1	0	0
A7.1 (KSGD): Frei von Rückständen	37	0	0	1	0	0
A7.2 (KSGD): Frei von Grat	38	0	1	0	0	0
A7.3 (KSGD): Frei von Schnittkante	39	0	1	0	0	0
A8 (KSGD): Verpackung muss in Ordnung sein	40	0	0	0	1	0
A8.1 (KSGD): KLT	41	0	0	0	1	0
A9 (KSGD): Lagetoleranz muss in Ordnung sein	42	0	1	0	0	0
A9.1 (KSGD): Position 0,8 CD	43	0	1	0	0	0
A9.2 (KSGD): Ebenheit 0,35	44	0	1	0	0	0
A1 (SHD): Dimensionen müssen in Ordnung sein	45	0	1	0	0	0
A1.1 (SHD): 231,4 ±0,15 mm	46	0	1	0	0	0
A1.2 (SHD): 533,4 ±0,15 mm	47	0	1	0	0	0
A1.3 (SHD): 224,1 ±0,15 mm	48	0	1	0	0	0
A1.4 (SHD): 344,7 ±0,1 mm	49	0	1	0	0	0
A1.5 (SHD): 384,9 ±0,2 mm	50	0	1	0	0	0
A1.6 (SHD): 155,3 ±0,1 mm	51	0	1	0	0	0
A1.7 (SHD): 83,2 ±0,1 mm	52	0	1	0	0	0
A1.8 (SHD): 64,2 ±0,1 mm	53	0	1	0	0	0
A2 (SHD): Durchmesser müssen in Ordnung sein	54	0	1	0	0	0
A2.1 (SHD): Ø 32,7 ±0,4 mm	55	0	1	0	0	0
A2.2 (SHD): Ø 92,4 ±0,1 mm	56	0	1	0	0	0
A2.3 (SHD): Ø 13,4 ±0,1 mm	57	0	1	0	0	0
A2.4 (SHD): Ø 84,4 ±0,1 mm	58	0	1	0	0	0
A3 (SHD): Radien müssen in Ordnung sein	59	0	1	0	0	0
A3.1 (SHD): R15	60	0	1	0	0	0
A4 (SHD): Rauigkeit muss in Ordnung sein	61	0	0	1	0	0
A4.1 (SHD): Rz 25	62	0	0	1	0	0
A5 (SHD): Material muss in Ordnung sein	63	0	1	0	0	0
A5.1 (SHD): 1.4303	64	0	1	0	0	0
A6 (SHD): Koaxialität muss in Ordnung sein	65	0	1	0	0	0
A6.1 (SHD): Koaxialität 0,1 BC	66	0	1	0	0	0
A7 (SHD): Ebenheit muss in Ordnung sein	67	0	1	0	0	0
A7.1 (SHD): Ebenheit 0,15	68	0	1	0	0	0
A8 (SHD): Verpackung muss in Ordnung sein	69	0	0	0	1	0
A8.1 (SHD): KLT	70	0	0	0	1	0
A9 (SHD): Verpressung muss in Ordnung sein	71	0	1	0	0	0
A9.1 (SHD): KSR eingesetzt	72	0	1	0	0	0

8.6 Anhang F: Informationen des Industriebeispiels für Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Anhang 72: Kundensystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Kundensystem																									
Gdt	Nachname	ET GH	Name	5370	Nummer	Grd 4	Straße	97	Postleitzahl	Tch-Dirz	Ort	Dland	Land	A	ABC-Einstufung	05.08.2015	Datum der ersten Lieferung	10	Einzelfehler beim Kunden	5	Vertragliche Frist [T]	Extern	Art	24.000,00 €	Einzelkosten durch Reklamationen im Betrachtungsjahr 2019
Sne	Vorname	+45 22 - 41	Telefonnummer	Sdt@et.com	E-Mail-Adresse																				

Anhang 73: Produktportfoliosystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Produktportfoliosystem																	
SGW Links	Bezeichnung	9108	Nummer	mh. Mer	Gruppe	685-05	Zeichnungsnummer	05	Zeichnungsindex	16.01.2017	EMPB Datum	400.020,00 €	Einzelumsatz beim Produkt	6	Einzelfehler beim Produkt	19.206,00 €	Einzelkosten beim Produkt durch Reklamationen im Betrachtungsjahr 2019

Anhang 74: Auftragssystem des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Auftragssystem									
Bezeichnung	Nummer	Gruppe	Charge	Zeichnungsnummer	Zeichnungsindex	Auftragsnummer	Gelieferte Menge	Kundennummer	Kundenname
SGW Links	9108	mh. Mer	S0431	685-05	05	S0431	4.000	ET GH	5370

Anhang 75: Anforderungssicht (A) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Systemelemente der Anforderungssicht (A)	Nr.	Beschreibung	Definiert am	Freigegeben?	Zeichnungsindex	Produkt-nummer		
A1 (SGW): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A1.1 (SGW): Dim 92.5 +0.4/+0 mm	2	Dimension	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A1.2 (SGW): Dim 14.8 ±0.065 mm	3	Dimension	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A1.3 (SGW): Dim 2.25 +0.33/+0 mm	4	Dimension	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A1.4 (SGW): Dim 91.5 +0.21/+0 mm	5	Dimension	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A1.5 (SGW): Dim max. 0.8 mm	6	Dimension	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A1.6 (SGW): Dim 0.145 +0.9/+0 mm	7	Dimension	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A1.7 (SGW): Dim 415.8 -0.35/-0.1 mm	8	Dimension	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2 (SGW): Durchmesser müssen in Ordnung sein	9	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.1 (SGW): ø 125.5 +0/-0.2 mm	10	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.2 (SGW): ø 14.65 ±0.4 mm	11	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.3 (SGW): ø 8.26 +0.29/+0 mm	12	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.4 (SGW): ø 81.6 +0.6/+0 mm	13	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.5 (SGW): ø 143.4 ±0.55 mm	14	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.6 (SGW): ø 18.4 -0.01/-0.35 mm	15	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.7 (SGW): ø 11 ±0.25 mm	16	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A2.8 (SGW): ø 12.4 +0.01/+0.02 mm	17	Durchmesser	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A3 (SGW): Winkel müssen in Ordnung sein	18	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A3.1 (SGW): Winkel 125° ±0.5°	19	Winkel	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A3.2 (SGW): Winkel 30° ±1°	20	Winkel	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A3.3 (SGW): Winkel 30° ±1°	21	Winkel	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A4 (SGW): Form- und Lagetoleranzen müssen in Ordnung sein	22	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A4.1 (SGW): Rundheit 0.04	23	Rundheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A4.2 (SGW): Planlauf 0.03 A	24	Planlauf	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A4.3 (SGW): Planlauf 0.01 A	25	Planlauf	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A4.4 (SGW): Rundheit 0.02	26	Rundheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A4.5 (SGW): Gesamtplanlauf 0.4 A	27	Gesamtplanlauf	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A5 (SGW): Fasen müssen in Ordnung sein	28	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A5.1 (SGW): Fase 0.2 ±0.1 mm x 55° ±1°	29	Fase	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A6 (SGW): Radien müssen in Ordnung sein	30	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A6.1 (SGW): Radius 0.45 +0.3/-0.02 mm	31	Radius	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A6.2 (SGW): Radius R0.4 ±0.2	32	Radius	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A7 (SGW): Lehrenprüfung muss in Ordnung sein	33	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A7.1 (SGW): Lpng (Len-Nr.: S) für Ide	34	Lehre	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A7.2 (SGW): Spel T15x3	35	Lehre	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A8 (SGW): Rauigkeit muss in Ordnung sein	36	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A8.1 (SGW): Rauigkeit Rz14.3	37	Rauigkeit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A8.2 (SGW): Rauigkeit Rz25	38	Rauigkeit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A9 (SGW): Rändel muss in Ordnung sein	39	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A9.1 (SGW): Rel DIN 2 - RA 0.9	40	Rändel	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A10 (SGW): Die Verzahnungsqualität muss in Ordnung sein	41	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A10.1 (SGW): Die Vät wird durch Lpng festgestellt.	42	Verzahnung	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A11 (SGW): Mechanische Werte müssen in Ordnung sein	43	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A11.1 (SGW): Abft: F min=33kN	44	Mechanische Werte	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A12 (SGW): Werkstoff muss in Ordnung sein	45	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A12.1 (SGW): Wff: EG 125 Sec A	46	Werkstoff	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A13 (SGW): Oberfläche muss in Ordnung sein	47	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A13.1 (SGW): Ong: Ter Kstz mit At OK (Fa. Fs)	48	Oberfläche	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A13.2 (SGW): Vng nch Hg in VC-I	49	Oberfläche	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A13.3 (SGW): Ht und Kon vermeiden!	50	Oberfläche	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A14 (SGW): Angaben müssen in Ordnung sein	51	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A14.1 (SGW): Wff nach Ag	52	Angaben	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A14.2 (SGW): Ze Vng der Produktion mit Wen	53	Angaben	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A14.3 (SGW): Angaben nach Ang E-A-007 einhalten	54	Angaben	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A14.4 (SGW): Angaben nach Ang E-A-004 einhalten	55	Angaben	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A14.5 (SGW): Angaben nach Ang E-A-003 einhalten	56	Angaben	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A14.6 (SGW): Angaben nach Ang B50	57	Angaben	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15 (SGW): Beschaffenheit muss in Ordnung sein	58	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.1 (SGW): Öit der Te	59	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.2 (SGW): Spait der Te	60	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.3 (SGW): Alte Gben	61	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.4 (SGW): Ke Ide angebracht	62	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.5 (SGW): Fi von Frn, Ibrn	63	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.6 (SGW): Ng kor KL (PK mit Lern)	64	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.7 (SGW): Koe Keng	65	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A15.8 (SGW): Vung nach Veift	66	Beschaffenheit	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A16 (SGW): Warenausgangsprüfung muss in Ordnung sein	67	/	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A16.1 (SGW): Prg nach Feog i.O.	68	Warenausgangsprüfung	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108
A16.2 (SGW): Prg nach Tenen i.O.	69	Warenausgangsprüfung	Ja	16.01.2017	Ja	23.03.2017	005	9108

Anhang 76: Funktionsicht (F) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Systemelemente der Funktionsicht (F)	Nr.
F1: Szfunktion (KSGD)	1
F1 (SGW): Einfunktion	1
F2 (SGW): Drfunktion	2
F2.1 (SGW): Einfunktion	3
F2.2 (SGW): Vh- / Zrfunktion	4
F2.3 (SGW): Ri- / Brfunktion	5
F2.4 (SGW): Fh- / Agfunktion	6
F2.5 (SGW): Kr- / Skfunktion	7
F2.6 (SGW): Nh- / Ahfunktion	8
F2.7 (SGW): Ah- / Afunktion	9
F3 (SGW): Rsfunktion	10
F4 (SGW): Gdfunktion	11
F4.1 (SGW): Eefunktion	12
F4.2 (SGW): Bifunktion	13
F4.3 (SGW): Rrfunktion	14
F4.4 (SGW): Enfunktion	15
F4.5 (SGW): Sdfunktion	16
F4.6 (SGW): Afdfunktion	17
F5 (SGW): Rsfunktion	18
F6 (SGW): Pffunktion	19
F7 (SGW): Vkfunktion	20
F8 (SGW): Vndfunktion	21

Anhang 77: Prozesssicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Systemelemente der Prozesssicht (P)	Nr.	Standardisiert?	Freigegeben?	Umgebungsbedingungen beherrscht?	Input verwendet	Input gefordert	CPK Aktuell	CPK Gefordert
P1 (SGW): Brng	1	Ja	16.01.2017	Beschaffbarkeit, Kostenerhöhung, Liefer-schwierigkeiten	I15 (SGW): AS, I7 (SGW): Auer, I5 (SGW): Ar-nan, I4	Keine explizite Vorgabe	Kein CPK	Kein CPK
P2 (SGW): Den	2	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P2.1 (SGW): Een	3	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P2.2 (SGW): Voren / Zenn	4	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P2.3 (SGW): Rel / Boen	5	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P2.4 (SGW): Fhren / Aen	6	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P2.5 (SGW): Keren / Sen	7	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P2.6 (SGW): Nchten / A-fien	8	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P2.7 (SGW): Achren / Ab-fien	9	Ja	16.01.2017	Verzögerungen von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Wind	I22 (SGW): Tielaes, I16 (SGW): Öf, I14 (SGW): CO / SC, I13 (SGW):	Keine explizite Vorgabe	CPK Maß-spezifisch eingehalten	CPK Maß-spezifisch eingehalten
P3 (SGW): Wan, 1	10	Ja	16.01.2017	Verzögerung von Teilen, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Feinendes Reinigungsmittel	I19 (SGW): Erbes, I18 (SGW): Rel, I17 (SGW): She, I13 (SGW): Raa	Keine explizite Vorgabe	Kein CPK	Kein CPK

Systemelemente der Prozesssicht (P)	Nr.	Standardisiert?	Freigegeben?	Umgebungsbedingungen beherrscht?	Input verwendet	Input gefordert	CPK Aktuell	CPK Gefordert
P4 (SGW): Gden	11	Ja	Ja	Verzögerung von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit	Ja	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	CPK Maßspezifisch eingehalten
P4.1 (SGW): Eien	12	Ja	Ja	Verzögerung von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit	Ja	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	CPK Maßspezifisch eingehalten
P4.2 (SGW): Blen	13	Ja	Ja	Verzögerung von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit	Ja	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	CPK Maßspezifisch eingehalten
P4.3 (SGW): Roen	14	Ja	Ja	Verzögerung von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit	Ja	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	CPK Maßspezifisch eingehalten
P4.4 (SGW): Espen	15	Ja	Ja	Verzögerung von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit	Ja	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	CPK Maßspezifisch eingehalten
P4.5 (SGW): Scen	16	Ja	Ja	Verzögerung von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit	Ja	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	CPK Maßspezifisch eingehalten
P4.6 (SGW): Aswn	17	Ja	Ja	Verzögerung von Material, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit	Ja	Keine explizite Vorgabe	CPK Maßspezifisch eingehalten	CPK Maßspezifisch eingehalten
P5 (SGW): Wan 2	18	Ja	Ja	Verzögerung von Teilen, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Fehlendes Reinigungsmittel	Ja	Keine explizite Vorgabe	Kein CPK	Kein CPK
P6 (SGW): Kaung	19	Ja	Ja	Verzögerung von Teilen, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Verzögerung von Verpa-	Ja	Keine explizite Vorgabe	Kein CPK	Kein CPK
P6.1 (SGW): Prn	20	Ja	Ja	Verzögerung von Teilen, Temperatur, Schwingungen, Luftfeuchtigkeit, Verzögerung von Verpa-	Ja	Keine explizite Vorgabe	Kein CPK	Kein CPK
P6.1 (SGW): Vken	21	Ja	Ja	/	Ja	Keine explizite Vorgabe	Kein CPK	Kein CPK
P7 (SGW): Verd	22	Ja	Ja	/	Ja	Keine explizite Vorgabe	Kein CPK	Kein CPK

Anhang 78: Komponentensicht (K) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Systemelemente der Komponentensicht (K)	Nr.	Beschreibung	Bild	Ausfallrate (MTTF) [Jahre]	Verfügbarkeit [h]	Wartung	Mit dem Maschinenhersteller vereinbarte Ausfallrate (MTTF) [Jahre]	Mit dem Maschinenhersteller vereinbarte Verfügbarkeit [h]	Intern vereinbarte Wartung (monatlich)
K1 (SGW): P	1	/		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K2 (SGW): MSN Ma 52	2	CNC-Drehmaschine		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	02.05.2019	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	02.08.2019
K3 (SGW): Wge 2	3	Waschanlage		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	04.05.2019	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	04.08.2019
K4 (SGW): UNhine 164	4	CNC-Drehmaschine		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	02.05.2019	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	02.05.2019
K5 (SGW): SC Konmat	5	Sortiermaschine		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	24.04.2019	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	14.07.2019
K6 (SGW): Wge	6	/		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K7 (SGW): Sre EP Aas	7	/		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K8 (SGW): Sofe Remm W1	8	/		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K9 (SGW): Sre Sg	9	/		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K10 (SGW): Sre Reinim W2	10	/		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
K11 (SGW): Soe CC-ne	11	/		Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden

Anhang 79: Personensicht (P) des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

Systemelemente der Personensicht (Pe)	Nr.
Pe1 (SGW): Eer	1
Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)	2
Pe3 (SGW): Beder (Wei)	3
Pe4 (SGW): Beder (Koe)	4
Pe5 (SGW): Beder (Vsd)	5
Pe6 (SGW): Feleiter (CC-Dre)	6
Pe7 (SGW): Abtiter (Koe)	7
Pe8 (SGW): Abtiter (Wei)	8
Pe9 (SGW): Abtiter (Vsd)	9

Anhang 81: A-K Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

		K1 (SGW): P	K2 (SGW): MSN Ma 52	K3 (SGW): Wge 2	K4 (SGW): UNhine 164	K5 (SGW): SC Konmat	K6 (SGW): Wge	K7 (SGW): Sre EP Aas	K8: (SGW): Sole Remm W1	K9: (SGW): Sre Sg	K10: (SGW): Sre Reim W2	K11: (SGW): Soe CC-ne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A1 (SGW): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A1.1 (SGW): Dim 92.5 +0.4/+0 mm	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A1.2 (SGW): Dim 14.8 ±0.065 mm	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A1.3 (SGW): Dim 2.25 +0.33/+0 mm	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A1.4 (SGW): Dim 91.5 +0.21/+0 mm	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A1.5 (SGW): Dim max. 0.8 mm	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A1.6 (SGW): Dim 0.145 +0.9/+0 mm	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A1.7 (SGW): Dim 415.8 -0.35/-0.1 mm	8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A2 (SGW): Durchmesser müssen in Ordnung sein	9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A2.1 (SGW): ø 125.5 +0/-0.2 mm	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A2.2 (SGW): ø 14.65 ±0.4 mm	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A2.3 (SGW): ø 8.26 +0.29/+0 mm	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A2.4 (SGW): ø 81.6 +0.6/+0 mm	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A2.5 (SGW): ø 143.4 ±0.55 mm	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A2.6 (SGW): ø 18.4 -0.01/-0.35 mm	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A2.7 (SGW): ø 11 ±0.25 mm	16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A2.8 (SGW): ø 12.4 +0.01/+0.02 mm	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A3 (SGW): Winkel müssen in Ordnung sein	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A3.1 (SGW): Winkel 125° ±0.5°	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A3.2 (SGW): Winkel 30° ±1°	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A3.3 (SGW): Winkel 30° ±1°	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A4 (SGW): Form- und Lagetoleranzen müssen in Ordnung sein	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A4.1 (SGW): Rundheit 0.04	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A4.2 (SGW): Planlauf 0.03 A	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A4.3 (SGW): Planlauf 0.01 A	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A4.4 (SGW): Rundheit 0.02	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A4.5 (SGW): Gesamtplanlauf 0.4 A	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A5 (SGW): Fasen müssen in Ordnung sein	28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A5.1 (SGW): Fase 0.2 ±0.1 mm x 55° ±1°	29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A6 (SGW): Radien müssen in Ordnung sein	30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A6.1 (SGW): Radius 0.45 +0.3/-0.02 mm	31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A6.2 (SGW): Radius R0.4 ±0.2	32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A7 (SGW): Lehrenprüfung muss in Ordnung sein	33	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A7.1 (SGW): Lpng (Len-Nr.: S) für Ide	34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A7.2 (SGW): Spel T15x3	35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A8 (SGW): Rauigkeit muss in Ordnung sein	36	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A8.1 (SGW): Rauigkeit Rz14.3	37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A8.2 (SGW): Rauigkeit Rz25	38	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A9 (SGW): Rändel muss in Ordnung sein	39	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A9.1 (SGW): Rel DIN 2 - RA 0.9	40	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A10 (SGW): Die Verzahnungsqualität muss in Ordnung sein	41	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A10.1 (SGW): Die Vät wird durch Lpng festgestellt.	42	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A11 (SGW): Mechanische Werte müssen in Ordnung sein	43	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A11.1 (SGW): Abft: F min=33kN	44	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A12 (SGW): Werkstoff muss in Ordnung sein	45	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A12.1 (SGW): Wff: EG 125 Sec A	46	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A13 (SGW): Oberfläche muss in Ordnung sein	47	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A13.1 (SGW): Ong: Ter Kstz mit At OK (Fa. Fs)	48	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A13.2 (SGW): Vng nch Hg in VC-1	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A13.3 (SGW): Ht und Kon vermeiden!	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A14 (SGW): Angaben müssen in Ordnung sein	51	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A14.1 (SGW): Wff nach Ag	52	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A14.2 (SGW): Ze Vng der Produktion mit Wen	53	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A14.3 (SGW): Angaben nach Ang E-A-007 einhalten	54	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A14.4 (SGW): Angaben nach Ang E-A-004 einhalten	55	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A14.5 (SGW): Angaben nach Ang E-A-003 einhalten	56	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A14.6 (SGW): Angaben nach Ang B50	57	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
A15 (SGW): Beschaffenheit muss in Ordnung sein	58	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A15.1 (SGW): Öit der Te	59	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A15.2 (SGW): Spait der Te	60	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A15.3 (SGW): Alte Gben	61	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
A15.4 (SGW): Ke Ide angebracht	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15.5 (SGW): Fi von Frn, lbrn	63	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A15.6 (SGW): Ng kor KL (Pk mit Lern)	64	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
A15.7 (SGW): Koe Keng	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15.8 (SGW): Vung nach Veift	66	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A16 (SGW): Warenausgangsprüfung muss in Ordnung sein	67	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
A16.1 (SGW): Prg nach Feog i.O.	68	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
A16.2 (SGW): Prg nach Tenen i.O.	69	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Anhang 84: A-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

		Pe1 (SGW): Eer	Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)	Pe3 (SGW): Beder (Wei)	Pe4 (SGW): Beder (Koe)	Pe5 (SGW): Beder (Vsd)	Pe6 (SGW): Feileiter (CC-Dre)	Pe7 (SGW): Abtitter (Koe)	Pe8 (SGW): Abtitter (Wei)	Pe9 (SGW): Abtitter (Vsd)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1 (SGW): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A1.1 (SGW): Dim 92.5 +0.4/+0 mm	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A1.2 (SGW): Dim 14.8 ±0.065 mm	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A1.3 (SGW): Dim 2.25 +0.33/+0 mm	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A1.4 (SGW): Dim 91.5 +0.21/+0 mm	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A1.5 (SGW): Dim max. 0.8 mm	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A1.6 (SGW): Dim 0.145 +0.9/+0 mm	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A1.7 (SGW): Dim 415.8 -0.35/-0.1 mm	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2 (SGW): Durchmesser müssen in Ordnung sein	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.1 (SGW): ø 125.5 +0/-0.2 mm	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.2 (SGW): ø 14.65 ±0.4 mm	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.3 (SGW): ø 8.26 +0.29/+0 mm	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.4 (SGW): ø 81.6 +0.6/+0 mm	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.5 (SGW): ø 143.4 ±0.55 mm	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.6 (SGW): ø 18.4 -0.01/-0.35 mm	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.7 (SGW): ø 11 ±0.25 mm	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2.8 (SGW): ø 12.4 +0.01/+0.02 mm	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A3 (SGW): Winkel müssen in Ordnung sein	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A3.1 (SGW): Winkel 125° ±0.5°	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A3.2 (SGW): Winkel 30° ±1°	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A3.3 (SGW): Winkel 30° ±1°	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A4 (SGW): Form- und Lagetoleranzen müssen in Ordnung sein	22	0	1	1	0	0	0	0	0	0
A4.1 (SGW): Rundheit 0.04	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A4.2 (SGW): Planlauf 0.03 A	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A4.3 (SGW): Planlauf 0.01 A	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A4.4 (SGW): Rundheit 0.02	26	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A4.5 (SGW): Gesamplanlauf 0.4 A	27	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A5 (SGW): Fasen müssen in Ordnung sein	28	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A5.1 (SGW): Fase 0.2 ±0.1 mm x 55° ±1°	29	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A6 (SGW): Radien müssen in Ordnung sein	30	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A6.1 (SGW): Radius 0.45 +0.3/-0.02 mm	31	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A6.2 (SGW): Radius R0.4 ±0.2	32	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A7 (SGW): Lehrenprüfung muss in Ordnung sein	33	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A7.1 (SGW): Lpng (Len-Nr.: S) für Ide	34	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A7.2 (SGW): Spel T15x3	35	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A8 (SGW): Rauigkeit muss in Ordnung sein	36	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A8.1 (SGW): Rauigkeit Rz14.3	37	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A8.2 (SGW): Rauigkeit Rz25	38	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A9 (SGW): Rändel muss in Ordnung sein	39	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A9.1 (SGW): Rel DIN 2 - RA 0.9	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A10 (SGW): Die Verzahnungsqualität muss in Ordnung sein	41	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A10.1 (SGW): Die Vät wird durch Lpng festgestellt.	42	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A11 (SGW): Mechanische Werte müssen in Ordnung sein	43	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A11.1 (SGW): Abft: F min=33kN	44	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A12 (SGW): Werkstoff muss in Ordnung sein	45	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A12.1 (SGW): Wff: EG 125 Sec A	46	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A13 (SGW): Oberfläche muss in Ordnung sein	47	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A13.1 (SGW): Ong: Ter Kstz mit At OK (Fa. Fs)	48	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A13.2 (SGW): Vng nch Hg in VC-I	49	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A13.3 (SGW): Ht und Kon vermeiden!	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A14 (SGW): Angaben müssen in Ordnung sein	51	1	0	1	0	0	0	0	0	0
A14.1 (SGW): Wff nach Ag	52	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A14.2 (SGW): Ze Vng der Produktion mit Wen	53	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A14.3 (SGW): Angaben nach Ang E-A-007 einhalten	54	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A14.4 (SGW): Angaben nach Ang E-A-004 einhalten	55	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A14.5 (SGW): Angaben nach Ang E-A-003 einhalten	56	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A14.6 (SGW): Angaben nach Ang B50	57	0	1	1	0	0	0	0	0	0
A15 (SGW): Beschaffenheit muss in Ordnung sein	58	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A15.1 (SGW): Öit der Te	59	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A15.2 (SGW): Spait der Te	60	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A15.3 (SGW): Alte Gben	61	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A15.4 (SGW): Ke Ide angebracht	62	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A15.5 (SGW): Fi von Frm, lbirn	63	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A15.6 (SGW): Ng kor KL (Pk mit Lern)	64	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A15.7 (SGW): Koe Keng	65	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A15.8 (SGW): Vung nach Veift	66	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A16 (SGW): Warenausgangsprüfung muss in Ordnung sein	67	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A16.1 (SGW): Prg nach Feog i.O.	68	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A16.2 (SGW): Prg nach Tenen i.O.	69	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Anhang 87: K-P Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
	P1 (SGW): Bng	P2 (SGW): Den	P2.1 (SGW): Een	P2.2 (SGW): Voren / Zenn	P2.3 (SGW): Rel / Boen	P2.4 (SGW): Fhen / Aen	P2.5 (SGW): Keren / Sen	P2.6 (SGW): Nachen / Ahen	P2.7 (SGW): Achen / Abfen	P3 (SGW): Wan 1	P4 (SGW): Gden	P4.1 (SGW): Eien	P4.2 (SGW): Blen	P4.3 (SGW): Roen	P4.4 (SGW): Espen	P4.5 (SGW): Scen	P4.6 (SGW): Aswn	P5 (SGW): Wan 2	P6 (SGW): Kaung	P6.1 (SGW): Prn	P6.1 (SGW): Vken	P7 (SGW): Veid		
K1 (SGW): P	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
K2 (SGW): MSN Ma 52	2	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K3 (SGW): Wge 2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K4 (SGW): UNhine 164	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
K5 (SGW): SC Konmat	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
K6 (SGW): Wge	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
K7 (SGW): Sre EP Aas	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K8 (SGW): Sofe Remm W1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K9 (SGW): Sre Sg	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
K10 (SGW): Sre Reinim W2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
K11 (SGW): Soe CC-ne	11	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Anhang 88: K-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pe1 (SGW): Eer	Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)	Pe3 (SGW): Beder (Wei)	Pe4 (SGW): Beder (Koe)	Pe5 (SGW): Beder (Vsd)	Pe6 (SGW): Feleiter (CC-Dre)	Pe7 (SGW): Abtiter (Koe)	Pe8 (SGW): Abtiter (Wei)	Pe9 (SGW): Abtiter (Vsd)
K1 (SGW): P	1	1	0	0	0	0	0	0	0
K2 (SGW): MSN Ma 52	2	0	1	0	0	0	0	0	0
K3 (SGW): Wge 2	3	0	0	1	0	0	0	0	0
K4 (SGW): UNhine 164	4	0	0	0	0	0	0	0	0
K5 (SGW): SC Konmat	5	0	0	0	1	0	0	0	0
K6 (SGW): Wge	6	0	0	0	1	1	0	0	0
K7 (SGW): Sre EP Aas	7	1	0	0	0	0	0	0	0
K8 (SGW): Sofe Remm W1	8	0	0	1	0	0	0	0	0
K9 (SGW): Sre Sg	9	0	0	0	1	0	0	0	0
K10 (SGW): Sre Reinim W2	10	0	0	1	0	0	0	0	0
K11 (SGW): Soe CC-ne	11	0	1	0	0	0	0	0	0

Anhang 91: F-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

		Pe1 (SGW): Eer	Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)	Pe3 (SGW): Beder (Wei)	Pe4 (SGW): Beder (Koe)	Pe5 (SGW):Beder (Vsd)	Pe6 (SGW): Feleiter (CC-Dre)	Pe7 (SGW): Abtiter (Koe)	Pe8 (SGW): Abtiter (Wei)	Pe9 (SGW): Abtiter (Vsd)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
F1 (SGW): Einfunktion	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
F2 (SGW): Drfunktion	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2.1 (SGW): Einfunktion	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
F2.2 (SGW): Vh- / Zrfunktion	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2.3 (SGW): Ri- / Brfunktion	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2.4 (SGW): Fh- / Agfunktion	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2.5 (SGW): Kr- / Skfunktion	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2.6 (SGW): Nh- / Ahfunktion	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2.7 (SGW): Ah- / Afunktion	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F3 (SGW): Rsfunktion	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F4 (SGW): Gdfunktion	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F4.1 (SGW): Eefunktion	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0
F4.2 (SGW): Blfunktion	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0
F4.3 (SGW): Rrfunktion	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F4.4 (SGW): Enfunktion	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F4.5 (SGW): Sdfunktion	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F4.6 (SGW): Affunktion	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F5 (SGW): Rsfunktion	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F6 (SGW): Pffunktion	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F7 (SGW): Vkfunktion	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F8 (SGW): Vndfunktion	21	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Anhang 96: Pe-Pe Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

		Pe1 (SGW): Eer	Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)	Pe3 (SGW): Beder (Wei)	Pe4 (SGW): Beder (Koe)	Pe5 (SGW): Beder (Vsd)	Pe6 (SGW): Feleiter (CC-Dre)	Pe7 (SGW): Abtiter (Koe)	Pe8 (SGW): Abtiter (Wei)	Pe9 (SGW): Abtiter (Vsd)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pe1 (SGW): Eer	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pe2 (SGW): Beder (CC-Dre)	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pe3 (SGW): Beder (Wei)	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pe4 (SGW): Beder (Koe)	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pe5 (SGW): Beder (Vsd)	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pe6 (SGW): Feleiter (CC-Dre)	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Pe7 (SGW): Abtiter (Koe)	7	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Pe8 (SGW): Abtiter (Wei)	8	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Pe9 (SGW): Abtiter (Vsd)	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Anhang 97: A-Fehlerart Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

	Maßfehler	Montagefehler	Beschaffenheitsfehler	Lieferungsfehler	Beschädigungsfehler	Verpackungsfehler	Dokumentationsfehler	Kennzeichnungsfehler	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A1 (SGW): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	1	0	0	1	0	0	1	0
A1.1 (SGW): Dim 92.5 +0.4/+0 mm	2	1	0	0	1	0	0	1	0
A1.2 (SGW): Dim 14.8 ±0.065 mm	3	1	0	0	1	0	0	1	0
A1.3 (SGW): Dim 2.25 +0.33/+0 mm	4	1	0	0	1	0	0	1	0
A1.4 (SGW): Dim 91.5 +0.21/+0 mm	5	1	0	0	1	0	0	1	0
A1.5 (SGW): Dim max. 0.8 mm	6	1	0	0	1	0	0	1	0
A1.6 (SGW): Dim 0.145 +0.9/+0 mm	7	1	0	0	1	0	0	1	0
A1.7 (SGW): Dim 415.8 -0.35/-0.1 mm	8	1	0	0	1	0	0	1	0
A2 (SGW): Durchmesser müssen in Ordnung sein	9	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.1 (SGW): ø 125.5 +0/-0.2 mm	10	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.2 (SGW): ø 14.65 ±0.4 mm	11	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.3 (SGW): ø 8.26 +0.29/+0 mm	12	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.4 (SGW): ø 81.6 +0.6/+0 mm	13	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.5 (SGW): ø 143.4 ±0.55 mm	14	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.6 (SGW): ø 18.4 -0.01/-0.35 mm	15	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.7 (SGW): ø 11 ±0.25 mm	16	1	0	0	1	0	0	1	0
A2.8 (SGW): ø 12.4 +0.01/+0.02 mm	17	1	0	0	1	0	0	1	0
A3 (SGW): Winkel müssen in Ordnung sein	18	1	0	0	1	0	0	1	0
A3.1 (SGW): Winkel 125° ±0.5°	19	1	0	0	1	0	0	1	0
A3.2 (SGW): Winkel 30° ±1°	20	1	0	0	1	0	0	1	0
A3.3 (SGW): Winkel 30° ±1°	21	1	0	0	1	0	0	1	0
A4 (SGW): Form- und Lagetoleranzen müssen in Ordnung	22	1	0	0	1	0	0	1	0
A4.1 (SGW): Rundheit 0.04	23	1	0	0	1	0	0	1	0
A4.2 (SGW): Planlauf 0.03 A	24	1	0	0	1	0	0	1	0
A4.3 (SGW): Planlauf 0.01 A	25	1	0	0	1	0	0	1	0
A4.4 (SGW): Rundheit 0.02	26	1	0	0	1	0	0	1	0
A4.5 (SGW): Gesamtplanlauf 0.4 A	27	1	0	0	1	0	0	1	0
A5 (SGW): Fasen müssen in Ordnung sein	28	1	0	0	1	0	0	1	0
A5.1 (SGW): Fase 0.2 ±0.1 mm x 55° ±1°	29	1	0	0	1	0	0	1	0
A6 (SGW): Radien müssen in Ordnung sein	30	1	0	0	1	0	0	1	0
A6.1 (SGW): Radius 0.45 +0.3/-0.02 mm	31	1	0	0	1	0	0	1	0
A6.2 (SGW): Radius R0.4 ±0.2	32	1	0	0	1	0	0	1	0
A7 (SGW): Lehrenprüfung muss in Ordnung sein	33	1	0	0	1	0	0	1	0
A7.1 (SGW): Lpng (Len-Nr.: S) für Ide	34	1	0	0	1	0	0	1	0
A7.2 (SGW): Spel T15x3	35	1	0	0	1	0	0	1	0
A8 (SGW): Rauigkeit muss in Ordnung sein	36	1	0	0	1	0	0	1	0
A8.1 (SGW): Rauigkeit Rz14.3	37	1	0	0	1	0	0	1	0
A8.2 (SGW): Rauigkeit Rz25	38	1	0	0	1	0	0	1	0
A9 (SGW): Rändel muss in Ordnung sein	39	1	0	0	1	0	0	1	0
A9.1 (SGW): Rel DIN 2 - RA 0.9	40	1	0	0	1	0	0	1	0
A10 (SGW): Die Verzahnungsqualität muss in Ordnung sein	41	1	0	0	1	0	0	1	0
A10.1 (SGW): Die Vät wird durch Lpng festgestellt.	42	1	0	0	1	0	0	1	0
A11 (SGW): Mechanische Werte müssen in Ordnung sein	43	0	0	1	1	0	1	1	1
A11.1 (SGW): Abft: F min=33kN	44	0	0	1	1	0	1	1	1
A12 (SGW): Werkstoff muss in Ordnung sein	45	0	0	1	1	0	1	1	1
A12.1 (SGW): Wff: EG 125 Sec A	46	0	0	1	1	0	1	1	1
A13 (SGW): Oberfläche muss in Ordnung sein	47	0	0	1	1	0	1	1	1
A13.1 (SGW): Ong: Ter Kstz mit At OK (Fa. Fs)	48	0	0	1	1	0	1	1	1
A13.2 (SGW): Vng nch Hg in VC-I	49	0	0	0	1	0	1	1	1
A13.3 (SGW): Ht und Kon vermeiden!	50	0	0	0	1	0	1	1	1
A14 (SGW): Angaben müssen in Ordnung sein	51	0	0	0	1	0	1	1	1
A14.1 (SGW): Wff nach Ag	52	0	0	1	1	0	1	1	1
A14.2 (SGW): Ze Vng der Produktion mit Wen	53	0	0	0	1	0	0	0	0
A14.3 (SGW): Angaben nach Ang E-A-007 einhalten	54	0	0	0	0	0	0	1	1
A14.4 (SGW): Angaben nach Ang E-A-004 einhalten	55	0	0	0	0	0	0	1	1
A14.5 (SGW): Angaben nach Ang E-A-003 einhalten	56	0	0	0	0	0	0	1	1
A14.6 (SGW): Angaben nach Ang B50	57	0	0	0	0	0	0	1	1
A15 (SGW): Beschaffenheit muss in Ordnung sein	58	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.1 (SGW): Öit der Te	59	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.2 (SGW): Spait der Te	60	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.3 (SGW): Alte Gben	61	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.4 (SGW): Ke Ide angebracht	62	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.5 (SGW): Fi von Frn, Ibirn	63	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.6 (SGW): Ng kor KL (Pk mit Lern)	64	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.7 (SGW): Koe Keng	65	0	0	1	1	0	1	1	1
A15.8 (SGW): Vung nach Veift	66	0	0	1	1	0	1	1	1
A16 (SGW): Warenausgangsprüfung muss in Ordnung sein	67	1	0	0	0	0	0	1	0
A16.1 (SGW): Prg nach Feog i.O.	68	1	0	0	0	0	0	1	0
A16.2 (SGW): Prg nach Tenen i.O.	69	1	0	0	0	0	0	1	0

Anhang 98: A-Fehlerbedeutung Matrix des Produktionssystems des Industriebeispiels für die erste Validierung im Bereich der Präzisionszerspanung & Kaltumformung

		Sehr hoch - Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Produktsystems und/oder andere Produktsysteme / Produktionssysteme oder die Gesundheit von Personen. Nichteinhaltung von gesetzlichen, betrieblichen oder behördlichen Vorgaben	Hoch - Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vor-gesehene Lebensdauer notwendige Hauptfunktion. Sofortiger Austausch oder Reparatur des Produktes sind erforderlich.	Mäßig - Verlust oder Einschränkung einer für den Normalbetrieb des Produktsystems über die vor-gesehene Lebensdauer notwendige Komfortfunktion. Deutlich wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Sofortiger Austausch oder	Gering - Mäßig bis gering wahrnehmbare Qualitätsbeeinträchtigung von Erscheinungsbild, Klang, Vibration, Rauheit oder Haptik. Die Verwendung des Produktes ist jedoch nicht beeinträchtigt.	Sehr gering - Keine wahrnehmbaren Auswirkungen. Nur vom Fachpersonal erkennbar. Leichte Unannehmlichkeiten.
		1	2	3	4	5
A1 (SGW): Dimensionen müssen in Ordnung sein	1	0	1	0	0	0
A1.1 (SGW): Dim 92.5 +0.4/+0 mm	2	0	1	0	0	0
A1.2 (SGW): Dim 14.8 ±0.065 mm	3	0	1	0	0	0
A1.3 (SGW): Dim 2.25 +0.33/+0 mm	4	0	1	0	0	0
A1.4 (SGW): Dim 91.5 +0.21/+0 mm	5	0	1	0	0	0
A1.5 (SGW): Dim max. 0.8 mm	6	0	1	0	0	0
A1.6 (SGW): Dim 0.145 +0.9/+0 mm	7	0	1	0	0	0
A1.7 (SGW): Dim 415.8 -0.35/-0.1 mm	8	0	1	0	0	0
A2 (SGW): Durchmesser müssen in Ordnung sein	9	0	1	0	0	0
A2.1 (SGW): ø 125.5 +0/-0.2 mm	10	0	1	0	0	0
A2.2 (SGW): ø 14.65 ±0.4 mm	11	0	1	0	0	0
A2.3 (SGW): ø 8.26 +0.29/+0 mm	12	0	1	0	0	0
A2.4 (SGW): ø 81.6 +0.6/+0 mm	13	0	1	0	0	0
A2.5 (SGW): ø 143.4 ±0.55 mm	14	0	1	0	0	0
A2.6 (SGW): ø 18.4 -0.01/-0.35 mm	15	0	1	0	0	0
A2.7 (SGW): ø 11 ±0.25 mm	16	0	1	0	0	0
A2.8 (SGW): ø 12.4 +0.01/+0.02 mm	17	0	1	0	0	0
A3 (SGW): Winkel müssen in Ordnung sein	18	0	1	0	0	0
A3.1 (SGW): Winkel 125° ±0.5°	19	0	1	0	0	0
A3.2 (SGW): Winkel 30° ±1°	20	0	1	0	0	0
A3.3 (SGW): Winkel 30° ±1°	21	0	1	0	0	0
A4 (SGW): Form- und Lagetoleranzen müssen in Ordnung sein	22	0	1	0	0	0
A4.1 (SGW): Rundheit 0.04	23	0	1	0	0	0
A4.2 (SGW): Planlauf 0.03 A	24	0	1	0	0	0
A4.3 (SGW): Planlauf 0.01 A	25	0	1	0	0	0
A4.4 (SGW): Rundheit 0.02	26	0	1	0	0	0
A4.5 (SGW): Gesamtplanlauf 0.4 A	27	0	1	0	0	0
A5 (SGW): Fasen müssen in Ordnung sein	28	0	1	0	0	0
A5.1 (SGW): Fase 0.2 ±0.1 mm x 55° ±1°	29	0	1	0	0	0
A6 (SGW): Radien müssen in Ordnung sein	30	0	1	0	0	0
A6.1 (SGW): Radius 0.45 +0.3/-0.02 mm	31	0	1	0	0	0
A6.2 (SGW): Radius R0.4 ±0.2	32	0	1	0	0	0
A7 (SGW): Lehrenprüfung muss in Ordnung sein	33	0	1	0	0	0
A7.1 (SGW): Lpng (Len-Nr.: S) für Ide	34	0	1	0	0	0
A7.2 (SGW): Spel T15x3	35	0	1	0	0	0
A8 (SGW): Rauigkeit muss in Ordnung sein	36	0	1	0	0	0
A8.1 (SGW): Rauigkeit Rz14.3	37	0	1	0	0	0
A8.2 (SGW): Rauigkeit Rz25	38	0	1	0	0	0
A9 (SGW): Rändel muss in Ordnung sein	39	0	1	0	0	0
A9.1 (SGW): Rel DIN 2 - RA 0.9	40	0	1	0	0	0
A10 (SGW): Die Verzahnungsqualität muss in Ordnung sein	41	0	1	0	0	0
A10.1 (SGW): Die Vät wird durch Lpng festgestellt.	42	0	1	0	0	0
A11 (SGW): Mechanische Werte müssen in Ordnung sein	43	0	1	0	0	0
A11.1 (SGW): Abft: F min=33kN	44	0	1	0	0	0
A12 (SGW): Werkstoff muss in Ordnung sein	45	0	1	0	0	0
A12.1 (SGW): Wff: EG 125 Sec A	46	0	1	0	0	0
A13 (SGW): Oberfläche muss in Ordnung sein	47	0	0	0	1	0
A13.1 (SGW): Ong: Ter Kstz mit At OK (Fa. Fs)	48	0	0	0	1	0
A13.2 (SGW): Vng nach Hg in VC-I	49	0	0	0	1	0
A13.3 (SGW): Ht und Kon vermeiden!	50	1	0	0	0	0
A14 (SGW): Angaben müssen in Ordnung sein	51	0	1	0	0	0
A14.1 (SGW): Wff nach Ag	52	0	1	0	0	0
A14.2 (SGW): Ze Vng der Produktion mit Wen	53	1	0	0	0	0
A14.3 (SGW): Angaben nach Ang E-A-007 einhalten	54	0	1	0	0	0
A14.4 (SGW): Angaben nach Ang E-A-004 einhalten	55	0	1	0	0	0
A14.5 (SGW): Angaben nach Ang E-A-003 einhalten	56	0	1	0	0	0
A14.6 (SGW): Angaben nach Ang B50	57	0	1	0	0	0
A15 (SGW): Beschaffenheit muss in Ordnung sein	58	0	0	1	0	0
A15.1 (SGW): Öit der Te	59	0	0	1	0	0
A15.2 (SGW): Spait der Te	60	0	0	1	0	0
A15.3 (SGW): Alte Gben	61	0	0	0	1	0
A15.4 (SGW): Ke Ide angebracht	62	0	0	0	1	0
A15.5 (SGW): Fi von Frn, lbirn	63	0	0	1	0	0
A15.6 (SGW): Ng kor KL (Pk mit Lern)	64	0	0	0	1	0
A15.7 (SGW): Koe Keng	65	0	0	0	1	0
A15.8 (SGW): Vung nach Veift	66	0	0	0	1	0
A16 (SGW): Warenausgangsprüfung muss in Ordnung sein	67	0	1	0	0	0
A16.1 (SGW): Prg nach Feog i.O.	68	0	1	0	0	0
A16.2 (SGW): Prg nach Tenen i.O.	69	0	1	0	0	0

8.7 Anhang G: Ergebnisse des Dissertationsvorhabens

8.7.1 Anhang G1: Validierung 1

Anhang 99: Erkenntnisse hinsichtlich der Vorbereitung der Validierung (Validierung 1)

+	Erfolgt eine Ausarbeitung der Informationsgrundlage über eine zur Verfügung stehende Schnittstelle, bspw. zu den Informationssystemen oder gar zur Produktion, so können sowohl Ressourcen (Zeit & Personal) geschont als auch die Komplexität der Informationsmenge beherrschbar werden.
-	Das theoretische Konzept verfügte nicht über einen Vorbereitungsprozess, in welchem eine einheitliche Informationsgrundlage für die Anwendung des Algorithmus geschaffen wurde. Die Ausarbeitung der Informationsgrundlage ist bei manueller Ausführung äußerst ressourcenaufwendig (Zeit & Personal). Sowohl zahlreiche Systemelemente und Wechselbeziehungen aber auch Informationen aus Kunden- oder Auftragssystemen sind bei sehr komplexen Systemen damit kaum zu erfassen.
VP	Implementierung eines Vorbereitungsprozesses zur Erarbeitung einer Informationsgrundlage. Automatisierung der Ausarbeitung der Informationsgrundlage, um wichtige Ressourcen (z.B. Zeit & Personal) für Unternehmen einzusparen.

Anhang 100: Erkenntnisse hinsichtlich der Informationssondierung (Validierung 1)

+	Der Algorithmus erkennt alle Ansprechpartnerinformationen und Informationen zur Organisation des Kunden auch bei einem nicht qualitativ hochwertigen Reklamations-text. Der Algorithmus fügt die erkannten relevanten Reklamationsinformationen in die dafür vorgesehenen Felder ein und markiert die Felder, bei denen keine Informationen gefunden wurden. Ebenso bietet er hilfreiche Auswahlmöglichkeiten für den Anwender bei fehlender Information.
-	Datumsangaben werden nur in einem festgelegten Format (TT.MM.JJJJ) erfasst und daher nicht immer erkannt. Dadurch lassen sich auch Fälligkeitsdaten oder gar Fristen nicht erfassen. Produktinformationen können nicht sondiert werden, sofern keine Auftragsnummer im Reklamationstext vorhanden ist. Dadurch, dass die Anzahl der reklamierten Produkte je nach Reklamation variiert, ist eine Erfassung dieses Wertes durch den Algorithmus nicht möglich. Angaben im Hinblick auf resultierende Kosten können aufgrund einer fehlenden Angabe durch den Kunden nicht einbezogen werden. Es ist zu überlegen, ob dies jedoch notwendig ist für die anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung.
VP	Erweiterung der Informationssondierung um die Einbeziehung von Produktnummer und Produktnamen. Normierung und Standardisierung von Reklamationstexten im Hinblick auf eine einheitliche Datumsangabe oder Festlegung mit dem Kunden, wie Datumsangaben aufzuführen sind. Ausklammerung der Sondierung von Kostenangaben, da diese nur in wenigen Fällen durch den Kunden angegeben werden und während der Reklamationsabwicklung variieren.

Anhang 101: Erkenntnisse hinsichtlich der Priorisierung (Validierung 1)

+	Die Priorisierung gibt das Meinungsbild des Unternehmens sowohl qualitativ als auch quantitativ wieder.
	Die Dimensionswerte und Gewichtungswerte werden korrekt berechnet und in den dafür vorgesehenen Feldern der Oberfläche zur Priorisierung eingepflegt.
-	Die erste Dimension berücksichtigt keine Häufigkeit und Beständigkeit von Kundeneinkäufen. Lediglich die Betrachtung des Umsatzes ist nicht aussagekräftig genug.
	Die zweite Dimension muss bei negativen Dimensionswerten, bspw. wenn das Fälligkeitsdatum in der Vergangenheit liegt und die Reklamation noch nicht fertig bearbeitet wurde, stets von einer kritischen Priorität und einem normierten Dimensionswert von 10 ausgehen.
	Die dritte Dimension soll nicht nur den Anteil fehlerhafter Produkte, sondern den allgemeinen fehlerhaften Anteil erfassen, um auch Meterware berücksichtigen zu können.
VP	Häufigkeit und Beständigkeit des Kundeneinkaufs in die Kategorisierung der ersten Dimension einbinden.
	Kritische Priorität für die zweite Dimension zuweisen, wenn der Dimensionswert negativ ist.
	Fehlerhaften Anteil zur Erfassung von Meterware in die Priorisierung des Algorithmus einpflegen.

Anhang 102: Erkenntnisse hinsichtlich der Fehlerursachenlokalisierung (Validierung 1)

+	Der Algorithmus ist in der Lage, alle Fehlerursachen, welche in direkter Wechselbeziehung zur nichterfüllten Anforderung stehen, zu erfassen.
	Die Fehlerursachenlokalisierung liefert nachvollziehbare Ergebnisse, welche auch die unternehmensspezifische Einschätzung widerspiegeln.
	Der Algorithmus kann das gesamte Produktionssystem innerhalb von wenigen Sekunden auswerten, wodurch ebenfalls eine enorme Einsparung von Ressourcen (Zeit & Personal) hervorgerufen wird.
-	Es werden bislang nur Fehlerursachen erkannt, welche zur Realisierung der Anforderung hätten beitragen müssen. Eine Betrachtung der Fehlerursachen, welche womöglich die Anforderung beeinträchtigen oder diese verändern, bleibt aus.
	Eine Schnittstelle zu vorliegenden Risikoabschätzungen oder vorliegenden FMEAs, um damit womöglich die Fehlerursache eindeutiger einzugrenzen, ist derzeit nicht möglich.
VP	Systemelemente, welche Anforderungen sowohl prospektiv als auch retrospektiv beeinflussen, sollten Berücksichtigung finden.
	Generierung einer Möglichkeit der Risikoabschätzung durch die Kopplung des Algorithmus mit Informationen aus Daten bereits durchgeführter Analysen (z.B. FMEA)

Anhang 103: Erkenntnisse hinsichtlich der Lösungsfindung (Validierung 1)

+	Die in den Handlungshilfen enthaltenen Maßnahmen konnten auf die erkannten Fehlerursachen angewendet werden.
	Die Handlungshilfen bieten eine große Auswahl unterschiedlichster Maßnahmen (z.B. technisch oder organisatorisch) und können in Abstimmung mit den Mitarbeitern des Reklamationsmanagements individuell und bestmöglich kombiniert sowie um eigene Eingaben erweitert werden.
-	Ein Abgleich zwischen dem geforderten Input und tatsächlichen Input ist nur dann möglich, wenn eindeutige SOLL-Werte festgelegt sind.
	Die cpk-Werte wurden nicht erfasst, weil diese anforderungsspezifisch und nicht für den Prozess selbst im Unternehmen vorliegen.
	Eine geeignete Staffelung der benötigten Kompetenzen ist derzeit noch nicht implementiert.
VP	Notwendig ist eine Schnittstelle zu Maschinendaten oder Abfragen durch geeignete CAQ-Systeme, um damit den IST- und SOLL-Wert von Inputs zu definieren.
	Auch im Hinblick auf die Problematik des cpk-Werts bietet sich eine Schnittstelle zu geeigneten CAQ-Systemen, welche stets die aktuellen cpk-Werte zur Verfügung stellen, an.
	Es ist notwendig, Bereiche zu definieren, in denen Personen nicht direkt als Fehlerursache zu identifizieren sind, wenn diese nicht den Maximalwert der benötigten Kompetenzen erreichen.

8.7.2 Anhang G2: Validierung 2**Anhang 104: Erkenntnisse hinsichtlich der Informationssondierung (Validierung 2)**

+	Der Algorithmus erkennt bei einer hohen Qualität des Reklamationstextes sowohl alle Informationen im Hinblick auf den Ansprechpartner und die Organisation des Kunden. Darüber hinaus ist er in der Lage, alle Rahmen- und Auftragsinformationen zu erfassen.
-	Der Algorithmus kann die nichterfüllte Anforderung meist nicht sondieren, da diese nicht, wie bspw. im Pflichtenheft oder der technischen Zeichnung, standardisiert ist. Dies beeinflusst die gesamte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung und ist daher dringend durch das Standardisieren oder Normieren von Reklamationstexten zu verhindern.
	Die Anzahl der Wiederholungen wird derzeit erst nach Sondierung der nichterfüllten Anforderung erfasst. Dadurch bleibt eine Anzeige auf der Oberfläche Informationssondierung_2 meist aus.
VP	Da die Qualität des Reklamationstextes massiv die gesamte Fehlerursachensuche und Lösungsfindung beeinträchtigt, ist das Standardisieren oder Normieren von Reklamationstexten unabdingbar.
	Durch ein Verschieben des Feldes „Wiederholungen“ von Oberfläche Informationssondierung_2 auf Oberfläche Informationssondierung_3 könnte die Problematik der Anzeige beseitigt werden.

Anhang 105: Erkenntnisse hinsichtlich der Priorisierung (Validierung 2)

+	Der Algorithmus kann fehlende Reklamationsinformationen durch die Bildung des Mittelwertes über alle Dimensionswerte einer Dimension für alle Reklamationen kompensieren. Dies ermöglicht zumindest eine Einschätzung der Priorität, auch wenn diese beeinflusst ist.
	Der Algorithmus bewertet alle Dimensionswerte und Gewichtungswerte, wie es durch die Formeln in Kapitel 5.1.2 vorgeschrieben ist und pflegt diese Werte in die dafür vorgesehenen Felder ein.
-	Die Priorität einer Reklamation wird durch die Qualität des Reklamationstextes massiv beeinflusst. Dies führt zu Fehleinschätzungen und im schlimmsten Fall zur falschen Ausrichtung von Kapazitäten durch das Unternehmen. Demnach bedarf es dringend einer Standardisierung und Normierung von Reklamationstexten.
VP	Da die Qualität des Reklamationstextes massiv die Priorisierung beeinträchtigt, ist das Standardisieren oder Normieren von Reklamationstexten unabdingbar.

Anhang 106: Erkenntnisse hinsichtlich der Fehlerursachenlokalisierung (Validierung 2)

+	Der Einfluss der Qualität des Produktionssystems kann durch den Einsatz der entwickelten Oberfläche zur Überprüfung des Produktionssystems stark minimiert werden. Ein Restrisiko im Hinblick auf Falscheintragungen durch den Anwender verbleibt jedoch weiterhin.
-	Die Fehlerursachenlokalisierung ist massiv durch die Qualität des Reklamationstextes beeinflusst. Ohne die Erfassung der nichterfüllten Anforderung kann auch keine weiterführende Auswertung im Hinblick auf die Fehlerursache erfolgen.
VP	Anforderungen sollten gemäß der Zeichnung oder dem Pflichtenheft in einem Reklamationstext angegeben werden.

Anhang 107: Erkenntnisse hinsichtlich der Lösungsfindung (Validierung 2)

+	Die Lösungsfindung wird nicht durch die Qualität des Reklamationstextes beeinflusst. Dadurch können in Handlungshilfen enthaltene Maßnahmen jederzeit abgeleitet werden.
	Die zur Verfügung stehenden Maßnahmen ermöglichen das Abschalten der Fehlerursache für das zweite Industriebeispiel.
-	Der Einfluss fehlender Fehlerursacheninformationen auf die Wahrscheinlichkeitsbewertung ist enorm. Ohne Angaben, wie bspw. die Ausfallrate einer Komponente oder die Kompetenzen von Personen im jeweiligen Prozess, ist eine Auswertung kaum möglich.
	Fehlerursacheninformationen, wie der cpk-Wert, der Input, personenbezogene Kompetenzen, die Ausfallraten oder gar die Verfügbarkeit, wurden von beiden herangezogenen Industriebeispielen nicht dokumentiert.
VP	Es bedarf einer Schnittstelle zu geeigneten CAQ-Systemen in der Produktion oder zu smarten Maschinen.
	Es gilt zu hinterfragen, ob alternative Verfahren zur Wahrscheinlichkeitsbewertung geeigneter sind.

8.7.3 Anhang G3: Verbesserungspotentiale des Algorithmus

Anhang 108: Verbesserungspotentiale des FusLa und deren Umsetzbarkeit

Legende	●	Derzeit vollständig umsetzbar	
	◐	Derzeit teilweise umsetzbar	
	○	Derzeit nicht umsetzbar	
	V	Vorbereitung der Validierung	
	I	Informationssondierung	
	P	Priorisierung	
	F	Fehlerursachenlokalisierung	
	L	Lösungsfindung	
Nr.	Prozess	Verbesserungspotentiale des FusLa	Umsetzbarkeit
1	V	Implementierung eines Vorbereitungsprozesses zur Erarbeitung einer Informationsgrundlage.	●
2	V	Automatisierung der Ausarbeitung der Informationsgrundlage, um wichtige Ressourcen (z.B. Zeit & Personal) für Unternehmen einzusparen.	◐
3	I	Erweiterung der Informationssondierung um die Einbeziehung von Produktnummer und Produktnamen.	●
4	I	Standardisieren oder Normieren von Reklamationstexten oder die Entwicklung eines kundenspezifischen Template mit Schnittstelle zu bestehenden Informationssystemen.	◐
5	I	Ausklammerung von Kostenangaben in der Sondierung, da diese nur in wenigen Fällen durch den Kunden angegeben werden und während der Reklamationsabwicklung variieren.	●
6	I	Durch ein Verschieben des Feldes „Wiederholungen“ von Oberfläche „Informationssondierung_2“ auf Oberfläche „Informationssondierung_3“ könnte die Problematik der Anzeige beseitigt werden.	●
7	P	Häufigkeit und Beständigkeit des Kundeneinkaufs in die Kategorisierung der ersten Dimension einbinden.	●
8	P	Kritische Priorität für die zweite Dimension zuweisen, wenn der Dimensionswert negativ ist.	●
9	P	Fehlerhaften Anteil zur Erfassung von Meterware in die Priorisierung des Algorithmus einpflegen.	●
10	F	Systemelemente, welche Anforderungen sowohl prospektiv als auch retrospektiv beeinflussen, sollten Berücksichtigung finden.	●
11	F	Generierung einer Möglichkeit der Risikoabschätzung durch die Kopplung des Algorithmus mit Informationen aus Daten bereits durchgeführter Analysen (z.B. FMEA).	◐
12	L	Es bedarf einer Schnittstelle zu geeigneten CAQ-Systemen in der Produktion oder zu smarten Maschinen.	◐
13	L	Es sind sinnvolle Bereiche zu definieren, in denen Personen nicht direkt als Fehlerursache zu identifizieren sind, wenn diese nicht den Maximalwert der benötigten Kompetenzen erreichen.	●
14	L	Es gilt zu hinterfragen, ob alternative Ansätze zur Wahrscheinlichkeitsbewertung geeigneter sind.	◐

8.7.4 Anhang G4: Anforderungsbewertung

Anhang 109: Bewertung der Anforderungen an den Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung im Überblick (Teil 1)

Legende	2	Anforderung erfüllt	Bewertung
	1	Anforderung teilweise erfüllt	
	0	Anforderung nicht erfüllt	
Nr.	Art	Anforderungen an den FusLa	
1	Grundlegende Anforderungen	Der FusLa muss die Erkennung von Gründen für nichterfüllte Anforderungen an das betrachtete System, auf Grundlage von Reklamationsinformationen und deren Abstimmung mit Hilfe von Handlungshilfen, ermöglichen.	1
2		Der FusLa muss gegebene Eingangsgrößen (Reklamationsinformationen) in gesuchte Ausgabegrößen (Fehlerursachen und Handlungshilfen) umwandeln können.	2
3		Der FusLa soll nur Informationen bearbeiten, welche die Vorgaben der Reklamationsdefinition erfüllen.	2
4		Der FusLa muss den System-Input /-Output, die Systemumwelt, die Systemgrenze, die Systemelemente, deren Struktur, Relationen und Systemverhalten unterscheiden und berücksichtigen können.	2
5		Der FusLa muss bereits erkannte Probleme dokumentieren und für nachfolgende Reklamationen verfügbar machen.	2
6		Der FusLa soll einen möglichst geringen zeitlichen und personellen Aufwand hervorrufen.	1
7		Der FusLa soll übereilte Sofortmaßnahmen verhindern.	2
8		Der FusLa soll einen Modellansatz nutzen, um die derzeitige Komplexität von Systemen beherrschen zu können.	2
9	Informationssondierung	Der FusLa muss über eine automatisierte Sondierung von Reklamationsinformationen verfügen.	2
10		Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine anschließende Fehlerursachensuche und Lösungsfindung erfolgen kann.	1
11		Der FusLa muss Reklamationsinformationen so sondieren können, dass eine Rückspiegelung der ausgewerteten Informationen in die Produktion möglich ist.	2
12		Der FusLa muss die Sondierung von Reklamationsinformationen auf Grundlage einer festgelegten Informationsstruktur ermöglichen, um dadurch Textbausteine innerhalb der Reklamation zu erkennen und diese aus dem Reklamationstext filtern zu können.	2
13	Priorisierung	Der FusLa muss die Priorisierung von Reklamationen auf Basis unterschiedlicher Bewertungsdimensionen und dimensionsspezifischer Gewichtungen quantitativ, mehrdimensional und automatisiert möglich machen.	1

Anhang 110: Bewertung der Anforderungen an den Algorithmus zur Fehlerursachensuche und Lösungsfindung im Überblick (Teil 2)

Legende	2	Anforderung erfüllt	Bewertung
	1	Anforderung teilweise erfüllt	
	0	Anforderung nicht erfüllt	
Nr.	Art	Anforderungen an den FusLa	
14	Fehlerursachenlokalisierung	Der FusLa muss die Fehlerursachenlokalisierung möglich machen, welche unabhängig von Erfahrungswerten der Mitarbeiter ist und auf einer vorher definierten Struktur oder einem vorher definierten Vorgehen fußt.	1
15		Der FusLa muss bei der Identifizierung von Fehlerursachen nicht nur eine mögliche Fehlerursache, sondern alle möglichen Fehlerursachen die zum Fehler geführt haben können, herausstellen.	1
16		Der FusLa muss Informationen zu möglichen Fehlerursachen erheben und zur Auswertung nutzen.	1
17	Lösungsfindung	Der FusLa muss die Beseitigung von Fehlerursachen, auf Basis eines vorgefertigten Kataloges, ermöglichen und Handlungshilfen, je nach Fehlerursache, bereitstellen.	2
18		Der FusLa muss bei der Beseitigung von Fehlerursachen einer einheitlichen und standardisierten Struktur folgen.	2
Summe Σ			29 / 36
Erfüllungsgrad der Anforderungen			80,556 %

9 Literaturverzeichnis

- [Adobe Analytics 2019] Adobe Analytics (2019): Alleinstellungsmerkmale von Adobe Analytics, online verfügbar unter <https://www.adobe.com/de/analytics/adobe-analytics.html>, zuletzt geprüft am 07.02.2019.
- [Aha 2013] Aha, U. (2013): Optimierung von Instandhaltungsstrategien bei unscharfen Eingangsdaten, Kassel University Press, Kassel, online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0002-34890>, zuletzt geprüft am 23.10.2018, ISBN: 3862194884.
- [AIAG & VDA 2019] AIAG & VDA (2019): FMEA-Handbuch - Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse - Design-FMEA, Prozess-FMEA, FMEA-Ergänzung - Monitoring & Systemreaktion, Auflage 1, Automotive Industry Action Group, Southfield, Michigan, USA, zuletzt geprüft am 16.08.2019, ISBN: 978-1-60534-367-9.
- [Alcar 2019] Alcar (2019): Wichtiger Sicherheitshinweis - Freiwilliger sicherheitsbedingter Rückruf PKW Stahlfelge zur Verwendung an Fahrzeugen der VW Gruppe, Artikelnummer 7755 (Produktionsdatum 17/18): Räder dürfen ab sofort nicht mehr genutzt oder weitergegeben werden., online verfügbar unter http://www.produktrueckrufe.de/wp-files/ALCAR_Rueckruf_Stahlfelgen.pdf, zuletzt geprüft am 18.10.2019.
- [Alicke 2003] Alicke, K. (2003): Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken - Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management, Springer, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-09370-2>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 9783540443704.
- [Alt 2013] Alt, R. (2013): Statistik - Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler, Auflage 2, Linde, Wien, zuletzt geprüft am 08.03.2019, ISBN: 978-3-7143-0228-8.
- [Amazon 2019] Amazon (2019): Amazon Comprehend - NLP-Service (Natural Language Processing), Version, online verfügbar unter <https://aws.amazon.com/de/comprehend/>, zuletzt geprüft am 07.02.2019.
- [AMPLab 2019] AMPLab (2019): Apache Spark - Framework für Cluster Computing, Version 2.4.4, online verfügbar unter <https://spark.apache.org/downloads.html>, zuletzt geprüft am 07.02.2019.
- [ArbSchG 2015] Arbeitsschutzgesetz (2015): Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG), zuletzt geändert durch Art. 427 V v. 31.08.2015 I 1474, online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/BJNR124610996.html>, zuletzt geprüft am 11.03.2019.

- [Aris-Brosou et al. 2018] Aris-Brosou, S.; Kim, J.; Li, L.; Liu, H. (2018): Predicting the Reasons of Customer Complaints - A First Step Toward Anticipating Quality Issues of In Vitro Diagnostics Assays with Machine Learning, e34. In: JMIR medical informatics, Jahrgang 6, Heftnummer 2, online verfügbar unter <https://pdfs.semanticscholar.org/750d/9830834d350d54dbe6573225ed7450d2789f.pdf>, zuletzt geprüft am 16.07.2019, DOI: 10.2196/medinform.9960.
- [Aschenbrenner 2019] Aschenbrenner (2019): Gemeinsam gegen Fehler im Feld - Ein neuer VDA-Standard zur Schadteilanalyse Feld zeigt Lösungswege, Seite(n) 38–41. In: Qualität und Zuverlässigkeit, Jahrgang 64, Heftnummer 9, zuletzt geprüft am 10.09.2019.
- [Bauer 2016] Bauer, S. (2016): Produktionssysteme wettbewerbsfähig gestalten - Methoden und Werkzeuge für KMU's - KAIZEN, SWOT-Analyse, Pareto-Analyse, 5W-Analyse, Wertstromanalyse, Mind-Mapping, Poka Yoke, 5S, TPM, SMED, KANBAN, Benchmarking, TPS-Prinzipien, Carl Hanser Verlag, München, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.3139/9783446449671>, zuletzt geprüft am 05.09.2018, ISBN: 9783446449589.
- [Bauinfoconsult 2018] Bauinfoconsult (2018): Fachkräftemangel und die Folgen: schlechtere Qualität, mehr Reklamationen - Pressemitteilungen, online verfügbar unter http://www.bauinfoconsult.de/presse/pressemitteilungen/2018/fachkraftemangel_und_die_folgen_schlechtere_qualitat_mehr_reklamationen/4798, zuletzt geprüft am 04.10.2019.
- [Becker et al. 2008] Becker, J.; Knackstedt, R.; Pfeiffer, D. (2008): Wertschöpfungsnetzwerke - Konzepte für das Netzwerkmanagement und Potenziale aktueller Informationstechnologien, Physica, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-7908-2056-0>, zuletzt geprüft am 20.08.2018, ISBN: 9783790820560.
- [Behrens 2012] Behrens, B.-A. (2012): Exzellentes Reklamationsmanagement durch die automatisierte Qualitätsbewertung von 8D-Berichten; Anwender-Leitfaden, Band 85-07, Auflage 1, FQS Forschungsgemeinschaft Qualität e.V, Frankfurt am Main, zuletzt geprüft am 12.06.2019, ISBN: 9783940991126.
- [Belsch 2017] Belsch, S. (2017): Kundenbindung. Effektive Maßnahmen und Instrumente für einen langfristigen Unternehmenserfolg, Auflage 1, Diplomica, Hamburg, zuletzt geprüft am 04.10.2018, ISBN: 3954858495.
- [Berg 2019] Berg, A. (2019): Industrie 4.0 - jetzt mit KI, online verfügbar unter https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-04/bitkom-pressekonzferenz_industrie_4.0_01_04_2019_prasentation_0.pdf, zuletzt geprüft am 28.05.2019.
- [Bertsche und Bullinger 2007] Bertsche, B. und Bullinger, H.-J. (2007): Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping - Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung, Springer, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=417692>, zuletzt geprüft am 22.10.2019, ISBN: 978-3-540-69880-7.

- [Bielefeld et al. 2018] Bielefeld, O.; Schlüter, N.; Winzer, P.; Dransfeld, H.; Ansari, A.; Heinrichsmeyer, M. (2018): KAUSAL - A New Methodological Approach for Model Based Analysis of Complex Failure Chains by Example of an Electromobility Concept, Seite(n) 943–948, zuletzt geprüft am 23.07.2019, DOI: 10.1109/SMC.2018.00168. In: IEEE SMC (Hg.): Proceedings, International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Miyazaki, Japan, Veranstaltungsdatum 07.10.2018 - 10.10.2018, IEEE Xplore - Digital Library, ISBN: 978-1-5386-6650-0.
- [Binder-Kissel 2003] Binder-Kissel, U. (2003): Beschwerden als Chancen nutzen - Beschwerdemanagement erfolgreich umsetzen, RKW, Eschborn, zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 3896442198.
- [BMWi 2018] BMWi (2018): Monitoring-Report - Wirtschaft DIGITAL 2018, online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/monitoring-report-wirtschaft-digital-2018-kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=22, zuletzt geprüft am 18.10.2019.
- [Braunholz 2006] Braunholz, H. (2006): Werkzeugentwicklung für informationsflusorientierte Prozessmodelle, Band 2, Shaker, Aachen, zuletzt geprüft am 07.09.2018, ISBN: 978-3-8322-5156-7.
- [Broy 1992] Broy, M. (1992): Informatik - Eine grundlegende Einführung Teil I. Problemnahe Programmierung, Springer, Berlin, Heidelberg, zuletzt geprüft am 13.09.2018, ISBN: 978-3-540-55191-1.
- [Brückner 2011] Brückner, M. (2011): Beschwerdemanagement - Reklamationen als Chance nutzen, professionell reagieren, Kunden zufrieden stellen, Auflage 2, Redline Wirtschaft, Heidelberg, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 3-636-01445-5.
- [Brünner 2000] Brünner, G. (2000): Wirtschaftskommunikation - Linguistische Analyse ihrer mündlichen Formen, Band 213, De Gruyter, Berlin, online verfügbar unter http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783110943320&searchTitles=true, zuletzt geprüft am 08.03.2019, ISBN: 9783484312135.
- [Buxmann 1996] Buxmann, P. (1996): Standardisierung betrieblicher Informationssysteme, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-08966-7>, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 978-3-663-08966-7.
- [CEMax 2019] CEMax (2019): CEMax Complaint Management, online verfügbar unter <https://www.c-m-x.com/sol-complaint-management/>, zuletzt geprüft am 16.07.2019.
- [Chaturvedi 2010] Chaturvedi, D. K. (2010): Modeling and simulation of systems using MATLAB® and Simulink®, CRC Press, Boca Raton, zuletzt geprüft am 10.09.2018, ISBN: 9781439806722.
- [Choe et al. 2013] Choe, P.; Lehto, M. R.; Shin, G.-C.; Choi, K.-Y. (2013): Semiautomated Identification and Classification of Customer Complaints, Seite(n) 149–162. In: Hum. Factors Man., Jahrgang 23, Heftnummer 2, online verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/hfm.20325>, zuletzt geprüft am 16.08.2019, DOI: 10.1002/hfm.20325.

- [Corban 2018] Corban, M. (2018): Maschinenoptimierung durch Big Data - Forscher am inIT entwickeln einheitliche Architektur, Seite(n) 10. In: KEM Konstruktion - Sonderausgabe Systems Engineering, Jahrgang 2, zuletzt geprüft am 24.10.2018.
- [Crostack et al. 2004] Crostack, H.-A.; Heinz, K.; Ellouze, W.; Grimm, O. (2004): Qualitätskreis komplett - In Ausnahmesituationen sicher und schnell reagieren, Seite(n) 58–59. In: Qualität und Zuverlässigkeit, Jahrgang 49, Heftnummer 3, online verfügbar unter https://www.wiso-net.de/document/QZ__200403047?, zuletzt geprüft am 24.09.2018.
- [Dall et al. 2018] Dall, D.; Wißler, F.; Woll, R. (2018): Für immer und ewig? - Datenbasierte Früherkennung im Bereich Langzeitqualität, Seite(n) 42–47. In: Qualität und Zuverlässigkeit, Jahrgang 63, Heftnummer 9, online verfügbar unter <https://www.qz-online.de/qz-zeitschrift/archiv/artikel/datenbasierte-frueherkennung-im-bereich-langzeitqualitaet--5869470.html>, zuletzt geprüft am 23.10.2018.
- [Dangelmaier 2017] Dangelmaier, W. (2017): Produktionstheorie, Springer Vieweg, Berlin, zuletzt geprüft am 23.10.2018, ISBN: 9783662549230.
- [Dapper 2017] Dapper, S. (2017): Widerstand gegen die FMEA - Gegenwind für Analysten. In: FMEA KONKRET - Das Magazin für erfolgreiche Entwickler und FMEA Moderatoren, Heftnummer 9, online verfügbar unter https://fmea-konkret.de/uploads/tx_magazine/17-09_Magazin_FMEA_Konkret_web__final.pdf, zuletzt geprüft am 28.05.2019.
- [Destatis 2018] Destatis (2018): Deutsche Wirtschaft wächst auch im Jahr 2017 kräftig - Pressemitteilung Nr. 011 vom 11.01.2018, online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2018/01/PD18_011_811.html, zuletzt geprüft am 06.09.2018.
- [Di Castri et al. 2018] Di Castri, S.; Grasser, M.; Kulenkampff, A. (2018): A Chatbot Application and Complaints Management System for the Bangkok Sentral ng Pilipinas (BSP) - R2A Project Retrospective and Lessons Learned, online verfügbar unter <https://static1.squarespace.com/static/583ddaade4fcb5082fec58f4/t/5c62711941920237ef03d090/1549955392920/R2A+Chatbot+Case+Study.pdf>, zuletzt geprüft am 16.07.2019.
- [Dickmann 2009] Dickmann, P. (2009): Schlanker Materialfluss - Mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Auflage 2, Springer, Berlin Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-79515-5>, zuletzt geprüft am 05.09.2018, ISBN: 9783540795148.
- [DIN EN 13306 2018] DIN EN 13306 (2018): Instandhaltung - Begriffe der Instandhaltung, Beuth, Berlin, zuletzt geprüft am 12.07.2019, DOI: 10.31030/2641990.
- [DIN EN ISO 7200 2004] DIN EN ISO 7200 (2004): Technische Produktdokumentation - Datenfelder in Schriftfeldern und Dokumentenstammdaten, Beuth, Berlin, zuletzt geprüft am 27.05.2019, DOI: 10.31030/9536385.

- [DIN EN ISO 9001 2015] DIN EN ISO 9001 (2015): Qualitätsmanagementsysteme_ - Anforderungen, Beuth, Berlin, zuletzt geprüft am 28.05.2019, DOI: 10.31030/2325651.
- [Drews und Hillebrand 2010] Drews, G. und Hillebrand, N. (2010): Lexikon der Projektmanagement-Methoden - die besten Methoden für jede Situation; Werkzeugkasten für effizientes Projektmanagement, Auflage 2, Haufe, Freiburg, zuletzt geprüft am 08.03.2019, ISBN: 978-3-448-10224-6.
- [Dubois 2004] Dubois, P. (2004): MySQL 4 - Konfiguration, Administration und Entwicklung, Markt-und-Technik Verlag, München, zuletzt geprüft am 22.10.2019, ISBN: 3827265487.
- [Duden 2018a] Duden (2018): "Lösung" - Version des Artikels Lösung vom 8. März 2018 - 13:50, online verfügbar unter <https://www.duden.de/node/687560/revisions/1680510/view>, zuletzt geprüft am 14.09.2018.
- [Duden 2018b] Duden (2018): "Suchen" - Version des Artikels suchen vom 8. März 2018 - 14:09, online verfügbar unter <https://www.duden.de/node/706219/revisions/1684246/view>, zuletzt geprüft am 14.09.2018.
- [Eberlin und Hock 2014] Eberlin, S. und Hock, B. (2014): Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit technischer Systeme - Eine Einführung in die Praxis, Springer Vieweg, Wiesbaden, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 9783658035730.
- [Egger und Razum 2014] Egger, M. und Razum, O. (2014): Public Health - Sozial- und Präventivmedizin kompakt, Auflage 2. Aufl., 2., akt. Aufl., De Gruyter, Berlin, online verfügbar unter http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783110336061&searchTitles=true, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 978-3-11-031073-3.
- [Ehrlenspiel und Meerkamm 2017] Ehrlenspiel, K. und Meerkamm, H. (2017): Integrierte Produktentwicklung - Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, Auflage 6., überarbeitete und erweiterte Auflage, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München, zuletzt geprüft am 20.08.2018, ISBN: 3446449086.
- [EIOPA 2019] EIOPA (2019): Big Data Analytics in motor and health insurance: a thematic review, Auflage 1, Publications Office of the European Union, online verfügbar unter https://eiopa.europa.eu/Publications/EIOPA_BigDataAnalytics_ThematicReview_April2019.pdf, zuletzt geprüft am 16.07.2019, ISBN: 978-92-9473-142-5.
- [Erpenbeck und Sauter 2013] Erpenbeck, J. und Sauter, W. (2013): So werden wir lernen! - Kompetenzentwicklung in einer Welt fühlender Computer, Springer Berlin Heidelberg, Berlin Heidelberg, online verfügbar unter <http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=515702>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 9783642371806.
- [Eschey 2013] Eschey, C. (2013): Maschinenspezifische Erhöhung der Prozessfähigkeit in der additiven Fertigung, Band 274, Utz, München, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 9783831642700.

- [Exner 2015] Exner, R. (2015): Projekt PROFAP - Fehlermanagement für KMU im Werkzeugmaschinenbau, online verfügbar unter <http://www.profap.rwth-aachen.de/de/veroeffentlichungen.html>, zuletzt geprüft am 15.05.2019.
- [Fallmann 2013] Fallmann, M. (2013): Datenberge erfolgreich bezwingen - In Wissen im Dialog - Beiträge zu den Kremser Wissensmanagement-Tagen 2012, online verfügbar unter http://www.donauuni.ac.at/imperia/md/images/departement/wissenskommunikation/news/wima_sammelband_komplett.pdf, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 978-3-902505-28-6.
- [Fallmann 2019] Fallmann, D. (2019): Mehr als eine Datenbank - Wie künstliche Intelligenz beim Wissensmanagement unterstützen kann, Seite(n) 36–37. In: Qualität und Zuverlässigkeit, Jahrgang 64, Heftnummer 2, online verfügbar unter <https://www.qz-online.de/qz-zeitschrift/archiv/artikel/wie-kuenstliche-intelligenz-beim-wissensmanagement-unterstuetzen-kann-6896097.html>, zuletzt geprüft am 12.02.2019.
- [FE 2017] FE (2017): Assistenzsysteme zur Überwachung von vernetzten Anlagen - Herausforderungen beim Vernetzen sowie beim Erkennen von kausalen Zusammenhängen in Industrie 4.0 Umgebungen, online verfügbar unter <https://www.aif.de/innovationskraft/innovationsfoerderung/industrielle-gemeinschaftsforschung/igf-steckbrief.php?id=20911&suchtext=19341>, zuletzt geprüft am 22.09.2018.
- [Fiehler et al. 2002] Fiehler, R.; Kindt, W.; Schnieders, G. (2002): Kommunikationsprobleme in Reklamationsgesprächen, Band Band 1, Verlag für Gesprächsforschung, Radolfzell, online verfügbar unter <http://www.verlag-gespraechsforschung.de/2002/diskursforschung/1-120-154.pdf>, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 9783936656015.
- [Fornell 1982] Fornell, C. (1982): Verbraucherabteilungen in Unternehmen: ein kommunikationsorientierter Ansatz, Seite(n) 473–487, zuletzt geprüft am 11.09.2018. In: Hansen, U., Stauss, B. und Riemer, M. (Hg.): Marketing und Verbraucherpolitik, Band 8, Poeschel, Stuttgart, ISBN: 3-7910-0278-3.
- [Friederici 2003] Friederici, I. (2003): Dynamische Qualitätssteigerung - Durch umfassendes Management von Störfällen, Projekten und Maßnahmen - unter Berücksichtigung der Normenserie ISO 9000:2000-12; mit Verfahrensanweisungen, Formblättern, zahlreichen Beispielen und CD-ROM, Band 65, Expert-Verl., Rellingen, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 3816922538.
- [Friedrichs et al. 2017] Friedrichs, W.; Lutz, M.; Buschhorn, B.; Joepen, M. (2017): Das Fitnessprogramm für KMU - Methoden für mehr Effizienz im Automobil-, Anlagen- und Sondermaschinenbau, Hanser Carl, München, online verfügbar unter <http://www.hanser-elibrary.com/doi/book/10.3139/9783446453739>, zuletzt geprüft am 13.02.2019, ISBN: 9783446453418.

- [Gehlen 2010] Gehlen, P. (2010): Funktionale Sicherheit von Maschinen und Anlagen - Umsetzung der Europäischen Maschinenrichtlinie in der Praxis, Wiley-VCH, Weinheim, online verfügbar unter <http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=584987>, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 9783895783661.
- [Geyer 1983] Geyer, G. (1983): Das Beratungs- und Verkaufsgespräch in Banken - Bankleistungen erfolgreich verkaufen, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-84002-8>, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 978-3-322-84002-8.
- [Gibson 2012] Gibson, P. (2012): The world of customer service, Auflage 3rd ed., South-Western Cengage Learning, Mason, Ohio, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 0840064241.
- [Gläß 2018] Gläß, R. (2018): Künstliche Intelligenz im Handel 1 - Überblick - Digitale Komplexität managen und Entscheidungen unterstützen, Springer Vieweg, Wiesbaden, online verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23803-2>, zuletzt geprüft am 22.01.2019, ISBN: 9783658238025.
- [Goll 2011] Goll, J. (2011): Methoden und Architekturen der Softwaretechnik, Auflage 1. Aufl., Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8348-8164-9>, zuletzt geprüft am 14.09.2018, ISBN: 978-3-8348-1578-1.
- [Google 2019] Google (2019): Google BigQuery - Schnelles, hoch skalierbares, kostengünstiges und vollständig verwaltetes Cloud-Data-Warehouse für Analysen mit integriertem maschinellem Lernen, Version, online verfügbar unter <https://cloud.google.com/bigquery/?hl=de>, zuletzt geprüft am 07.02.2019.
- [Gorecki und Pautsch 2018] Gorecki, P. und Pautsch, P. (2018): Praxisbuch Lean Management - Der Weg zur operativen Excellence, Auflage 3., überarbeitete Auflage, Hanser, München, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.3139/9783446455986>, zuletzt geprüft am 17.09.2018, ISBN: 9783446455269.
- [Görschwin Fey 2017] Görschwin Fey (2017): DSy - Debugging Eingebetteter Systeme - Projektnummer 165955509, online verfügbar unter <http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/165955509/ergebnisse>, zuletzt geprüft am 22.09.2018.
- [Greedharry et al. 2019] Greedharry, M.; Seewoogobin, V.; Sahib-Kaudeer; Nuzhah Gooda (2019): A Smart Mobile Application for Complaints in Mauritius, Seite(n) 345–356, zuletzt geprüft am 16.07.2019, DOI: 10.1007/978-981-13-3338-5_32. In: Satopathy, S. C., Bhateja, V., Somanah, R., Yang, X.-S. und Senkerik, R. (Hg.): Information Systems Design and Intelligent Applications, Proceedings of Fifth International Conference INDIA 2018, Mascareignes, Mauritius, Veranstaltungsdatum 19.07.2018 - 21.07.2018, Band 863, Auflage 2, Springer, Singapore, ISBN: 9789811333392.

- [Günter und Helm 2006] Günter, B. und Helm, S. (2006): Kundenwert - Grundlagen - Innovative Konzepte - Praktische Umsetzungen, Auflage 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler | GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-9288-8>, zuletzt geprüft am 08.03.2019, ISBN: 9783834903501.
- [Haberfellner 2012] Haberfellner, R. (2012): Systems Engineering - Grundlagen und Anwendung, Auflage 12., völlig neu bearb. und erw. Aufl., Orell Füssli, Zürich, zuletzt geprüft am 18.09.2018, ISBN: 978-3-280-04068-3.
- [Haeske 2001] Haeske, U. (2001): Beschwerden und Reklamationen managen - Kritische Kunden sind gute Kunden!, Beltz, Weinheim u.a., zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 3-407-36373-7.
- [Hahn et al. 2013] Hahn, A.; Häusler, S.; große Austing, S. (2013): Quantitatives Entwicklungsmanagement - Modellbasierte Analyse von Produktentwicklungsprozessen, Springer, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34510-4>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 978-3-642-34509-8.
- [Hansen 1990] Hansen, U. (1990): Absatz- und Beschaffungsmarketing des Einzelhandels - Eine Aktionsanalyse, Auflage 2., neubearb. und erw. Aufl., Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 3525031556.
- [Häuslein 2004] Häuslein, A. (2004): Systemanalyse - Grundlagen, Techniken, Notierungen, VDE-Verl., Berlin, zuletzt geprüft am 18.09.2018, ISBN: 978-3800727155.
- [Heinrichsmeyer et al. 2019a] Heinrichsmeyer, M.; Schlüter, N.; Ansari, A. (2019): Algorithm for Dealing with Complaints Data from the Use Phase, Seite(n) 1–6, online verfügbar unter http://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=icons_2019_1_10_40003, zuletzt geprüft am 04.06.2019. In: IARIA (Hg.): Proceedings of the Fourteenth International Conference on Systems, ICONS 2019, Valencia, Spain, Veranstaltungsdatum 24.-28.03.2019, Auflage 1, ThinkMind, ISBN: 978-1-61208-696-5.
- [Heinrichsmeyer et al. 2019b] Heinrichsmeyer, M.; Schlüter, N.; Ansari, A. (2019): Algorithm-Based Handling of Complaints Data from the Usage Phase, Seite(n) 399–406, online verfügbar unter /, zuletzt geprüft am 03.09.2019. In: IEEE QR2MSE (Hg.): Proceedings, 9th International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, IEEE International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE), Zhangjiajie, Hunan, China, Veranstaltungsdatum 06.08.2019 - 09.08.2019, Center for System Reliability and Safety.
- [Heinrichsmeyer et al. 2019c] Heinrichsmeyer, M.; Schlüter, N.; Ansari, A. (2019): Algorithmus zur automatisierten Abfrage relevanter Informationen aus Kundenreklamationen, Status: Angenommen, zuletzt geprüft am 05.11.2019. In: Schmitt, R. (Hg.): Bericht zur GQW-Jahrestagung, Aachen.

- [Heinrichsmeyer et al. 2019d] Heinrichsmeyer, M.; Schlüter, N.; Lemke, I. (2019): Development of an automated prioritization procedure for complaints, zuletzt geprüft am 04.09.2019. In: Dahlgaard, J. J. und Dahlgaard-Park, S. M. (Hg.): Proceedings, 22th International Conference on Quality and Service Sciences - Leadership and strategies for Sustainable Quality and Innovation in the 4th Industrial Revolution, 22th International Conference on Quality and Service Sciences (QMOD), Krakow, Poland, Veranstaltungsdatum 13.10.2019 - 15.10.2019, Lund University Library Press, Lund.
- [Heinrichsmeyer et al. 2019e] Heinrichsmeyer, M.; Schlüter, N.; Kösling, F. (2019): Localization of failure causes in production using complaint information by the means of an algorithm to achieve sustainable quality, zuletzt geprüft am 04.09.2019. In: Dahlgaard, J. J. und Dahlgaard-Park, S. M. (Hg.): Proceedings, 22th International Conference on Quality and Service Sciences - Leadership and strategies for Sustainable Quality and Innovation in the 4th Industrial Revolution, 22th International Conference on Quality and Service Sciences (QMOD), Krakow, Poland, Veranstaltungsdatum 13.10.2019 - 15.10.2019, Lund University Library Press, Lund.
- [Heinrichsmeyer et al. 2019f] Heinrichsmeyer, M.; Schlüter, N.; Dransfeld, H.; Kösling, F. (2019): Validation of a Failure Cause Searching and Solution Finding Algorithm for Failures in Production - based on Complaints of a Company in the Field of Stamping and Metal Forming, Status: Angenommen. In: International Journal On Advances in Software, Jahrgang 12, Heftnummer 3 & 4, zuletzt geprüft am 15.11.2019.
- [Heinrichsmeyer et al. 2019g] Heinrichsmeyer, M.; Dransfeld, H.; Schlüter, N. (2019): Validierung des Fehlerursachensuch- und Lösungsalgorithmus für Fehler in der Produktion auf Grundlage von Reklamationen eines Unternehmens für Stanz- und Umformtechnik, (Unbekannt), zuletzt geprüft am 22.07.2019. In: Schlüter, N. und Reiche, M. (Hg.): Herausforderungen im Umgang mit Anforderungen in Zeiten des industriellen Wandels, Shaker, Herzogenrath.
- [Heinrichsmeyer et al. 2020] Heinrichsmeyer, M.; Schlüter, N.; Kösling, F.; Ansari, A. (2020): Validation of a failure-cause searching and solution-finding algorithm in production based on complaint information from the use phase - Validation using an industrial example from the field of precision machining and cold forming, Status: Eingereicht, zuletzt geprüft am 14.11.2019. In: IARIA (Hg.): Proceedings of the Fifteenth International Conference on Systems, ICONS 2020, Lisbon, Portugal, Veranstaltungsdatum 23.-27.02.2020, Auflage 1, ThinkMind, ISBN: 978-1-61208-771-9.
- [Hellebrandt et al. 2018] Hellebrandt, T.; Heine, I.; Schmitt, R. H. (2018): Knowledge management framework for complaint knowledge transfer to product development, Seite(n) 173–180. In: Procedia Manufacturing, Jahrgang 21, online verfügbar unter <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/82455.pdf>, zuletzt geprüft am 22.09.2018, DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.108.

- [Hensel und Ventzislavova 2013] Hensel, C. und Ventzislavova, M. (2013): Betriebswirtschaftliche Formelsammlung - Betrieblicher Leistungsprozess, Auflage 2. Aufl., Books on Demand, Norderstedt, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 3732278670.
- [Hildebrand et al. 2018] Hildebrand, K.; Gebauer, M.; Hinrichs, H. (2018): Daten- und Informationsqualität - Auf dem Weg zur Information Excellence, Auflage 4., überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-21994-9>, zuletzt geprüft am 07.03.2019, ISBN: 9783658219949.
- [Hofbauer und Sangl 2018] Hofbauer, G. und Sangl, A. (2018): Professionelles Produktmanagement - Der prozessorientierte Ansatz, Rahmenbedingungen und Strategien, Auflage 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, zuletzt geprüft am 20.08.2018, ISBN: 3895784737.
- [Hoffmann 1991] Hoffmann, A. (1991): Die Erfolgskontrolle von Beschwerdemanagement-Systemen - Theoretische und empirische Erkenntnisse zum unternehmerischen Nutzen von Beschwerdeabteilungen, Band 1157, Lang, Frankfurt am Main u.a., zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 3-631-43569-X.
- [Hsiao et al. 2016] Hsiao, Y.-H.; Chen, L.-F.; Choy, Y. L.; Su, C.-T. (2016): A novel framework for customer complaint management, Seite(n) 675–698. In: The Service Industries Journal, Jahrgang 36, Heftnummer 13-14, zuletzt geprüft am 29.01.2019, DOI: 10.1080/02642069.2016.1272592.
- [Humpl 2004] Humpl, B. (2004): Transfer von Erfahrungen - Ein Beitrag zur Leistungssteigerung in projektorientierten Organisationen, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-81133-2>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 9783824407460.
- [IBM 2019] IBM (2019): IBM Watson Compare & Comply - Extract data from contracts and governing documents to increase productivity, reduce costs and minimize exposure, Version, online verfügbar unter <https://www.ibm.com/cloud/compare-and-comply>, zuletzt geprüft am 07.02.2019.
- [IFA 2016] IFA (2016): Methodenkatalog des Forschungsprojektes prokoMA - Forschungsprojekt „Prozess- und kompetenzorientierte Methodenauswahl in produzierenden KMU, online verfügbar unter https://www.ifa.uni-hannover.de/fileadmin/IFA/02_Forschung/Forschungsprojekte/prokoMA/Downloads/prokoMA_Methodenkatalog_v1.0.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2019.
- [IMF 2018] IMF (2018): Größte Volkswirtschaften: Länder mit dem größten BIP im Jahr 2018 (in Milliarden US-Dollar), online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/157841/umfrage/ranking-der-20-laender-mit-dem-groessten-bruttoinlandsprodukt/>, zuletzt geprüft am 06.09.2018.

- [ISO 13485 2016] ISO 13485 (2016): Medizinprodukte - Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen für regulatorische Zwecke, Beuth publishing DIN, online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-13485/244078306>, zuletzt geprüft am 11.09.2018.
- [ISO 26262 2011] ISO 26262 (2011): Straßenfahrzeuge - Funktionale Sicherheit - Teil 1: Vokabular, Beuth publishing DIN, online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/iso-26262-1/148146179>, zuletzt geprüft am 14.09.2018.
- [ISO9000 2015] ISO9000 (2015): Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe (ISO 9000 2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9000 2015-11, Beuth publishing DIN, online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-9000/235671064>, zuletzt geprüft am 07.09.2018.
- [Jachens 2004] Jachens, T. H. (2004): Professionelles Verkaufen - Kundenerwartungen erkennen/Verkaufsgespräche positiv gestalten/Abchlüsse erreichen/Richtig kommunizieren, Redline Verlag, München, zuletzt geprüft am 08.03.2019, ISBN: 3864140242.
- [Jäggi und Portmann 2012] Jäggi, S. und Portmann, C. (2012): Kommunikation in Marketing und Verkauf - Grundlagen mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen mit Antworten und Glossar, Auflage 3., überarb. Aufl., Compendio Bildungsmedien, Zürich, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 9783715596433.
- [Jetter 2015] Jetter, A. (2015): Produktplanung im Fuzzy Front End - Handlungsunterstützungssystem auf der Basis von Fuzzy Cognitive Maps, Auflage Gabler Edition Wissenschaft, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-82157-7>, zuletzt geprüft am 20.08.2018, ISBN: 9783835001442.
- [Joppe et al. 2003] Joppe, J.; Ganowski, F. J.; Ganowski, C. (2003): Kosten senken - jetzt! - Das A-Z-Programm zur Umsetzung im Unternehmen, Auflage 1. Aufl., Campus, Frankfurt am Main, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 3593372274.
- [Joung et al. 2019] Joung, J.; Jung, K.; Ko, S.; Kim, K. (2019): Customer Complaints Analysis Using Text Mining and Outcome-Driven Innovation Method for Market-Oriented Product Development, Seite(n) 40. In: Sustainability, Jahrgang 11, Heftnummer 1, online verfügbar unter <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/1/40/pdf>, zuletzt geprüft am 16.07.2019, DOI: 10.3390/su11010040.
- [Jung et al. 2017] Jung, B.; Schweißner, S.; Wappis, J. (2017): 8D - systematisch Probleme lösen, Band 62, Auflage 3. Auflage, Hanser, München, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.3139/9783446452404>, zuletzt geprüft am 17.09.2018, ISBN: 9783446446472.
- [Kamiske 2015] Kamiske, G. F. (2015): Handbuch QM-Methoden - Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen, Auflage 3., aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser, München, zuletzt geprüft am 17.09.2018, ISBN: 9783446444416.

- [Kamps und Schetter 2018] Kamps, I. und Schetter, D. (2018): Performance Marketing - Der Wegweiser zu einem mess- und steuerbaren Marketing - Einführung in Instrumente, Methoden und Technik, Springer Gabler, Wiesbaden, zuletzt geprüft am 22.10.2018, ISBN: 978-3-658-18452-0.
- [Knox und van Oest 2010] Knox, G. und van Oest, R. (2010): Customer Complaints, Defection and Lifetime Value, online verfügbar unter <http://fe-web.uvt.nl/pdf/2011/Complaints%20Knox%20van%20Oest%20final%20cover.pdf>, zuletzt geprüft am 30.01.2019, DOI: 10.2139/ssrn.1427265.
- [Knox und van Oest 2014] Knox, G. und van Oest, R. (2014): Customer Complaints and Recovery Effectiveness - A Customer Base Approach, Seite(n) 42–57. In: Journal of Marketing, Jahrgang 78, Heftnummer 5, online verfügbar unter <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1509/jm.12.0317>, zuletzt geprüft am 18.10.2018, DOI: 10.1509/jm.12.0317.
- [Kompersnaß 2019] Kompersnaß (2019): Pressemitteilung - Die Firma Kompersnaß-Handelsgesellschaft mbH warnt vor der weiteren Verwendung des Artikels "Espressomaschine SEMS 1100 A1" der Marke "Silvercrest", online verfügbar unter http://www.produktrueckrufe.de/wp-files/KOMPERNASS_Rueckruf_Espressomaschine.pdf, zuletzt geprüft am 18.10.2019.
- [König und Klocke 2002] König, W. und Klocke, F. (2002): Fertigungsverfahren 1 - Drehen, Fräsen, Bohren, Auflage 7., korrigierte Auflage, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, s.l., online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-07202-8>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 9783662072035.
- [Körper Stiftung und acatech 2018] Körper Stiftung und acatech (2018): Technik Radar 2018 - Schwerpunkt: Digitalisierung, online verfügbar unter <https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/05/Langfassung-Technikradar-Einzelseiten-final-1.pdf>, zuletzt geprüft am 23.10.2018.
- [Krause und Gebhardt 2018] Krause, D. und Gebhardt, N. (2018): Methodische Entwicklung Modularer Produktfamilien - Hohe Produktvielfalt Beherrschbar Entwickeln, Vieweg, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-53040-5>, zuletzt geprüft am 20.08.2018, ISBN: 9783662530405.
- [Künzel 2005] Künzel, H. (2005): Handbuch Kundenzufriedenheit - Strategie und Umsetzung in der Praxis, Springer, Berlin, online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10182825>, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 9783540211440.
- [Künzel 2013] Künzel, H. (2013): Erfolgsfaktor Kundenzufriedenheit - Handbuch für Strategie und Umsetzung, Auflage 2., völlig überarb. und erw. Aufl., Springer Gabler, Berlin, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-32552-6>, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 9783642325526.

- [Landon 1980] Landon, E. L. (1980): The Direction of Consumer Complaint Research, Seite(n) 335–338. In: *Advances in Consumer Research*, Jahrgang Volume 07, Heftnummer 7, online verfügbar unter <http://www.acrwebsite.org/volumes/9693/volumes/v07/NA-07>, zuletzt geprüft am 11.09.2018.
- [Lang 2016] Lang, D. (2016): *Gefangen im Komplexitätsdilemma - Wie Sie mit Zielkonflikten, Bürokratie und Verhaltensparadoxien wirkungsvoll umgehen und Organisationen agil, flexibel und stark machen*, Auflage 1. Auflage, Books on Demand, Norderstedt, zuletzt geprüft am 20.08.2018, ISBN: 3739223650.
- [Langbehn 2010] Langbehn, A. (2010): *Praxishandbuch Produktentwicklung - Grundlagen, Instrumente und Beispiele*, Campus, Frankfurt am Main, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 978-3-593-39201-1.
- [Lange 2007] Lange, S. (2007): *IFS Logistic Standard - Sicherheit der Lebensmittel auf dem Weg vom Hersteller zum Handel*, Auflage 1. Aufl., Behr, Hamburg, zuletzt geprüft am 07.01.2019, ISBN: 978-3899473667.
- [Lehder und Skiba 2011] Lehder, G. und Skiba, R. (2011): *Taschenbuch Arbeitssicherheit*, Auflage 12th ed., Erich Schmidt Verlag, s.l., online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10628433>, zuletzt geprüft am 16.01.2019, ISBN: 9783503130054.
- [Leiner 2014] Leiner, V. (2014): *Beschwerdemanagement - Ein effektives Mittel zur Kundenbindung*, Bachelor + Master Publishing, Hamburg, online verfügbar unter <http://www.diplomica-verlag.de>, zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 9783958201163.
- [Limbeck 2007] Limbeck, M. (2007): *Das neue Hardselling - Verkaufen heißt verkaufen - So kommen Sie zum Abschluss*, Auflage 2., ergänzte Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler | GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-9392-2>, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 9783834993922.
- [Lindemann 2005] Lindemann, U. (2005): *Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/b137764>, zuletzt geprüft am 18.09.2018, ISBN: 978-3-540-14041-2.
- [Lindemann 2018] Lindemann, M. (2018): *Digitales Fehlermanagement - LeaF - Learning Failure Management*, Seite(n) 8. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, Jahrgang 63, Heftnummer 08, online verfügbar unter <https://www.qz-online.de/qz-zeitschrift/archiv?filter.year=2018&filter.number=08&filter.dlAvailable=0&filter.text=&list.p=1&action.submit=ANZEIGEN>, zuletzt geprüft am 20.09.2018.
- [Linder et al. 2016] Linder, A.; Anand, L.; Falk, B.; Schmitt, R. (2016): *Technical Complaint Feedback to Ramp-Up*, Seite(n) 99–104. In: *Procedia CIRP*, Jahrgang 51, online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116307004>, zuletzt geprüft am 12.06.2019, DOI: 10.1016/j.procir.2016.06.082.

- [Linder und Schmitt 2015] Linder, A. und Schmitt, R. (2015): Data-oriented Technical Complaint Management for Sustainable Problem Solution, Seite(n) 591–596. In: *Procedia CIRP*, Jahrgang 29, online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115000475>, zuletzt geprüft am 18.10.2018, DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.008.
- [Luhmann 1980] Luhmann (1980): Komplexität, Seite(n) 1070–1082, zuletzt geprüft am 06.09.2018. In: Grochla, E. (Hg.): *Handwörterbuch der Organisation*, Band 2, Auflage 2. Aufl., Poeschel, Stuttgart, ISBN: 3791080164.
- [Marbler et al. 2018] Marbler; Michael; Bley, S. (2018): Industrie 4.0 im deutschen Mittelstand - Befragungsergebnisse2018, online verfügbar unter <https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-industrie-4-0-im-deutschen-mittelstand-befragungsergebnisse-2018/%24FILE/ey-industrie-4-0-im-deutschen-mittelstand-befragungsergebnisse-2018.pdf>, zuletzt geprüft am 28.05.2019.
- [Marchenko et al. 2010] Marchenko, M.; Ullmann, G.; Behrens, B.-A.; Overmeyer, L. (2010): Exzellentes Reklamationsmanagement, Seite(n) 1102–1107. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)*, Jahrgang 105, Heftnummer 12, online verfügbar unter <https://www.hanser-elibrary.com/doi/abs/10.3139/104.110458?journalCode=zwf>, zuletzt geprüft am 20.09.2018, DOI: 10.3139/104.110458.
- [Marx Gómez et al. 2013] Marx Gómez, J. C.; Lang, C.; Wohlgemuth, V. (2013): IT-gestütztes Ressourcen- und Energiemanagement - Konferenzband zu den 5. BUIS-Tagen; 15. Tagung der Fachgruppe Betriebliche Umweltinformationssysteme der Gesellschaft für Informatik e.V, Springer Vieweg, Berlin, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-35030-6>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, DOI: 10.1007/978-3-642-35030-6, ISBN: 978-3-642-35029-0.
- [Mason 2008] Mason, M. (2008): *Complexity theory and the philosophy of education*, Band v.7, Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, U.K, Malden, MA, online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10301438>, zuletzt geprüft am 10.09.2018, DOI: 10.1002/9781444307351, ISBN: 978-1405180429.
- [Menzel 1997] Menzel, K. (1997): *Algorithmen - Vom Problem zum Programm*, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-91373-9>, zuletzt geprüft am 13.09.2018, ISBN: 9783815421161.
- [Michaeli et al. 2009] Michaeli, W.; Berdel, K.; Stadermann, P. (2009): Inspektion von Kunststoffbahnen nach dem Prägen oder Bedrucken - Reklamationen vermeiden, Seite(n) 51–54. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*, Jahrgang 54, Heftnummer 09, online verfügbar unter https://www.qz-online.de/_storage/asset/335638/storage/master/file/1949517/download/QZ_2009_09_Reklamationen-vermeiden.pdf, zuletzt geprüft am 22.09.2018.

- [Microsoft 2019] Microsoft (2019): Microsoft Analytics Platform System - Microsoft-Datenplattform, Version, online verfügbar unter <https://www.microsoft.com/de-de/sql-server/>, zuletzt geprüft am 07.02.2019.
- [Mücke 2017] Mücke, T. (2017): Informationssystematik zur Optimierung von Konstruktions- und NC-Prozessen - Ganzheitliche Optimierung durch Vernetzung von PLM-, ERP- und MES geprägten Prozessen unter Berücksichtigung von Betriebsmittelinformationen aus der Fertigung, Books on Demand, Norderstedt, zuletzt geprüft am 18.10.2019, ISBN: 978-3744822602.
- [Müller 2014] Müller, E. (2014): Qualitätsmanagement für Unternehmer und Führungskräfte - Was Entscheider wissen müssen, Springer Gabler, Berlin, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-41002-4>, zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 9783642410017.
- [Müller et al. 2016] Müller, F. G.; Bressner, M.; Görzig, D.; Röber, T. (2016): Industrie 4.0: Entwicklungsfelder für den Mittelstand - Aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe, online verfügbar unter https://www.nordmetall.de/fileadmin/user_upload/Studie_Entwicklungsfelder_Industrie4.0.pdf, zuletzt geprüft am 28.05.2019.
- [Müller 2018] Müller, R. H. (2018): Erfolgreiches Forderungsmanagement - Strategie - Risikomanagement - Liquiditätsmanagement, Auflage 2., überarbeitete Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-17849-9>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 9783658178482.
- [Neuland 1999] Neuland, R. (1999): Der Gegenschrei - Von der konfliktären Reklamation zur Reklamations-Kultur, Neuland Verl. für Lebendiges Lernen, Künzler, zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 3-931403-13-0.
- [Nicklas 2016] Nicklas, J.-P. G. (2016): Ansatz für ein modellbasiertes Anforderungsmanagement für Unternehmensnetzwerke, Band Band 2016,2, Auflage 1, zuletzt geprüft am 18.09.2018, ISBN: 978-3844045567.
- [Ossola-Haring 2009] Ossola-Haring, C. (2009): Handbuch Kennzahlen zur Unternehmensführung - Kennzahlen richtig verstehen, verknüpfen und interpretieren, Auflage 1. Aufl., mi-Wirtschaftsbuch, München, online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10662357>, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 9783636030658.
- [Pastl Pontes 2018] Pastl Pontes, R. (2018): AM 4.0 - Mobile App für die Qualitätssicherung, online verfügbar unter https://www.ipk.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/IPK/publikationen/futur/Futur_2_2018/WEB_Futur_2_2018_180905_Sal.pdf, zuletzt geprüft am 29.10.2018.
- [Pawellek 2016] Pawellek, G. (2016): Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillistik - Vorgehensweisen, Methoden, Tools, Auflage 2. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4409707>, zuletzt geprüft am 23.10.2018, ISBN: 9783662486665.

- [Pepels 2008] Pepels, W. (2008): Grundzüge des Beschwerdemanagement, Seite(n) 103–117, zuletzt geprüft am 11.09.2018, DOI: 10.1007/978-3-8349-9874-3. In: Helmke, S. (Hg.): Effektives Customer-Relationship-Management - Instrumente - Einführungskonzepte - Organisation, Auflage 4., vollst. überarb. Aufl., Gabler, Wiesbaden, ISBN: 3-8349-0415-5.
- [Pfeifer und Schmitt 2014] Pfeifer, T. und Schmitt, R. (2014): Masing Handbuch Qualitätsmanagement, Auflage 1. Aufl., Carl Hanser Fachbuchverlag, s.l., zuletzt geprüft am 08.03.2019, ISBN: 978-3-446-43431-8.
- [Pichhardt 1994] Pichhardt, K. (1994): Qualitätssicherung Lebensmittel - Präventives und operatives Qualitätsmanagement vom Rohstoff bis zum Fertigprodukt, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-97517-2>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 9783642975189.
- [Pomberger und Dobler 2008] Pomberger, G. und Dobler, H. (2008): Algorithmen und Datenstrukturen - Eine systematische Einführung in die Programmierung, Pearson Studium, München, online verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dok-serv?id=3075212&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm, zuletzt geprüft am 07.09.2018, ISBN: 9783827372680.
- [Potzmader 2012] Potzmader, B. (2012): Das Wissen der Alten - Wissensmanagement im demografischen Wandel, Diplomica Verlag, Hamburg, online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10596556>, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 9783842879874.
- [ProdHaftG 2017] Produkthaftungsgesetz (2017): Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte, zuletzt geändert durch Art. 5 G v. 17.07.2017 I 2421, online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/prodhaftg/BJNR021980989.html>, zuletzt geprüft am 14.09.2018.
- [Rapunzel 2019] Rapunzel (2019): Endverbraucher-Rückruf - Rapunzel Klare Suppe 250 g im Glas mit Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) 18.09.2020, online verfügbar unter http://www.produktrueckrufe.de/wp-files/RAPUNZEL_Rueckruf_Suppe.pdf, zuletzt geprüft am 18.10.2019.
- [Redmond et al. 2012] Redmond, E.; Wilson, J. R.; Klicman, P. (2012): Sieben Wochen, sieben Datenbanken - Moderne Datenbanken und die NoSQL-Bewegung, O'Reilly, Beijing, zuletzt geprüft am 22.10.2019, ISBN: 9783868997910.
- [Refflinghaus et al. 2019] Refflinghaus, R.; Trostmann, T.; Kern, C.; Palomo, J. (2019): Menschlichen Fehlern auf die Schliche kommen - Prognose menschlicher Fehlerwahrscheinlichkeiten im manuellen Montageprozess, Seite(n) 34–37. In: QZ - Qualität und Zuverlässigkeit, Jahrgang 64, Heftnummer 4, zuletzt geprüft am 08.04.2019.
- [Reitz 2008] Reitz, A. (2008): Lean TPM - In 12 Schritten zum schlanken Managementsystem - Effektive Prozesse für alle Unternehmensbereiche - Gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit durch KVP - Erfolge messen mit der Lean-TPM-Scorecard, mi-Wirtschaftsbuch, München, zuletzt geprüft am 05.09.2018, ISBN: 3864161134.

- [Rimscha 2017] Rimscha, M. v. (2017): Algorithmen kompakt und verständlich - Lösungsstrategien am Computer, Auflage 4., durchgesehene Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-18611-1>, zuletzt geprüft am 12.09.2018, ISBN: 9783658186104.
- [Satinbáñez Koref 2015] Satinbáñez Koref, I. (2015): Beispiele der Anwendung von Evolutionären Algorithmen in Forschung und Industrie, online verfügbar unter <http://docplayer.org/52751264-Beispiele-der-anwendung-von-evolutionaeren-algorithmen-in-forschung-und-industrie.html>, zuletzt geprüft am 12.09.2018.
- [Sauer 2017] Sauer, D. (2017): Dritte Lange Nacht der Prozessverbesserung und Organisationsentwicklung, Band Band 8, LIT, Berlin, online verfügbar unter <http://www.lit-verlag.de/isbn/3-643-13905-4>, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 9783643139054.
- [Scharlau und Rossié 2016] Scharlau, C. und Rossié, M. (2016): Gesprächstechniken, Auflage 3. Auflage, Haufe-Lexware GmbH & Co. KG, Freiburg, zuletzt geprüft am 16.08.2018, ISBN: 3-648-08673-1.
- [Schildgen 2016] Schildgen, J. (2016): MongoDB kompakt - Was Sie über die NoSQL-Dokumentendatenbank wissen müssen, Band 1, Auflage 1. Auflage, Books on Demand, Norderstedt, zuletzt geprüft am 22.10.2019, ISBN: 3833497513.
- [Schlund und Winzer 2009] Schlund, S. und Winzer, P. (2009): DeCoDe-Modell zur anforderungsgerechten Produktentwicklung, Seite(n) 227–293, online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-8349-8484-5.pdf>, zuletzt geprüft am 18.09.2018. In: Bandow, G. und Holzmüller, H. H. (Hg.): „Das ist gar kein Modell!“ - Unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften, Gabler, Wiesbaden, ISBN: 978-3-8349-8484-5.
- [Schmitt 2015a] Schmitt, R. (2015): Basiswissen Qualitätsmanagement, Auflage 1. Aufl., Symposion, Düsseldorf, zuletzt geprüft am 17.09.2018, ISBN: 9783863296759.
- [Schmitt 2015b] Schmitt, R. (2015): Modellbasierte Optimierung der Fehlerabstellung in Produktionssystemen - Projektnummer 288492944, online verfügbar unter <http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/288492944>, zuletzt geprüft am 26.09.2018.
- [Schmitt et al. 2016] Schmitt, R.; Ngo, Q. H.; Groggert Sebastian; Elser Hannes (2016): Datenbasierte Qualitätsregelung, Seite(n) 23–42, zuletzt geprüft am 20.08.2018. In: Refflinghaus, R., Kern, C. und Klute-Wenig, S. (Hg.): Qualitätsmanagement 4.0 - Status quo! Quo vadis? - Bericht zur GQW-Jahrestagung 2016 in Kassel, Band Band 6, Kassel University Press, Kassel, ISBN: 9783737600842.
- [Schmitt et al. 2017] Schmitt, R. H.; Metzmacher, A. I.; Heinrichs, V.; Falk, B. (2017): Customer Language Processing, Seite(n) 32–33, online verfügbar unter <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8022663>, zuletzt geprüft am 15.02.2019. In: Bieliková, M. und Šimko, M. (Hg.): 12th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization - SMAP 2017 : July 9-10, 2017, Bratislava, Slovakia, IEEE, Piscataway, NJ, ISBN: 9781538607572.

- [Schmitt und Linder 2012] Schmitt, R. und Linder, A. (2012): Beschwerden zielgerichtet priorisieren - Was kommt zuerst?, online verfügbar unter [http://www.wzlforum.rwth-aachen.de/_C12571ED003C17E6.nsf/html/a995b44ece6b2815c1257af000394446.html/\\$FILE/MQ_2012_11_Reklamationen_WZL.pdf](http://www.wzlforum.rwth-aachen.de/_C12571ED003C17E6.nsf/html/a995b44ece6b2815c1257af000394446.html/$FILE/MQ_2012_11_Reklamationen_WZL.pdf), zuletzt geprüft am 22.09.2018.
- [Schmitt und Linder 2014] Schmitt, R. und Linder, A. (2014): IREKS – Ein ganzheitlicher Reklamationsprozess – Unternehmensinterne Strukturen zur effektiven Analyse, Bearbeitung und Nutzung von Kundenreklamationen - Kurzbericht zum Forschungsprojekt IGF - Vorhaben 17498N, online verfügbar unter http://www.ireks.rwth-aachen.de/de/811309b639b3aec9c1257daf00476b0d/141215_Kurzbericht_IREKS.pdf, zuletzt geprüft am 20.09.2018.
- [Schneider 2017] Schneider, C. (2017): 10 reasons why AI-powered, automated customer service is the future, online verfügbar unter <https://www.ibm.com/blogs/watson/2017/10/10-reasons-ai-powered-automated-customer-service-future/>, zuletzt geprüft am 16.07.2019.
- [Schnieder und Schnieder 2013] Schnieder, E. und Schnieder, L. (2013): Verkehrssicherheit - Maße und Modelle, Methoden und Maßnahmen für den Straßen- und Schienenverkehr, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-71033-2>, zuletzt geprüft am 18.09.2018, ISBN: 978-3-540-71033-2.
- [Schönberger und Broecheler 2004] Schönberger, C. und Broecheler, K. (2004): Six Sigma für den Mittelstand - Weniger Fehler, zufriedener Kunden und mehr Profit, Auflage 1. Aufl., Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Main, online verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783593400815, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 9783593374055.
- [Schubert 2014] Schubert, K. (2014): Empirische Fehlerablaufanalyse von Windenergiekonvertern unter Berücksichtigung technischer Anlagenmerkmale, Band Band 17, LIT, Berlin, zuletzt geprüft am 14.09.2018, ISBN: 978-3-643-12860-7.
- [Schulz 2007] Schulz, D. (2007): Entwicklung optimaler Synchronisationschutzmechanismen für stark vermaschte synchrone Telekommunikationsnetze mit heterogenen Leitungsqualitäten, Auflage 1st ed., Cuvillier Verlag, Göttingen, online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5019998>, zuletzt geprüft am 13.09.2018, ISBN: 9783867272681.
- [Simoneit 1998] Simoneit, M. (1998): Informationsmanagement in Universitätsklinik - Konzeption und Implementierung eines objektorientierten Referenzmodells, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, s.l., online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-93370-6>, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 97838244466825.
- [Sorkin 2013] Sorkin, A. (2013): The Newsroom - American TV series, online verfügbar unter <https://www.goodreads.com/quotes/7272451-first-step-in-solving-any-problem-is-recognizing-there-is>, zuletzt geprüft am 29.07.2019.

- [Stauss und Seidel 2014] Stauss, B. und Seidel, W. (2014): Beschwerdemanagement - [unzufriedene Kunden als profitable Zielgruppe], Auflage 5., vollst. überarb. Aufl. // 5., vollständig überarbeitete Auflage, Hanser; Carl Hanser Verlag, München, zuletzt geprüft am 11.09.2018, ISBN: 978-3-446-43663-3.
- [Steinhoff und Pointner 2016] Steinhoff, F. und Pointner, T. (2016): FAQ - Lean Management - 100 Fragen - 100 Antworten, Auflage 1. Auflage, Symposion, Düsseldorf, zuletzt geprüft am 06.09.2018, ISBN: 9783863296865.
- [Stoica und Özyirmidokuz 2015] Stoica, E. A. und Özyirmidokuz, E. K. (2015): Mining Customer Feedback Documents, Seite(n) 68–71. In: International Journal of Knowledge Engineering-IACSIT (IJKE), Jahrgang 1, Heftnummer 1, online verfügbar unter <http://www.ijke.org/vol1/12-K05.pdf>, zuletzt geprüft am 16.07.2019, DOI: 10.7763/IJKE.2015.V1.12.
- [Stoll 1990] Stoll, J. J. (1990): Fehlertoleranz in verteilten Realzeitsystemen - Anwendungsorientierte Techniken, Band 236, Springer, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-84136-1>, zuletzt geprüft am 14.09.2018, ISBN: 978-3-642-84136-1.
- [Strunz 2012] Strunz, M. (2012): Instandhaltung - Grundlagen - Strategien - Werkstätten, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-27390-2>, zuletzt geprüft am 23.10.2018, ISBN: 9783642273896.
- [Thiel et al. 2008] Thiel, K.; Meyer, H. G.; Fuchs, F. (2008): MES - Grundlage der Produktion von morgen - [effektive Wertschöpfung durch die Einführung von Manufacturing Execution Systems], Oldenbourg, München, online verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3013755&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 9783835631403.
- [Ullmann 2009] Ullmann, G. (2009): Holistic Production Systems: IPH - Method Collection, online verfügbar unter https://www.iph-hannover.de/_media/files/downloads/IPH_Lean_Methodensammlung.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2019.
- [VDA 2006] VDA (2006): Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz - Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz - System FMEA, zuletzt geprüft am 02.10.2018.
- [Vöcking et al. 2008] Vöcking, B.; Alt, H.; Dietzfelbinger, M.; Reischuk, R.; Scheideler, C.; Vollmer, H.; Wagner, D. (2008): Taschenbuch der Algorithmen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-76394-9>, zuletzt geprüft am 12.09.2018, ISBN: 978-3-540-76394-9.
- [Vogel-Heuser et al. 2014] Vogel-Heuser, B.; Lindemann, U.; Reinhart, G. (2014): Innovationsprozesse zyklensorientiert managen - Verzahnte Entwicklung von Produkt-Service Systemen, Springer Vieweg, Berlin, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-44932-5>, zuletzt geprüft am 12.07.2019, DOI: 10.1007/978-3-662-44932-5, ISBN: 978-3-662-44931-8.

- [Vogel-Heuser et al. 2017] Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten (2017): Handbuch Industrie 4.0 - Bd. 4: Allgemeine Grundlagen, Auflage 2. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-53254-6>, zuletzt geprüft am 20.08.2018, DOI: 10.1007/978-3-662-53254-6, ISBN: 9783662532539.
- [Walther 2010] Walther, G. (2010): Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke - Überbetriebliche Planung und Steuerung von Stoffströmen entlang des Produktlebenszyklus, Auflage 1. Aufl., Gabler, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-8643-6>, zuletzt geprüft am 07.09.2018, ISBN: 9783834922281.
- [Wank 2005a] Wank, A. (2005): Begriffe und Konzepte zu Wissen und Kompetenzentwicklung in Unternehmen und Unternehmensnetzwerken, Band 3/2005, Shaker, Aachen, zuletzt geprüft am 12.07.2019, ISBN: 3-8322-4105-1.
- [Wank 2005b] Wank, A. (2005): Entwicklung eines Instrumentensets zur Steuerung der Kompetenzentwicklung in Unternehmen und Unternehmensnetzwerken aus der Sicht wissensbasierter Wertschöpfungsketten, Band 2/2005, Shaker, Aachen, zuletzt geprüft am 08.10.2018, ISBN: 3-8322-4068-3.
- [Warwick Analytics 2019] Warwick Analytics (2019): PrediCX - Complaint Handling, Version, online verfügbar unter <https://warwickanalytics.com/use-cases/complaint-handling/>, zuletzt geprüft am 16.07.2019.
- [Weber 1991] Weber, W. (1991): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Gabler Verlag, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-83951-0>, zuletzt geprüft am 23.10.2018, ISBN: 978-3-322-83951-0.
- [Weicker 2015] Weicker, K. (2015): Evolutionäre Algorithmen, Auflage 3., überarb. und erw. Aufl., Springer Vieweg, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-09958-9>, zuletzt geprüft am 12.09.2018, ISBN: 9783658099572.
- [Weicker und Weicker 2013] Weicker, K. und Weicker, N. (2013): Algorithmen und Datenstrukturen, Springer Vieweg, Wiesbaden, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8348-2074-7>, zuletzt geprüft am 13.09.2018, ISBN: 9783834820747.
- [Wente et al. 2013] Wente, I. M.; Kersten, W.; Lödding, H. (2013): Supply Chain Risikomanagement: Umsetzung, Ausrichtung und Produktpriorisierung - Eine explorative Analyse am Beispiel der Automobilindustrie, Band 18, Auflage 1. Aufl., Eul, Lohmar, zuletzt geprüft am 22.09.2018, ISBN: 9783844102710.
- [Wilhelm 2009] Wilhelm, R. (2009): Prozessorganisation, Auflage 2., überarb. und erg. Aufl., Oldenbourg, München, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1524/9783486592870>, zuletzt geprüft am 27.05.2019, ISBN: 978-3-486-59287-0.

- [Wimmer und Roleff 1998] Wimmer, F. und Roleff, R. (1998): Beschwerdepolitik als Instrument des Dienstleistungsmanagements, Seite(n) 265–285, zuletzt geprüft am 11.09.2018, DOI: 10.1007/978-3-322-96503-5_12. In: Bruhn, M. und Meffert, H. (Hg.): Handbuch Dienstleistungsmanagement - Von der strategischen Konzeption zur praktischen Umsetzung, Gabler, Wiesbaden, ISBN: 9783322965042.
- [Winzer 2016] Winzer, P. (2016): Generic Systems Engineering - Ein methodischer Ansatz zur Komplexitätsbewältigung, Auflage 2. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-52893-8>, zuletzt geprüft am 10.09.2018, ISBN: 978-3-662-52892-1.
- [Wirtz 2009] Wirtz, B. W. (2009): Direktmarketing-Management - Grundlagen - Instrumente - Prozesse, Auflage 2., überarb. Aufl., Gabler, Wiesbaden, online verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2993150&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm, zuletzt geprüft am 23.10.2018, ISBN: 9783834902801.
- [Zagalsky 2019] Zagalsky, J. (2019): Graphs in Government - A NASA Knowledge Graph, online verfügbar unter <https://neo4j.com/blog/graphs-in-government-nasa-knowledge-graph/>, zuletzt geprüft am 22.10.2019.
- [Züger 2007] Züger, R.-M. (2007): Selbstmanagement - Leadership-Basiskompetenz - Theoretische Grundlagen und Methoden mit Beispielen, Praxisaufgaben, Repetitionsfragen und Antworten, Auflage 2., überarb. Aufl., Compendio Bildungsmedien, Zürich, zuletzt geprüft am 22.09.2018, ISBN: 9783715593333.

