

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Betriebswissenschaften und Montagetechnik am
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*)

**Methodik zur Bewertung des Einflusses produktionsnaher
Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess**

Christopher Lock

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
2. Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

Die Dissertation wurde am 25.06.2019 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 27.11.2019 angenommen.

Inhalt

Inhalt	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
Verzeichnis der Formelzeichen	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Spezifizierung des Betrachtungsbereichs	3
1.2.1 Grundlegende Begrifflichkeiten	3
1.2.2 Eingrenzung des Untersuchungsbereichs	5
1.3 Zielsetzung der Arbeit	7
1.4 Forschungsmethodik und Aufbau der Arbeit	8
1.4.1 Wissenschaftstheoretische Einordnung und Forschungs- methodik	8
1.4.2 Aufbau der Arbeit	11
2 Grundlagen	15
2.1 Allgemeines	15
2.2 Grundlagen des Prozessmanagements	15
2.2.1 Struktur von Geschäftsprozessen	15
2.2.2 Management von Prozessen	20
2.3 Grundlagen der Modellierung von Geschäftsprozessen	29
2.3.1 Begrifflichkeiten im Kontext der Modellierung	29
2.3.2 Prozessmodellierungssprachen	31
2.3.3 Wertstromorientierte Prozessmodellierung	34

2.4	Grundlagen der Systemtheorie	37
2.4.1	Systemkonzepte der allgemeinen Systemtheorie	37
2.4.2	Systemische Betrachtung von Prozessen	38
3	Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs	45
3.1	Untersuchungsrahmen	45
3.2	Priorisierung und Auswahl von Prozessen	45
3.2.1	Kriterien und Methoden zur Auswahl von Prozessen	46
3.2.2	Ansätze zur Auswahl von Prozessoptimierungsinitiativen	50
3.3	Modellierung von Prozesssystemen	56
3.3.1	Darstellung der Wirkzusammenhänge in komplexen Sys- temen	56
3.3.2	Ansätze zur Modellierung von Prozesssystemen	58
3.4	Analyse von Einfluss und Wirkung in komplexen Systemen	64
3.4.1	Fehlerauswirkungsanalysen	64
3.4.2	Änderungsauswirkungsanalysen	68
3.4.3	Weitere Ansätze	73
3.5	Ableitung des Handlungsbedarfs	75
4	Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Ge- schäftsprozesse auf den Produktionsprozess	79
4.1	Allgemeines	79
4.2	Anforderungen an die Methodik	80
4.2.1	Allgemeine, formale Anforderungen	80
4.2.2	Spezifische, inhaltliche Anforderungen	81
4.3	Konzeption der Methodik	82
4.3.1	Rahmenbedingungen zur Durchführung der Methodik	83
4.3.2	Ablauf der Methodik	87
4.3.3	Einordnung in den Stand der Forschung	89
5	Detaillierung der Methodik	91
5.1	Allgemeines	91
5.2	Modellierung des Prozesssystems	91
5.2.1	Schritt 1: Erfassung des Produktionsprozesses	92
5.2.2	Schritt 2: Identifikation und Erhebung produktionsnaher Geschäftsprozesse	96

5.2.3	<i>Ergebnis: Modell des betrachteten Prozesssystems</i>	105
5.3	Analyse der Auswirkungen produktionsnaher Geschäftsprozesse	106
5.3.1	Schritt 3: Definition eines Kennzahlensystems	106
5.3.2	Schritt 4: Analyse der Einflüsse	118
5.3.3	<i>Ergebnis: Quantifizierter Einfluss produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess</i>	128
5.4	Bewertung der Einflüsse	128
5.4.1	Schritt 5: Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse	128
5.4.2	<i>Ergebnis: Handlungsempfehlungen für die Auswahl zukünftiger Prozessverbesserungsinitiativen</i>	131
6	Anwendung und Evaluation der Methodik	133
6.1	Allgemeines	133
6.2	Exemplarische Anwendung bei einem Automobilhersteller	133
6.2.1	Beschreibung des Anwendungsbeispiels	133
6.2.2	Schritt 1: Erfassung des Produktionsprozesses	134
6.2.3	Schritt 2: Identifikation und Erhebung produktionsnaher Geschäftsprozesse	136
6.2.4	Schritt 3: Definition eines Kennzahlensystems	139
6.2.5	Schritt 4: Analyse der Einflüsse	140
6.2.6	Schritt 5: Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse	142
6.3	Evaluation der Methodik	144
6.3.1	Beurteilung der Anforderungen	144
6.3.2	Bewertung von Aufwand und Nutzen der Methodik	147
6.3.3	Fazit	149
7	Zusammenfassung und Ausblick	153
7.1	Zusammenfassung	153
7.2	Ausblick	154
Literatur		157
Anhang		179
A.1	Ergänzende Informationen zum Stand der Erkenntnisse	179
A.2	Ergänzende Informationen zur Detaillierung der Methodik	180
A.3	Ergänzende Informationen zur Anwendung der Methodik	191
A.4	Betreute Studienarbeiten	192

Abbildungsverzeichnis

1.1	Morphologie zur Eingrenzung des Untersuchungsbereichs	5
1.2	Produktionsnahe indirekte Bereiche	6
1.3	Wissenschaftstheoretische Einordnung	9
1.4	Anwendungsorientierte Forschungsmethodik	10
1.5	Aufbau der Arbeit	13
2.1	Komponenten eines Prozesses	16
2.2	Prozesshierarchie	16
2.3	Schematische Prozesslandkarte primärer Geschäftsprozesse	18
2.4	DuPont-Kennzahlensystem	28
2.5	Effektivität und Effizienz von Prozessen	29
2.6	Modellierungsmethode und -sprache	31
2.7	Beispiel eines mittels BPMN modellierten Prozesses	33
2.8	Beispiel eines Activity Diagrams	34
2.9	Wertstromsicht auf die Produktion	36
2.10	Konzepte der Systemtheorie	37
2.11	Systemtheoretisches Modell eines Produktionsunternehmens	40
2.12	Systemkonzepte des Prozesssystems	41
3.1	Meta-Modell einer Prozesslandkarte	62
4.1	Allgemeine und spezifische Anforderungen an die Methodik	82
4.2	Informales Modell des betrachteten Prozesssystems	85
4.3	Ablauf der Methodik	88
4.4	Einordnung der Methodik	89
5.1	Auswahl des zu betrachtenden Produktionsprozesses	92
5.2	Detaillierungsgrad der Produktionsprozessschritte	95
5.3	Beispielhaftes Wertstromkennzahlenset	95

Abbildungsverzeichnis

5.4	Vorgehen zur Auswahl potentieller Einflussfaktoren	97
5.5	Outputklassen produktionsnaher Geschäftsprozesse	103
5.6	Metamodell des betrachteten Prozesssystems	105
5.7	Hierarchische Struktur des Kennzahlensystems	107
5.8	Zieldimensionen und -größen des Referenz-Kennzahlensystems	111
5.9	Zeiten und Verlustbringer zur Berechnung der OEE-Kennzahl . .	112
5.10	Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße OEE	114
5.11	Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße Flussgrad	115
5.12	Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße Nacharbeitsquote	116
5.13	Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße EPEI	118
5.14	Überblick des Vorgehens zur Analyse der Fehlereinflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse	119
5.15	Fehlerarten der unterschiedlichen Outputkategorien	121
5.16	Vorgehen zur Analyse der Outputabweichungen	122
5.17	Vorgehen zur Quantifizierung der Auswirkungen der ermittelten Fehlerfolgen	125
5.18	Erster Fall: Auswirkungsberechnung bei einer Fehlerfolge je Zielgröße	126
5.19	Zweiter Fall: Auswirkungsberechnung bei identischen Fehlerfolgen je Zielgröße	126
5.20	Dritter Fall: Auswirkungsberechnung bei unterschiedlichen Fehlerfolgen je Zielgröße	127
5.21	Prozessportfolio zur Bewertung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse	129
6.1	Wesentliche Prozessschritte des Türen-Montage-Centers (TMC) .	135
6.2	Liste der erfassten produktionsnahen Geschäftsprozesse des TMC	136
6.3	Prozesslandkarte des TMC	138
6.4	Referenzkennzahlen für die Produktionsprozessschritte des TMC	139
6.5	Auszug aus der adaptierten System-FMEA	140
6.6	Qualitative Bewertung der PGP mittels eines Prozessportfolios .	143

6.7	Beurteilung der Erfüllung der an die Methodik gestellten Anforderungen	144
A.1	Framework zur Erfassung produktionsnaher Geschäftsprozesse .	187
A.2	Adaptiertes Referenz-Kennzahlensystem	191

Tabellenverzeichnis

2.1	Systemmerkmale und ihre Ausprägungen in Anlehnung an ROPOHL (1979)	39
3.1	Kriterien zur Auswahl von Prozessen	46
3.2	Modellierungstechniken komplexer Systeme in Anlehnung an PLEHN (2017, S. 23-31)	56
5.1	Bewertung existierender Kennzahlensysteme	109
6.1	Ergebnis der Einflussanalyse	142
6.2	Finanzielle Aufwände der Methodenanwendung	147
6.3	Nutzen der Methodenanwendung	148
A.1	Protokoll der Literaturrecherche zur Modellierung von Prozesssystemen	179
A.2	Übersicht der standardisierten Merkmale von Geschäftsprozessen	180
A.3	Sammlung existierender Produktions- und Prozesskennzahlen .	188
A.4	Studienarbeiten, die zur vorliegenden Arbeit beigetragen haben .	192

Abkürzungsverzeichnis

AHP	Analytischer hierarchischer Prozess
APZ	Aufwandsprioritätszahl
BPA	Business Process Architecture
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Modell and Notation
BPMS	Business Process Management System
BPR	Business Process Reengineering
BSC	Balanced Scorecard
BPSS	Business Process Specification Schema
BVS	Business Value Score
CTQ	Critical to Quality
DRM	Design Research Methodology
DSM	Design Structure Matrix
EBPA	Enterprise Business Process Architecture
ebXML	Electronic Business Extensible Markup Language
EFQM	European Foundation of Quality Management
EPEI	Every Part Every Interval
FCM	Fuzzy Coginitive Map
FIFO	First in first out
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
HNTE	Halt nach Taktende
HoQ	House of Quality
IDEF	Integrated Definition
IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
LM	Lean Management
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
MSM	Multiple-Domain Matrix
PAHM	Process assessment heat map

Abkürzungsverzeichnis

PCM	Process Acticity Map
PDG	Process Dependeny Graph
PGP	Produktionsnaher Geschäftsprozess
PS	Prozesssystem
PPS	Produktionsprozessschritt
QFD	Quality Function Deployment
ROA	Risk and Opportunity Assessment
RPZ	Risikoprioritätszahl
TMC	Türen-Montage-Center
TQM	Total Quality Management
UML	Unified Modeling Language
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDA	Verein Deutscher Ingenieure
VSM	Value Stream Map
WPS	Wertschöpfungsorientiertes Produktionssystem
XML	Extensible Markup Language

Verzeichnis der Formelzeichen

A_{PGP}	Ausmaß der Auswirkung eines PGP
AW	Auftretenswahrscheinlichkeit einer Fehlerfolge
AW_o	Optimistische Schätzung der AW einer Fehlerfolge
AW_p	Pessimistische Schätzung der AW einer Fehlerfolge
AW_{PGP}	Auftretenswahrscheinlichkeit eines PGP
AW_w	Realistische Schätzung der AW einer Fehlerfolge
AZ	Arbeitszeit pro Tag
BeZ	Betriebszeit
BZ	Bearbeitungszeit
$BZ_{i,\emptyset}$	Bearbeitungszeiten je Stück (Durchschnitt)
DLZ_{PP}	Produktionsdurchlaufzeit aller Prozessschritte
\in	Element
f_K	Kompensationsanteil
FG	Flussgrad
$\#GT_i$	Anzahl der Gutteile eines Prozessschrittes
i	Laufvariable
j	Laufvariable
κ	Elemente eines Systems oder Subsystems
LG	Leistungsgrad
m	Anzahl der Lager (Puffer)
n	Anzahl der Prozessschritte
\mathbb{N}	Natürliche Zahl
NG	Nutzungsgrad
NP_{PGP}	Nutzenpotential eines PGP
NQ_{PP}	Nacharbeitsquote des Produktionsprozesses
OEE_{ges}	Overall Equipment Effectiveness des Produktionsprozesses
π	Relationen zwischen den Elementen eines Systems oder Subsystems
PrZ	Geplante Produktionszeit

Verzeichnis der Formelzeichen

PT	Anzahl der Produktionstage pro Jahr
PZ	Prozesszeit
QG	Qualitätsgrad
$\#Res_i$	Anzahl gleicher Ressourcen eines Prozessschrittes
RW_j	Reichweite der Lagerbestände des Lagers j
RZ_{Var}	Rüstzeiten der einzelnen Varianten
s_{AW}	Standardabweichung der Auftretenswahrscheinlichkeit
$\#T_{ges}$	Gesamtteilezahl des Produktionsprozesses
$\#T_i$	Teilezahl eines Prozessschrittes
$\#TNA_{PP}$	Summe aller Nacharbeitsteile
TV_i	Technische Verfügbarkeit eines Prozessschrittes
$\#TZ_i$	Taktzeit eines Prozessschrittes
WDH_{PGP}	Wiederholhäufigkeit eines PGP

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Das wirtschaftliche Umfeld produzierender Unternehmen befindet sich im stetigen Wandel. Unter dem Einfluss von Megatrends wie der Globalisierung, der Durchdringung neuer Technologien, dem demographischen Wandel, der Dynamisierung von Produktlebenszyklen sowie einer zunehmenden Zahl individueller Produktvarianten nimmt die Stabilität von Rahmenbedingungen der Produktion stetig ab. Die Unternehmen müssen sich infolge dessen immer kurzfristiger an neue Gegebenheiten anpassen, um dem globalen Wettbewerbsdruck standhalten zu können (ABELE & REINHART 2011, S. 120-121). Insbesondere in Hochlohnländern wie Deutschland ist die Anpassung durch innovative Prozesse, Produkte und Dienstleistungen von entscheidender Bedeutung, um auch in Zukunft als Wertschöpfungsstandort bestehen zu können (BULLINGER 2003, E2-E3). Zudem werden vor dem Hintergrund der fortschreitenden Digitalisierung und des Internets der Dinge ganzheitliche Betrachtungsansätze für industrielle Prozesse, Geschäftsmodelle, Dienstleistungen und Arbeitsorganisationen einen immer größeren Stellenwert einnehmen (KAGERMANN et al. 2012, S. 30).

Dies erhöht die Komplexität für produzierende Unternehmen und erfordert einen Paradigmenwechsel „von der flexiblen Produktion zu einem wandlungsfähigen, dynamischen Unternehmen im Wertschöpfungsverbund“ (ABELE & REINHART 2011, S. 123). Betriebspunktoptimierte, unternehmensinterne Wertschöpfungsketten müssen in flexible, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke umgewandelt, problemspezifische IT-Insellösungen durch ein durchgängiges Produktions- und Supply-Chain-Management ersetzt und der Fokus der Funktionsoptimierung hin zur Prozessorientierung vollzogen werden (ABELE & REINHART 2011, S. 123). Produzierende Unternehmen stehen heute vor der Situation, sich mit stets verändernden Wertschöpfungsketten

1 Einleitung

auseinandersetzen zu müssen (PWC 2011, S. 5). Bereits seit Beginn der Industrialisierung, spätestens allerdings seit Beginn der Internationalisierung der Märkte und dem daraus entstandenen Kostendruck, wird alles darum gegeben, Produktionsprozesse zu optimieren und die Wertschöpfung in den Unternehmensabläufen zu erhöhen (WOMACK & JONES 2004, S. 16-21). Im Verlauf der 1990er Jahre konnten, insbesondere durch die Implementierung ganzheitlicher Produktionssysteme in Anlehnung an das Toyota-Produktionssystem, enorme Produktivitätssteigerungen in den Produktionsprozessen erzielt werden. Die kontinuierliche Verbesserung der Prozesse durch Vermeidung von Verschwendung und konsequente Fokussierung auf die Wertschöpfung waren hierbei ausschlaggebende Erfolgsfaktoren. Dies führte allerdings dazu, dass indirekte Unternehmensbereiche bei der Betrachtung häufig vernachlässigt wurden und deren Produktivitätssteigerungen weit hinter denen der Produktion zurückblieben. Studien zeigen, dass gerade in diesen Bereichen der Wertschöpfungskette ein großes Rationalisierungs- und Verbesserungspotential existiert. So werden in einer vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) durchgeführten Umfrage lediglich 67 Prozent der Tätigkeiten in indirekten Bereichen als wertschöpfend bewertet, während die verbleibenden 33 Prozent keinen Beitrag zu Wertschöpfung leisten (REINHART & MAGENHEIMER 2011, S. 485). Weitere Studien des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) zeigen vergleichbare Ergebnisse, wobei 55 Prozent der Befragten die Ursache der Verschwendung auf schlecht abgestimmte Geschäftsprozesse zurückführen (SCHNEIDER et al. 2011, S. 26). Im Laufe der Zeit wurden in Theorie und Praxis viele Ansätze zur Verbesserung von Geschäftsprozessen in indirekten Unternehmensbereichen entwickelt. Diese fokussieren sich zumeist darauf, mittels umfangreicher Analysen die Leistungsfähigkeit einzelner Geschäftsprozesse festzustellen und durch eine Neugestaltung der Prozesse niedrigere Kosten, Qualitätssteigerungen und Reagibilitätsanpassungen zu erzielen (FINKEISSEN 1999, S. 1). Vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen und einer nach wie vor starken Funktionsorientierung in den indirekten Bereichen, führt dies zu einer meist lokalen Optimierung der Prozesse, die in vielen Fällen nicht den erwünschten Erfolg bringt (OHLSSON et al. 2014, S. 1). Wenige Ansätze setzten sich dagegen damit auseinander diejenigen Prozesse zu identifizieren, die für die Wertschöpfung wirklich wichtig sind. Denn genau wie in der Produktion sind Unternehmen auch in indirekten Bereichen gezwungen,

Geschäftsprozesse unter dem Gesichtspunkt der Wertschöpfung zu betrachten (THIEME 2013, S. 8). Es stellt sich hierbei die übergeordnete Frage, welche Prozesse wertschöpfungsrelevant und somit verbesserungs- und investitionswürdig sind (FINKEISSEN 1999, S. 2-3) um einen langfristigen Unternehmenserfolg zu sichern. Die meisten Unternehmen sind gegenwärtig aufgrund der unzureichenden Transparenz in der Prozesslandschaft sowie fehlender Methoden und Werkzeuge nicht in der Lage, eine zufriedenstellende Antwort darauf zu geben.

1.2 Spezifizierung des Betrachtungsbereichs

Der wissenschaftliche Diskurs über *Prozesse* wird in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen geführt. Neben den Ingenieurwissenschaften finden sich auch zahlreiche Publikationen in betriebswissenschaftlichen Disziplinen oder der Informatik. Daher existieren vielfältige Sichtweisen und Detaillierungsgrade, sodass zu Beginn dieser Arbeit zunächst eine Spezifizierung des Betrachtungsbereichs vorgenommen werden muss. Hierzu sollen grundlegende Begrifflichkeiten definiert und darauf basierend der Untersuchungsbereich mittels einer geeigneten Morphologie eingegrenzt werden.

1.2.1 Grundlegende Begrifflichkeiten

Um ein einheitliches Verständnis dieser Arbeit zu gewährleisten, werden im Folgenden die Begriffe *direkte* und *indirekte Bereiche* sowie *Prozesse* und *Geschäftsprozesse* erläutert und voneinander abgegrenzt. Dies dient insbesondere dazu, den Betrachtungsbereich der vorliegenden Arbeit spezifizieren und Ansätze des existierenden Stands der Forschung besser einordnen zu können.

Direkte und indirekte Bereiche

Die *direkten Bereiche* bezeichnen in erster Linie alle Bereiche eines Unternehmens, die unmittelbar an der betrieblichen Leistungserstellung beteiligt sind (MIEHLER 1998, S. 53). In produzierenden Unternehmen umfassen diese somit im Wesentlichen die Tätigkeiten der Teilefertigung und Montage (THOMAS & HEMMERS 1981, S. 433).

1 Einleitung

Die *indirekten Bereiche* tragen im Gegensatz zu den *direkten Bereichen* nur mittelbar zur betrieblichen Leistungserstellung bei, indem sie diese unterstützen. Gemäß ihrer relativen Stellung zu den direkten Bereichen können Sie in vorgelagerte, nachgelagerte, begleitende und übergeordnete Bereiche unterteilt werden (THOMAS & HEMMERS 1981, S. 433). Tätigkeiten, die diesem Bereich zuzuordnen sind, umfassen „vorbereitende, planende, steuernde, überwachende und koordinierende Aufgaben in Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Logistik, Arbeitsvorbereitung und Programmierung, Produktionsplanung und -steuerung, Instandhaltung, Qualitätssicherung, Auftragsabwicklung, Vertrieb oder dem Rechnungswesen“ (HORVATH & MAYER 1989, S. 214).

Prozesse und Geschäftsprozesse

In der betriebs- und ingenieurwissenschaftlichen Literatur finden sich zahlreiche unterschiedliche Definitionen für den Prozessbegriff. Ein Begriffsverständnis, über das weitestgehend Einigkeit herrscht und das auch im Rahmen dieser Arbeit genutzt werden soll, beschreibt diesen als einen „Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt“ (DIN EN ISO 9000). Diese sehr allgemeine Definition sagt dabei noch nichts über Inhalt, Ablauf, Grenze sowie die Struktur des Prozesses aus. Auch die Eingaben oder der Empfänger des Prozessergebnisses werden nicht weiter spezifiziert (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 63-64). Eine im betrieblich-organisatorischen Kontext gängige Konkretisierung des Begriffs folgt der Definition von DAVENPORT (1993, S. 5), der dem Prozess eine spezifische Ordnung der Arbeitstätigkeit über Zeit und Ort zuspricht und ihn somit als eine Handlungsstruktur mit einem Anfang und einem Ende sowie klar identifizierten In- und Outputs beschreibt.

Im Zusammenhang mit dieser betrieblichen Sichtweise auf den *Prozess* wird zudem häufig der Begriff des *Geschäftsprozesses* (engl. *Business Process*) verwendet. Eine frühe, aus dem englischen Sprachraum stammende Definition eines *Geschäftsprozesses* beschreibt diesen als eine Sammlung von Aktivitäten, die eine oder mehrere Arten von Eingaben aufnimmt und eine Ausgabe erzeugt, die für den Kunden von Wert ist (HAMMER & CHAMPY 1993, S. 35). Damit wird dem ursprünglichen Prozessbegriff ein bestimmtes Ziel zugewiesen, und zwar Wert für einen Kunden zu erzeugen. Dabei soll im Rahmen dieser Arbeit explizit keine Einschränkung gemacht werden, ob es sich hierbei um externe oder interne

Kunden handelt. Die Literatur im deutschen Sprachraum greift diese zielgerichtete Definition auf, betont allerdings zusätzlich den im Wesentlichen funktions- und organisationsübergreifenden Charakter eines *Geschäftsprozesses* sowie die sachlogische Verknüpfung der Aktivitäten (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 63-64)¹. Der funktionsübergreifende Aspekt bezieht sich dabei sowohl auf interne Grenzen (funktionale, hierarchische, organisatorische oder personelle) als auch auf Unternehmensgrenzen (Kunde, Zulieferer oder Partner) und soll auch im Rahmen dieser Arbeit so verstanden werden.

1.2.2 Eingrenzung des Untersuchungsbereichs

Den obigen Definitionen folgend laufen in den direkten und indirekten Bereichen eines Unternehmens sehr viele verschiedene Prozesse ab (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 63-64), die auf unterschiedlichste Art und Weise sowie in unterschiedlichem Umfang betrachtet werden können. Um den für diese Arbeit geltenden Untersuchungsbereich einzugrenzen, werden im Folgenden die Ausprägungen der in Abbildung 1.1 dargelegten Merkmale *Unternehmensbereich*, *Betrachtungsumfang*, *Fabriklebenszyklus* sowie *Prozesslebenszyklus* beschrieben.

Merkmalsname	Ausprägungen				
Unternehmensbereich	Direkter Bereich	Produktionsnaher indirekter Bereich		Indirekter Bereich	
Betrachtungsumfang	Einzelner Prozess			Prozesssystem	
Fabriklebenszyklus	Entwicklung	Aufbau	Anlauf	Betrieb	Abbau
Prozesslebenszyklus	Prozesse identifizieren	Prozesse definieren	Prozesse betreiben	Prozesse überwachen	

Abbildung 1.1: Morphologie zur Eingrenzung des Untersuchungsbereichs

Basierend auf der bereits getätigten Definition der *direkten* und *indirekten Bereiche* sowie der Begriffe *Prozess* und *Geschäftsprozess* soll zur Konkretisierung des Untersuchungsgegenstandes eine bereichs- als auch prozessorientierte Eingrenzung erfolgen. Hierzu soll ein von (ALDINGER 2009, S. 110) beschriebenes

¹Siehe hierzu auch OSTERLOH & FROST (2006, S. 33) und GADATSCH (2015, S. 4).

1 Einleitung

Modell herangezogen werden, welches die *produktionsnahen indirekten Bereiche* von den indirekten Bereichen abgrenzt. Die Tätigkeiten in den *produktionsnahen indirekten Bereichen* werden dabei als unmittelbar notwendig angesehen, um „die Leistung in den direkten Wertschöpfungsprozessen durchführen zu können“ (ALDINGER 2009, S. 110). Das Modell fasst dabei die *produktionsnahen indirekten Bereiche* in die Arbeitsvorbereitung, die Qualitätssicherung, die Logistik, den Vorrichtungsbau, die Instandhaltung, die Disposition und die Fertigungssteuerung zusammen (siehe Abbildung 1.2).

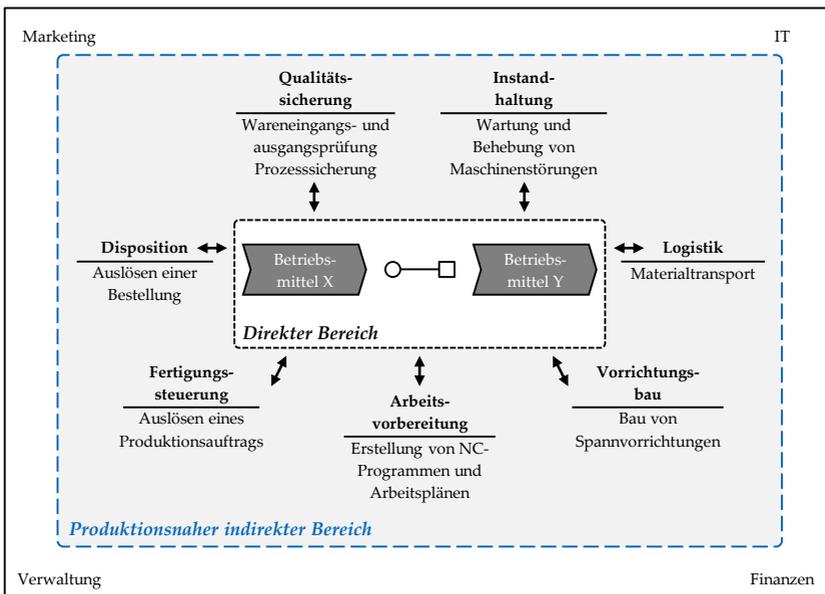


Abbildung 1.2: Produktionsnahe indirekte Bereiche

Im Rahmen dieser Arbeit soll im Gegensatz zum beschriebenen Modell weniger ein bereichs-, sondern vielmehr ein prozessorientiertes Verständnis herangezogen werden. Hierfür wird der Begriff des *produktionsnahen Geschäftsprozesses* definiert. Ein *produktionsnaher Geschäftsprozess* stellt dabei eine Sammlung von Aktivitäten dar, die aus einer oder mehreren Arten von Inputs einen direkten Output für den Produktionsprozess erzeugen. Der Produktionsprozess wird dabei als maßgeblicher Wertschöpfungsprozess verstanden.

Eine weitere Eingrenzung des Untersuchungsbereiches soll darüber festgelegt werden, in welcher Phase des *Fabriklebenszyklus* die zu entwickelnde Methodik angewandt werden kann. Hierbei soll der Fokus der Betrachtungen die Phase des laufenden Betriebs sein. Dies bedeutet, dass ausschließlich Prozesse betrachtet werden, die im laufenden Fabrikbetrieb stattfinden. Somit konkretisiert sich auch der Begriff des produktionsnahen Geschäftsprozesses dahingehend, dass sämtliche planenden oder strategischen Prozesse nicht in die Betrachtungen einbezogen werden.

Der Umfang der Betrachtungen erstreckt sich hierbei allerdings nicht nur auf einen einzelnen im Betrieb anfallenden produktionsnahen Geschäftsprozess, sondern auf das gesamte *Prozesssystem* (siehe Abschnitt 2.4.2), also die Gesamtheit der für einen Produktionsprozess notwendigen produktionsnahen Geschäftsprozesse und deren Wechselwirkungen.

Ein weitere Eingrenzung des Betrachtungsraumes findet durch die Einordnung des in dieser Arbeit entstehen Beitrages zu den Phasen *Prozesse betreiben* und *Prozesse überwachen* im Prozesslebenszyklus² statt. Damit soll schon zu Beginn dieser Arbeit klargestellt werden, dass es bei der zu entwickelnden Methodik nicht darum geht, noch nicht bestehende Prozesse zu identifizieren (Phase 1) oder diese zu definieren (Phase 2), sondern einen Beitrag im Betrieb und insbesondere der Überwachung von Prozessen zu leisten.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, produzierende Unternehmen im Rahmen des Prozessmanagements bei der Auswahl von zu optimierenden Prozessen zu unterstützen. Hierzu ist eine Methodik zu entwickeln, die eine Quantifizierung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess und somit eine plausibel begründbare Priorisierung dieser Prozesse ermöglicht. Als grundlegende Voraussetzung sind hierfür Vorgehensweisen zu entwickeln, die eine Identifikation und Beschreibung der produktionsnahen Geschäftsprozesse sowie deren Wirkzusammenhänge mit

²Siehe hierzu WAGNER & PATZAK (2015, S. 76).

1 Einleitung

dem Produktionsprozess ermöglichen. Auf dieser Basis ist schließlich eine Analyse der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse und die Quantifizierung der Auswirkungen zu realisieren.

Für die vorliegende Arbeit ergeben sich daraus drei Forschungsfragen:

- *Wie können zu optimierende produktionsnahe Geschäftsprozesse ausgewählt und gegeneinander priorisiert werden?*
- *Wie können produktionsnahe Geschäftsprozesse und deren Wechselwirkungen in einem Prozesssystem transparent gemacht und beschrieben werden?*
- *Wie können Einfluss und Wirkung zwischen den Prozessen eines Prozesssystems analysiert und bewertet werden?*

1.4 Forschungsmethodik und Aufbau der Arbeit

1.4.1 Wissenschaftstheoretische Einordnung und Forschungsmethodik

Um das im vorausgegangenen Abschnitt genannte Ziel zu erreichen, Unternehmen bei der Bewertung und Auswahl von zu optimierenden Prozessen zu unterstützen, ist auf Basis einer wissenschaftstheoretischen Einordnung eine geeignete Forschungsmethodik für diese Arbeit zu definieren.

Zur wissenschaftstheoretischen Einordnung eignet sich die von ULRICH & HILL (1976, S. 305) vorgestellte Wissenschaftssystematik (vgl. Abbildung 1.3). Hierbei werden die Formal- von den Realwissenschaften abgegrenzt, wobei sich bei den Realwissenschaften die *reinen Grundlagenwissenschaften*, die im Wesentlichen die Erklärung empirischer Wirklichkeitsausschnitte zum Ziel haben, von den *angewandten Handlungswissenschaften* unterscheiden lassen. Diese stellen insbesondere die Analyse menschlicher Handlungsalternativen in den Vordergrund und verfolgen dabei das praktische Ziel, neue Entscheidungsmodelle und -prozesse hervorzubringen (ULRICH & HILL 1976, S. 305).

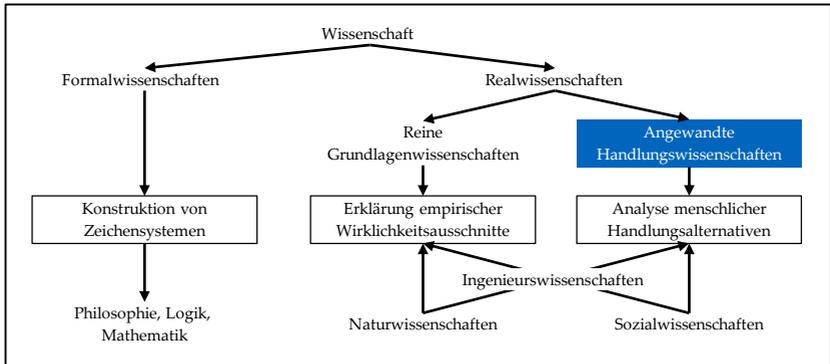


Abbildung 1.3: Wissenschaftstheoretische Einordnung der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an ULRICH & HILL (1976, S. 305)

Die Ingenieurwissenschaften können aufgrund ihrer Vielfältigkeit sowohl den Grundlagenwissenschaften als auch den angewandten Handlungswissenschaften zugeordnet werden, da innerhalb ingenieurwissenschaftlicher Forschungsvorhaben, neben der Beantwortung anwendungsorientierter Fragestellungen, zumeist auch ein theoretischer Erkenntnisgewinn erzielt wird. Mit dem Ziel der Entwicklung einer Methodik, die Unternehmen bei der Bewertung und Auswahl von zu optimierenden Prozessen unterstützt, kann die vorliegende Arbeit im Wesentlichen den angewandten Handlungswissenschaften zugeordnet werden, wobei im Zuge der Erarbeitung einzelner Bausteine die Erklärung empirischer Wirklichkeitsausschnitte unabdingbar ist und somit auch ein theoretischer Erkenntnisgewinn erzielt wird. Die im Rahmen dieser Arbeit gewählte Forschungsmethodik wird in Abbildung 1.4 schematisch dargestellt. Diese orientiert sich in ihren Grundzügen an dem von BLESSING & CHAKRABARTI (2009, S. 60-61) als Typ 3 („Erarbeiten einer Lösung“) der Design Research Methodology (DRM) beschriebenen Forschungstyp und adaptiert die dort genannten Phasen unter Berücksichtigung der von ULRICH (1982, S. 3-4) für die anwendungsorientierte Forschung vorgestellten Merkmale. Dabei ist in der Phase der Lösungserarbeitung zumeist eine kreativ-konstruktive Vorgehensweise notwendig. Im Folgenden werden die einzelnen Phasen der Forschungsmethodik kurz erläutert.

Im Zuge der Klärung des Forschungsziels wird mit der Beschreibung eines in

1 Einleitung

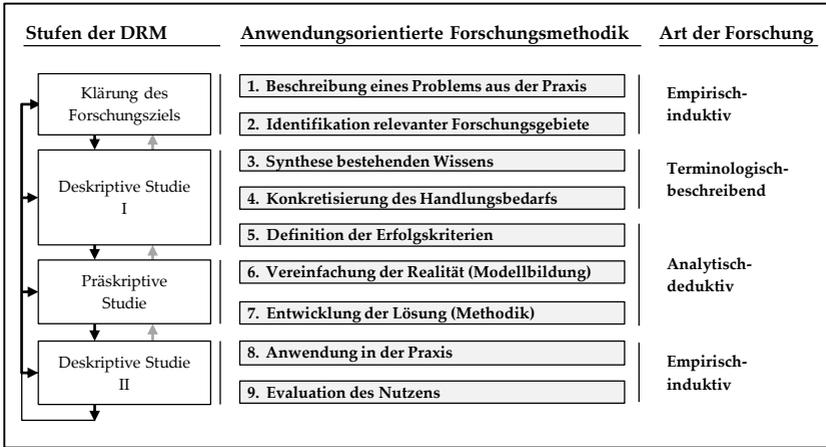


Abbildung 1.4: Anwendungsorientierte Forschungsmethodik in Anlehnung an BLESING & CHAKRABARTI (2009, S. 60-61) und ULRICH (1982, S. 3-4)

der Praxis auftretenden Problems (Schritt 1) ein grundlegender Unterschied der anwendungsorientierten Forschung im Vergleich zur Grundlagenforschung deutlich. Ausgehend von diesem spezifischen Problem gilt es in einem zweiten Schritt Forschungsgebiete zu identifizieren, die sich mit Themen in einem ähnlich gelagerten Kontext beschäftigen, um zum einen das Problemverständnis zu schärfen und zum anderen dessen Relevanz durch weitere Belege zu bekräftigen (Schritt 2). Hierfür kann es notwendig sein, insbesondere sehr spezifische praktische Probleme ausreichend zu verallgemeinern. Das Ziel der *deskriptiven Studie I* ist es schließlich, den konkreten Unterstützungsbedarf zur Lösung des Problems zu erarbeiten. Hierfür werden in einem dritten Schritt zunächst existierende Konzepte, Modelle und Methoden der relevanten Forschungsgebiete analysiert (Schritt 3) und darauf basierend der Handlungsbedarf in Bezug auf die vorliegende Problemstellung konkretisiert (Schritt 4). Aus den bis dahin gewonnenen Erkenntnissen gilt es zum Abschluss der deskriptiven Studie I Erfolgskriterien abzuleiten, die zur späteren Bewertung der Forschungsergebnisse herangezogen werden können (Schritt 5). Der wesentliche Fokus anwendungsorientierter Forschung liegt nunmehr auf der *präskriptiven Studie*, also der Entwicklung bisher unbekannter Lösungen und Handlungsalternativen. Die Komplexität praktischer Problemstellungen macht es im Vorfeld der Lösungsentwicklung

(Schritt 7) häufig notwendig, die Realität durch eine geeignete Modellbildung zu vereinfachen (Schritt 6). Den Abschluss des Forschungsvorhabens bildet die *deskriptive Studie II*, deren Ziel die Bewertung der erarbeiteten Lösung ist. Hierfür wird zunächst geprüft, ob die entwickelte Methodik in einem praktischen Anwendungsfall wie beabsichtigt genutzt werden kann (Schritt 8). Abschließend wird über die zuvor definierten Erfolgskriterien überprüft, ob sich der erwartete Nutzen der entwickelten Lösung einstellt (Schritt 9).

1.4.2 Aufbau der Arbeit

Der sachlogische Aufbau der vorliegenden Arbeit (vgl. Abbildung 1.5) wurde an die zuvor beschriebene Forschungsmethodik angelehnt und gliedert sich in sieben Kapitel.

In Kapitel 1 wurde in der *Einleitung* bereits die Ausgangssituation und Motivation beschrieben. Es wurde darauffolgend der Betrachtungsbereich spezifiziert, indem wesentliche Begrifflichkeiten erläutert und der Untersuchungsbereich konkretisiert wurde. Nach der Erläuterung der übergeordneten Zielsetzung sowie der Formulierung der Forschungsfragen endet das erste Kapitel mit der Beschreibung des Aufbaus der Arbeit.

In Kapitel 2 werden die zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendigen *Grundlagen* aufbereitet. Nach einer Darstellung der wesentlichen Aspekte des Managements von Prozessen, werden die Grundlagen der Prozessmodellierung dargelegt und relevante Modellierungssprachen vorgestellt. Dem Verständnis folgend, dass es sich bei den im Betrachtungsraum liegenden und in Wechselwirkung zueinanderstehenden produktionsnahen Geschäftsprozessen um ein Prozesssystem handelt, werden des Weiteren grundlegende Aspekte der Systemtheorie beschrieben. Darüberhinaus wird erläutert, welche unterschiedlichen Möglichkeiten existieren, Wechselwirkungen im System dazustellen und zu analysieren.

Auf Basis der Grundlagen erfolgt im dritten Kapitel die Darstellung des *Standes der Erkenntnisse*. Hierfür wird zunächst der für die Recherche angesetzte Untersuchungsrahmen erläutert. Im Anschluss werden aktuelle Forschungsansätze

1 Einleitung

zur Priorisierung und Auswahl von Prozessen, der Modellierung von Prozesssystemen sowie der Analyse von Einfluss und Wirkung im Prozesssystem beschrieben. Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung und der *Ableitung des Handlungsbedarfs* für die vorliegende Arbeit.

Im darauffolgenden Kapitel 4 wird die *Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse* vorgestellt. Dazu werden zu Beginn des Kapitels Anforderungen aufgestellt, die es im Rahmen der Konzeption der Methodik zu berücksichtigen gilt. Zudem werden Rahmenbedingungen zur Durchführung der Methodik sowie deren prinzipieller Ablauf schrittweise erläutert. Zum Abschluss des Kapitels wird die Methodik noch in den existierenden Stand der Forschung eingeordnet.

In Kapitel 5 findet eine *Detaillierung der Methodik* statt, indem die einzelnen Bausteine und Schritte der Methodik ausführlich erläutert werden. Die Beschreibung der Modellierung des betrachteten Prozesssystems bereitet die Analyse der Auswirkungen produktionsnaher Geschäftsprozesse vor und umfasst dabei sowohl das Erfassen der relevanten Informationen über den im Fokus stehenden Produktionsprozess, als auch die Entwicklung eines Vorgehens zur Erhebung der produktionsnahen Geschäftsprozesse. Darüber hinaus werden die für diese Arbeit wesentlichen Einflussfaktoren hergeleitet und ein Zielsystem entwickelt, welches die Grundlage der sich anschließenden Auswirkungsanalyse darstellt. Abschließend werden mit Hilfe eines Prozess-Portfolios die Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse bewertet und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

In Kapitel 6 wird die im Rahmen einer Fallstudie durchgeführte *Anwendung der Methodik* beschrieben und diese im Zuge einer Evaluation hinsichtlich der zuvor formulierten Anforderungen sowie ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet.

Kapitel 7 schließt die Arbeit mit einer *Zusammenfassung* und dem *Ausblick* auf zukünftige Forschungsaktivitäten ab.

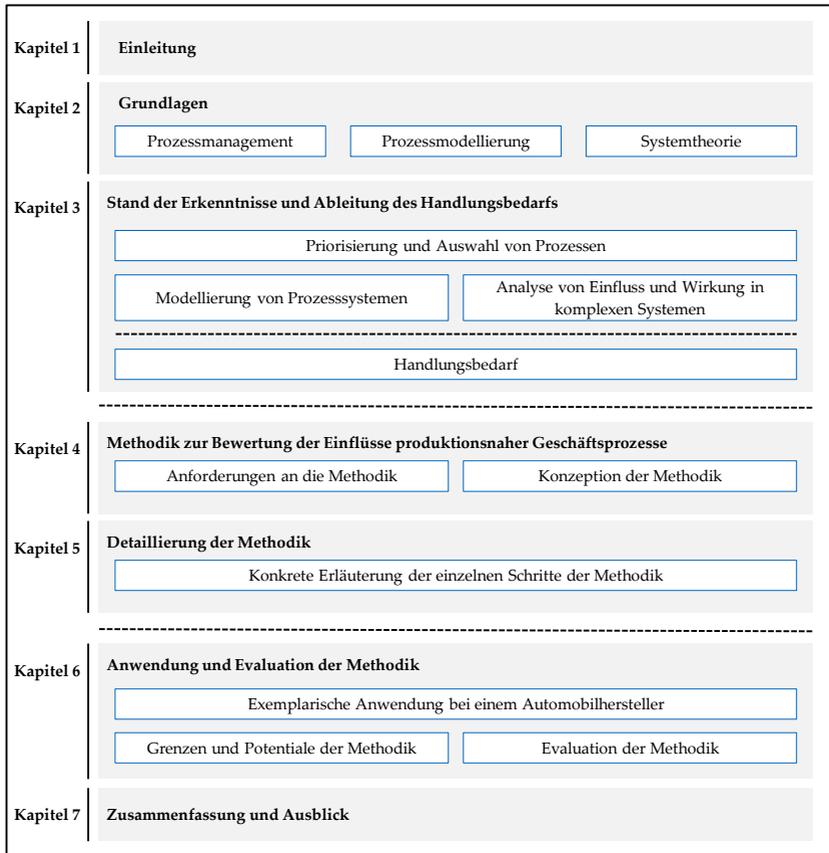


Abbildung 1.5: Aufbau der Arbeit

2 Grundlagen

2.1 Allgemeines

Das folgende Kapitel umfasst die Grundlagen der in Bezug auf die Zielstellung als relevant erachteten Forschungsgebiete und gibt dem Leser das notwendige Hintergrundwissen zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen. Hierfür werden in Abschnitt 2.2 zunächst die Grundlagen des Prozessmanagement erläutert. Dazu wird die Struktur von Geschäftsprozessen beschrieben und Möglichkeiten zu deren Kategorisierung aufgezeigt. Darauf aufbauend werden die wesentlichen Aspekte des Managements und der Optimierung von Geschäftsprozessen dargelegt. In Abschnitt 2.3 werden die Grundsätze der Modellierung von Geschäftsprozessen beschrieben sowie gängige Modellierungssprachen vorgestellt. Abschnitt 2.4 fasst im Anschluss grundlegende Aspekte der Systemtheorie zusammen und beschreibt, wie der Begriff des Prozesssystems in der vorliegenden Arbeit verstanden wird.

2.2 Grundlagen des Prozessmanagements

2.2.1 Struktur von Geschäftsprozessen

2.2.1.1 Grundlegendes Prozessverständnis

Der Definition aus Abschnitt 1.2.1 folgend, sind Geschäftsprozesse im Wesentlichen durch die in Abbildung 2.1 dargestellten Komponenten gekennzeichnet.

Durch die sachlogisch miteinander verketteten Aktivitäten eines Prozesses, findet durch den Einsatz von Sach- und/oder Personalmitteln eine Transformation der Eingaben statt. Die Eingaben (engl. Input) eines Geschäftsprozesses

2 Grundlagen

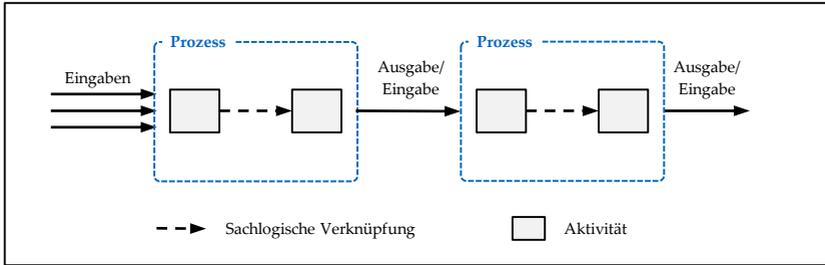


Abbildung 2.1: Komponenten eines Prozesses

können hierbei sowohl materieller (z.B. Betriebsmittel, Rohstoffe, Halbzeuge, etc.) als auch immaterieller Natur (Informationen, Dienstleistungen etc.) sein. Die Ausgabe (engl. Output) des Geschäftsprozesses, als Ergebnis der vollzogenen Transformation, kann dabei wiederum Eingabe für einen nachfolgenden Prozess sein.

2.2.1.2 Betrachtungsebenen von Prozessen

Ein Prozess hat einen vom Betrachter definierten Anfang und ein Ende. Um die Grenzen der Betrachtung für die Auseinandersetzung mit Prozessen zu ermöglichen, bietet sich je nach Art der Untersuchung eine Hierarchisierung der Prozessstruktur an (vgl. Abbildung 2.2).

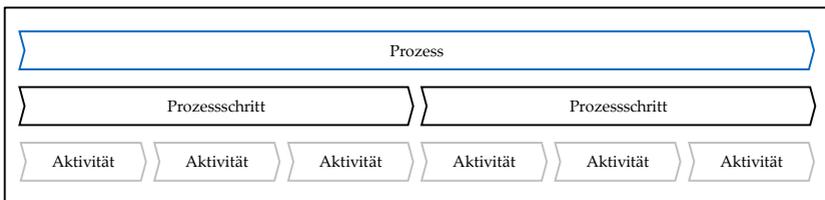


Abbildung 2.2: Prozesshierarchie

Hierbei werden Prozesse stufenweise untergliedert. In der Literatur finden sich unterschiedliche Möglichkeiten der Untergliederung¹. Insbesondere die Anzahl

¹Siehe hierzu unter anderem SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 130) oder KRAMP (2011, S. 30).

und Bezeichnungen der Hierarchieebenen kann in Abhängigkeit des Untersuchungsziels stark variieren. Im Rahmen dieser Arbeit soll die in Abbildung 2.2 dargestellte Prozesshierarchie angenommen werden. Hierbei liegt auf der obersten Betrachtungsebene der *Prozess*, der sich in sogenannte *Prozessschritte* unterteilen lässt. Ein *Prozessschritt* kann hierbei mehrere *Aktivitäten* umfassen, die sich schließlich nicht mehr weiter sinnvoll unterteilen lassen.

2.2.1.3 Prozesslandkarten

Aus prozessualer Sicht besteht ein Unternehmen nicht nur aus einem Prozess, der hierarchisch zu untergliedern ist, sondern aus „einem Geflecht von miteinander verbundenen Geschäftsprozessen“ (GAITANIDES et al. 1994, S. 210)². Die Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den Geschäftsprozessen beruhen im Wesentlichen auf dem Transfer von Material, Leistungen und Informationen, wobei das Verständnis über Wechselbeziehungen insbesondere für die Verbesserung der Geschäftsprozesse unerlässlich ist (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 82). Die Visualisierung der Geschäftsprozesse und ihrer Abhängigkeiten erfolgt häufig in einer sogenannten *Prozesslandkarte* (WAGNER & PATZAK 2015, S. 67). Diese wird zumeist mittels einer Top-down-Betrachtung erarbeitet. Hierbei werden die Prozesse eines Unternehmens aus strategischen Überlegungen geclustert und deren Abhängigkeiten auf oberster Ebene dargestellt. Abbildung 2.3 zeigt beispielhaft eine schematische Prozesslandkarte für die Kategorie der sogenannten primären Geschäftsprozesse (vgl. Abschnitt 2.2.1.4). Weitere Möglichkeiten der Kategorisierung von Prozessen, wie sie unter anderem für die Erstellung einer Prozesslandkarte verwendet werden können, werden im folgenden Abschnitt näher erläutert.

2.2.1.4 Kategorisierung von Prozessen

Insbesondere vor dem Hintergrund der Untersuchung der Bedeutung einzelner Geschäftsprozesse ist es wichtig, diese voneinander abgrenzen und unterschei-

²In der Literatur finden sich hierfür unter anderem auch die Begriffe Prozessarchitektur, Prozesslandkarte, Prozesslandschaft, Prozesssystem (vgl. Abschnitt 2.4.2.2).

2 Grundlagen

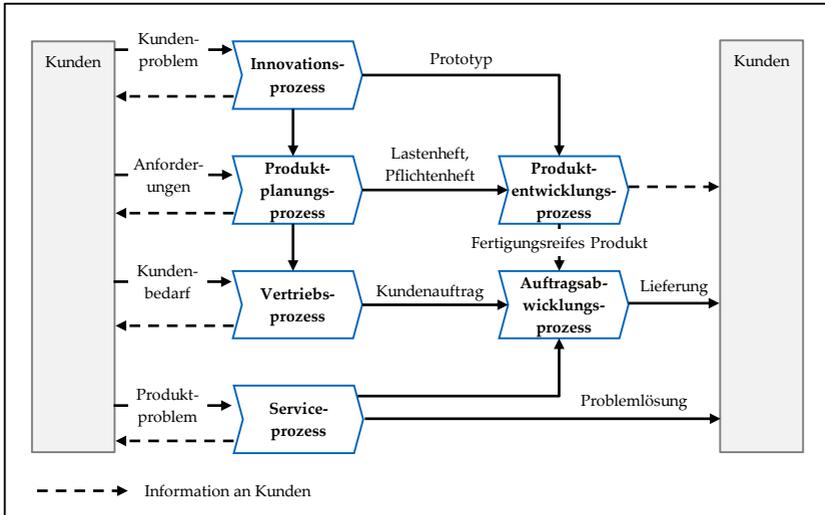


Abbildung 2.3: Schematische Prozesslandkarte primärer Geschäftsprozesse in Anlehnung an SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 82)

den zu können. In der Literatur finden sich hierzu zahlreiche Merkmale, anhand deren Ausprägungen Geschäftsprozesse unterschieden werden. Im Folgenden werden diese Möglichkeiten der Kategorisierung von Prozessen aufgezeigt.

Primäre und sekundäre Geschäftsprozesse

In Anlehnung an die Wertkette nach Porter unterscheiden SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 77-80) Geschäftsprozesse hinsichtlich des Merkmals des *Marktbezugs* bzw. der *Wettbewerbsfähigkeit* in *Primäre* und *Sekundäre Geschäftsprozesse*.

Primäre Geschäftsprozesse beeinflussen dabei maßgeblich die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens, da durch sie unmittelbarer Nutzen für den externen Kunden erzeugt wird. Im Gegensatz dazu werden als *Sekundäre Geschäftsprozesse* diejenigen Prozesse bezeichnet, die zur Unterstützung der primären Geschäftsprozesse benötigt werden. Sekundäre Geschäftsprozesse erstellen ihre Leistung in den meisten Fällen für einen internen Kunden und beeinflussen die Wettbewerbsfähigkeit in der Regel nicht unmittelbar (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 77-78).

Materielle und Informationelle Prozesse

Die Einteilung der Prozesse eines Unternehmens in *materielle* und *informationelle Prozesse* legt das Merkmal des *Prozessgegenstands* zu Grunde (SCHULTE-ZURHAUSEN 2014, S. 54). Dabei werden unter *materiellen Prozessen* körperliche Aktivitäten (zumeist Bearbeitung und Transport) an realen physischen Objekten verstanden. *Informationelle Prozesse* oder *Informationsprozesse* bezeichnen dagegen die Verarbeitung oder den Austausch von Informationen. Eine eindeutige Abgrenzung zwischen diesen Prozessstypen ist jedoch nicht möglich, da materielle Prozesse mit der Weitergabe eines Gutes auch Informationen übermitteln können. Dies ist beispielsweise bei den Prozessen der innerbetrieblichen Logistik der Fall.

Standard-, Routine- und nicht Routine-Prozesse

Eine weitere Möglichkeit der Kategorisierung von Prozessen berücksichtigt mehrere Merkmale zur Differenzierung von *Standard-, Routine- und Nicht-Routine-Geschäftsprozessen* (vgl. LILLRANK (2003, S. 222-225)).

Standard-Geschäftsprozesse folgen dabei repetitiv immer dem gleichen Verlaufsmuster und lassen sich zudem durch das Eins-zu-eins-Verhältnis von In- und Output charakterisieren. Das bedeutet, dass es genau eine mögliche Input- sowie Outputvariation geben kann. *Routine-Geschäftsprozesse* zeichnen sich im Gegensatz dazu durch immer wieder leicht abweichende Tätigkeiten aus, sodass eine vollständige Automatisierung des Geschäftsprozesses nicht möglich ist. Routine-Geschäftsprozesse besitzen eine begrenzte Anzahl von Ein- und Ausgaben, welche im Vorfeld definiert werden müssen. *Nicht-Routine-Geschäftsprozesse* beschreiben alle nicht berechenbaren, überraschenden oder unbekannteren Aktivitäten und besitzen theoretisch betrachtet eine unbegrenzte Anzahl von In- und Outputmöglichkeiten. Zumeist laufen diese Prozesse in Unternehmensbereichen ab, in denen die Aufgabenstellung oft wechselt oder kreative Vorgänge die Regel sind.

Kern-, Unterstützungs- und Managementprozesse

Die Unterteilung der Geschäftsprozesse in *Kern-, Unterstützungs- und Managementprozesse* ist eine der am weitesten verbreitetsten Möglichkeiten der Kategorisierung und klassifiziert die Geschäftsprozesse hinsichtlich ihrer *Leistungsbeziehung*

2 Grundlagen

zum Endprodukt. Unter *Kernprozessen* werden im Allgemeinen diejenigen Prozesse verstanden, die unmittelbar an der Erzeugung eines gewünschten Outputs und somit an der Wertschöpfung beteiligt sind. Kernprozessen wird zudem häufig eine strategische Notwendigkeit zugeschrieben, da sie zur Erfüllung des Unternehmenszwecks eine entscheidende Rolle spielen. Synonym werden häufig auch die Begriffe *Schlüsselprozess*, *Primärprozess* oder *Wertschöpfungsprozess* verwendet (vgl. SCHEERMESSER (2003, S. 11)). Als *Unterstützungsprozesse* werden Prozesse bezeichnet, die zwar keinen Beitrag zum unmittelbaren Kundennutzen leisten (BECKER, KUGELER et al. 2012, S. 136-137), allerdings den reibungslosen Ablauf der Kernprozesse ermöglichen und somit mittelbar an der Wertschöpfung beteiligt sind (SCHEERMESSER 2003, S. 11-12). *Managementprozesse* übernehmen übergeordnete Aufgaben für der Planung, Steuerung, Überwachung sowie strategischen Ausrichtung eines Unternehmens (vgl. SCHEERMESSER (2003, S. 11-12), DÖRNER (2014, S. 15-16)).

In Bezug auf die vorliegende Arbeit ist diese Unterteilung von besonderer Relevanz, da sie einen Hinweis auf die Bedeutung der Prozesse für die Organisation gibt. Die in Abschnitt 1.2.2 definierten produktionsnahen Geschäftsprozesse stellen nach dieser Logik einen *Unterstützungsprozess* für den Produktionsprozess (Kernprozess) dar.

2.2.2 Management von Prozessen

2.2.2.1 Entstehung und Begrifflichkeit

Der Ursprung der Auseinandersetzung mit dem Thema Prozessmanagement findet sich bereits in betriebswirtschaftlichen Arbeiten der 1930er Jahre (KRAMP 2011, S. 3). Hierbei abstrahierte NORDSIECK (1932, S. 77) als einer der Ersten, den Betrieb als einen „[...]fortwährenden Prozess, eine ununterbrochene Leistungskette [...]“ und erkannte dabei die Notwendigkeit der Strukturierung der Organisation anhand der betrieblichen Prozesse. In den 1960er-Jahren wurden diese Ideen in der Organisationstheorie aufgegriffen. Große Teile der betriebswissenschaftlichen Literatur (vgl. insbesondere KOSIOL (1962)) fokussierten in diesem Zusammenhang die Gestaltung einer effizienten Aufbauorganisation als Voraussetzung für die Ablaufgestaltung (HELBIG 2003, S. 10). Nur wenige Autoren maßen der Gestaltung der Abläufe eine größere Bedeutung als der

Schaffung organisationaler Strukturen bei. Die durch eine starre Aufbauorganisation verursachte mangelnde Flexibilität sowie die größer werdende Distanz zum Kunden führten in der Folge zu erheblichen Wettbewerbsnachteilen (HELBIG 2003, S. 10) und ließen schließlich ein Umdenken stattfinden. Mit Beginn der achtziger Jahre erfolgte, vor allen Dingen im Rahmen umfassender Qualitätsbemühungen in den Unternehmen, eine intensivere Auseinandersetzung mit funktionsbereichsübergreifenden Abläufen. Im Kontext dieser zunehmenden Prozessorientierung entstanden wesentliche wissenschaftliche Arbeiten (u. a. GAITANIDES (1983), PORTER & JAEGER (1986) sowie HAMMER & CHAMPY (1993)), die sich mit der prozessorientierten Organisationsgestaltung auseinandersetzten. Gegen Ende der 80er Jahre und mit Beginn der 1990er Jahre entstanden mit dem Aufkommen zunehmend praxisorientierter Veröffentlichungen zum Thema Lean Management oder Business Process Reengineering, eine starke Verbreitung der Grundideen des Prozessmanagements. Das heutige Verständnis von *Prozessmanagement* basiert nach wie vor auf den im Zuge der Prozessorientierung entstandenen Überlegungen. Nach GAITANIDES et al. (1994, S. 3) umfasst das *Prozessmanagement* alle „planerischen, organisatorischen und kontrollierenden Maßnahmen zur zielorientierten Steuerung der Wertschöpfungskette eines Unternehmens hinsichtlich Qualität, Zeit, Kosten und Kundenzufriedenheit.“

2.2.2.2 Aufgaben des Prozessmanagements

Wie bereits aus der obigen Definition hervorgeht, umfasst das Prozessmanagement alle planerischen, organisatorischen sowie kontrollierenden Aufgaben, die die Prozesse eines Unternehmens betreffen.

Zur Strukturierung des Prozessmanagements finden sich in der Literatur zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten (siehe u. a. KRAMP (2011), GAITANIDES et al. (1994), ERDMANN (1999), SCHMELZER & SESSELMANN (2008)), auch wenn sich die tatsächlichen Aufgaben nur unwesentlich unterscheiden. Der Strukturierung von SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 8) folgend sind die wesentlichen Aufgabenfelder des Prozessmanagement die *Prozessführung*, die *Prozessorganisation*, das *Prozesscontrolling* sowie die *Prozessoptimierung*.

2 Grundlagen

Prozessführung

Unter *Prozessführung* verstehen SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 47-48) insbesondere die Aufgabe, die Mitarbeiter eines Unternehmens mit den Zielen, die man mit dem Prozessmanagement verfolgt, aber auch mit den Denk- und Arbeitsweisen des Prozessmanagements vertraut zu machen. Hierfür gilt es zunächst, aus den Unternehmenszielen ein Zielsystem für das Prozessmanagement abzuleiten und Normen und Regeln zu definieren, die für alle Akteure einen Ordnungsrahmen liefern. SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 8) prägen hierfür den Begriff der *Prozesskultur*.

Prozessorganisation

Zum Aufgabenfeld *Prozessorganisation* zählen SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 8-9) die Identifikation, Strukturierung und Modellierung der Geschäftsprozesse. GAITANIDES et al. (1994, S. 37-56) fassen diese Aufgaben als Schaffung einer „Prozess-Struktur-Transparenz“ zusammen. Im Zuge der Identifikation werden Prozesse zunächst als solche definiert und deren Prozesswürdigkeit überprüft (KRAMP 2011, S. 47-48). Eine Modellierung der Prozesse (siehe hierzu auch Abschnitt 2.3) ist insbesondere vor dem Hintergrund einer eingehenden Analyse der Schwachstellen, aber auch zur Festlegung von Rollen und Verantwortlichkeiten von Prozessen, eine wichtige Aufgabe des Prozessmanagements.

Prozesscontrolling

Das Aufgabenfeld des *Prozesscontrollings* liefert die Grundlage dafür, dass Geschäftsprozesse erfolgreich gesteuert werden können (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 9). Hierbei werden Ziele für die Prozesse definiert und mittels Kennzahlen konkretisiert, um die Zielerreichung kontrollieren zu können. Die regelmäßige Bewertung der Prozessleistung sowie das Reporting von auftretenden Abweichungen vom Soll-Zustand gehören hierbei zu den wesentlichen Aufgaben des Prozessmanagements während der Phase des Betriebens von Prozessen (KRAMP 2011, S. 52). Die zur Sicherstellung dieser „Prozess-Leistungs-Transparenz“ notwendigen Mess- und Kennzahlensysteme sind eine wesentliche Voraussetzung für ein erfolgreiches Prozessmanagement (GAITANIDES et al. 1994, S. 58) und sollen daher in Abschnitt 2.2.3.2. ausführlicher diskutiert werden.

Prozessoptimierung

Insbesondere für Unternehmen mit bereits bestehenden Prozess- und Organisationsstrukturen hat sich das Aufgabenfeld der *Prozessoptimierung*, sowohl in der industriellen Praxis als auch in der wissenschaftlichen Literatur, als das am meisten diskutierte herausgestellt. Hierbei geht es darum, die Leistungsfähigkeit der Prozesse im Unternehmen durch geeignete Maßnahmen zu steigern. Es lassen sich im Wesentlichen zwei Konzepte unterscheiden: die kontinuierliche und die radikale Verbesserung. Während bei den Ansätzen, die einen *kontinuierlichen Verbesserungsprozess* anstreben, zumeist einzelne, ausgewählte Prozesse schrittweise verbessert werden, fordern radikale Ansätze wie das *Business Process Reengineering (BPR)* eine komplette Neuausrichtung der Geschäftsprozesse. Aufgrund der großen Bedeutung der Thematik werden im folgenden Abschnitt die bedeutendsten Ansätze zur Geschäftsprozessoptimierung beschrieben.

2.2.2.3 Ansätze zur Prozessverbesserung

Total Quality Management (TQM)

Das *Total Quality Management* hat seinen Ursprung in amerikanischen Ansätzen (siehe unter anderen CROSBY (1983), DEMING (1985), FEIGENBAUM (1956), JURAN (1951)), die im Zuge der zunehmenden Qualitätsbewegung entstanden sind (HELBIG 2003, S. 17). Eine Weiterentwicklung der Ansätze fand vornehmlich durch japanische Autoren statt (siehe unter anderen IMAI (1991) und TAGUCHI (1986)). Als Ausgangspunkt des *TQM* gilt ein umfassender Qualitätsbegriff, der neben der Produktqualität auch die Qualität der Prozesse und der Mitarbeitenden beurteilt. Hierbei wird zudem der Nutzen für den Kunden berücksichtigt und dieser im Sinne einer Wertorientierung stets ins Verhältnis zu den eingesetzten Kosten gesetzt (OSTERLOH & FROST 2006, S. 104). Die im *TQM* genutzten Methoden und Instrumente zur Leistungs- und Prozessverbesserung beziehen sich insbesondere auf die Überprüfung und Weiterentwicklung der existierenden Organisationsstruktur. Die zu erzielenden Verbesserungen erfolgen dabei in kontinuierlichen und inkrementellen Schritten (HELBIG 2003, S. 17). Eine Konkretisierung der Inhalte des *TQM* fand insbesondere durch die Entwicklung des „EFQM-Modell for Excellence“ der European Foundation for Quality Management statt. Der ganzheitliche und ergebnisorientierte Ansatz

2 Grundlagen

wird zur Bewertung der Stärken und Verbesserungspotentiale eines Unternehmens herangezogen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 17). Hierbei werden als Bewertungskriterien sogenannte „Enabler“ (Führung, Strategie, Menschen, Partnerschaften und Ressourcen sowie insbesondere Prozesse, Produkte und Dienstleistungen) und „Results“ (Ergebnisse für die Kunden, die Mitarbeiter, die Gesellschaft, das Unternehmen) herangezogen (EFQM 2018).

Lean Management (LM)

Unter dem Begriff *Lean Management* wird ein Management-Ansatz verstanden, der eine konsequente Anwendung von „Prinzipien, Methoden und Maßnahmen zur effektiven und effizienten Planung, Gestaltung und Kontrolle der gesamten Wertschöpfungskette“ fordert (PFEIFFER & WEISS 1994, S. 53). Das heutige Verständnis des Lean Management basiert auf der Erweiterung und Übertragung der Ideen der sogenannten *Lean Production* (dt. Schlanke Produktion) auf weitere Funktionsbereiche eines Unternehmens (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 21). Erste Veröffentlichungen hierzu stammen von KRAFCIK (1988) und WOMACK, JONES & ROOS (1990), die sich in ihren Arbeiten mit den Gründen für den Produktivitäts- und Qualitätsvorteil japanischer Kraftfahrzeughersteller (insbesondere Toyota) gegenüber europäischen und US-amerikanischen Wettbewerbern befassten. Nach dem Vorbild des *Toyota Produktionssystem*s, welches die Vermeidung von Verschwendung und die Ausrichtung aller Produktionsabläufe auf den Kundenwunsch in den Fokus setzt (ONO 1993, 18 f.), wurden Prinzipien formuliert, die „[...] eine Möglichkeit zur Spezifizierung des Wertes, zur Organisation der wertschöpfenden Tätigkeiten in der besten Abfolge, zum reibungslosen, nachfragegesteuerten Ablauf dieser Aktivitäten sowie zu ihrer immer effizienteren Ausführung [...]“ darstellen (WOMACK & JONES 1997, S. 15-31). Wesentliche Aspekte sind hierbei die Betonung einer kontinuierlichen Verbesserung (jap. Kaizen) sowie einer ausgeprägten Prozessorientierung.

Business Process Reengineering (BPR)

Das *Business Process Reengineering* ist einer der am meisten diskutierten Management-Phänomene der 1990er Jahre und hat seine Wurzeln im IT-Management (DAVENPORT & STODDARD 1994, S. 126). Als eine der Ersten definierten HAMMER & CHAMPY (1993) das *Business Process Reengineering* als ein

„fundamentales Umdenken und eine radikale Neugestaltung der Geschäftsprozesse, um dramatische Verbesserungen in kritischen und aktuellen Leistungskennzahlen wie Kosten, Qualität, Kundenzufriedenheit und Geschwindigkeit zu erzielen“ (HAMMER & CHAMPY 1993, S. 32). Die Definition zeigt, dass es beim *BPR*, anders als beim *TQM* oder dem *Lean Management* nicht darum geht, marginale oder inkrementelle Verbesserungen anzustoßen, sondern darum, über radikale Veränderungen sprunghafte Leistungssteigerungen zu erzielen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 22). Als wesentliche Merkmale des *BPR* gelten hierbei die Folgenden (vgl. u. a. TEUBNER (1999, S. 145), SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 22)):

- **Fundamentaler organisatorischer Wandel:** Prozesse, Strukturen und Systeme werden einer grundlegenden Erneuerung unterzogen.
- **Prozess- und Kundenorientierung:** Alle wertschöpfenden Tätigkeiten innerhalb eines Unternehmens werden in Prozesse integriert und auf den Kunden ausgerichtet.
- **Informationstechnologie:** Moderne Informationstechnologie ist der wesentliche Erfolgsfaktor für eine radikale Neugestaltung.

Six Sigma

Ein weiterer Ansatz, der sich für die Verbesserung von Geschäftsprozessen etabliert hat, ist das sogenannte *Six Sigma* (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 24). Dieses Konzept wurde in der Mitte der 1980er Jahre von der Firma Motorola in den USA entwickelt. Vorbild hierfür waren die in den 1970er Jahren in der japanischen Schiffbau- und später auch der Elektronik- sowie Konsumgüterindustrie praktizierten kundenorientierten Management-Ansätze (TOUTENBURG & KNÖFEL 2009, S. 2-3). Methodisch steht hinter dem *Six Sigma*-Ansatz das Bestreben, die Leistungsfähigkeit von Prozessen mittels Kennzahlen messbar zu machen. Ein wesentliches Kernelement ist hierbei der sogenannte DMAIC-Zyklus (Define – Measure – Analyze – Improve – Control). Hierbei handelt es sich um eine logische Vorgehensweise, die die Beschreibung, Messung, Analyse, Verbesserung und Überwachung von Prozessen mit statistischen Mitteln vorsieht, um damit eine kontinuierliche Verbesserung der Geschäftsvorgänge zu ermöglichen. Ein wesentliches Ziel des *Six Sigma* ist es, fehlerfreie Prozesse und Produkte zu realisieren. Hierbei sollen geringe Streuungen und Abweichungen

vom Mittelwert eines vorgegebenen Toleranzintervalls erzielt werden (WAGNER & LINDNER 2013, S. 1)³. Etwa seit dem Jahr 2000 wird Six Sigma in vielen Publikationen mit den Methoden des Lean Management kombiniert und als Lean Sigma oder Lean Six Sigma bezeichnet. Als ein wesentlicher Unterschied lässt sich feststellen, dass das Six Sigma bei der operativen Prozessoptimierung sehr stark die Output-Qualität fokussiert, während sich das Lean Management auf die Durchlaufzeit konzentriert (GEORGE et al. 2004, S. 15). Zudem kann der projekthafte und häufig kontrollierende Aspekt von Six Sigma als Top-down-Ansatz verstanden werden, während die von Mitarbeitern initiierten schrittweisen Verbesserungen im Lean Management eher einem Bottom-up-Ansatz entsprechen.

2.2.2.4 Messen und Bewerten von Prozessen

Übergeordnetes Ziel des Prozessmanagements und der beschriebenen Ansätze ist es, die Leistung der Prozesse eines Unternehmens zur Sicherung des Unternehmenserfolgs zu gewährleisten (VAHS 2009, S. 149-151). Wie aus den zuvor beschriebenen Aufgabenfeldern des Prozessmanagements hervorgeht (vgl. Abschnitt 2.2.2.2), ist es eine wesentliche Aufgabe des Prozesscontrollings die Messbarkeit zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Prozessen sicherzustellen. Hierfür werden zumeist Kennzahlen definiert, die sich aus den Zeit-, Qualitäts-, oder Kosten-Zielen der Prozesse ableiten lassen.

Kennzahlen und Kennzahlensysteme

Insbesondere in der betriebswissenschaftlichen Literatur existieren zahlreiche Definitionen für den Begriff *Kennzahl*. Eine sehr allgemeine Definition des Begriffs *Kennzahl* beschreibt diese als betrieblich relevante, numerische Information (SANDT 2004, S. 10). Häufig werden hierfür auch die Begriffe Kennziffer, Kontrollziffer, Messgröße, Richtzahl, Schlüsselziffer oder Messzahl synonym verwendet (BECKER 2005, S. 181). Im betrieblichen Kontext erfüllen Kennzahlen

³Der simplen Definition nach entspricht Sigma der Standardabweichung einer Gaußschen Normalverteilung. Basierend auf der Anzahl an Fehlern in einem Prozess lässt sich mit Hilfe von Tabellen oder Statistikprogrammen das Sigma-Niveau ermitteln. Ein Niveau von sechs Sigma bedeutet, dass bei einer Millionen Fehlermöglichkeiten weniger als vier Fehler auftreten. Dies entspricht nahezu einer Null-Fehler-Produktion (BECKER, KUGELER et al. 2012, S. 488).

die Funktion, die komplexe Realität der betrachteten Objekte (Prozesse, etc.) mit Hilfe quantitativer Daten zu verdichten (WEBER & SCHÄFFER 2014, S. 196). Damit helfen Kennzahlen dem Entscheider, sich einen schnellen und möglichst umfassenden Überblick zu verschaffen und unterstützen ihn bei der Analyse, Steuerung und Kontrolle der Geschäftsvorgänge (GLADEN 2011, S. 11).

Insbesondere bei komplexen Organisationsstrukturen können Zusammenhänge auf Basis einzelner Kennzahlen nicht mehr erfasst werden. Daher sind in einem solchen Fall unterschiedliche Kennzahlen in Beziehung zu setzen. Zwei oder mehrere in Beziehung zueinander stehende Kennzahlen werden dementsprechend als *Kennzahlensysteme* bezeichnet (SANDT 2004, S. 14). Hierbei kann die Beziehung der Kennzahlen darin bestehen, dass diese sich in ihrer Aussagekraft gegenseitig ergänzen und sie meist auf einen übergeordneten Zweck ausgerichtet sind (GOTTMANN 2016, S. 146).

Hinsichtlich der Beziehung zwischen den Kennzahlen lassen sich Kennzahlensysteme in sogenannte *Rechen-* und *Ordnungssysteme* unterscheiden (WEBER & SCHÄFFER 2014, S. 196). Zu den *Rechensystemen* gehören Kennzahlensysteme, bei denen die Kennzahlen mathematisch verknüpft sind (GOTTMANN 2016, S. 146). Ausgehend von einer Spitzenkennzahl, die innerhalb des betrachteten Systems die wichtigste Aussage vermittelt, werden durch Aufgliederung weitere Unterkennzahlen gebildet, sodass eine Kennzahlen-Hierarchie mit mehreren Ebenen entsteht (GLADEN 2011, S. 93-94). Qualitative Effekte werden bei derartigen Kennzahlensystemen ausgeblendet. Bekanntester Vertreter eines solchen Rechensystems ist das aus der Betriebswirtschaft stammende und in Abbildung 2.4 dargestellte DuPont-Kennzahlensystem (BURKERT 2008, S. 12-13).

Ordnungssysteme verlangen im Gegensatz zu den Rechensystemen keine mathematischen Zusammenhang zwischen den Kennzahlen. Sie ergeben sich aus der strukturierten Zusammenstellung aller systematisch erfassten Kennzahlen, die für eine bestimmte Fragestellung relevant sind (GOTTMANN 2016, S. 146). Die Beziehungen werden häufig auf Basis von Erfahrungswerten aufgezeigt und müssen hierbei keinen hierarchischen Aufbau zeigen (SANDT 2004, S. 15), sondern werden sachlogisch unterschiedlichen Bereichen zugeteilt (GOTTMANN 2016, S. 146). Ein bekannter Vertreter für ein solches *Ordnungssystem* ist die Balanced Scorecard (BSC), die eine Zuordnung finanzieller und nicht-finanzieller Kennzahlen zu verschiedenen Perspektiven anstrebt. In Expertenworkshops

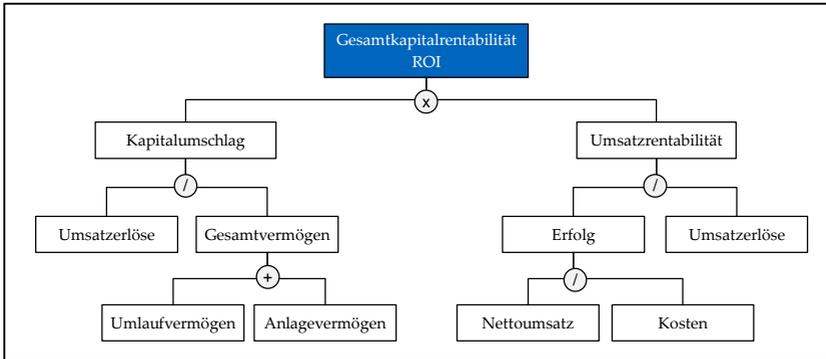


Abbildung 2.4: Vereinfachtes DuPont-Kennzahlensystem in Anlehnung an GLADEN (2011, S. 83)

werden die Wirkungsbeziehungen zwischen den Kennzahlen der einzelnen Perspektiven ermittelt (BURKERT 2008, S. 18-20).

Prozessleistungsmessung mittels Kennzahlen

Da Kennzahlen an einer konkreten Zielsetzung ausgerichtet sein müssen, um ihren Nutzen generieren zu können (GOTTMANN 2016, S. 146), lassen sich insbesondere auch für Prozesse keine allgemeingültigen Kennzahlen festlegen. Im Prozessmanagement werden Kennzahlen und Kennzahlensysteme insbesondere für die Messung der Leistungsfähigkeit einzelner Prozesse⁴ herangezogen, da dies für die wirksame Verbesserung von Prozessen notwendig ist (PWC 2011, S. 32).

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Prozessen lässt sich zwischen der Prozesseffektivität und der Prozesseffizienz unterscheiden. Mit der Beurteilung der Prozesseffektivität wird die Frage beantwortet, ob der gewünschte Output eines Prozesses und somit die zuvor definierten Prozessziele erreicht werden (KAMISKE 2012, S. 825). Die Prozesseffizienz beurteilt dagegen die Zielgerichtetheit eines Prozesses (KRAMP 2011, S. 38) und gibt ein Maß dafür, ob während der Transformation der Inputfaktoren Prozessverluste entstanden sind. Die meisten Ansätze zur Prozessoptimierung stellen die Verbesserung

⁴Weitere Einsatzgebiete siehe GUO (2008, S. 75)

der Effizienz einzelner Prozesse in den Vordergrund (KRAMP 2011, S. 39). Abbildung 2.5 veranschaulicht den Unterschied zwischen Prozesseffizienz und -effektivität.

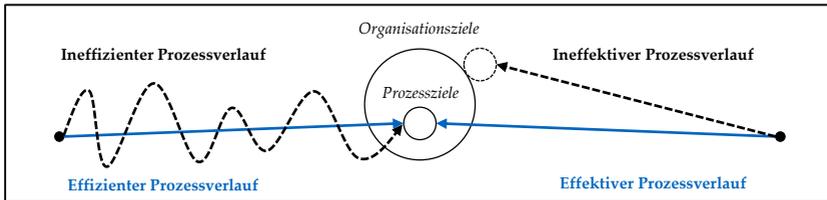


Abbildung 2.5: Effektivität und Effizienz von Prozessen in Anlehnung an KRAMP (2011, S. 39)

Im Zuge von Prozessverbesserungsmaßnahmen werden zur Messung der Leistungsfähigkeit im Wesentlichen Zeit-, Qualitäts- und Kostenkennzahlen erhoben (GAITANIDES et al. 1994, S. 38). In der jüngeren Vergangenheit werden insbesondere für Produktionsprozesse auch Flexibilitäts-, Mitarbeiter- (BECKER 2005, S. 184) oder Energiekennzahlen aufgenommen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass viele Unternehmen Kennzahlen nur für einzelne Geschäftsprozesse oder auch nur nach Bedarf erheben. Systematisch aufgebaute Kennzahlensysteme für die gesamte Prozesslandschaft kommen hingegen nur selten zum Einsatz (PWC 2011, S. 32). Zudem findet insbesondere in indirekten Unternehmensbereichen, aufgrund der häufig vorherrschenden Intransparenz der Prozesse, nur selten eine kennzahlenbasierte Messung der Leistungsfähigkeit statt (LANGE 1994, S. 30).

2.3 Grundlagen der Modellierung von Geschäftsprozessen

2.3.1 Begrifflichkeiten im Kontext der Modellierung

Eine frühe Definition beschreibt ein *Modell* als ein System, das als Repräsentant eines Originals höherer Komplexität, mit diesem bestimmte aufgabenspezifische Eigenschaften teilt und dafür geschaffen wird, die Erfassung oder Beherrschung des Originals zu ermöglichen oder zu erleichtern (WÜSTNECK 1963,

2 Grundlagen

S. 1522-1523). Auch die Definition nach VDI 3633 lehnt sich an diese Definition an und konkretisiert sie dahingehend, dass sich das *Modell* hinsichtlich der untersuchungsrelevanten Eigenschaften lediglich innerhalb eines vom Untersuchungsziel abhängigen Toleranzrahmens vom Original bzw. der Realität unterscheidet (VDI 3633). Dieser Definition folgend dient ein Modell der Analyse und Gestaltung realer Systeme (GADATSCH 2017, S. 83), wobei es stets eine bewusste und häufig gewünschte Vereinfachung der Realität darstellt und aus dieser nur einen Ausschnitt abbildet (FETTKE 2008, S. 554). Insbesondere diese Vereinfachung ermöglicht die Darstellung komplexer Zusammenhänge und die Erlangung von Erkenntnissen aus ansonsten nicht handhabbaren Systemen (SCHÖNEBORN 2004, S. 31). Die aus der bewussten Abstraktion folgende Diskrepanz zwischen Realität und *Modell* ist bei jeglicher Modellanwendung zu beachten.

Zur Erstellung eines Modells bedarf es sogenannter *Modellierungssprachen*. Diese setzen sich aus Sprachelementen und Regeln zur Anwendung dieser Sprachelemente (Syntax) zusammen (LANG 1997, S. 15) und können einen informalen, formalen oder semiformalen Charakter aufweisen (LEHMANN 2008, S. 16). Während formale Sprachen zumeist eine mathematisch präzise Beschreibung von Elementen und Beziehungen ermöglichen und somit eine hohe Genauigkeit aufweisen (AULL 2012, S. 24), sind informale Sprachen durch eine große Flexibilität aber gleichermaßen auch hohe Beschreibungsunschärfe und Unvollständigkeit geprägt. Die semiformalen Sprachen bilden einen Kompromiss zwischen Verständlichkeit und Formalität, in dem sie ein Regelwerk notwendiger Genauigkeit mit einer informalen und oftmals grafischen Darstellungsart vereinen. Das Modell einer Modellierungssprache wird als *Metamodell* bezeichnet (JUNGINGER 2000, S. 7). Die Erweiterung einer Modellierungssprache um konkrete Anwendungshinweise sowie um eine strukturierte Vorgehensweise zur Erstellung eines Modells für einen bestimmten Zweck (z.B. zur Analyse von Prozessen) wird als *Modellierungsmethode* bezeichnet (SPUR et al. 1993, S. 9). Die Abhängigkeiten der genannten Begrifflichkeiten sind in Abbildung 2.6 noch einmal veranschaulicht.

Der obigen Definition folgend stellt ein *Prozessmodell* ein fachliches Modell und somit ein Abbild eines realen Geschäftsprozesses dar. Prozessmodelle, die einen Schwerpunkt auf informationstechnische Aspekte setzen, werden

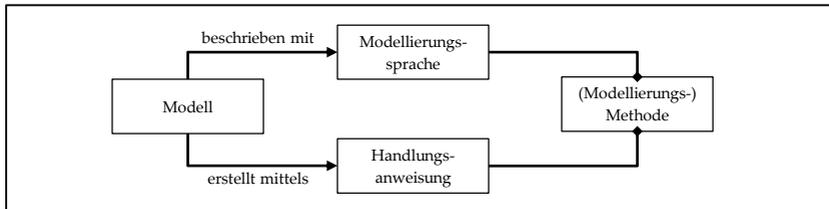


Abbildung 2.6: Modellierungsmethode und -sprache in Anlehnung an JUNGINGER (2000, S. 7)

als Workflow-Modelle bezeichnet und sollen im Rahmen dieser Arbeit keiner weiteren Betrachtung unterzogen werden (JUNGINGER 2000, S. 6-7). Prozessmodelle können für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden. Neben der reinen Dokumentation von Ist- und Sollprozessen sind Prozessmodelle für die Zertifizierung nach DIN EN ISO 9000 unabdingbar und werden darüber hinaus für das Benchmarking eingesetzt (BECKER, KUGELER et al. 2012, S. 18). Im Zuge von Prozessverbesserungsmaßnahmen und -projekten dienen Prozessmodelle als Ausgangspunkt einer jeden Analyse, da sie Transparenz über relevante Sachverhalte schaffen und eine gemeinsame Diskussionsgrundlage für alle Projektbeteiligten bieten (SIEBERT 1998, S. 13). Die systematische Modellierung aller in der Prozesslandschaft eines Unternehmens befindlichen Prozesse ist nach wie vor zentraler Bestandteil vieler Initiativen des Prozessmanagements (PWC 2011, S. 20). Insbesondere für die Dokumentation der Ist-Prozesse finden sich in der wissenschaftlichen Literatur sowie der industriellen Praxis zahlreiche Prozessmodellierungsmethoden und -sprachen. Besonders Relevante werden im folgenden Kapitel beschrieben.

2.3.2 Prozessmodellierungssprachen

Im Zuge der immer stärker werdenden Prozessorientierung in Unternehmen und der damit einhergehenden zunehmenden Verwendung von Modellierungssprachen zur Prozessbeschreibung, haben sich eine ganze Reihe von Sprachkonzepten mit einer großen Anzahl an Sprachausprägungen entwickelt. JUNGINGER (2000, S. 13) kategorisiert diese hinsichtlich ihrer „Denkmodelle“ in graphen-, System Dynamics-, sprechakt- und regel-basierte Sprachen.

2 Grundlagen

Graphenbasierte Sprachen modellieren Prozesse als eine Abfolge von Aktivitäten, die als Knoten eines im mathematischen Sinne gerichteten Graphen verstanden werden (JUNGINGER 2000, S. 13). Dabei sind die Knoten je nach Sprache durch unterschiedliche Komponenten besetzt, wie auch die Knotenverbindungen beliebige Relationen und Beziehungen ausdrücken können. Unter den *System Dynamics-basierten Sprachen* versteht JUNGINGER (2000, S. 13) jene, die Prozesse als Systeme modellieren und dabei unterschiedliche Objekte, Einflussfaktoren, Kausalbeziehungen sowie deren Wechselwirkungen abbilden und hierbei auch weiche Faktoren, wie Mitarbeitermotivation, Vertrauen, Produktqualität und ähnliches berücksichtigen. Er zählt hierbei insbesondere auch sogenannte Event-Cause-Diagramme dazu, auf die im späteren Verlauf noch näher eingegangen werden soll (vgl. Abschnitt 2.4.2).

Regelbasierte Sprachen betrachten Prozesse ebenfalls als komplexe Systeme aus Aktivitäten, Ressourcen und Artefakten (JUNGINGER 2000, S. 13). Durch Regeln und logische Muster werden Beziehungen zwischen diesen Elementen ausgedrückt (MALIK & BAJWA 2012, S. 1). Diese formale Notation führt zu einer vergleichsweise geringen Anschaulichkeit (GADATSCH 2013, S. 64) und wird daher nur selten für die fachliche Modellierung von Geschäftsprozessen genutzt (JUNGINGER 2000, S. 13). Auch *sprechakt-basierte Sprachen*, die Prozesse als Interaktion zwischen mindestens zwei Teilnehmern verstehen finden hierbei eine eher geringere Verbreitung (JUNGINGER 2000, S. 13). Aufgrund der Tatsache, dass Geschäftsprozessmodelle insbesondere als Kommunikationsbasis dienen und somit eine einfache Nachvollziehbarkeit gewährleisten müssen, werden für die Modellierung von Geschäftsprozessen fast ausschließlich graphenbasierte Sprachen verwendet (JUNGINGER 2000, S. 21).

Graphen- oder auch diagrammbasierte Modellierungssprachen können in datenflussorientierte, kontrollflussorientierte sowie objektorientierte Sprachen unterteilt werden (GADATSCH 2013, S. 64). *Datenflussorientierte Modellierungssprachen* können für die Modellierung von Geschäftsprozessen aufgrund ihrer geringen Verbreitung als unbedeutend angesehen werden und sollen daher nicht weiter beschrieben werden (GADATSCH 2013, S. 64).

Bei *kontrollflussorientierten Methoden* wird die Abfolge von Tätigkeiten und damit der Prozessablauf selbst in den Vordergrund gestellt (GADATSCH 2015, S. 15).

Aufgrund dieses klaren Fokus auf die Dynamik von Prozessen finden sie in der Unternehmenspraxis die größte Verbreitung (SCHLICK et al. 2017, S. 175). Die Knoten kontrollflussorientierter Sprachen drücken dabei Aufgaben oder Tätigkeiten aus, während die Verbindungen zwischen den Knoten ausschließlich Relationen und Beziehungen darstellen. Die bedeutendsten kontrollflussorientierten Sprachen sind neben den Petri-Netzen, die als eine der ursprünglichen Konzepte die Grundlage vieler weiterer prozessorientierter Sprachen bilden, die ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK) sowie die Business Process Model and Notation (BPMN), bei der es sich um eine moderne Weiterentwicklung der EPK-Methodik mit stark wachsender Anwenderzahl handelt und beispielsweise in der Schweiz bereits einen Standard darstellt (WESKE 2012). Auch wenn in die Entwicklung der BPMN eine Reihe weiterer etablierter Modellierungssprachen einfließen (UML, IDEF, ebXML, BPSS und RosettaNet) (FETKE 2008, S. 9), lässt sich aufgrund der zentralen Stellung des Arbeitsablaufs im Modellierungskonzept die BPMN dennoch als kontrollflussorientierte Sprache klassifizieren (GADATSCH 2013, S. 87). Im Zuge der Veröffentlichung der bis dato aktuellsten Version („Version 2.0“) im Februar 2011 wurde die ursprüngliche Notation um ein sprachspezifisches formales Meta-Modell erweitert (FREUND & RÜCKER 2014, S. 9). Ein wesentliches Merkmal der Sprache ist die Bereitstellung einer sehr umfangreichen Notation. Ein beispielhaft mittels BPMN modellierter Prozess ist in Abbildung 2.7 dargestellt.

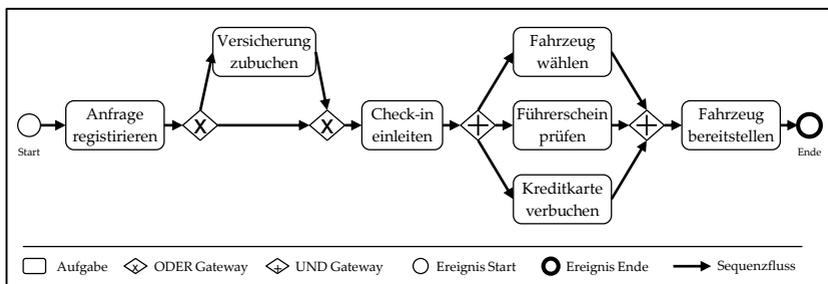


Abbildung 2.7: Beispiel eines mittels BPMN modellierten Prozesses in Anlehnung an VAN DER AALST (2014, S. 196)

Objektorientierte Modellierungssprachen stellen eine Brücke zwischen den gegensätzlichen Sichtweisen datenflussorientierter und kontrollflussorientierter Modellierungssprachen dar. Sie haben sich aus einem aus der Softwareent-

2 Grundlagen

wicklung stammenden Ansatz entwickelt, der die Integration von Funktionen und Daten zu sogenannten Objekten vorsieht (GADATSCH 2015, S. 15). Die Netzknoten diagrammbasierter Modellierungssprachen werden hierbei mit Objekten besetzt und um Informationen zu Relationen erweitert. Bei der Modellierung neuer IT-Systeme können durch diese Verbindung Prozessmodelle und Datenmodelle getrennt voneinander betrachtet werden (GADATSCH 2013, S. 89). Als bekanntester Vertreter der objektorientierten Modellierungssprachen ist die „Unified Modeling Language (UML)“ zu nennen, die ihre Wurzeln in der Softwareentwicklung hat. Insbesondere der UML Diagrammtyp des „Activity Diagrams“ zeigt hierbei Ähnlichkeiten zu den kontrollflussorientierten Sprachen auf, da hier Abläufe mit Hilfe von Aktionen und Kanten beschrieben werden, die als Aktionsübergänge zu betrachten sind (OESTEREICH 2004, S. 175-180). Abbildung 2.8 illustriert beispielhaft die Modellierungselemente eines „Activity Diagrams“.

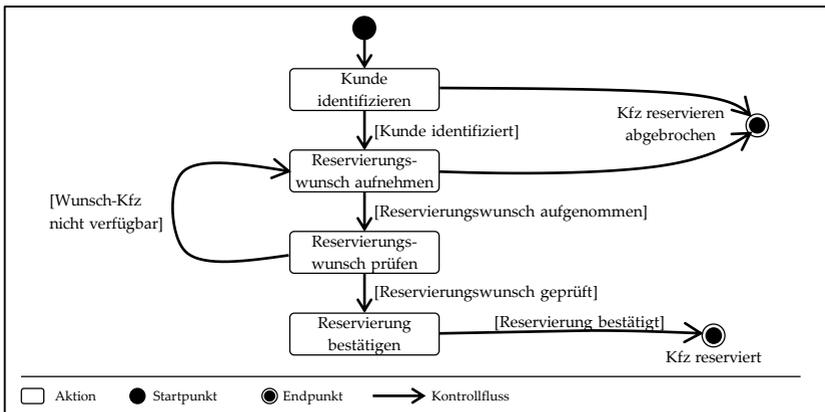


Abbildung 2.8: Beispiel eines Activity Diagrams in Anlehnung an OESTEREICH (2004, S. 175)

2.3.3 Wertstromorientierte Prozessmodellierung

Insbesondere in produzierenden Unternehmen hat sich nach dem Vorbild des Toyota Produktionssystems und der sich daraus entwickelnden Lean Production-Bewegung eine zunehmende Wertstromorientierung etabliert. Die-

se brachte eine weitere Form der Modellierung von Prozessen als sogenannte Wertströme hervor (GOTTMANN 2016, S. 26). Ein *Wertstrom* stellt dabei alle zur Erstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung notwendigen Aktivitäten vom Lieferanten bis zum Kunden dar und umfasst sowohl wertschöpfende als auch nicht-wertschöpfende Tätigkeiten sowie Material- und Informationsflüsse (WAGNER & LINDNER 2013, S. 8). Die Definition des Wertes erfolgt dabei ausschließlich aus Sicht des Endverbrauchers (WOMACK & JONES 2004, S. 16). Wesentliches Ziel der Wertstromperspektive und damit der Fokussierung auf die Wertschöpfung (ERLACH 2007, S. 4) ist die Vermeidung jeglicher Art von Verschwendung⁵ innerhalb des betrachteten Wertstroms (WOMACK & JONES 2004, S. 16).

Um die Tätigkeiten, die ein Wertstrom umfasst, abbilden zu können, hat sich als geeignete Modellierungsmethode die sogenannte Wertstrommethode (engl. Value Stream Mapping) etabliert (ERLACH 2007, S. 32). Diese visualisiert als Grundelemente neben den einzelnen Schritten des Produktionsprozesses, auch den Material- und Informationsfluss sowie den Kunden und Lieferanten des Produktionsprozesses (vgl. Abbildung 2.9). Darüber hinaus können auch noch weitere Geschäftsprozesse abgebildet werden.⁶

Ausgangspunkt einer jeden Wertstrombetrachtung ist der Kunde des Produktionsprozesses. Hierbei wird im Wesentlichen die Systemlast modelliert, indem nachgefragte Mengen, Abrufe und insbesondere der Kundentakt in einem Datenkasten notiert werden (ROTHER & SHOOK 2000, S. 16). Bei der darauffolgenden Darstellung einzelner Prozessschritte ist darauf zu achten, eine geeignete Zuordnung der Tätigkeiten sowie eine angemessenen Detaillierungsgrad zu wählen. Kennzahlen, die für die einzelnen Prozessschritte erhoben werden, sind insbesondere die Bearbeitungs-, Prozess-, Rüst- und Zykluszeiten (ERLACH 2007, S. 58). Des Weiteren können neben der Anzahl an gebundenen Mitarbeitern auch Maschinenverfügbarkeiten, Ausschussraten und weitere Kennzahlen in einem entsprechenden Datenkasten aufgenommen werden. Durch die Modellierung des Materialflusses werden die Produktionsprozesse miteinander

⁵In der Literatur zur Schlanken Produktion werden im Wesentlichen die sieben Verschwendungsarten Bestände, Wartezeit, Transport, Überbearbeitung, Bewegung, Fehler und Überproduktion genannt.

⁶Siehe hierzu u. a. ERLACH (2007, S. 8).

2 Grundlagen

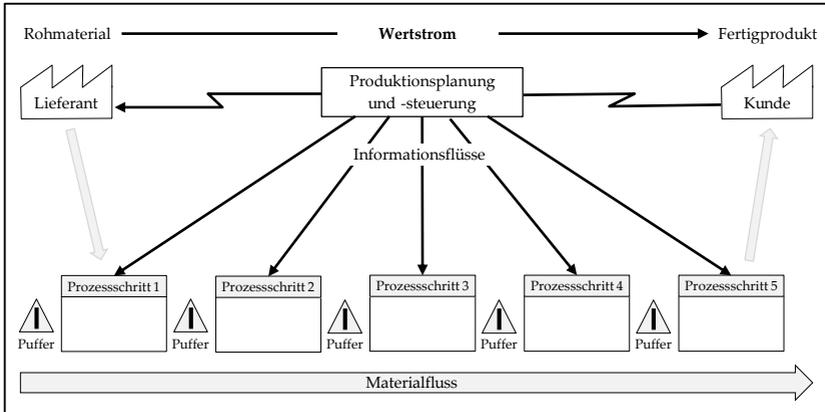


Abbildung 2.9: Wertstromsicht auf die Produktion in Anlehnung an GOTTMANN (2016, S. 27)

verknüpft. Hierbei sind insbesondere auch die auftretenden Bestände von Bedeutung. Charakteristische Eigenschaften des Materialflusses betreffen vor allem die Häufigkeit, Menge sowie die Art der Bereitstellung. Informationsflüsse, die im Wesentlichen alle transferierten Daten und Dokumente beschreiben, die von den angrenzenden Geschäftsprozessen eingesteuert werden (ERLACH 2007, S. 58), sind durch Pfeile gekennzeichnet.

Als entscheidender Vorteil der Wertstrommethode gegenüber anderen Modellierungsmethoden, wird in der Literatur unter anderem die Einfachheit und Verständlichkeit der Symbolik genannt, die eine problemlose Kommunikation innerhalb des Unternehmens ermöglicht (ERLACH 2007, S. 58). Insbesondere die Fokussierung auf wenige Kennzahlen eignet sich im Rahmen des Projektmanagements dazu, die Verschwendung in den Wertströmen eines Unternehmens zu identifizieren und zu beheben. Der große Erfolg der Wertstrommethode und der damit verbundenen Methode zur Modellierung der Produktionsprozesse führte dazu, dass in Wissenschaft und Praxis zahlreiche Ansätze entstanden sind, die eine Erweiterung oder Adaption der Methode auf weitere Prozesse und Unternehmensbereiche beschreiben⁷.

⁷Siehe hierzu u. a. MAGENHEIMER (2014)

2.4 Grundlagen der Systemtheorie

Wie bereits zu Beginn dieser Arbeit festgestellt wurde (vgl. Abschnitt 2.2.1.3), sind einzelne Prozesse in einem Unternehmen selten unabhängig von den anderen Abläufen. Die übergreifende Darstellung der Beziehungen zwischen den Geschäftsprozessen kann dabei im Sinne des ganzheitlichen Denkansatzes als ein System verstanden werden (ULRICH 2001, S. 171-174). Daher sollen im folgenden Abschnitt die grundlegenden Begrifflichkeiten aus der Systemtheorie beschrieben und der Begriff des Prozesssystems näher erläutert werden.

2.4.1 Systemkonzepte der allgemeinen Systemtheorie

Der Begriff „System“ beschreibt im Allgemeinen eine gegliederte Ganzheit von zusammenhängenden Objekten (ULRICH 1975, S. 35), wobei das betrachtete System stets von seiner Umgebung abgegrenzt werden muss, um die Gegebenheiten der Ganzheit definieren zu können (ROPOHL 2009, S. 77).

In der allgemeinen Systemtheorie existieren drei unterschiedlichen Systemkonzepte, die jeweils unterschiedliche Aspekte eines Systems fokussieren (ROPOHL 2009, S. 77). Dabei handelt es sich um ein *strukturelles*, *funktionales* und ein *hierarchisches Systemkonzept* (vgl. Abbildung 2.10).

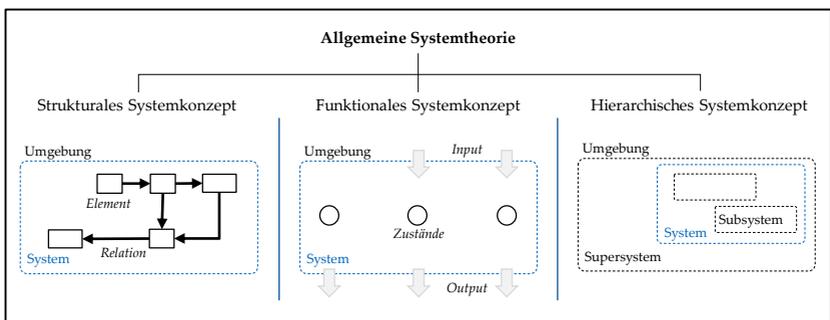


Abbildung 2.10: Konzepte der Systemtheorie in Anlehnung an ROPOHL (2009, S. 76)

Das *strukturelle Systemkonzept* bildet das System als eine aus verknüpften Elementen bestehende Ganzheit ab und legt das Verständnis zu Grunde, dass

2 Grundlagen

diese nicht losgelöst voneinander betrachtet werden dürfen. Elemente können dabei als Teile des Systems verstanden werden, die nicht mehr weiter aufgeteilt beziehungsweise analysiert werden können oder sollen (ULRICH 1975, S. 36). Der Fokus des *strukturalen Systemkonzepts* liegt auf der Beschreibung der Beschaffenheit der Elemente, aber insbesondere auch auf der Betrachtung der Relationen zu den anderen Elementen des Systems (ROPOHL 2009, S. 75). Diese Relationen können sich innerhalb eines Systems unterscheiden und beeinflussen das Verhalten des gesamten Systems (ULRICH 1975, S. 37). Durch die Vielfalt möglicher Beziehungsgeflechte, die in einer gegebenen Menge von Elementen bestehen, können durch die zahlreichen Wirkungsmöglichkeiten unterschiedliche Systemeigenschaften hervorgerufen werden (ROPOHL 2009, S. 75).

Das *funktionale Systemkonzept* betrachtet das System als eine „Black Box“ und beschränkt sich bei seiner Betrachtung lediglich auf das Verhalten des Systems in dessen Umgebung. Diese umfasst alle Phänomene, die nicht als Bestandteile des Systems identifiziert wurden. Die Konkretisierung des inneren Aufbaus des Systems spielt beim *funktionalen Systemkonzept* nur eine untergeordnete Rolle, da vor allem die von außen beobachtbaren Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften von Interesse sind. Unter diesen Eigenschaften sind im Wesentlichen die In- und Outputs sowie die Zustände des Systems zu verstehen (ROPOHL 2009, S. 74).

Das *hierarchische Systemkonzept* strukturiert eine betrachtete Ganzheit in mehreren Ebenen und ermöglicht dadurch eine sehr umfassende Systembetrachtung (ROPOHL 2009, S. 75). Es wird hierbei das System als Teil eines größeren sogenannten Supersystems verstanden, während die Teile des Systems als Subsysteme bezeichnet werden (ULRICH 1975, S. 37). Während eine Untersuchung der Subsysteme zu einer detaillierteren Erklärung des Systems führt, kann man durch Einordnung des betrachteten Systems in ein sogenanntes Supersystem ein tieferes Verständnis seiner Bedeutung gewinnen (ROPOHL 2009, S. 75).

2.4.2 Systemische Betrachtung von Prozessen

Unabhängig vom jeweiligen Systemkonzept können unterschiedliche Arten von Systemen anhand vielfältiger Merkmale unterschieden werden. Eine für

diese Arbeit als relevant erscheinende Auswahl an Merkmalen und deren Ausprägungen sind in Tabelle 2.1 aufgeführt (BAUMANN 1999, S. 13).

Tabelle 2.1: Systemmerkmale und ihre Ausprägungen in Anlehnung an ROPOHL (1979)

Merkmal	Merkmalsausprägung	
Entstehungsart	künstlich	natürlich
Verhältnis zur Umgebung	geschlossen	offen
Zeitabhängigkeit	statisch	dynamisch
Komplexität	einfach	komplex
Strukturform	nicht rückgekoppelt	rückgekoppelt
Voraussagbarkeit des Systemzustands	deterministisch	probalisitisch

Ein Kennzeichen künstlicher Systeme ist es, dass diese häufig theoretischer Natur oder durch den Eingriff des Menschen entstanden sind, während dies bei natürlichen Systemen nicht der Fall ist (BAUMANN 1999, S. 13). Danach, wie stark ein System mit seiner Umgebung interagiert und dabei Material, Information oder aber Energie austauscht, lassen sich als extreme Ausprägungen offene und geschlossene Systeme unterscheiden (ULRICH 2001, S. 141-142). Ein weiteres Klassifizierungsmerkmal von Systemen ist deren Zeitabhängigkeit. Hierbei spricht man im Falle der Zustandsveränderung des Systems über die Zeit von dynamischen Systemen (BAUMANN 1999, S. 13). Hinsichtlich des Ausmaß der Komplexität von Systemen wird häufig der Begriff der *Varietät* verwendet. Insbesondere bei statischen Systemen drückt diese die Anzahl der unterschiedlichen Relationen zwischen den Systemelementen bzw. Subsystemen aus (ULRICH 2001, S. 146). In der Literatur finden sich allerdings keine konkreten Angaben darüber, ab wann ein System komplex ist. Systeme, deren Subsysteme (mindestens zwei) wechselseitige Relationen ausbilden, werden als rückgekoppelte Systeme bezeichnet (BAUMANN 1999, S. 15). Schließlich können Systeme noch hinsichtlich der Vorhersagbarkeit des Systemverhaltens in deterministische und probabilistische Systeme unterschieden werden (ULRICH 2001, S. 148-149).

Basierend auf dem vorausgehend beschriebenen Systemverständnis wird insbe-

2 Grundlagen

sondere in der betriebswissenschaftlichen⁸ Literatur auch das Unternehmen als ein System verstanden (vgl. u. a. SPUR (1994, 7 ff.), WESTKÄMPER (2003, N7), WIENDAHL (2009, S. 15)). Dabei handelt es sich um ein offenes System, da das Unternehmen mit seiner Umgebung in einer interdependenten Beziehung steht, die sich über den Austausch von Material (Roh-, Hilfs- oder Betriebsstoffe), als auch Menschen, Energie oder Kapitalflüsse konkretisiert (BAUMANN 1999, S. 17-18). WESTKÄMPER (2003, N8) weist darauf hin, dass die Systemtheorie insbesondere sehr gute Ansätze zur Modellierung komplexer Produktionssysteme und somit produzierender Unternehmen bereitstellt. Modelliert man ein produzierendes Unternehmen unter systemtheoretischen Gesichtspunkten (vgl. Abbildung 2.11) so stellen die Elemente des Systems die einzelnen, zur Erzeugung von Produkten notwendigen Funktionen dar.

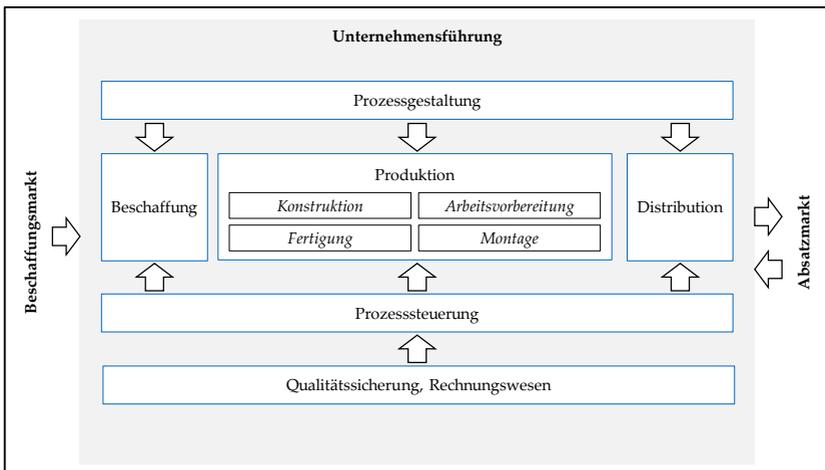


Abbildung 2.11: Systemtheoretisches Modell eines Produktionsunternehmens in Anlehnung an (WIENDAHL 2009, S. 11)

⁸ „Die Betriebswissenschaft ist ein Forschungsgebiet der Ingenieurwissenschaften, das sich mit dem Planen und Betreiben von Betrieben, insbesondere von Fabrikbetrieben, beschäftigt. Es geht dabei um das Zusammenwirken von Mensch, Technik und Organisation. Im Gegensatz zur Betriebswirtschaftslehre (auch Betriebsökonomie), die ein Teilgebiet der Wirtschaftswissenschaften darstellt, umfasst die Betriebswissenschaft neben ökonomischen also auch technologische Fragestellungen. Sie setzt sich aus den Bestandteilen Produktionstechnik, Fertigungsverfahren, Werkzeugmaschinen, Arbeitsvorbereitung (Fertigungsplanung und -steuerung), Organisation des Arbeitsablaufs, Zeitwirtschaft, betriebliches Rechnungswesen und Arbeitswirtschaft zusammen.“ (WGP 2017)

Die Relationen zwischen den Funktionen sind im Wesentlichen von Material- und Informationsflussbeziehungen⁹ geprägt. Durch Anwendung des hierarchischen Systemkonzepts können insbesondere die Subsysteme der Produktion, wie die Fertigung, Montage, aber auch die Arbeitsvorbereitung oder die Konstruktion konkretisiert werden. Der Begriff des *Prozesssystems* findet sich in vielen wissenschaftlichen Disziplinen wieder. Einigkeit herrscht dabei weitestgehend darüber, dass ein Prozesssystem die Zusammenhänge und Beziehungen zwischen einzelnen Prozessen in ihrer Gesamtheit abbildet. Hierfür finden sich in der Literatur zudem die Begriffe der Prozessarchitektur, Prozesslandschaft oder Prozesslandkarte wieder, die auf dieser übergeordneten Betrachtungsebene häufig synonym verwendet werden. Die Unterschiede in deren Bedeutung ergeben sich maßgeblich durch ein divergentes Prozessverständnis, Unterschiede in der Art der Beziehungen zwischen den Prozessen sowie dem Detaillierungsgrad der jeweiligen Betrachtungen. Im Rahmen dieser Arbeit soll der Begriff des Prozesssystems im Sinne der Systemtheorie noch weiter spezifiziert werden. Abbildung 2.12 veranschaulicht das in dieser Arbeit zugrunde gelegte Verständnis eines Prozesssystems anhand der drei zuvor beschriebenen Systemkonzepte.

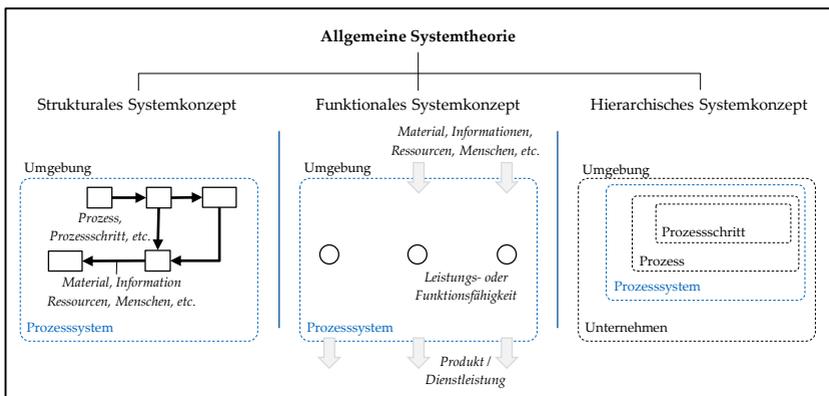


Abbildung 2.12: Systemkonzepte des Prozesssystems

Da der Begriff des Prozesses (vgl. Abschnitt 1.2.1) bereits als Modell der Realität

⁹WIENDAHL (2009, S. 9) nennt zudem noch Kapital- und Energieflüsse.

2 Grundlagen

zu verstehen ist, handelt es sich auch bei einem *Prozesssystem* um kein natürliches System. Im Sinne des strukturalen Systemkonzeptes können einzelne Prozesse als Elemente oder Subsysteme des Prozesssystems aufgefasst werden. Bei den Relationen zwischen Prozessen handelt es sich im Wesentlichen um Austausch- oder genauer gesagt Kopplungsbeziehungen¹⁰, da der Input eines Prozesses als Output eines anderen Prozesses verstanden werden kann. Je nach Art des Prozesses (vgl. Abschnitt 2.2.1.4) werden über diese Kopplung Material, Personal, Informationen, etc. ausgetauscht. Auch wenn das *Prozesssystem* eines Unternehmens in erheblichem Maße durch Ordnung gekennzeichnet ist (KRAMP 2011, S. 141) sind Rückkopplungen in *Prozesssystemen* möglich. Aus Sicht des funktionalen Systemkonzeptes sind In- und Output des *Prozesssystems* sowie dessen Zustände zu betrachten. Der Output des Systems kann als die Menge aller Ausgangsgrößen verstanden werden, die keinen Input anderer Subsysteme innerhalb des betrachteten Prozesssystems darstellen (STAIGER 1997, S. 84). Die verschiedenen Inputs (z.B. Informationen, Ressourcen, Menschen, etc.) des *Prozesssystems* sind dabei als die Relationen des Systems zur Umgebung aufzufassen. Wie auch im System „Unternehmen“ bedingen diese äußeren Einflüsse gemeinsam mit der inneren Struktur des Systems dessen Zustand. Der Zustand eines *Prozesssystems* kann dabei über dessen Leistungs- oder Funktionsfähigkeit definiert werden. Zur Beschreibung der Zustände können Kennzahlen (vgl. hierzu auch Abschnitt 2.2.2.4.) eingesetzt werden. Da sich insbesondere die Leistungsfähigkeit über die Zeit ändern kann, sind *Prozesssysteme* als dynamisch einzuschätzen. Im Sinne des hierarchischen Systemkonzeptes kann ein *Prozesssystem* als Subsystem des Unternehmens und dessen Umgebung verstanden werden (KRAMP 2011, S. 128-33). Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei einem *Prozesssystem*, wie auch bei einem Unternehmen, um ein offenes System handelt, da es mit seiner Umgebung in Interaktion tritt (STAIGER 1997, S. 83). KRAMP (2011, S. 138) unterscheidet für das Umsystem zwei Schalen. Während die innere Schale das Supersystem „Unternehmen“ repräsentiert, entspricht die äußere Schale dem Umsystem des Unternehmens und umfasst dabei beispielsweise die Teilsysteme Absatzmärkte, Beschaffungsmärkte und Umwelt. In Abhängigkeit des Ziels einer Systemuntersuchung ist die Systemabgrenzung, also die Beantwortung der Frage, welche Elemente zum Unternehmen gehören

¹⁰Siehe hierzu ROPOHL (2009, S. 80).

und welche zum Prozesssystem selbst, nicht immer eindeutig. Im Zuge der Analyse von Prozesssystemen ist, durch die bereits in Abschnitt 2.2.1.2 beschriebene Möglichkeit der Hierarchisierung eines Prozesses, die Konkretisierung und Detaillierung des Prozesssystems möglich. In diesem Sinne stellen die einzelnen Prozessschritte beziehungsweise die Tätigkeiten der Prozessschritte Subsysteme oder Elemente dar.

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

3.1 Untersuchungsrahmen

Aufbauend auf den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Grundlagen fasst das folgende Kapitel die heutigen Erkenntnisse in den drei für diese Arbeit relevanten Themengebieten zusammen. Diese definieren sich durch die in Abschnitt 1.3 formulierten Forschungsfragen. Zunächst werden daher Methoden und Ansätze aus dem Prozessmanagement beschrieben, die bei der Priorisierung und Auswahl von Prozessen zum Einsatz kommen (vgl. Abschnitt 3.2). Des Weiteren werden Ansätze zur Modellierung von Prozesssystemen aufgezeigt (vgl. Abschnitt 3.3). Der Fokus hierbei liegt auf der Erfassung und Darstellung der Prozesse eines Prozesssystems sowie deren Relationen. Im dritten und letzten Themenkomplex werden schließlich Ansätze diskutiert, die sich mit der Analyse von Einflüssen und Auswirkungen in komplexen Systemen auseinandersetzen (vgl. Abschnitt 3.4). Abschnitt 3.5 fasst die wesentlichen Aspekte des Kapitels zusammen und leitet den Handlungsbedarf ab, der sich hinsichtlich der Zielstellung dieser Arbeit aus dem Stand der Erkenntnisse ergibt.

3.2 Priorisierung und Auswahl von Prozessen

Die Notwendigkeit, Prozesse gegeneinander zu priorisieren und darauf basierend eine Auswahl treffen zu müssen, kann unterschiedliche Gründe haben. Neben einer möglichen Ver- bzw. Auslagerung von Prozessen, können auch die im Zuge eines Business Process Reengineering angestoßenen Erneuerungen einzelner Geschäftsprozesse der Auslöser sein. Weiterhin kann auch eine Neuverteilung personeller oder sonstiger Ressourcen eine Auswahl von Prozessen

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

bedingen (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 100). Im Fokus der folgenden Betrachtungen werden insbesondere Kriterien, Methoden und Ansätze beschrieben, die im Zuge von Prozessverbesserungsmaßnahmen zur Priorisierung und Auswahl von Prozessen herangezogen werden.

3.2.1 Kriterien und Methoden zur Auswahl von Prozessen

Für die Auswahl von Prozessen oder Projekten zur Prozessverbesserung lassen sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Kriterien identifizieren. Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über die diversen Kriterien, wie sie in der Literatur zu den Themen Business Process Reengineering (BPR) sowie der Verbesserung von Prozessen mittels kontinuierlicher Verbesserungsmaßnahmen (Six Sigma, Lean Management, etc.) zu finden sind.

Tabelle 3.1: Kriterien zur Auswahl von Prozessen

Quelle	Kriterien zur Prozessauswahl
DAVENPORT (1993)	Strategische Bedeutung, Dringlichkeit zur Verbesserung, Prozessqualifikation, Prozessumfang.
HAMMER & CHAMPY (1993)	Disfunktionalität, Verbesserungspotential, Prozessqualifikation, Prozessumfang.
HELBIG (2003)	Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit, Leistungsfähigkeit, Nutzen, Misserfolgsrisiko, Neuartigkeit, Zufriedenheitssteigerung bei Mitarbeitern, Wertschöpfungsbeitrag, Erkennbarkeit von Lösungsansätzen, Technologieunterstützung.
BREYFOGLE et al. (2001)	Innerhalb von 6 Monaten abgeschlossen, Unterstützung strategischer Geschäftsziele, Erfüllung von Kundenbedürfnissen, Return on Investment, Verfügbarkeit eines motivierten Teams, Verfügbarkeit relevanter Daten, Budgetbeschränkungen.
SHARMA & CHETIYA (2010)	Potenzial zur Vermeidung von Verschwendung, Bedeutung für den Kunden, Verbesserungspotential, Methodenvereinfachung, Transparenz der relevanten Informationen, Verfügbarkeit eines guten Messsystems, Verfügbarkeit von innovativen und qualifizierten Mitarbeitern, Bereitstellung angemessener Finanzmittel, Präsenz des Top-Management-Engagements, Vorhandensein eines guten Kommunikationssystems.

Im Themengebiet des BPR werden neben der Bedeutung eines Prozesses für die Unternehmensstrategie auch die Dringlichkeit der Verbesserung sowie das bestehende Konfliktpotential mit der Geschäftsvision genannt (DAVENPORT 1993, S. 32). Auch HAMMER & CHAMPY (1993, S. 122-128) sehen die Disfunktionalität eines Prozesses als ein wichtiges Kriterium an. Darüber hinaus nennen sie die Auswirkung einer Veränderung auf den Kunden und das Verbesserungspotential eines Prozesses als entscheidende Kriterien bei der Auswahl. Weitere Kriterien sind die Leistungsfähigkeit des Prozesses im Vergleich zu Wettbewerbern, ein geringes Misserfolgsrisiko, die Neuartigkeit des Prozesses, die Unzufriedenheit der Mitarbeiter mit dem Prozess oder aber das Nutzen-Aufwand-Verhältnis (HELBIG 2003, S. 57). In der Literatur zur Auswahl von Six-Sigma Verbesserungsprojekten werden vornehmlich die strategische Relevanz, finanzielle Auswirkungen sowie die Messbarkeit und Realisierbarkeit der Verbesserungsmaßnahme beurteilt. Zudem werden als Kriterien häufig auch der Einfluss auf die Kundenzufriedenheit, das Commitment zur Verbesserung im Topmanagement sowie das sich aus der Verbesserung ergebende Wachstum und die entstehenden Lerneffekte genannt¹. Durch die große Anzahl und teilweise auftretende Widersprüchlichkeit der Kriterien, sollen im Folgenden grundlegende Methoden vorgestellt werden, die eine kriterienbasierte Priorisierung und Auswahl von Prozessen ermöglichen.

Pareto-Diagramm

LARSON (2003, S. 69-73) beschreibt die Methode des *Pareto-Diagramms* als ein geeignetes Verfahren, kontinuierliche Verbesserungsprojekte zu priorisieren. Das Diagramm basiert auf dem Pareto-Prinzip. Dieses besagt, dass 80 Prozent aller Effekte auf 20 Prozent der Ursachen zurückzuführen sind. Im Falle der Auswahl von Projekten zur Prozessverbesserung werden häufig Vergangenheitsdaten hinsichtlich aufgetretener Qualitätsprobleme herangezogen (MARRIOTT et al. 2013, S. 200). Ein Pareto-Diagramm wird schließlich durch die Rangfolgebildung der am häufigsten aufgetretenen Qualitätsmängel erstellt und daraus der Rückschluss gezogen, welches Verbesserungsprojekt initiiert werden soll.

¹Ausführliche Literaturstudien und Kriteriensammlungen finden dich hierzu insbesondere bei KUMAR et al. (2007, S. 424-427) sowie SHARMA & CHETIYA (2010, S. 282-285).

ABC-Analyse

Eine weitere Möglichkeit, Prozesse auszuwählen ist die *ABC-Analyse*. Hierbei wird ebenfalls versucht, die wichtigsten Prozesse hinsichtlich eines Kriteriums zu identifizieren. Mögliche Kriterien sind die Kosten eines Prozesses, aber auch die Anzahl auftretender Fehler oder die von den Prozessen in Anspruch genommene Zeit. Nach der Ermittlung der Kosten (bzw. Anzahl Fehler oder Zeit) für jeden Prozess, werden die prozentualen Anteile an den Gesamtkosten ermittelt. Die entstehende Rangordnung wird in drei Klassen unterteilt. Prozesse mit kumulierten Kostenanteilen von über 50 Prozent werden als A-Prozesse bezeichnet. Sie stellen die bedeutendsten Prozesse hinsichtlich des Kriteriums dar. Prozesse deren Kosten 75 Prozent der Gesamtkosten erreichen werden als B-Prozesse und alle weiteren als C-Prozesse eingestuft (HELBIG 2003, S. 65).

Prozess-Portfolios

Bei der Anwendung von *Prozess-Portfolios* werden die zur Auswahl stehenden Prozesse hinsichtlich zwei Kriterien bewertet, die über zwei Achsen aufgetragen werden. SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 101) schlagen hierbei vor, die Geschäftsprozesse hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Unternehmenserfolg sowie ihrer Wirkung auf den Kundennutzen zu beurteilen. Eine Erweiterung der Methode auf mehr als zwei Kriterien kann dabei durch die Bildung sogenannter Kriterienklassen erfolgen. Dabei werden mehrere Kriterien im Rahmen einer Vorbewertung zusammengefasst. HELBIG (2003, S. 61-65) zeigt ebenfalls einen Portfolioansatz auf. Neben der Wirkung auf den Kundennutzen wird hierbei allerdings das Verbesserungspotential eines Prozesses in die Bewertung einbezogen. Zur Berechnung der Bedeutung eines Prozesses nutzt er die Formel:

$$PB_P = \sum_{i=1}^n (BKA_i \times PB_i) \quad (3.1)$$

mit

PB_P: Prozessbedeutung zur Erfüllung aller Kundenanforderungen

n: Anzahl der Kundenanforderungen

BKA: Gewichtung der Kundenanforderungen

PB: Beitrag des Prozesses zur Erfüllung der Kundenanforderung

Zur Ermittlung des Beitrags eines Prozesses zur Erfüllung der Kundenanforderung schlägt er eine gewichtete Punktbewertung vor, die den Einfluss von Produkteigenschaften (z. B. lange Haltbarkeit, Service,...) auf relevante Kundenanforderungen bewertet. Die Ermittlung des Verbesserungspotentials erfolgt nach dem gleichen Muster. Hierbei wird der Einfluss von Prozesseigenschaften (z. B. Kosten, Durchlaufzeit, ...) auf das Verbesserungspotenzial eines Prozesses ermittelt. Die Formel hierfür lautet:

$$VP_P = \sum_{i=1}^m (GPE_i \times VP_i) \quad (3.2)$$

mit

VP_P: Verbesserungspotenzial des Prozesses

m: Anzahl der Indikatoren (Prozesseigenschaften)

GPE: Gewichtung der Prozesseigenschaft

VP: Verbesserungspotenzial für Prozesseigenschaft

Abschließend kann über die Größe der in das Portfolio einzutragenden Kreise die Ausprägung eines dritten Kriteriums (z. B. Eignung der Prozesse zur Verbesserung) dargestellt werden.

Erfolgsfaktorenansatz

Beim *Erfolgsfaktorenansatz* handelt es sich um eine gewichtete Punktbewertung. Der Ansatz basiert auf der Identifikation der für das Unternehmen kritischen Erfolgsfaktoren, die mittels eines paarweisen Vergleichs oder aus Kundensicht gewichtet werden (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 101). Im Anschluss folgt die Beurteilung hinsichtlich des Einflusses der zur Auswahl stehenden Prozesse auf die Erfolgsfaktoren. Durch Multiplikation ergibt sich hieraus eine Gewichtungszahl für den einzelnen Prozess. Um dem Verbesserungspotential des einzelnen Prozesses ein besonderes Gewicht zu verleihen, kann als weiteres Kriterium der Zustand des Prozesses mit in die Bewertung einfließen und zur Gewichtungszahl addiert werden (HELBIG 2003, S. 60-61). Über die Gesamtwertung kann schließlich eine Rangfolge der Prozesse erstellt werden.

Process Function Deployment

Die aus dem Qualitätsmanagement bekannte Methode des *Process Function Deployment* (auch Process Quality Function Deployment oder Success Resource Deployment-Methode) kann zur Priorisierung von Geschäftsprozessen herangezogen werden (SCHMELZER & SESSELMANN 2008, S. 103-104). Eine gewichtete Punktbewertung, die den Beitrag des Prozesses zur Erfüllung eines Marktleistungsmerkmals oder Erfolgsfaktors quantifiziert, bildet auch die Basis dieser Methode. Darüber hinaus wird mit Hilfe einer sogenannten Korrelationsmatrix die gegenseitige Beeinflussung der betrachteten Prozesse berücksichtigt. Dies kann dazu führen, dass vermeintlich unbedeutende Prozesse über die Korrelation schließlich doch einen verstärkten Einfluss auf die Erfolgsfaktoren haben können.

3.2.2 Ansätze zur Auswahl von Prozessoptimierungsinitiativen

In der industriellen Praxis stehen Organisationen häufig nur begrenzte Ressourcen für die Verbesserung von Prozessen zur Verfügung. Dies macht eine Priorisierung von zu verbessernden Prozessen beziehungsweise potentieller Verbesserungsmaßnahmen notwendig (MARRIOTT et al. 2013, S. 199). Um Praktikern zu helfen, mit der Komplexität der Auswahl von Verbesserungsprojekten umzugehen, werden in der Literatur verschiedene Ansätze vorgeschlagen, die im Folgenden beschrieben werden.

HUXLEY (2003) sowie HUXLEY & STEWART (2008) schlagen zur Auswahl kritischer Prozesse im Zuge des BPR die sogenannte *Process Performance Scoring Method* vor. Dabei handelt es sich um einen sehr umfassenden, aus zehn Schritten bestehenden Leitfaden, der die fünf Kriterien (1) Abhängigkeit (Auswirkung des Ausfalls eines Prozesses auf die Organisation), (2) Wahrscheinlichkeit des Ausfalls eines Prozesses, (3) Auswirkungen (relativer Beitrag eines Prozesses zu organisatorischen Zielen), (4) Kosten / Nutzen des Prozessverbesserungsprojekts und (5) Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Prozessverbesserungsprojektes für diesen Prozess heranzieht. Zunächst werden hierbei in Expertenworkshops, die Prozesse ausgewählt, die in die Betrachtung mit einbezogen werden sollen. Im weiteren Verlauf werden eine Balanced Scorecard und die

darin auftretenden Ursache- und Wirkungsbeziehungen hinsichtlich der Prozessziele aufgenommen und mittels einer Heuristik bewertet. Es folgt eine detaillierte qualitative FMEA-Bewertung zur Bestimmung der Kritikalität eines Prozesses. Zur Erstellung einer finalen Rangordnung fließen schließlich noch das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Verbesserung in die Bewertung ein.

BANDARA et al. (2010) schlagen mit dem sogenannten *Business Value Scoring Tool* einen weiteren Ansatz zur Auswahl von Prozessverbesserungsinitiativen vor. Dieses besteht im Wesentlichen aus zwei Bestandteilen, einer Risiko- und Chancenbewertung (engl. Risk and Opportunity Assessment (ROA)) sowie einer Kosteneinschätzung. Wichtig ist hierbei, dass Kosten- sowie Risiko- und Chancenbewertung durch zwei getrennte Parteien ausgeführt werden. Im Zuge des ROA wurden sechs Dimensionen als kritische Komponenten identifiziert, die bei der Bewertung berücksichtigt werden sollten: Reputation, Kunden, Geschäftsprozesse, finanzielle Chancen, Regulierung und Compliance sowie Human Resources. Sowohl materielle als auch immaterielle Dimensionen werden integriert, um eine ausgewogene und vollständige Messperspektive zu erhalten. Die Gewichtung der einzelnen Dimensionen erfolgt auf Basis der strategischen Ausrichtung des Unternehmens und wird durch Experteninterviews gewonnen. Die Bewertung erfolgt durch die Beurteilung der erwarteten Auswirkung in den einzelnen Dimensionen. Hierbei werden die drei Hauptkategorien (1) keine Auswirkungen, (2) erwartete Auswirkung im Falle der Durchführung des Projektes, (3) erwartete Auswirkung, wenn das Projekt nicht durchgeführt wird. Zur Einschränkung des möglichen Beantwortungsraumes werden in den Kategorien (2) und (3) jeweils fünf Antwortmöglichkeiten vorgegeben, die die Auswirkung mit einem aufsteigenden Punktwert quantifizieren. Zur Berechnung des endgültigen Business Value Score (BVS) wird der ermittelte ROA-Score durch die erwarteten Projektkosten geteilt.

Die von OHLSSON et al. (2014) entwickelte Methode zur Priorisierung von Initiativen zur Geschäftsprozessverbesserung besteht im Wesentlichen aus zwei Modellen, der Prozessbewertungswärmelandkarte (engl. Process assessment heat map (PAHM)) und der Prozesskategorisierungskarte (Process categorization map (CM)). Bei der Prozessbewertungswärmelandkarte handelt es sich

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

um einen interviewbasierten Ansatz, der den Anwender dabei unterstützt, die betrachteten Prozesse hinsichtlich fünf unterschiedlicher Perspektiven zu analysieren. Hierbei werden Prozessexperten und -managern spezifische Fragen gestellt, die eine Analyse in den einzelnen Perspektiven ermöglichen. Die erste Perspektive ist die Positioning-Perspektive. Sie zielt darauf ab, die Ausrichtung des betrachteten Prozesses auf die Geschäftsstrategie sowie die Ziele und Werte des Unternehmens zu beurteilen. Die Relating-Perspektive beurteilt die Einstellungen, Rollen, Risiken und Belohnungen der Stakeholder, die dem Prozess ausgesetzt sind. Die Preparing-Perspektive ist darauf ausgerichtet, die Verfügbarkeit und Qualität der für die Prozessverbesserung notwendigen Schlüsselkompetenzen zu analysieren. Die Implementing-Perspektive konzentriert sich auf die Analyse der Leistungsfähigkeit des betrachteten Prozesses. Die letzte Perspektive ist die Proving-Perspektive, die sich auf den Grad, in dem die Prozesse überwacht und gemessen werden, fokussiert. In Abhängigkeit des von den Prozessexperten abgeschätzten Verbesserungspotentials werden die Bewertungen in einer Tabelle aggregiert. Das zweite Modell, die Prozesskategorisierungslandkarte stellt ebenfalls einen auf Experteninterviews basierenden Ansatz dar. Hierbei werden die Prozesse hinsichtlich der Dimensionen *Differenzierung*, Formalität und der Interaktion im Wertschöpfungsnetzwerk (engl. Value Network Governance) von den Experten beurteilt. Die Differenzierung bemisst dabei die Überlegenheit eines internen Prozesses gegenüber eines analogen Prozessen der Konkurrenz, wodurch die Wertvorstellung der Organisation differenziert wird. Bei der Beurteilung der Formalität werden insbesondere die Wiederholbarkeit, Vorhersagbarkeit, Automatisierbarkeit sowie die Beteiligung des Menschen am Prozess berücksichtigt. In der Dimension *Value Network Governance* wird zudem bewertet, inwiefern der Prozess mit Kunden oder Lieferanten im Wertschöpfungsnetzwerk interagiert. Dabei werden in allen drei Dimensionen sowohl der aktuelle, als auch der gewünschte Status des Prozesses beschrieben und die Ergebnisse in einem Portfolio aufgetragen. Dadurch soll insbesondere der gegebenenfalls identifizierte Handlungsbedarf in den Dimensionen fokussiert werden. Durch die Anwendung der beiden Modelle wird es Anwendern ermöglicht, ein besseres und gemeinsames Verständnis von Prozessen und Verbesserungspotentialen zu erlangen. Zudem kann durch die Prozesskategorisierungslandkarte ein erster Eindruck gewonnen werden, wie die Prozesse zu verbessern sind.

Einen Ansatz zur Auswahl von Six-Sigma-Verbesserungsprojekten beschreiben KUMAR et al. (2007). Die Basis des Ansatzes bildet die Identifizierung relevanter Inputs und Outputs für Six-Sigma-Projekte. Inputs stellen hierbei neben dem erwarteten Wert der Projektkosten auch die erwartete Projektdauer und die Anzahl am Projekt beteiligter Six-Sigma-Experten (sogenannte Black und Green Belts) dar. Outputs, die in die Analyse einfließen, sind die erwartete Verbesserung der Kundenzufriedenheit, der Einfluss auf die Geschäftsstrategie, die erwartete finanzielle Auswirkung durch Reduktion der Qualitätskosten sowie die erwartete Verbesserung hinsichtlich der Prozessqualität und Produktivität. Basierend auf diesen In- und Outputkriterien wird schließlich eine sogenannte *Data Envelopment Analyse (DEA)* durchgeführt. Zentraler Bestandteil eines DEA-Modells ist der Begriff der *Entscheidungseinheit* (engl. Decision-Making Unit (DMU)). Eine DMU ist eine abstrakte Darstellung eines Verbesserungsprojektes. Unter der Annahme, dass jede DMU einen bestimmten Output durch Nutzung einer gewissen Inputmenge erzeugt, kann schließlich die relative Effizienz jeder DMU ermittelt werden. Zudem wird abschließend eine Sensitivitätsanalyse der Effizienzmessung durchgeführt, um die Auswirkungen der Variation der In- und Outputs der Projekte auf die Projektleistung zu untersuchen sowie die kritischen Inputs und Outputs zu identifizieren.

Auch das von ZELLNER et al. (2010) beschriebene vierstufige Vorgehen stellt einen Ansatz zur Auswahl von Six-Sigma-Projekten dar. Hierbei werden zunächst die kritischen Erfolgsfaktoren, die Kernkompetenzen des Unternehmens sowie die Merkmale typischer Unternehmenskunden bestimmt. Darüber hinaus werden die Prozesse identifiziert, die für den Geschäftserfolg als entscheidend angesehen werden. Dies geschieht jeweils durch teilstrukturierte Interviews mit Entscheidungsträgern und fachkundigen Mitarbeitern. Im Anschluss daran wird die Konsistenz von Kernkompetenzen, Kundenmerkmalen, Kundentypen und kritischen Erfolgsfaktoren basierend auf einer Matrix (ähnlich dem „House of Quality“ (HoQ)“ aus der QFD-Technik (siehe hierzu auch MAI (1998)) analysiert. Im dritten Schritt findet durch die Überprüfung der Prozesse hinsichtlich deren Kernkompetenzen, Kundentypen und kritischen Erfolgsfaktoren eine erste Vorauswahl statt. Im finalen vierten Schritt des Vorgehens werden auf der Grundlage der Methode des *Analytischen Hierarchischen Prozesses (AHP)* die Prozesse priorisiert und somit die Auswahl vorbereitet.

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

Der von SARKAR et al. (2011) vorgeschlagene Ansatz unterscheidet sich von den bisher beschriebenen dahingehend, dass hierbei ein einzelner Geschäftsprozess betrachtet wird. Mit Hilfe des Ansatzes soll eine Auswahl kritischer Subprozesse getroffen werden, da sich die Analyse jedes Teilprozesses eines Unternehmens als unmöglich erweist. Grundlage dieses Ansatzes ist ein aus dem Prozessmanagement bekanntes Vorgehen. Hierbei wird zunächst ein defizitärer Geschäftsprozess identifiziert und mit Hilfe eines *SIPOC-R Diagramm* visualisiert. Des Weiteren werden die unterschiedlichen Kennzahlen, wie Zykluszeiten, Prozesszeiten, Inventar, Arbeitskräfte und Nacharbeitsquote einzelner Subprozesse erhoben. Diese Informationen werden in einer *Value Stream Map (VSM)* zusammengetragen. Auf Basis einer im Anschluss durchgeführten, schrittweisen Regression auf die erfassten Kennzahlen werden schließlich die einzelnen Teilprozesse priorisiert.

MARRIOTT et al. (2013) stellen eine integrierte Methodik vor, die es ermöglicht, die Priorität unterschiedlicher Verbesserungen für eine Organisation zu bestimmen. Die Prioritäts-Methodologie besteht aus sieben Schritten. In einem ersten Schritt werden zunächst auf der Grundlage einer sogenannten *Process Activity Map (PAM)* die zur weiteren Analyse notwendigen Daten erhoben. Zunächst werden die Tätigkeiten eines Prozesses durchnummeriert, die Anzahl der beteiligten Bediener (E), eine Ausführungszeit (T) sowie die Gemeinkosten pro Zeiteinheit (C) ermittelt. Im zweiten Schritt werden die Kosten für eine Tätigkeit (O) berechnet und in das PAM eingefügt. Die Kosten für die einzelnen Tätigkeiten errechnen sich aus:

$$O = E \times T \times C \quad (3.3)$$

mit

- O: Kosten der Tätigkeit
- E: Anzahl der beteiligten Bediener
- T: Ausführungszeit
- C: Tätigkeits-Gemeinkosten pro Zeiteinheit

Basierend darauf werden im nächsten Schritt prozentuale Kosten für die nicht-wertschöpfenden Aktivitäten (NVA) (d.h. Transport, Inspektion, Speicher und

Verzögerung) in Bezug auf die Gesamtkosten des Gesamtprozesses unter Verwendung der folgenden Formel berechnet:

$$NVA \text{ Aktivität} = \frac{\text{Kosten NVA Aktivität}}{\text{Gesamtkosten des Prozesses}} \times 100 \quad (3.4)$$

In Schritt vier und fünf wird nun unter Beteiligung der Prozessverantwortlichen und weiterer wichtiger Stakeholder eine FMEA durchgeführt um potenzielle Qualitätsfehler in Bezug auf jede betrachtete Tätigkeit und insbesondere in den nicht-wertschöpfenden Aktivitäten zu identifizieren. Eine Quantifizierung findet hierbei über die Ermittlung einer sogenannten Risiko-Prioritätszahl statt (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.4). Um zu ermitteln, welche Aufgaben die höchsten Prioritäten für Verbesserungen haben, werden in den Schritten sechs und sieben schließlich die sich aus der Kostenanalyse und der FMEA ergebenden Rangfolgen miteinander kombiniert.

Ein weiterer Ansatz zur Entwicklung von Portfolios zur Klassifikation von Verbesserungsprojekten stammt von KORNFELD & KARA (2013). Ziel des Ansatzes ist es, Verbesserungsprojekte zu identifizieren, die den strategischen Bedürfnissen eines Unternehmens genügen. KORNFELD & KARA (2013) schlagen hierfür einen vierstufigen Prozess vor, um eine sogenannte *Strategie-Projekt-Matrix* zu generieren und damit die Bottom-up identifizierten Projekte mit der Top-Down vorgegebenen Unternehmensstrategie zusammenzubringen. In einem ersten Schritt werden hierfür mit Hilfe der Six Sigma-Methode *Critical to Quality (CTQ) Flow-down* strategische Ziele in einzelne Prozess-Metriken und schließlich konkrete Prozessziele übersetzt. Die resultierenden Zuordnungen werden als Zeileneinträge in die Strategie-Projekt-Matrix überführt. Im nächsten Schritt werden die Portfolio-Projekte gesammelt, in sogenannten Praxisbündeln zusammengefasst und als Spalten in die Matrix übernommen. In einem letzten Schritt werden die Lücken und Überlappungen in der Matrix analysiert. Da der Zusammenhang zwischen Strategie und Projekt über die Metrik sichergestellt wird, müssen für jedes Projekt klar definierte Ziele einschließlich sekundärer und subsidiärer Ergebnisse formuliert sein. In der Matrix wird jedes Projekt durch seine nominalen Ergebnisse auf die entsprechenden Metrik aus der CTQ abgebildet, was eine einfache visuelle Referenz der Strategie-Projekt-Ausrichtung bietet.

3.3 Modellierung von Prozesssystemen

Bereits in Abschnitt 2.3 wurden Methoden und Sprachen zur Modellierung von Prozessen aufgezeigt. Vor dem Hintergrund der in Abschnitt 1.3 formulierten Zielsetzung stellt sich bei der übergeordneten Betrachtung eines Prozesssystems die Frage, auf welcher Ebene die Prozesse (DIJKMAN et al. 2016, S. 129) und wie insbesondere auch die Schnittstellen zwischen den einzelnen Prozessen modelliert werden können. In Abschnitt 3.3.1 werden daher zunächst grundlegende Methoden aufgezeigt, die eine Modellierung der Struktur von komplexen Systemen ermöglichen, um im Anschluss daran (Abschnitt 3.3.2) konkrete Ansätze zur Modellierung von Prozesssystemen aufzuzeigen.

3.3.1 Darstellung der Wirkzusammenhänge in komplexen Systemen

Zur Darstellung der Wirkzusammenhänge in komplexen Systemen haben sich in der Literatur vielfältige Methoden etabliert, die im Folgenden kurz erläutert werden. Für eine detaillierte Auseinandersetzung sei auf die in Tabelle 3.2 genannte Literatur verwiesen.

Tabelle 3.2: Modellierungstechniken komplexer Systeme in Anlehnung an PLEHN (2017, S. 23-31)

Name der Modellierungstechnik	Quelle
Ursache-Wirkungs-Diagramm	BMI & BVA (2018)
Fuzzy Cognitive Map (FCM)	KOSKO (1986)
System Dynamics	STERMAN (2002)
Design Structure Matrix (DSM)	BROWNING (2001)
Multiple-Domain Matrix (MDM)	LINDEMANN & MAURER (2007)
Systems Modeling Language (SysML)	HOLT & PERRY (2013)

Ursache-Wirkungs-Diagramme stellen eine grundlegende Methode dar, Wirkbeziehungen zwischen den Elementen eines Systems mittels Pfeilen zu visualisieren² und werden vorzugsweise dafür eingesetzt, Problemursachen zu ermitteln

²Bekannte Vertreter der Ursache-Wirkungs-Diagramme sind insbesondere das aus dem Qualitätsmanagement stammende Ishikawa- oder Fehlerbaum-Diagramm.

sowie einzelne Prozesse zu analysieren (BMI & BVA 2018, S. 282). Durch die Definition eines Problems (bzw. Prozesses) und die Festlegung wesentlicher Haupteinflussgrößen wird hierbei der Lösungsraum zur Ursachenidentifikation (bzw. Aktivitätenidentifikation) vorgegeben.

Auch bei den sogenannten *Fuzzy Cognitive Maps* (FCMs) werden Pfeile zur Visualisierung von miteinander in kausaler Beziehung stehenden Elementen verwendet (KOSKO 1986, S. 65). In der Anwendung der FCM wird die Stärke der kausalen Beziehungen auf Basis von Expertenschätzungen durch eine reelle Zahl zwischen null und eins ausgedrückt (DODURKA et al. 2017, S. 124). Darüber hinaus wird ein Ansteigen bzw. ein Abfallen der Beziehungsintensität mittels der Zeichen „+“ und „-“ symbolisiert.

Bei der Methode des *System Dynamics* handelt es sich um einen umfassenden Ansatz, der sich mit der Beschreibung und der Analyse des zeitabhängigen Verhaltens komplexer Systeme auseinandersetzt (COYLE 1996, S. 10). Als wesentliche Erweiterung zu den Ursache-Wirkungs-Diagrammen oder FCMs ist zu nennen, dass es mittels System Dynamics möglich ist, die Bestands- und Flussstruktur von Systemen zu bestimmen (STERMAN 2000, S. 191). Zur graphischen Beschreibung des dynamischen Verhaltens werden insbesondere Symbole für die Zustandsbeschreibung eines Systems, die Zu- und Abflüsse, die eine Änderung des Zustands bewirken, Ventile zur Regulierung des Zustandes sowie Rückkopplungsschleifen modelliert (PLEHN 2017, S. 30).

Eine weitere Möglichkeit die Beziehungen innerhalb komplexer Systeme zu modellieren stellen sogenannte Strukturmatrizen dar. Besonders hervorzuheben sind die *Design Structure Matrix* (DSM) und die *Multiple-Domain Matrix* (MDM). Dabei handelt es sich jeweils um $M \times N$ -Matrizen, mittels derer die Beziehungen zwischen den Elementen eines betrachteten Systems modelliert werden (LINDEMANN, BRAUN et al. 2009, S. 50). Während bei der DSM lediglich eine Domäne betrachtet wird, können bei den MDMs die Beziehungen der Elemente Domänen-übergreifend beschrieben werden. Zudem sind hierbei auch bidirektionale Beziehungen abbildbar (LINDEMANN & MAURER 2007, S. 3-5).

Eine weiterer Ansatz, der es ermöglicht Beziehungen in Systemen darzustellen, ist die allgemeine grafische Modellierungssprache *SysML*. SysML basiert im Wesentlichen auf den Grundlagen der *Unified Modelling Language* (UML) (vgl.

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

Abschnitt 2.3.2) und erweitert diese auf die Beschreibung komplexer Systeme (WECK et al. 2011, S. 104). Die Sprache bietet dabei die Möglichkeit mit Hilfe zusätzlicher Diagramm-Typen, die Struktur und das Verhalten eines Systems und seiner Elemente zu visualisieren (HOLT & PERRY 2013). Insbesondere durch das Zusicherungsdiagramm (engl. Parametric Diagram) können die Beziehungen einzelner Systembausteine dargestellt werden (DELLIGATTI 2014, S. 178).

Aufbauend auf den durch die Auseinandersetzung mit diesen grundlegenden Methoden erlangten Erkenntnissen, wurden im Rahmen einer strukturierten Literaturrecherche Ansätze identifiziert, die eine Modellierung von Prozesssystemen ermöglichen. Die Ergebnisse der Literaturstudie werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

3.3.2 Ansätze zur Modellierung von Prozesssystemen

Um eine Spezifizierung des Stands der Forschung auf den im Rahmen dieser Arbeit wesentlichen Betrachtungsgegenstand zu erhalten, wurde im Zuge der strukturierten Literaturrecherche nach Ansätzen gesucht, die sich mit der Modellierung und Gestaltung von Prozesssystemen auseinandersetzen. Hierzu wurde im Wesentlichen eine schlüsselwortbasierte Internetrecherche durchgeführt, deren detailliertes Protokoll im Anhang dieser Arbeit zu finden ist (vgl. Tabelle A.1). Die relevantesten Ergebnisse der Recherche stammen vorwiegend aus der Informatik sowie dem Themengebiet des Geschäftsprozessmanagements (engl. Business Process Management (BPM))³ und sollen im Folgenden beschrieben werden.

Das von WELLEN (2003) sowie GRUHN & WELLEN (2000) beschriebene *Process-Landscaping* stammt aus der Informatik und adressiert existierende Defizite bei der Dokumentation und Analyse verteilter stattfindender Softwareentwicklungsprozesse. Ein übergeordnetes Ziel ist dabei die Modellierung einer Prozesslandschaft. In einem ersten Schritt des von GRUHN & WELLEN (2000) be-

³Business Process Management (BPM) ist eine Disziplin im Operations-Management und beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Ermittlung, Modellierung, Analyse, Messung, Verbesserung und Automatisierung von Geschäftsprozessen (JESTON 2014, S. 3-4).

schriebenen Vorgehens zur Modellierung werden zunächst die Kernprozesse sowie deren Schnittstellen zueinander identifiziert und in einem Koordinatensystem hinsichtlich der Anzahl direkter Schnittstellen zum Kunden (x-Achse) und ihrem Auftretenszeitpunkt im Kundenlebenszyklus (y-Achse) gruppiert. Als Modellierungsreihenfolge wird vorgeschlagen, mit dem ersten Kundenprozess zu beginnen und ausgehend davon, Prozesse zu modellieren, die diesen direkt unterstützen oder diesem unmittelbar zeitlich folgen (WELLEN 2003, S. 21-22). Aufbauend auf dieser übergeordneten Betrachtung findet schließlich eine schrittweise Konkretisierung der Prozesslandschaft statt. Im zweiten Schritt des Vorgehens werden die Kernprozesse konkretisiert, indem durch Beobachtung sowie Methoden der Wissensakquise alle Aktivitäten innerhalb eines Kernprozesses aufgenommen und zur Wahrung der Übersichtlichkeit in einer Baumstruktur abgebildet werden. In einem dritten Schritt werden die identifizierten Schnittstellen verfeinert, indem die zwischen den Kernprozessen ausgetauschten Informationen beziehungsweise die Objekttypen sowie die Austauschrichtung erhoben wird. In einem letzten Detaillierungsschritt werden schließlich die tatsächlichen Abläufe der Aktivitäten durch konkrete Prozessmodelle beschrieben und mittels Szenarien weitere Informationen über Aktivitäten (Verantwortlichkeiten, Eingabeobjekte, Sonderfälle, eingesetzte Werkzeuge, etc.) erfasst. Zur grafischen Modellierung des Prozessmodells schlägt WELLEN (2003) sogenannte Funsoft-Netze vor, bei denen es sich um eine Variante der Petrinetze handelt. In einem letzten Schritt des Vorgehens wird die modellierte Prozesslandschaft auf ihre Vollständigkeit (die Menge der Aktivitäten und Schnittstellen wird von allen Prozessverantwortlichen als ausreichend und ausreichend detailliert erachtet) und Korrektheit (alle modellierten Relationen zwischen Aktivitäten und Schnittstellen werden von den Prozessverantwortlichen als sinnvoll und erforderlich akzeptiert) validiert.

Auch BECKER, ALGERMISSEN et al. (2007) stellen mit der sogenannten PICTURE-Methode einen Ansatz zur Modellierung und Analyse einer Prozesslandschaft vor. Die Modellierungssprache der PICTURE-Methode wurde insbesondere für die Vorgänge in der öffentlichen Verwaltung entwickelt und besteht aus 24 domänenspezifischen Prozessbausteinen, die mittels definierter Attribute näher spezifiziert und zu einzelnen Prozessen zusammengesetzt werden können. Des Weiteren beschreiben BECKER, ALGERMISSEN et al. (2007) ein Vorgehen bei der Modellierung mittels des PICTURE-Ansatzes. Hierbei sind im Zuge

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

der Vorbereitung der Methodenanwendung zunächst die Projektziele und somit die relevanten Informationsbedarfe bei der Prozesserfassung zu erheben. Auf dieser Basis werden die Attribute der Prozessbausteine angepasst. Im Anschluss erfolgt eine von Experten durchzuführende Identifikation, Erfassung und Evaluierung der Prozesse.

Weitere aus der Informatik stammende Ansätze prägen insbesondere den Begriff der Prozessarchitektur. KOLIADIS et al. (2008) skizzieren in diesem Zusammenhang mittels 22 Fragen die funktionalen Anforderungen an eine *Unternehmensprozessarchitektur* (engl. *Enterprise Business Process Architecture (EBPA)*) und analysieren damit bestehende Prozessarchitektur-Frameworks aus der Literatur. Darauf aufbauend beschreiben sie, wie eine EPBA aufgebaut werden kann und nutzen dabei insbesondere eine vereinfachte Variante des „i*-Frameworks“ von YU (1995), sowie eine kommentierte Form der BPMN (vgl. Abschnitt 2.3.2).

LAPOUCHNIAN et al. (2015) setzen sich ebenfalls mit der Gestaltung der Geschäftsprozessarchitektur (engl. *Business Process Architecture (BPA)*) auseinander. Sie geben an, dass in Unternehmen die Anstrengungen häufig darauf gerichtet sind, einzelne Geschäftsprozesse zu analysieren oder zu verbessern und nur selten die Gestaltung der gesamten Geschäftsprozessarchitektur (BPA) im Vordergrund steht, obwohl die Dynamik hinsichtlich technologischer und das Geschäftsmodell betreffender Innovationen die stetige Anpassung der BPA erfordern würde. LAPOUCHNIAN et al. (2015) schlagen diesbezüglich einen Ansatz zur Modellierung von Geschäftsprozessarchitekturen unter Berücksichtigung mehrerer Dimensionen vor, entlang derer Aktivitäten oder Entscheidungen prozessübergreifend neu positioniert werden können. Die Modifikationen der BPA sehen die Autoren insbesondere entlang der vier Dimensionen:

- Zeit: Verschieben eines Prozesselements (PE) - einer Aktivität oder einer Entscheidung - früher oder später in Bezug auf andere Prozesselemente.
- Wiederholung: Positionieren eines PE in einem Geschäftsprozess, der mehr (oder weniger) häufig in Bezug auf andere PEs wiederholt wird.
- Planung / Ausführung: Positionierung eines PE auf der Planungs- oder Ausführungsseite eines Prozesses, d. h. ob das PE während der Planung oder während der Ausführung des resultierenden Plans durchgeführt wird.

-
- Design / Verwendung: Positionierung eines PE auf der Entwurfs- oder Benutzungsseite eines Prozesses, d. h. ob das PE Teil eines Entwurfsprozesses ist oder während der Verwendung des Ergebnisses des Entwurfs aufgerufen wird - ein Artefakt oder eine Fähigkeit.

In ihrer Publikation zeigen LAPOUCHNIAN et al. (2015) lediglich einen Auszug aus einer BPA auf, ohne dabei auf das Vorgehen einzugehen, wie die beschriebenen Dimensionen bei der Gestaltung berücksichtigt werden können.

Wie zu Beginn des Abschnittes erwähnt, setzen sich insbesondere auch Ansätze des BPM mit der Modellierung von Prozesssystemen auseinander. HARMON (2007) sowie GREEN & OULD (2005) motivieren insbesondere damit, dass die in Unternehmen häufig praktizierte, schrittweise Identifizierung, Entwicklung und Unterstützung von einzelnen Prozessen dazu führt, dass die Prozesse nicht optimal aufeinander und somit auch nicht auf das Gesamtziel der Organisation abgestimmt sind. Zur Lösung des Problems schlagen sie die Identifikation und Modellierung der Prozessarchitektur (engl. Process Architecture) einer Organisation mittels der sogenannten *Riva-Methode*⁴ vor (GREEN & OULD 2005, S. 415). Das Grundkonzept des Riva-Ansatzes besteht darin, dass die Prozessarchitektur einer Organisation von den wesentlichen Entitäten einer Organisation (engl. Essential Business Entities (EBEs)) abgeleitet werden kann. Diese Beschreiben die Charakteristika eines Unternehmens und können mittels Leitfragen (z. B.: „Was produzieren wir?“, „Wer sind unsere Kunden?“, „Welche Services bieten wir an?“, etc.) im Rahmen eines Brainstorming-Workshops ermittelt werden. In einem zweiten Schritt werden die EBEs gefiltert und diejenigen identifiziert, um die sich das Unternehmen während ihrer Laufzeit kümmern muss. Der nächste Schritt besteht darin, die Beziehungen zwischen diesen sogenannten Units of Work (UOWs) – bei denen es sich im Sinne dieser Arbeit um Prozesse (vgl. Abschnitt 1.1.1) handelt – zu identifizieren. Hierbei werden lediglich dynamische Beziehungen (d. h. eine UOW bedingt das Auftreten einer anderen) aufgenommen. In einem nächsten Schritt kommt die Annahme zum Tragen, dass es in der Prozessarchitektur für jedes UOW, einen Case Process (CP), der sich mit einer einzelnen Instanz der UOW befasst, einen Case Management Process (CMP), der sich mit dem Instanzfluss befasst und einen Case Strategy

⁴Für eine detaillierte Beschreibung der Methode siehe (OULD 2005) sowie (BEESON et al. 2013, 39 ff.)

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

Process (CSP), der die zukünftige Strategie für die CPs und CMPs bestimmt, geben muss. Die resultierende *First-Cut Process Architecture* stellt damit eine umfassende Sammlung an Prozessen für die identifizierten UOWs dar. Im Anschluss daran werden die Beziehungen zwischen UOWs in Beziehungen zwischen den entsprechenden CPs und CMPs umgewandelt und durch die Anwendung der von (OULD 2005, S. 185-194) beschriebenen Heuristiken um eine reduzierte, *Second-Cut Process Architecture* zu erhalten.

MALINOVA (2015) beschreibt im Rahmen ihrer Dissertation einen Ansatz zur Entwicklung einer Modellierungssprache für die Gestaltung von Prozesslandkarten. Explizites Ziel ist es dabei, den Anwender bei der Gestaltung der Prozesslandkarte des eigenen Unternehmens zu unterstützen. Auf Basis einer empirischen Untersuchung zahlreicher in der industriellen Praxis angewendeten Prozesslandkarten beschreibt MALINOVA (2015) zunächst ein umfassendes Meta-Modell (vgl. Abbildung 3.2).

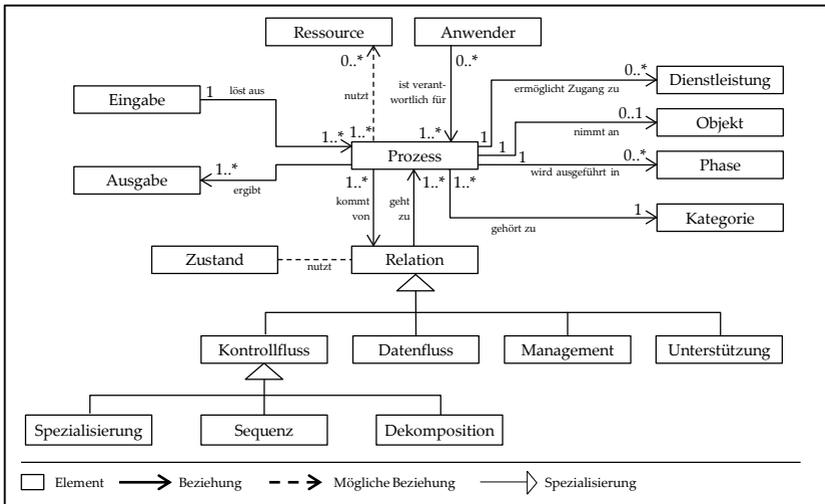


Abbildung 3.1: Meta-Modell einer Prozesslandkarte in Anlehnung an MALINOVA (2015, S. 137)

Insgesamt werden elf Konzepte beschrieben, die zum Aufbau einer Prozesslandkarte notwendig sind. Insbesondere wird dabei auf *Relationen* eingegangen, die die Beziehungen zwischen den einzelnen Prozessen beschreiben. Ein Pro-

zess kann durch eine oder mehrere Relationstypen mit anderen Prozessen in Verbindung stehen. Neben Kontroll- und Datenflussbeziehungen werden Management- und Unterstützungsbeziehungen genannt. Ein ähnliches Vorgehen wie bei der Entwicklung des Meta-Modells wurde auch zur Definition einer konkreten Syntax zur Gestaltung von Prozesslandkarten verwendet. Hierbei wurden die am häufigsten verwendeten Symbole auf den analysierten Prozesslandkarten genutzt und zu einer umfassenden Syntax zusammengefasst.

Auch DIJKMAN et al. (2016) beschreiben auf Basis der von ihnen durchgeführten ausführlichen Analyse der Literatur zu bestehenden Ansätzen zum Thema Business Process Architecture sowie auf Basis durchgeführter Anwendungsprojekte, ein eigenes Framework zur Gestaltung von Geschäftsprozessarchitekturen (engl. Business Process Architectures). Hierbei werden die Prozesse eines Unternehmens hinsichtlich der wichtigsten, dauerhaften Geschäftsobjekte auf der einen und den wesentlichen Geschäftsfunktionen auf der anderen Seite strukturiert. Die Zerlegung von Geschäftsfunktionen geht zumeist nicht tiefer als zwei oder drei Ebenen und startet häufig mit der Zerlegung in primäre und unterstützende Geschäftsfunktionen. Auch die Klassifizierung von Geschäftsobjekten⁵ ist nicht zu detailliert auszuführen. Die Prozesse werden dann hinsichtlich der Geschäftsfunktionen, die an der Ausführung der Prozesse beteiligt sind und der von den Prozessen betroffenen Geschäftsobjekte kategorisiert. Wenn Prozesse von denselben Geschäftsfunktionen ausgeführt werden, jedoch unterschiedliche Geschäftsobjekte betreffen, sind sie in der Regel so konzipiert, dass sie so ähnlich wie möglich sind und sich nur im Hinblick auf wesentliche Unterschiede zwischen den Geschäftsobjekten unterscheiden.

Im Zuge der durchgeführten strukturierten Literaturrecherche konnten keine ingenieurs- bzw. betriebswissenschaftlichen Ansätze identifiziert werden, die sich explizit mit der Modellierung von Prozesssystemen im Umfeld der Produktion auseinandersetzen. Einschränkend ist anzuführen, dass sich auch bei wertstromorientierten Ansätzen, die vornehmlich die Modellierung eines einzelnen Prozesses in den Fokus setzen, Bemühungen feststellen lassen, einen größeren Ausschnitt des Prozesssystems zu berücksichtigen. Beispielsweise

⁵Der Begriff Geschäftsobjekt (engl. business object) ist ein Begriff aus der objektorientierten Softwareentwicklung. Geschäftsobjekte dienen dazu, reale Größen und Abläufe in Informationssystemen zu modellieren.

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

werden auch im Zuge der von ERLACH (2010) beschriebenen Wertstrommethode die Schnittstellen zwischen dem Produktionsprozess und angrenzenden Geschäftsprozessen (insbesondere Auftragerfassung, Produktionsplanung und Produktionssteuerung) modelliert (ERLACH 2010, S. 55-58).

3.4 Analyse von Einfluss und Wirkung in komplexen Systemen

Im Fokus des folgenden Kapitels steht die in der dritten Forschungsfrage (vgl. Abschnitt 1.3) adressierte Thematik der Analyse von Einflüssen und Auswirkungen, die Prozesse oder aber – im abstrahierten Kontext – Elemente eines komplexen Systems aufeinander haben können. Zur Erarbeitung des Stands der Forschung wurde eine strukturierte Literaturstudie durchgeführt. Hierzu wurde in einem ersten Suchlauf der Literaturrecherche, unter Verwendung der Schlüsselwörter „impact analysis“, „effect analysis“ und „influence analysis“ jeweils in Kombinationen der Wörter „business process“, „process architecture“ und „complex system“, das Themengebiet ergründet. Hierbei konnten die drei wesentlichen Domänen *Fehlerauswirkungsanalyse* (1), *Änderungsauswirkungsanalyse* (2) und *Geschäftsauswirkungsanalyse* (3) identifiziert werden. In einem zweiten Suchlauf wurde in den einzelnen Domänen recherchiert. Der Fokus der Recherche lag hierbei darauf, Ansätze zu identifizieren, die entweder einen vergleichbaren Betrachtungsgegenstand (z. B.: business processes, process system, support processes) oder zumindest einen ähnlichen Anwendungskontext (z. B.: process improvement) vorweisen konnten. Hierbei zeigte sich, dass im Wesentlichen Ansätze aus den Domänen (1) und (2) den Anforderungen entsprechen konnten. Die für die vorliegende Arbeit relevantesten Ansätze werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

3.4.1 Fehlerauswirkungsanalysen

3.4.1.1 Grundlagen zur Fehlermöglichkeiten und -einflussanalyse

Eine grundlegende Methode, die im Zuge von Fehlerauswirkungsanalysen immer wieder Gegenstand von Publikationen ist, ist die sogenannte Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse (FMEA). Bei der FMEA handelt es

sich um eine um das Jahr 1949 vom US Militär entwickelte analytische Methode, die ursprünglich als Bewertungstechnik für die Zuverlässigkeit eines Produktes eingesetzt wurde (WERDICH 2012, S. 7). Allgemein dient die Methode zur systematischen Suche und Ermittlung von Fehlern sowie deren Ursachen und insbesondere auch deren Auswirkungen. Die Aufarbeitung dieser Fehler erfolgt durch die methodische Analyse hinsichtlich ihrer *Bedeutung für nachfolgende Tätigkeiten sowie für den Kunden (B)*, der *Wahrscheinlichkeit des Auftretens (A)* sowie der *Wahrscheinlichkeit der Fehlerentdeckung (E)* (HENZE 2008, S. 25). Die drei Faktoren werden schließlich im Rahmen eines qualitativen Vorgehens mit Werten von 1 bis 10 bewertet, wobei 1 für „geringes Risiko“ und 10 für „hohes Risiko“ steht (WERDICH 2012, S. 50). Die Multiplikation dieser Faktoren ergibt schließlich die sogenannte *Risikoprioritätszahl (RPZ)*.

$$RPZ = B \times A \times E \quad (3.5)$$

Als Folge der kontinuierlichen Weiterentwicklung der traditionellen FMEA-Methode können heute zahlreiche Varianten unterschieden werden⁶. Aufgrund des im Rahmen dieser Arbeit vorliegenden Betrachtungsgegenstandes eines Prozesssystems sind hierbei im Wesentlichen die Prozess-FMEA sowie die System-FMEA zu nennen. Insbesondere das nach dem vom Verband der Automobilindustrie (VDA) als „System-FMEA Prozess“ bezeichnete Vorgehen fokussiert die Analyse von Prozessen in Systemen und Subsystemen (VDA 1996).

3.4.1.2 FMEA-basierte Ansätze im Kontext von Geschäftsprozessen

Im Folgenden werden Beiträge zur Verbesserung und Weiterentwicklung der traditionellen FMEA sowie zur Anwendung der Methode in komplexen Systemen beziehungsweise im Kontext von Geschäftsprozessen vorgestellt.

GOEBBELS (2005) beschreibt eine Weiterentwicklung der traditionellen FMEA-Methode. Die sogenannte Geschäftsprozess-FMEA dient zur Analyse und Be-

⁶siehe hierzu WERDICH (2012, S. 13)

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

wertung möglicher Fehler in Geschäftsprozessen, die über eine IT- Infrastruktur abgewickelt werden. In Anlehnung an BREIING (2002) erweitert GOEBBELS (2005) die klassische Risikoprioritätszahl um einen Faktor (K_{ROI}) für die Kosten. Es wird hierfür die Bildung einer Aufwandsprioritätszahl vorgeschlagen, die für jede Korrekturmaßnahme nur dann berechnet wird, wenn es sich lohnt das ermittelte Risiko einzugehen. Diese Ergänzung führt zur Berechnung der neu definierten Aufwandsprioritätszahl (APZ) durch folgende Formel:

$$APZ = B \times A \times E \times K_{ROI} \quad (3.6)$$

mit

- APZ: Aufwandsprioritätszahl
- B: Bedeutung eines Fehlers
- A: Auftretenswahrscheinlichkeit eines Fehlers
- E: Entdeckungswahrscheinlichkeit eines Fehlers
- K_{ROI} : Kosten der Fehlerfolgen

Die Kosten der Fehlerfolgen berechnen sich dabei aus:

$$\begin{aligned} K_{ROI} &= K_1 \times K_2 \\ K_1 &= f - g, K_2 = f/g \end{aligned} \quad (3.7)$$

Hierbei stellt „f“ die absolut anfallenden Kosten bei ausbleibender Fehlerkorrektur und „g“ die Summe aller Kosten dar, die durch die Behebung der Fehlermöglichkeit entstehen.

K_{ROI} beurteilt damit sowohl den absoluten als auch den relativen Erfolg bezogen auf den Aufwand der Korrektur. Des Weiteren wird ähnlich wie bei der Anwendung der traditionellen FMEA vorgegangen. Nach der Zusammensetzung eines geeigneten Teams zur Durchführung der Geschäftsprozess-FMEA erfolgt die Beschreibung der statischen sowie dynamischen Aspekte der Geschäftsprozesse durch die Funktions- und Strukturanalyse. Diese stellen das notwendige Wissen für die Fehleranalyse und Risikobewertung bereit. Auf Basis der dokumentierten Fehleranalysen wird folglich entschieden, welche

Korrekturen umgesetzt werden sollen und in welchem zeitlichen Rahmen dies geschehen soll.

HU et al. (2009) stellen zum Zweck der Analyse komplexer Systeme eine auf funktionaler Modellierung basierende FMEA vor. Sie stellen fest, dass bei den heutzutage auftretenden komplexen Systemen die traditionelle FMEA-Methode weder für die Analyse noch für Gestaltung eines Systems mit mehreren Einheiten (z. B. eine große Anzahl an Prozessen) zum Einsatz kommen kann. Ziel der auf funktionaler Modellierung basierenden FMEA-Methode ist es, die Ausfallmodi des Systems und seine Auswirkung auf die Gesamtaufgabe des Systems zu analysieren. Durch die Anwendung der entwickelten, funktionalen Modellierungssprache (auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll) können alle Aspekte des Systems erfasst, und zur besseren Fehlerermittlung genutzt werden. Zur Fehlerermittlung im System sowie deren Darstellung stellen HU et al. (2009) ein fünfstufiges Vorgehen vor:

1. Systemanalyse: Im ersten Schritt müssen die Strukturen, die Funktionen, und die Umgebung des Systems beherrscht werden. Hierbei werden zunächst Hypothesen über Fehlermodi ausgegeben, die iterativ überprüft werden.
2. Definition der Fehlermodi: Im zweiten Schritt werden schließlich potentielle Fehler erfasst und analysiert.
3. Wahl der Modellierungsstrategie: Im dritten Schritt müssen anhand der Systemeigenschaften die Modellierungssprache gewählt und mit ihrer Hilfe die betrachteten Systeme modelliert werden.
4. FMEA durchführen: Im vierten Schritt wird die traditionelle FMEA-Vorlage mit den Fehlern und den Auswirkungen auf das Modell ausgefüllt.
5. Analyse der Fehlermodi und deren Auswirkungen: Im letzten Schritt erfolgt die Analyse der Fehler und deren Auswirkungen auf das System.

FILHO et al. (2017) präsentieren ein Framework zur Analyse und Priorisierung von Fehlern in Instandhaltungsprozessen mittels einer sogenannten *Process-aware FMEA (PAFMEA)*. Diese erweitert die traditionelle FMEA um die Delphi-Methode zur Einholung von Expertenmeinungen sowie der Methode des Analy-

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

tischen Hierarchischen Prozesses (AHP) zur Realisierung einer multikriteriellen Risikobewertung. Zudem wird zur Instanziierung des Entwicklungszyklusses des PFMEA die Integration in ein Geschäftsprozess-Managementsystem (engl. Business Process Management System (BPMS)) vorgeschlagen. Die Erweiterung der traditionellen FMEA durch die AHP-Methode erfolgt durch die strukturierte Aufnahme einer Vielzahl an Merkmalen und Kriterien zur Bewertung der Fehlermodi. Ziel ist es, eine neue Hierarchie der Fehlermodi unter Verwendung mehrerer Kriterien zu erhalten. Nach einer ersten Priorisierung der Merkmale durch die traditionelle RPZ werden die Kriterien zusätzlich mit Hilfe der Delphi Methode bewertet und somit gemäß Expertenmeinungen gefiltert. Als Ergebnis dieses Vorgangs wird eine Bewertungsmatrix aufgestellt und die Gewichtung der ausgewählten Merkmale mittels eines Priorisierungsvektors berechnet. Als letzter Schritt erfolgt dann die Implementierung des Vorgehens im BPMS.

In einem weiteren Ansatz stellen KOTOWSKA & BURDUK (2018) ein Konzept zur Verbesserung der Produktionsunterstützungsprozesse (insbesondere bei der Bestellung von Werkzeugen, Teilen und Verbrauchsmaterialien für Maschinen) vor und haben daher einen ähnlichen Betrachtungsfokus wie die vorliegende Arbeit. Das Ziel der beschriebenen Studie war es zu untersuchen, ob die Kontinuität des Prozesses der Lieferung von Produktionsunterstützungsmaterialien mittels Methoden des Lean Management und ausgewählten Simulationstools optimiert werden kann. Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) wurde in diesem Kontext zur Identifikation von grundlegenden Verschwendungsursachen eingesetzt. Eine detaillierte Beschreibung des Vorgehens wird im Rahmen der genannten Veröffentlichung allerdings nicht gegeben.

3.4.2 Änderungsauswirkungsanalysen

3.4.2.1 Grundlagen zur Änderungsauswirkungsanalyse

Der Begriff der Änderungsauswirkungsanalyse (engl. change impact analysis) lässt sich im Wesentlichen dem Themengebiet des Änderungsmanagements zuordnen. Sowohl in der Produktentwicklung (Engineering Change Manage-

ment⁷) als auch Publikationen zum Änderungsmanagement der Produktion (Manufacturing Change Management⁸) oder dem Geschäftsprozessmanagement setzen sich damit auseinander. Gemein ist den Ansätzen, dass sie auf der Basis eines systemischen Verständnisses des jeweiligen Betrachtungsgegenstandes (Produktion, Produkt, Prozess) davon ausgehen, dass die Änderung eines Elements des Systems sich auf irgend eine Art und Weise auf das Gesamtsystem auswirkt. KHERBOUCHE et al. (2013, S. 235) verstehen die Analyse der Änderungsauswirkungen in Geschäftsprozessen als ein Vorgehen, das es ermöglicht die Elemente und Instanzen zu bestimmen, die für direkte oder indirekte Auswirkungen nach einer Veränderung im Prozesssystem anfällig sind. Ziel der Änderungsauswirkungsanalyse ist es, Auswirkungen von Systemänderungen frühzeitig analysieren und bewerten zu können und durch eine kontrollierte Durchführung dieser Änderungen negative Auswirkungen auf das System zu verhindern. Im Folgenden werden daher ausgewählte Ansätze zur Änderungsauswirkungsanalyse vorgestellt.

3.4.2.2 Konkrete Ansätze zur Änderungsauswirkungsanalyse im Kontext von Geschäftsprozessen

BOER et al. (2005) adressieren das Problem der Ausbreitung einer Wirkung (eng. ripple effect) innerhalb einer Unternehmensarchitektur. Diese stellt eine übergeordnete Beschreibung aller Dimensionen eines Unternehmens (Organisationsstruktur, Geschäftsprozesse und Infrastruktur) sowie deren Interaktionen dar. Die von BOER et al. (2005) vorgeschlagene Architekturbeschreibung unterscheidet zwei Betrachtungsebenen: Die Business-Ebene bietet Dienste für externe Kunden an, die in der Organisation durch Geschäftsprozesse (durch Geschäftsakteure oder -rollen) realisiert werden und die Anwendungs-Ebene, die die Business-Ebene mit durch Softwareanwendungen realisierte Anwendungsdienste unterstützt. Die Modellierung der Architektur findet mittels der Modellierungssprache *ArchiMate*⁹ statt. Eine von *ArchiMate* repräsentierte Unternehmensarchitektur besteht aus einer Reihe von Konzepten und Relationen,

⁷Siehe hierzu insbesondere JARRATT et al. (2011).

⁸Siehe hierzu insbesondere PLEHN (2017).

⁹Siehe hierzu LANKHORST (2004).

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

die diese miteinander verbinden. Zur Berechnung des Ripple-Effekts einer Änderung schlagen BOER et al. (2005) ein Vorgehen vor, dass die wiederholte Änderung der Kennzeichnung der einzelnen Konzepte des ArchiMate-Modells vorsieht und zwar so lange, bis keine Änderung der Kennzeichnung mehr möglich ist. Die Änderungen werden durchgeführt, indem der unmittelbare Einfluss eines Begriffs auf einen anderen berechnet wird, basierend sowohl auf der Semantik der Beziehung, die die Konzepte in Beziehung setzt, als auch auf der Art der Änderung. Das Vorhandensein einer Auswirkung hängt dabei im Wesentlichen von der Semantik der Relationen zwischen den beiden Konzepten ab. Innerhalb von ArchiMate werden zwölf verschiedene Relationen unterschieden. BOER et al. (2005) stellen darauf basierend die Auswirkungen einer Änderung auf die nach ihrer Einschätzung wichtigsten Relationen (Access, Assign, Use, Realize, Trigger) in Bezug auf jede unterschiedliche Art von Veränderung dar und zeigen die damit durchzuführende Auswirkungsanalyse anhand exemplarischer Beispiele auf.

Der Ansatz von WEIDLICH et al. (2009) stammt aus dem Business Process Management (BPM) und adressiert die Änderungsfortpflanzung in Prozessmodellen. Die Vielzahl der Treiber für Geschäftsprozessmodellierungsiniciativen, die von der Geschäftsentwicklung bis zur Prozessumsetzung reicht, führt zu einer Vielzahl an Modellen, die sich inhaltlich überlappen, weil sie unterschiedlichen Zwecken dienen. Das wiederum stellt die Ausbreitung von Veränderungen zwischen diesen Prozessmodellen vor große Herausforderungen. Im Fokus des Ansatzes von WEIDLICH et al. (2009) steht daher die Erleichterung bei der Synchronisierung von Prozessmodellen. Hierfür stellen sie zunächst ein formales Prozessmodell vor und definieren sogenannte Verhaltensprofile. Die Verhaltensprofile eines Prozessmodells zielen darauf ab, Verhaltensaspekte eines Prozesses detailliert zu erfassen. Angesichts einer Änderung in einem Prozessmodell wird schließlich ein Veränderungsbereich in einem anderen Modell bestimmt, indem das Verhaltensprofil der entsprechenden Aktivitäten genutzt wird. Unter der Annahme, dass das Quell- und das Zielmodell in gewissem Maße ausgerichtet sind, können die charakteristischen Beziehungen für die entsprechenden Aktivitäten im Zielmodell genutzt werden, um einen Änderungsbereich im Zielmodell zu lokalisieren. Das konkrete Ergebnis des beschriebenen Algorithmus zur Bestimmung der Änderungsregion gibt schließlich Auskunft darüber, wo eine Änderung im Zielmodell propagiert werden

kann, ohne die Konsistenz der Modelle zu verletzen.

WANG et al. (2012) beschreiben einen Ansatz zur Vereinfachung der Änderungsauswirkungsanalyse in einer servicebasierten Umgebung. Der beschriebene Ansatz basiert auf einem Service-Orientierten Geschäftsprozessmodell, das eine typische Art der Abhängigkeit zwischen Services und Geschäftsprozessen mit sich bringt. Das Modell besteht aus einem Prozess-Layer und einem Service-Layer, wobei der Prozess-Layer mittels eines Kontrollflussschemas die Aktivitäten der internen Prozesse modelliert. Das Informationsflussschema definiert dabei, wie die Daten zwischen den Aktivitäten übertragen werden und ist der Schlüssel für das Verständnis der Datenabhängigkeit, und somit auch der Änderungsauswirkung zwischen den Aktivitäten. Auf Grundlage des beschriebenen Modells werden zwei Änderungstypen definiert: die Serviceänderung und die Prozessänderung. Die Klassifizierung von Änderungen liefert dabei die Basis für die Änderungsauswirkungsanalyse. Hierbei werden zehn Änderungsauswirkungsmuster und die dazugehörigen Funktionen des Wirkungsbereichs einer spezifischen Änderung definiert. Diese Muster beinhalten eine Beschreibung, die Ursache der Änderung, den direkten Wirkungsbereich, und die Wechselwirkung mit dem Prozess oder dem Service. Die ersten fünf Muster beschreiben die Auswirkungen auf den internen Prozess aufgrund von Serviceänderungen und die Muster sechs bis zehn beschreiben die Auswirkungen auf die Services durch Prozessänderungen. Die beschriebenen Änderungsauswirkungsmuster können zusätzlich als Zwischenergebnisse für die Analyse des Gesamtprozesses betrachtet werden, da diese für die Entwicklung und Wartung neuer Anwendungen und Informationssysteme wiederverwendet werden können. WANG et al. (2012) beschreiben des Weiteren beispielhaft auch den Effekt der sogenannten Änderungsfortpflanzung und zeigen auf, dass die Manipulation einer Serviceänderung eine Prozessänderung bedingt, die wiederum Auslöser für eine notwendige Serviceänderung sein kann. Eine detaillierte Beschreibung des Effekts findet jedoch nicht statt.

Der aus der Informatik stammende Ansatz von KHERBOUCHE et al. (2013) beschreibt eine auf Geschäftsprozesse ausgelegte Methode zur Änderungsauswirkungsanalyse. Die Autoren definieren dabei die Änderungsauswirkungsanalyse im Geschäftsprozessmodell als einen Prozess, der die Bestimmung der Elemente des Modells und seiner Instanzen ermöglicht, die nach jeder Änderung direkt

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

oder indirekt betroffen sein können. Der Ansatz basiert auf einer Ontologie, bei welcher das Hauptziel darin besteht, eine Wissensbasis für Produkt- oder Prozessdesigner zu erstellen, um das Risiko von Änderungen und ihren Aufwand für die Implementierung a-priori abschätzen zu können. Änderungen in Geschäftsprozessen können ihre Wirkung in mehreren Aspekten aufzeigen (strukturell, funktionell, verhaltensbezogen, logisch oder qualitativ). Die Autoren schlagen diesbezüglich ein mehrdimensionales Modell vor, das alle diese Änderungsauswirkungen erfassen kann. Im Modell werden folgende zwei Arten von Abhängigkeiten unterschieden: Aktivitätsabhängigkeiten und Datenabhängigkeiten. Die Aktivitätsabhängigkeit (auch Routing-Abhängigkeit genannt) beschreibt die Ausführungsreihenfolge von Aktivitäten innerhalb eines Geschäftsprozesses durch die Kontrollflüsse. Dabei werden bei den Aktivitätsabhängigkeiten intra- und interprozessuale (engl. Intra-dependency und Inter-dependency) Abhängigkeiten unterschieden. *Intra-dependencies* beziehen sich auf Routing-Beziehungen zwischen benachbarten Aktivitäten innerhalb desselben Prozesses, während die *Inter-dependencies* durch die Routing-Beziehung zwischen Aktivitäten in den verschiedenen Prozessen auftreten. Die Datenabhängigkeiten ergeben sich hingegen aus gemeinsamen Ressourcen oder Daten im Zusammenhang mit mehreren Aktivitäten. Hier wird zwischen geteilten Abhängigkeiten (mehrere Aktivitäten verwenden die gleiche Ressource oder die gleichen Daten) und sogenannten Fitabhängigkeiten (mehrere Aktivitäten erzeugen kollektiv eine einzelne Ressource oder Daten) unterschieden. Des Weiteren verfügt jede Aktivität über Input- und Output-Parameter sowie über die zu ermittelnden Abhängigkeiten. Um die Abhängigkeiten im Modell darzustellen wird das BPMN (Business Process Model Notations) Ontologie-Framework durch die beschriebenen Aktivitäts- und Datenabhängigkeiten erweitert.

Auch HAJMOOSAEI et al. (2015) sind der Auffassung, dass Änderungen die in einem Prozess stattfinden, positive oder negative Auswirkungen auf andere Kooperationspartner und Prozesse haben können und sehen daher die Unterstützung beim Umgang mit Änderungsförtpflanzungen als wünschenswerte Funktionalität von Geschäftsprozess-Management-Systemen (engl. Business Process Management System (BPMS)) an. Sie stellen diesbezüglich eine Methode zur Analyse der Auswirkungen von Prozessänderungen während der Laufzeit vor, um Prozessverantwortlichen dabei zu helfen, eine Änderung anzunehmen oder zu verwerfen. Die Basis hierfür bilden sogenannte *Prozessabhängigkeitsgra-*

phen (engl. *Process Dependency Graph (PDG)*), die die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Prozessinstanzen, die von einem BPMS verwaltet werden, darstellen und überwachen.

Beim Auftreten einer Änderung findet eine Analyse des PDG statt, um die betroffenen Prozesselemente abzuleiten und dann die Auswirkungen der Änderungen mithilfe von quantitativen Metriken zu bewerten. Da die von HAJMOOSAEI et al. (2015) beschriebene Methodik das Problem zur Anpassung der Laufzeit adressiert, werden als qualitative Kennzahlen die Verzögerungszeit und die Realisierungskosten genutzt. Die Verzögerungszeit stellt die Zeit dar, die die Adaption beim Senden von Daten zwischen Kooperationspartnern oder der Teilnahme eines Akteurs an anderen Prozessen verursacht. Sie lässt sich leicht aus den bereits im PDG erfassten Information, wie z. B. die Aufgabendauer, die Spurdauer, die Prozessdauer und die Startzeit der Prozess- und Aufgabeninstanz ermitteln. Der von HAJMOOSAEI et al. (2015) vorgeschlagene Algorithmus vergleicht diese zeitliche Information mit der zeitlichen Information der angepassten Spur und extrahiert die daraus resultierende Verzögerungszeit. Die Realisierungskosten sind dabei sehr unternehmensspezifisch und stellen bei HAJMOOSAEI et al. (2015) die Kosten der Ressourcen dar, die verwendet werden, um die Aufgaben der Prozesse auszuführen.

In Ergänzung zu den im Zuge der strukturierten Internetrecherche identifizierten Ansätzen, lässt sich abschließend auch die Arbeit von PLEHN (2017) nennen, in der er eine Methodik zur Analyse von Änderungen und deren Auswirkungen in sozio-technischen Fertigungssystemen beschreibt. Hierbei wird mittels einer Graph-basierten domänenspezifischen Modellierungssprache zunächst das Fertigungssystem beschrieben. Auf Basis der Strukturmodells werden im Anschluss die Abhängigkeiten und Einflüsse der einzelnen Systemelemente auf Basis von Expertenschätzungen erhoben. Abschließend werden die Auswirkungen von Änderungen, unter Berücksichtigung potentieller Änderungsfortpflanzungen, auf die Kosten des Gesamtsystems simuliert.

3.4.3 Weitere Ansätze

Neben den Ansätzen zur Fehler- sowie Änderungsauswirkungsanalyse konnte noch ein weiterer relevanter Ansatz identifiziert werden, der zur Vervollständi-

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

gung des Stands der Erkenntnisse im Folgenden erläutert werden soll.

Es handelt sich dabei um eine aus der Betriebswirtschaft stammende Dissertation von FINKEISSEN (1999), der ein Modellkonzept für die Beurteilung und den Vergleich von Prozessen beschreibt. Der Ansatz dient zur Identifikation wichtiger Prozesse sowie zur Auswahl jener, die mit vorrangiger Priorität verbessert werden sollten und deckt sich an dieser Stelle mit der in dieser Arbeit gegebenen Zielstellung. Diesbezüglich wird ein systembasiertes Modell entwickelt, durch welches Prozesse hinsichtlich ihrer Wertschöpfung sowohl aus Kunden- als auch aus Unternehmenssicht beurteilt werden können.

Der beschriebene Ansatz lässt sich in zwei wesentliche Schritte untergliedern. In einem ersten Schritt wird das Wertschöpfungssystem eines Unternehmens beschrieben. Dieses besteht aus einem Zielsystem, einem Prozesssystem und den Wirkungen der Prozesse auf die Ziele. Die unternehmensbezogenen Ziele werden hierbei zunächst mit Hilfe einer Balanced Scorecard strukturiert. Zur Erfassung des Prozesssystems werden auf Basis einer Prozessanalyse Haupt- und Teilprozesse sowie deren jeweiliger Output erfasst. Dabei wird der Output hinsichtlich der Zielerreichung näher analysiert und bewertet. Als Output versteht der Autor in diesem Fall den Nutzen der einzelnen Prozesse. Zusätzlich werden die Beziehungen zwischen den Prozessen durch Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge beschrieben und diesbezüglich durch eine Klassifikation der Faktoren „Wirkungsintensität“, „Wirkungsrichtung“ und „Wirkungsverzögerung“ ausgedrückt. Folglich wird das Zielsystem durch die produktbezogenen Ziele und die Wirkungszusammenhänge ergänzt. Die Darstellung des Modells erfolgt dann durch die graphische Repräsentation der Hauptprozesse und die Einwirkung der Teilprozesse. Die qualitative Bewertung wird hierbei folgendermaßen definiert: je stärker ein Prozess auf ein Ziel wirkt, desto wertschöpfender ist er. Basierend auf diesem qualitativen Modell der Prozess-Wertschöpfung wird in einem zweiten Schritt ein Verfahren zur Quantifizierung der Basis von Produkterlösen erstellt. Der Erlös eines Prozesses wird ermittelt, indem man als Erstes den Erlös eines Produktes betrachtet und folglich den Beitrag des Prozesses für dieses Produkt identifiziert. Zur Ermittlung des anteiligen Erlöses jeden Prozesses an den Produkterlös wird ein zweistufiges Bewertungsverfahren vorgeschlagen. In einem ersten Schritt werden die Ergebnisse des Wertschöpfungsmodells zu einem Gesamtwert für jeden Prozess aggregiert. Im

zweiten Schritt wird dann der qualitative Beitrag der Prozesse auf das Oberziel quantifiziert und dabei der Anteil des Erlöses eines jeden Prozesses am Produkterlös berechnet. Die Wirkungsbeziehungen zwischen den Prozessen werden durch Korrelationen ausgedrückt. Durch Multiplikation der berechneten Korrelationen zwischen den Prozessen werden folglich Korrelationskoeffizienten für jeden Prozess berechnet. Diese zeigen die Wirkung auf das Hauptziel und den Erlös des Produktes. Dieses kann folglich prozentual auf die Prozesse, abhängig von der Korrelation mit dem Gesamtziel, berechnet werden. Das Ergebnis des vorgeschlagenen zweistufigen Vorgehens ist somit die aus Kundensicht sowohl qualitativ als auch quantitativ bewertete Bedeutung einzelner Prozesse hinsichtlich der Wertschöpfung und des Erlöses.

3.5 Ableitung des Handlungsbedarfs

In den vorausgehenden Abschnitten wurden zahlreiche Ansätze aufgezeigt, die im Untersuchungsbereich dieser Arbeit liegen. Neben sehr allgemeinen Ansätzen zur Auswahl und Priorisierung von Geschäftsprozessen (vgl. Abschnitt 3.2) wurden auch Methoden zur Modellierung von Prozesssystemen (vgl. Abschnitt 3.3) beschrieben. Zudem wurde mit den Ansätzen zur Fehler- und Änderungsauswirkungsanalyse (vgl. Abschnitt 4.3) auch Arbeiten diskutiert, die sich mit der Beschreibung und Bewertung von Auswirkungen in komplexen Systemen auseinandersetzen. Im Folgenden sollen die beschriebenen Ansätze nun dahingehend analysiert werden, inwiefern sie zur Beantwortung der in Abschnitt 1.3 gestellten Forschungsfragen beitragen können, um daraus den für diese Arbeit resultierenden Handlungsbedarf für die Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse abzuleiten.

Priorisierung und Auswahl von Prozessen

Zur Priorisierung und Auswahl produktionsnaher Geschäftsprozesse bedarf es geeigneter Kriterien (vgl. Abschnitt 3.2.1) sowie Vorgehensweisen, die einen Vergleich der Prozesse hinsichtlich deren Erfüllung ermöglichen. Die Analyse der in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Kriterien zeigt, dass zur Auswahl von Prozessen die einer Verbesserung unterzogen werden sollen, insbesondere

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

deren Bedeutung (z. B. strategische Bedeutung, Auswirkung auf die Kundenzufriedenheit, etc.) sowie das jeweilige Potential bzw. die Notwendigkeit zur Verbesserung herangezogen werden (vgl. u. a. DAVENPORT (1993); HAMMER & CHAMPY (1993); HELBIG (2003); BREYFOGLE et al. (2001)). Diese grundsätzlichen Bewertungsdimensionen sind auch für die Auswahl produktionsnaher Geschäftsprozesse geeignet. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass die Beurteilung des Verbesserungspotentials eines einzelnen Prozesses einen nicht unerheblichen Aufwand bedarf (vgl. u. a. MAGENHEIMER (2014)). Dies gilt es aufgrund der möglichen hohen Anzahl an zu analysierenden produktionsnahen Geschäftsprozesse zu berücksichtigen.

Bei einer genaueren Betrachtung existierender Verfahren zur Auswahl von Prozessoptimierungsinitiativen (vgl. Abschnitt 3.2.2) zeigt sich, dass der Einfluss, den produktionsnahe Geschäftsprozesse (unterstützende Prozesse) auf den Produktionsprozess (Kernprozess) haben können, keine Berücksichtigung findet. Vielmehr stehen die Beurteilung der Leitungsfähigkeit des einzelnen Prozesses (vgl. u. a. ZELLNER et al. (2010); SARKAR et al. (2011); MARRIOTT et al. (2013); OHLSSON et al. (2014)) sowie die Abschätzung der Chancen und Risiken im Falle der Durchführung einer Prozessverbesserungsinitiative (vgl. u. a. KUMAR et al. (2007); BANDARA et al. (2010); KORNFELD & KARA (2013)) im Vordergrund. Lediglich in dem von HUXLEY (2003) beschriebenen Verfahren wird der Beitrag und somit die Bedeutung eines einzelnen Prozesses für die Erreichung der organisatorischen Ziele des Unternehmens erfasst. Daraus ergibt sich zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (vgl. Abschnitt 1.3) der Handlungsbedarf, ein Vorgehen zu entwickeln, das bei der Auswahl von zu optimierenden produktionsnahen Geschäftsprozessen, deren Einfluss auf den Produktionsprozess berücksichtigt.

Modellierung von Prozesssystemen

Prozesssysteme bilden die Zusammenhänge und Beziehungen zwischen einzelnen Prozessen in ihrer Gesamtheit ab (vgl. Abschnitt 2.4.2). Um die komplexen Zusammenhänge zwischen produktionsnahen Geschäftsprozessen und dem Produktionsprozess beschreiben zu können, wurde im Rahmen einer umfassenden Literaturrecherche nach Ansätzen gesucht, die eine Modellierung des in dieser Arbeit fokussierten Betrachtungsgegenstandes ermöglichen. Bei der Analyse der (vornehmlich aus der Informatik und dem BPM stammenden)

identifizierten Ansätze zeigt sich, dass die Methoden zur Modellierung der Prozesssysteme stets zweckgebunden durchgeführt und auf die Erfordernisse der jeweiligen Zielsetzungen angepasst werden, was eine Übertragung der Modelle auf die vorliegende Arbeit als nicht geeignet erscheinen lässt. Zudem ist festzustellen, dass bei einer Detaillierung der einzelnen Prozesse des Prozesssystems häufig sehr aufwendige Verfahren gewählt werden (vgl. u. a. PICTURE-Ansatz von BECKER, ALGERMISSEN et al. (2007), BPMN bei KOLIADIS et al. (2008)), was vor dem Hintergrund der hohen Anzahl potentiell zu betrachtender produktionsnaher Geschäftsprozesse zu einem erheblichen Modellierungsaufwand führt. Hilfreich erscheint hingegen das von MALINOVA (2015) entwickelte Metamodell einer Prozesslandkarte, welches die wesentlichen Beziehungen der Elemente eines Prozesssystems aufzeigt. Dennoch werden die Zusammenhänge zwischen produktionsnahen Geschäftsprozessen und dem Produktionsprozess nicht ausreichend fokussiert. Für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage (vgl. Abschnitt 1.3) gilt es daher, eine Möglichkeit zu schaffen, das im Rahmen dieser Arbeit fokussierte Prozesssystem und die darin enthaltenen Prozesse zu beschreiben.

Analyse von Einfluss und Wirkung in komplexen Systemen

Die Einflüsse, die produktionsnahe Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess haben, können sehr vielfältig sein. Um die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen produktionsnahen Geschäftsprozesse gewährleisten zu können, müssen die Auswirkungen sich hinsichtlich einer gemeinsamen Bemessungsgröße quantifizieren lassen. Im Zuge der Erarbeitung des Stands der Erkenntnisse hat sich gezeigt, dass vornehmlich Fehler- beziehungsweise Änderungsauswirkungen im Fokus aktueller Forschungstätigkeiten liegen. Die Ansätze zur Analyse der Änderungsauswirkungen stammen dabei im Wesentlichen aus der Informatik oder dem BPM und setzen sich insbesondere damit auseinander, wie sich eine Änderung (z. B. Prozessänderung) in einem zuvor modellierten System auf andere Systemelemente (z. B. Prozesse) auswirkt oder fortpflanzt (vgl. u. a. BOER et al. (2005); WANG et al. (2012); HAJMOOSAEI et al. (2015)). Eine Vergleichsbasis, mittels derer getätigte Änderungen und deren Auswirkungen verglichen werden können (in beiden Fällen Kosten der Änderung), schaffen lediglich PLEHN (2017) und WANG et al. (2012). Im Falle der Fehlerauswirkungsanalysen wird insbesondere eine Risikoprioritätszahl (RPZ) gebildet, die zu Vergleichszwecken

3 Stand der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs

herangezogen wird. Die hierzu existierenden Forschungsansätze fokussieren sich dabei insbesondere darauf, die sehr qualitative Aussage der RPZ zu konkretisieren (vgl. u. a. GOEBBELS (2005); GARLAND (2010)). In einem weiteren Ansatz stellen KOTOWSKA & BURDUK (2018) ein Konzept zur Verbesserung der Produktionsunterstützungsprozesse vor und haben daher einen ähnlichen Betrachtungsfokus wie die vorliegende Arbeit. Sie nutzen in diesem Kontext die FMEA allerdings lediglich zur Identifikation von grundlegenden Verschwendungsursachen und nicht zur Quantifizierung der Einflüsse, die diese Prozesse auf den Kernprozess haben. Wesentlicher Handlungsbedarf, der sich demnach zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage (vgl. Abschnitt 1.3) ergibt, ist zum einen die Auswahl relevanter Einflussfaktoren sowie die Erarbeitung einer Vergleichsbasis, die eine Quantifizierung der Auswirkungen produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess ermöglicht.

4 Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

4.1 Allgemeines

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, produzierende Unternehmen bei der systematischen Identifikation derjenigen produktionsnahen Geschäftsprozesse zu unterstützen, die den größten Einfluss auf die erfolgreiche Ausführung des Produktionsprozesses haben können. Dadurch sollen insbesondere die Effektivität von Prozessverbesserungsinitiativen in den produktionsnahen indirekten Bereichen gesteigert werden. Der Beitrag der hierfür im Rahmen dieser Arbeit geleistet werden soll, umfasst dabei die Entwicklung einer Methodik zur Analyse der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess. Die im vorangegangenen Kapitel durchgeführte, Literaturstudie hat gezeigt, dass keine der in Abschnitt 1.3 aufgestellten Forschungsfragen mit Hilfe bereits existierender Ansätze hinreichend beantwortet werden kann. Insbesondere liegen die Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess nicht im Fokus der diskutierten Arbeiten (vgl. Abschnitt 3.5). Auf Basis der in Abschnitt 1.3 formulierten Zielsetzung und den aus Abschnitt 3.5 zusammengetragenen Erkenntnissen werden in Abschnitt 4.3 zunächst allgemeine und spezifische Anforderungen an die Methodik zur Analyse der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess definiert. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 4.3 die Konzeption der Methodik beschrieben. Um hierbei sowohl die Nachvollziehbarkeit als auch die Reproduzierbarkeit der Methodik gewährleisten zu können, wird ein informales Modell des im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Prozesssystems beschrieben (Abschnitt 4.3.1). In Abschnitt 4.3.2 werden schließlich wesentliche Rahmenbedingungen vorgestellt, die es bei der Durchführung der Methodik zu beachten gilt. In Abschnitt 4.3.3 wird der Ablauf der Methodik und deren

4 Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

wesentliche Bausteine und Schritte erläutert, bevor das Kapitel mit einer Einordnung der Methodik in den Stand der Forschung abgeschlossen wird (Abschnitt 4.3.4).

4.2 Anforderungen an die Methodik

Für Forschungsbereiche, die das Ziel verfolgen eine konkrete Situation zu verbessern, ist die Formulierung von Erfolgskriterien notwendig, um feststellen zu können, ob die Ergebnisse dazu beitragen dieses Ziel zu erreichen (BLESSING & CHAKRABARTI 2009, S. 26). Im Folgenden sollen Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik gestellt und im Rahmen dieser Arbeit als wesentliche Erfolgskriterien auf der einen sowie zur Ableitung von Limitationen auf der anderen Seite herangezogen werden. Hierbei findet eine Unterscheidung zwischen *allgemeinen, formalen Anforderungen* und *spezifischen, inhaltlichen Anforderungen* statt.

4.2.1 Allgemeine, formale Anforderungen

- A.1 Allgemeingültigkeit:** Die beschriebene Methodik sollte für alle beschriebenen Anwendungsfälle und Rahmenbedingungen, die nicht explizit ausgeschlossen werden, Gültigkeit besitzen.
- A.2 Adaptierbarkeit:** Die Methodik muss Anpassungen an sich verändernde Rahmenbedingungen zulassen. Hierbei sind an geeigneter Stelle Erläuterungen zu geben, wie eine gegebenenfalls notwendige Erweiterung, Detaillierung oder anders geartete Anpassung erfolgen kann.
- A.3 Nachvollziehbarkeit:** Sowohl das Vorgehen als auch das Ergebnis sollen für den Anwender nachvollziehbar sein. Hierfür ist eine durchgängige Konsistenz der Methodik sicherzustellen. Dafür müssen insbesondere die Schnittstellen der jeweiligen Methodenschritte klar erkennbar und aufeinander abgestimmt sein.

A.4 Anwendbarkeit: Um die Methodik für den Anwender nutzbar zu machen sind geeignete Hilfsmittel wie Checklisten, Leitfragen oder ähnliches zur Verfügung zu stellen.

4.2.2 Spezifische, inhaltliche Anforderungen

A.5 Erhöhung von Transparenz und Systemverständnis: Die bereits in Abschnitt 1.2 beschriebene Intransparenz über die Prozesslandschaft in produktionsnahen indirekten Unternehmensbereichen erfordert ein Vorgehen zur Erfassung und Modellierung aller produktionsnaher Geschäftsprozesse in einem Betrachtungsbereich. Relevante Eigenschaften und deren Beziehungen zum Produktionsprozess müssen auf einer geeigneten Granularitätsebene erhoben und beschrieben werden. Im Zuge der Modellbildung und der Anwendung der Methodik soll zudem das Systemverständnis der Nutzer erhöht werden.

A.6 Vergleichbarkeit produktionsnaher Geschäftsprozesse: Die Unterschiedlichkeit der produktionsnahen Geschäftsprozesse stellt eine große Herausforderung für die Erarbeitung der Methodik dar. Um die Vergleichbarkeit der Prozesse gewährleisten zu können, ist eine Bewertungsbasis zu schaffen, die für alle produktionsnahen Geschäftsprozesse im Betrachtungsraum herangezogen werden kann.

A.7 Gewährleistung einer effizienten Modellbildung und Analyse: Die Erfassung des betrachteten Prozesssystems erfordert den Einsatz geeigneter Modellierungsmethoden. Aufgrund der häufig knappen Ressourcen und Kapazitäten, ist für die Modellierung auf ein angemessenes Nutzen-Aufwand-Verhältnis zu achten. Es ist daher ein Kompromiss zwischen Modellierungsaufwand und Modelltiefe zu finden. Insbesondere bei der Modellbildung ist daher auf gängige und in der industriellen Praxis etablierte Modellierungsmethoden zurückzugreifen.

A.8 Berücksichtigung wesentlicher Einflussfaktoren: Der Komplexität des Gesamtsystems geschuldet, können selbst bei einer umfassenden Modellierung nicht alle, den Produktionsprozess beeinflussenden Faktoren

4 Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

Berücksichtigung finden. Dennoch ist im Rahmen der Methodik darzulegen, welche Einflussfaktoren im betrachteten Prozesssystem relevant sind und eine begründete Auswahl dieser vorzunehmen. Im Wesentlichen sollen hierbei die Eigenschaften produktionsnaher Geschäftsprozesse untersucht werden.

A.9 Bereitstellung einer Entscheidungsgrundlage: Das übergeordnete Ziel des Ansatzes ist es, Praktikern in Produktionsunternehmen bei der Entscheidung zu unterstützen, welche produktionsnahen Geschäftsprozesse vorrangig verbessert werden sollen (siehe Abschnitt 1.3). Daher muss das Ergebnis der Analyse eine nachvollziehbare Handlungsempfehlung zur Priorisierung der untersuchten produktionsnahen Geschäftsprozesse beinhalten. Dies impliziert zudem, dass die Quantifizierbarkeit der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess sichergestellt sein muss.

In Abbildung 4.1 sind die benannten Anforderungen zusammenfassend dargestellt. Diese werden in Abschnitt 6.3 auch zur Evaluation der Methodik herangezogen.

Allgemeine, formale Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> A.1 Allgemeingültigkeit A.2 Adaptierbarkeit A.3 Nachvollziehbarkeit A.4 Anwendbarkeit
Spezifische, inhaltliche Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> A.5 Erhöhung von Transparenz und Systemverständnis A.6 Sicherstellung der Vergleichbarkeit produktionsnaher Geschäftsprozesse A.7 Gewährleistung einer effizienten Modellbildung und Analyse A.8 Berücksichtigung wesentlicher Einflussfaktoren A.9 Bereitstellung einer Entscheidungsgrundlage

Abbildung 4.1: Allgemeine und spezifische Anforderungen an die Methodik

4.3 Konzeption der Methodik

Die im vorangegangenen Abschnitt dargelegten Anforderungen bilden die Grundlage für die Konzeption der Methodik zur Bestimmung des Einflusses

ses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess. Um im Vorfeld sowohl die Nachvollziehbarkeit als auch die Reproduzierbarkeit der Methodik gewährleisten zu können, werden im folgenden Abschnitt wesentliche Rahmenbedingungen der Methodik erläutert. Hierbei wird zunächst ein informales Modell des im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Prozesssystems vorgestellt. Im Anschluss werden die damit einhergehenden Vereinfachungen und weitere getätigte Annahmen erläutert. Schließlich wird der Ablauf der Methodik beschrieben und diese abschließend im Kontext des Prozessmanagements in den Stand der Forschung eingeordnet.

4.3.1 Rahmenbedingungen zur Durchführung der Methodik

4.3.1.1 Informales Modell des betrachteten Prozesssystems

Bereits in Kapitel 2.4.2 wurde der Begriff des Prozesssystems näher erläutert. Darauf aufbauend soll im Folgenden der im Rahmen dieser Arbeit betrachtete Untersuchungsbereich durch ein *informales Modell*¹ veranschaulicht werden. Dies ist insbesondere wichtig, um den Geltungsbereich der entwickelten Methodik sowie etwaige Limitationen aufzeigen zu können. Zudem soll anhand des informalen Modells erläutert werden, wie und welche Art von Einflüssen bei der Gestaltung berücksichtigt werden können.

Das informale Modell des Prozesssystems kann im Sinne des hierarchischen Konzepts der Systemtheorie (vgl. Abschnitt 2.4.1) auf drei Hierarchieebenen beschrieben werden. Das betrachtete *Prozesssystem (PS)* bildet hierbei ein Super-system, bestehend aus den Systemen *Produktionsnaher Geschäftsprozess (PGP)* sowie dem System *Produktionsprozess (PP)*. Der *Produktionsprozess* selbst beinhaltet wiederum Subsysteme, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit als *Prozessschritte (PPS)* bezeichnet werden. In Anlehnung an das in Abschnitt 2.2.1.2 vorgegebene Verständnis einer Prozesshierarchie, beschreibt ein Prozessschritt

¹Ein informales Modell beschreibt prinzipiell die wesentlichen Zusammenhänge in einer anschaulichen Form, erhebt dabei aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit (KEMNITZ 2011, S. 4).

4 Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

eine Sammlung unterschiedlicher Tätigkeiten, die sich nicht mehr weiter untergliedern lassen. Mathematisch lässt sich das hierarchische Konzept des betrachteten Prozesssystems folgendermaßen modellieren:

$$\begin{aligned} PGP, PP &\subset PS \\ PPS &\subset PP \end{aligned} \tag{4.1}$$

Das strukturelle Konzept des betrachteten Prozesssystems ist geprägt von Relationen (π) zwischen den einzelnen Elementen (κ) bzw. Systemen oder Subsystemen. Dabei handelt es sich um Kopplungsbeziehungen, da der *Output* eines Systems den *Input* eines anderen Systems darstellt. Hierbei wird der Output des produktionsnahen Geschäftsprozesses als Input für die Prozessschritte des Produktionsprozesses gewertet. Gleiches gilt für die Kopplung zwischen den Prozessschritten des Produktionsprozesses. Als mathematisches Modell des strukturalen Konzepts des betrachteten Prozesssystems ergibt sich in Anlehnung an ROPOHL (2009, S. 312) folglich:

$$\begin{aligned} PS &= (\kappa_{PS}, \pi_{PS}) \text{ mit} \\ \kappa_{PS} &= PGP_n, PP; n \in \mathbb{N} \\ \pi_{PS} &= \text{Kopplung}_{PGP_n PP}; n \in \mathbb{N} \end{aligned} \tag{4.2}$$

$$\begin{aligned} PP &= (\kappa_{PP}, \pi_{PP}) \text{ mit} \\ \kappa_{PP} &= PPS_n; n \in \mathbb{N} \\ \pi_{PP} &= \text{Kopplung}_{PPS_n PPS_{n+1}}; n \in \mathbb{N} \end{aligned} \tag{4.3}$$

Auch das funktionale Konzept des systemtheoretischen Ansatzes lässt sich auf einer übergeordneten Ebene auf das betrachtete Prozesssystem anwenden. Hierbei greift die Modellvorstellung, dass sich der Zustand eines Prozessschrittes durch den Input des produktionsnahen Geschäftsprozesses ändern kann. Die Zustände können dabei über die Leistungs- oder Funktionsfähigkeit des jeweiligen Systems oder Subsystems definiert werden (vgl. Abschnitt 2.4.2). Durch die

Veränderung des Zustandes der Produktionsprozessschritte ist ebenfalls eine Änderung des Zustands des Systems *Produktionsprozess* zu erwarten. Aufgrund der im Anwendungsfall häufig sehr hohen Komplexität des Gesamtsystems lässt sich das Funktionssystem nicht vollständig allgemeingültig beschreiben, da die einzelnen Systeme und Relationen zahlreiche unternehmensspezifische Aspekte aufweisen. An dieser Stelle dient die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methodik dazu, diese Aspekte zu berücksichtigen und somit das informale Modell zu detaillieren. In Abbildung 4.2 ist das informale Modell des betrachteten Prozesssystems dargestellt. Die linke Seite der Abbildung zeigt dabei alle drei Systemkonzepte mit Beispielen hinterlegt in einem Graphen dargestellt. Die rechte Seite der Abbildung überführt dies in ein formaleres UML-Modell.

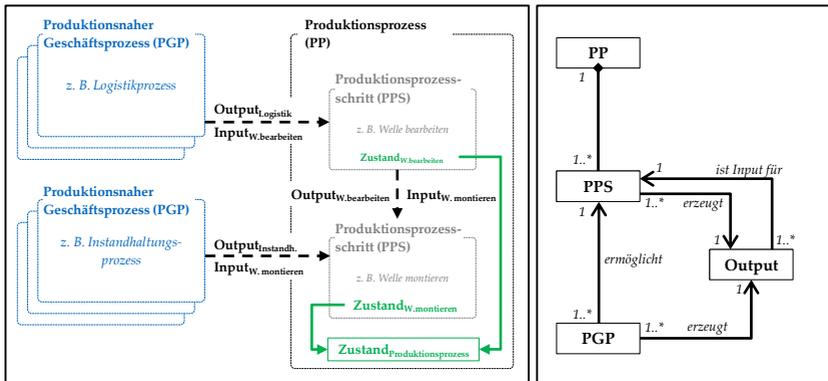


Abbildung 4.2: Informales Modell des betrachteten Prozesssystems

4.3.1.2 Vereinfachungen und getätigte Annahmen

Eine charakteristische Eigenschaft von Modellen ist es, dass sie von der Komplexität realer Systeme abstrahieren, um Phänomene von Interesse formell zu analysieren. Dies führt stets zu Vereinfachungen der Realität, die bei der Modellerstellung sorgfältig gegen den Informationsverlust abgewogen werden müssen, um Erkenntnisse aus einem Modell zu gewinnen (vgl. Abschnitt 2.3.1). Nachdem im vorangegangenen Abschnitt das informale Modell des im Rahmen

4 Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

dieser Arbeit betrachteten Prozesssystems dargelegt wurde, sollen im Folgenden die sich daraus ergebenden Vereinfachungen sowie weitere, im Zuge der Methodenentwicklung relevante Annahmen, beschrieben werden. Der Zweck dieses Abschnitts besteht darin, getätigte Annahmen und Vereinfachungen im Sinne der Nachvollziehbarkeit des wissenschaftlichen Ansatzes darzulegen und somit den Gültigkeitsbereich zu spezifizieren.

V.1 Wertstromsicht auf den Produktionsprozess: Wie bereits in Abschnitt 2.3.3 dargelegt wurde, hat sich im Zuge der Lean Production-Bewegung eine zunehmende Wertstromorientierung in produzierenden Unternehmen etabliert. Auch im Rahmen dieser Arbeit soll der Produktionsprozess als Wertstrom verstanden und als solcher erfasst werden. Diese getroffene Vereinfachung ermöglicht es, auf bestehende Modelle des Produktionsprozesses sowie existierende Kennzahlensets einzelner Prozessschritte zurückzugreifen. Der Modellierungs- und Datenerhebungsaufwand kann dadurch deutlich verringert werden.

V.2 Abweichungen vom Sollzustand als Auswirkungsursache: Im Zuge der Methodik wird davon ausgegangen, dass eine Beeinflussung des Produktionsprozesses durch einen vom produktionsnahen Geschäftsprozess bereitgestellten Input zustande kommt, der von seinem Soll-Zustand abweicht. Die hierbei getroffene Annahme impliziert, dass insbesondere die Leistungsschwankungen produktionsnaher Geschäftsprozesse sich immer auch in einer Veränderung der Outputqualität bemerkbar machen. Bezugnehmend auf den in Abschnitt 3.4 beschriebenen Stand der Forschung bedeutet dies, dass der Fokus vornehmlich auf die Analyse von Fehlerauswirkungen gelegt wird.

V.3 Relevante Einflussfaktoren: Die Komplexität des Gesamtsystems macht es notwendig, eine Eingrenzung der betrachteten Einflussfaktoren vorzunehmen. Dies bedeutet, dass lediglich relevante Einflussfaktoren bei der Analyse der Auswirkungen berücksichtigt werden. Eine Herleitung der berücksichtigten Einflussfaktoren findet sich Abschnitt 5.2.2.1 dieser Arbeit.

V.4 Keine Berücksichtigung dynamischer Effekte: Als wesentliche Einschränkung der Methodik ist anzuführen, dass (wie auch bei der Wertstromana-

lyse) lediglich der zum Analysezeitpunkt vorherrschende Zustand eines Prozesssystems betrachtet werden kann. Das bedeutet, dass die Anwendung der Methodik zu einem Zeitpunkt stattfinden sollte, zudem das Prozesssystem sich in einem eingeschwungenen Zustand befindet.

V.5 Unabhängigkeit produktionsnaher Geschäftsprozesse: Basierend auf der Definition produktionsnaher Geschäftsprozesse (vgl. Abschnitt 1.2.2) ist festzuhalten, dass Wechselwirkungen zwischen diesen nicht betrachtet werden. Ebenso sind keinerlei Rückkopplungen² im Modell enthalten, wodurch lediglich Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse betrachtet werden, die sich unmittelbar auf den Produktionsprozess auswirken.

4.3.2 Ablauf der Methodik

Nachdem im Vorfeld die Anforderungen an die Methodik vorgestellt sowie die notwendigen Annahmen und Vereinfachungen getroffen wurden, soll im Folgenden der Ablauf der Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess beschrieben werden. Das der Methodik zugrunde liegende Vorgehen gliedert sich dabei in drei wesentliche Bausteine, die in insgesamt fünf aufeinanderfolgenden Schritten erarbeitet werden (vgl. Abbildung 4.3).

Der erste Baustein umfasst die *Modellierung des Prozesssystems*. Nachdem in Abschnitt 4.2 bereits ein informales Modell aufgezeigt wurde, gilt es dieses im Zuge der Methodenschritte 1 und 2 zu konkretisieren. Hierfür wird im ersten Schritt zunächst der Ausschnitt des Produktionsprozesses ausgewählt, auf den die Einflüsse bewertet werden sollen und die zur späteren Analyse notwendigen Informationen erfasst. Im Sinne der Wirtschaftlichkeit der Methodik sind hierbei bestehende Modellierungsmethoden zu nutzen, die den Produktionsprozess in Prozessschritte unterteilen und deren Materialflussbeziehungen sowie messbare Kenngrößen beinhalten. Im zweiten Schritt der Methodik werden schließlich die relevanten produktionsnahen Geschäftsprozesse identifiziert. Hierbei kommt ein leitfragenbasiertes Vorgehen zum Einsatz, welches neben

²Es werden zum Beispiel keine Einflüsse betrachtet, die von einem produktionsnahen Geschäftsprozess ausgelöst werden und sich schließlich auch auf dessen Outputqualität auswirken.

4 Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

den einflussrelevanten Eigenschaften auch die Schnittstellen zu den einzelnen Produktionsprozessschritten aufzeigt. Als Ergebnis des ersten Bausteins ergibt sich somit ein Modell des betrachteten Prozesssystems, welches alle für die Auswirkungsanalyse relevanten Informationen enthält und durch eine grafische Darstellung für die notwendige und geforderte Transparenz über das Prozesssystem des Unternehmens sorgt.

Bausteine	Schritte der Methodik	Inhalt
I Modellierung des Prozesssystems	1 Erfassung des Produktionsprozesses	Die Systemgrenze wird festgelegt und die Prozessschritte des Produktionsprozesses werden erfasst.
	2 Identifikation & Erhebung produktionsnaher Geschäftsprozesse	Durch ein leitfragenbasiertes Vorgehen werden die PGP und deren Eigenschaften erfasst und grafisch in einer Prozesslandkarte aufbereitet.
II Analyse der Auswirkungen	3 Definition eines Zielsystems	Basierend auf relevanten Zielgrößen wird ein Kennzahlensystem als Grundlage der Auswirkungsanalyse erarbeitet.
	4 Bestimmung der Auswirkungen	Auf Basis der FMEA werden die Auswirkungen der PGP auf die definierten Zielgrößen erhoben.
III Bewertung der Einflüsse	5 Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse	Abschließend werden die PGP auf Basis des Portfolios priorisiert und konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Abbildung 4.3: Ablauf der Methodik

Der Baustein *Analyse der Auswirkungen* stellt den Kern dieser Arbeit dar und umfasst zwei wesentliche Methodenschritte. Um die Frage zu beantworten, wo der Einfluss produktionsnaher Geschäftsprozesse detektiert werden soll, wird als Grundlage ein Kennzahlensystem aufgebaut. Dieses stellt ein Rechensystem dar, welches neben den Zielgrößen des Gesamtprozesses auch die Kennzahlen der einzelnen Produktionsprozessschritte umfasst. Des Weiteren werden in Schritt 4 mittels einer adaptierten System-FMEA potentielle Abweichungen des Outputs produktionsnaher Geschäftsprozesse analysiert. Hierbei werden auf Basis eines Fehlerkataloges für unterschiedliche Outputklassen Fehlerkategorien festgelegt und deren Auftretenswahrscheinlichkeit sowie deren Entdeckungszeitpunkt und Fehlerfolgen mittels eines strukturierten Vorgehens erfasst. Im Anschluss daran können die Auswirkungen der produktionsnahen Geschäftsprozesse auf die Kenngrößen der Produktionsprozessschritte und somit auch die Zielgrößen des gesamten Produktionsprozesses ermittelt werden.

Der letzte Baustein beinhaltet die finale *Bewertung der Einflüsse*. Hierbei werden zunächst die quantifizierten Auswirkungen aus Baustein II in ein Prozessportfolio übertragen. Dieses beinhaltet zudem weitere Einflussfaktoren, die bei der bisherigen Analyse unberücksichtigt geblieben sind. Auf Basis des Portfolios können schließlich die produktionsnahen Geschäftsprozesse priorisiert und konkrete Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Reihenfolge möglicher Prozessverbesserungsinitiativen abgeleitet werden.

4.3.3 Einordnung in den Stand der Forschung

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf einer systemischen und prozessorientierten Betrachtung der produktionsnahen indirekten Bereiche (vgl. Abschnitt 1.2.2) eines Fabrikbetriebes und lässt sich daher dem Gebiet der Betriebswissenschaften³ zuordnen. Hierbei soll die entwickelte Methodik einen Beitrag zur kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse innerhalb dieses Betrachtungsraumes leisten.

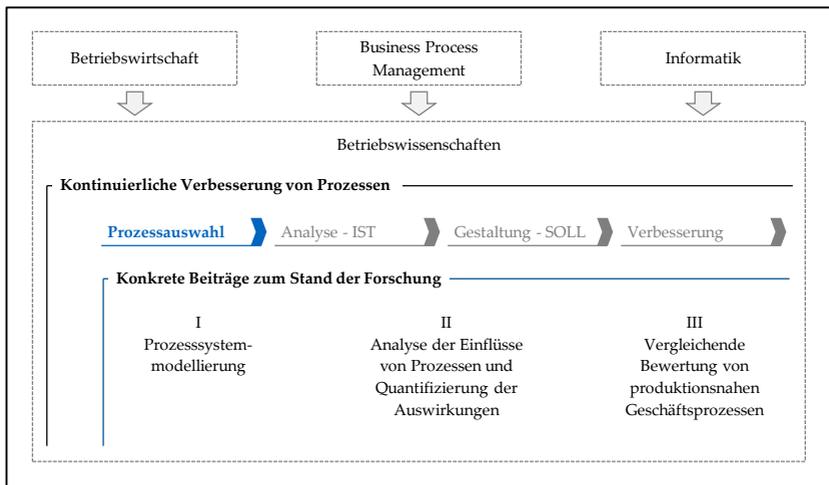


Abbildung 4.4: Einordnung der Methodik in den Stand der Forschung

³Siehe hierzu Abschnitt 2.4.2.

4 Methodik zur Bewertung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

Ein grundlegendes Vorgehen zur kontinuierlichen Verbesserung von Prozessen ist es, den Ist-Stand eines einzelnen Prozesses detailliert zu analysieren und dabei dessen Leistungsfähigkeit oder Schwachstellen zu erfassen (vgl. u. a. MAGENHEIMER (2014)). Auf Basis der Analyse können schließlich der SOLL-Prozess gestaltet und gezielte Verbesserungsmaßnahmen angestoßen werden. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methodik lässt sich dabei in die Prozessauswahl und somit vor die IST-Analyse eines einzelnen Prozesses eingliedern (vgl. Abbildung 4.4). Bereits bei der Aufbereitung des existierenden Stands der Forschung wurde deutlich, dass eine systemische Auseinandersetzung mit Prozessen vornehmlich in anderen Wissenschaftsdisziplinen (im Wesentlichen in der Informatik, dem Business Process Management und der Betriebswirtschaft) untersucht wird. Im Zuge der Erarbeitung der Lösung wurde daher eine Übertragung der Erkenntnisse auf den in dieser Arbeit vorliegenden Betrachtungsgegenstand angestrebt. Auch innerhalb der einzelnen Bausteine der Methodik werden mit der Prozesssystemmodellierung, der Analyse der Einflüsse von Prozessen und Quantifizierung der Auswirkungen sowie der Bewertung und Priorisierung von produktionsnahen Geschäftsprozessen konkrete Beiträge zum Stand der Forschung geleistet.

5 Detaillierung der Methodik

5.1 Allgemeines

Nachdem die Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess in Kapitel 4 konzeptionell erarbeitet wurde, findet in Kapitel 5 die Detaillierung der einzelnen Bausteine statt. Hierfür werden insbesondere die zu deren Erarbeitung notwendigen fünf Schritte ausführlich beschrieben. Die übergeordneten Abschnitte schließen mit einer zusammenfassenden Darstellung der Ergebnisse eines jeden Bausteins ab.

5.2 Modellierung des Prozesssystems

Bereits im vorausgegangenen Kapitel wurde ein informales Modell des betrachteten Prozesssystems vorgestellt, welches es im Zuge der Durchführung der Methodik für den entsprechenden Anwendungsfall und das jeweilige Unternehmen zu konkretisieren gilt. Hierbei werden insbesondere weitere Informationen über das System *Produktionsprozess* als auch die Systeme *Produktionsnahe Geschäftsprozesse* benötigt (vgl. Abschnitt 4.3.1.1). Schritt 1 der Methodik befasst sich daher mit der Erfassung der Informationen des gewählten Produktionsprozesses, die für eine spätere Einflussbewertung benötigt werden. Im zweiten Methodenschritt werden schließlich die den Produktionsprozess unterstützenden produktionsnahen Geschäftsprozesse identifiziert und hinsichtlich ihrer Eigenschaften beschrieben. Das Ergebnis des Bausteins *Modellierung des Prozesssystems* stellt schließlich ein konkretisiertes und graphisch aufbereitetes Strukturmodell des zu analysierenden Prozesssystems dar.

5.2.1 Schritt 1: Erfassung des Produktionsprozesses

Im ersten Schritt der Methodik geht es darum, den Produktionsprozess auszuwählen und diesen, in einer für die sich anschließende Analyse angemessenen Granularität, zu beschreiben. Hierbei sind seitens des Anwenders stets der mit dem Umfang des Produktionsprozesses (beziehungsweise der mit der steigenden Anzahl an Prozessschritten) steigende Aufwand zu berücksichtigen. Im Sinne einer effizienten Modellierung (vgl. Anforderung A7, Abschnitt 4.2.2) ist im Schritt 1 der Methodik auf bereits bestehende Modellierungsmethoden und explizit die in den Grundlagen dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 2.3.3) beschriebene Wertstrommethode zurückzugreifen. Diese stellt einen gängigen Ansatz dar, den Wertstrom eines Unternehmens, also alle Aktivitäten die notwendig sind, um ein Fertigprodukt vom Rohmaterial bis in die Hände des Kunden zu bringen, zu erfassen und abzubilden (ROTHER & SHOOK 2000, S. 3). Auf Basis des Wertstroms kann schließlich auch das zu analysierende System *Produktionsprozess* ausgewählt werden (siehe Abbildung 5.1).

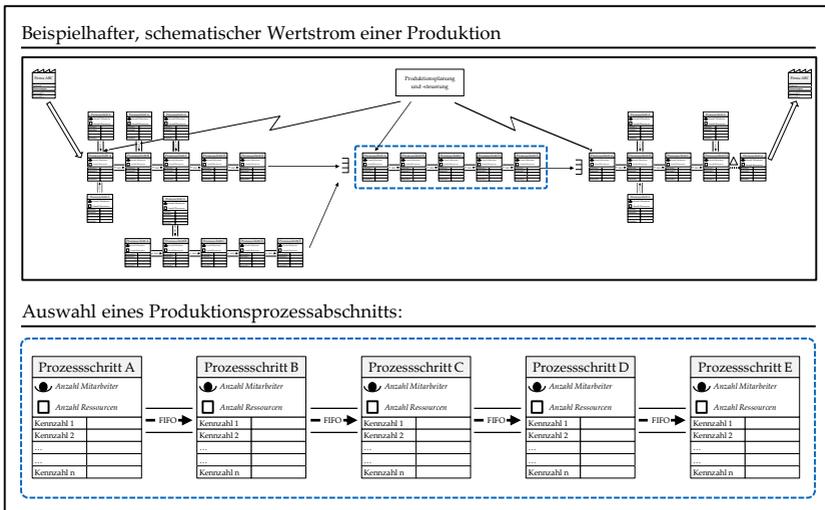


Abbildung 5.1: Auswahl des zu betrachtenden Produktionsprozesses

Bei der Festlegung der Systemgrenze können die im Folgenden beschriebenen Kriterien herangezogen werden.

Produktfamilie: Wertströme beziehen sich in der Regel auf die Verknüpfung aller Produktionsprozesse eines Produktes. Insbesondere bei einer hochvarianten Produktion kann dies dazu führen, dass eine Vielzahl an Wertströmen mit unterschiedlichen Produktionsprozessen aufgenommen werden müssen. Dies kann zur Folge haben, dass auch unterschiedliche produktionsnahe Geschäftsprozesse erfasst werden. Die Wahl der Produktfamilie obliegt dem Anwender. Allerdings ist es im Sinne der Effektivität der Methodik sinnvoll, Produktfamilien und die zugehörigen Produktionsprozesse so zu wählen, dass auch möglichst viele produktionsnahe Geschäftsprozesse im Betrachtungsraum liegen.

Verantwortungsbereiche: Nach der Wahl der Produktfamilie ist es im Sinne einer möglichst effizienten Anwendung der Methodik ratsam, den Betrachtungsbereich gemäß den Verantwortlichkeiten im Produktionsprozess zu wählen. Der Hintergrund dessen ist, dass im Zuge der Analyse der Auswirkungen, Expertenwissen aus diversen hierarchischen Ebenen (Shopfloor, Meister, Planer, Wertstromexperte) notwendig sein kann. Um einen möglichst reibungsfreien Zugriff auf die einzelnen Personen zu gewährleisten, ist es zu vermeiden, Produktionsprozesse aus unterschiedlichen Verantwortungsbereichen zu wählen.

Entkopplungspunkte: Ein weiteres Kriterium für die anwendungsspezifische Festlegung der Systemgrenze ist die Wahl der richtigen Entkopplungspunkte. Da durch die Wertstromanalyse ein möglichst hoher Flussgrad erzielt werden sollte, versucht man die einzelnen Produktionsprozessschritte durch sogenannte FIFO-Bahnen (First In First Out) zu verbinden. Lässt sich die Steuerung mit FIFO-Bahnen jedoch nicht mit akzeptablem Risiko realisieren, müssen die Produktionsprozesse über Supermärkte entkoppelt werden (PFEFFER 2014, S. 35). Dabei werden Bestände zwischen den einzelnen Produktionsprozessschritten aufgebaut und die durchgehende Fertigung unterbrochen. Diese Unterbrechung kann sich auch bei der Betrachtung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse bemerkbar machen, da durch die Entkopplung beispielsweise Zeitkritikalitäten abgemildert oder abgefangen werden können.

Umfang: Es kann zudem auch der Umfang und somit die Anzahl der in die Betrachtung einzuschließenden Prozessschritte als Kriterium herange-

5 Detaillierung der Methodik

zogen werden. Insbesondere bei der erstmaligen Anwendung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Methodik ist im Sinne der Akzeptanz darauf zu achten, dass das Pilotprojekt nicht zu schwierig, aber auch nicht zu unwichtig ist. Deshalb bietet es sich an, zunächst einen überschaubaren Produktionsausschnitt zu wählen, der dennoch möglichst viele produktionsnahe Geschäftsprozesse beinhaltet. Der Vorteil ist hierbei der vergleichsweise einfache Einstieg in die Anwendung der Methodik, bei gleichzeitig großer Hebelwirkung der erzielten Verbesserungseffekte.

Nachdem der zu betrachtende Produktionsprozess ausgewählt ist, sind im Schritt 1 der Methodik noch die Subsysteme *Produktionsprozessschritte* des Produktionsprozesses und die für die spätere Analyse relevanten Informationen zu erfassen.

Produktionsprozessschritte stellen dabei eine Aggregation der für die Herstellung eines Produktes notwendigen Aktivitäten dar (vgl. Abschnitt 2.2.1.2) und werden bereits bei der Aufnahme des Wertstroms definiert. Die Festlegung, welche Aktivitäten zu einem Prozessschritt zusammengefasst werden, ist dabei Ermessenssache (ERLACH 2007, S. 40). Für die korrekte Anwendung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Methodik ist ein Detaillierungsgrad anzustreben, der eine korrekte Zuweisung der produktionsnahen Geschäftsprozesse zu den Produktionsprozessschritten ermöglicht (vgl. Abschnitt 5.2.2). In diesem Zusammenhang ist zudem darauf zu achten, dass es zu keinen inhaltlichen Überschneidungen zwischen den Aktivitäten des Produktionsprozessschrittes und den produktionsnahen Geschäftsprozessen kommt. An dieser Stelle soll daher festgelegt werden, dass alle Aktivitäten die einem Produktionsprozessschritt zugeordnet sind und von den selben Mitarbeitern ausgeführt werden beziehungsweise die selben Ressourcen nutzen, in keinem Fall als produktionsnahe Geschäftsprozesse erfasst werden dürfen. Dies soll anhand des in Abbildung 5.2 dargestellten Beispiels veranschaulicht werden. Hierbei ist die Aktivität „Welle holen“ als Bestandteil des Prozessschrittes „Welle drehen“ modelliert und stellt somit keinen produktionsnahen Geschäftsprozess im Sinne dieser Arbeit dar.

Im Zuge der Wertstrommodellierung werden die Prozessschritte in Prozesskästen dokumentiert. Diese enthalten neben einer eindeutigen Bezeichnung des jeweiligen Prozessschrittes auch die Anzahl an Mitarbeitern und Ressourcen

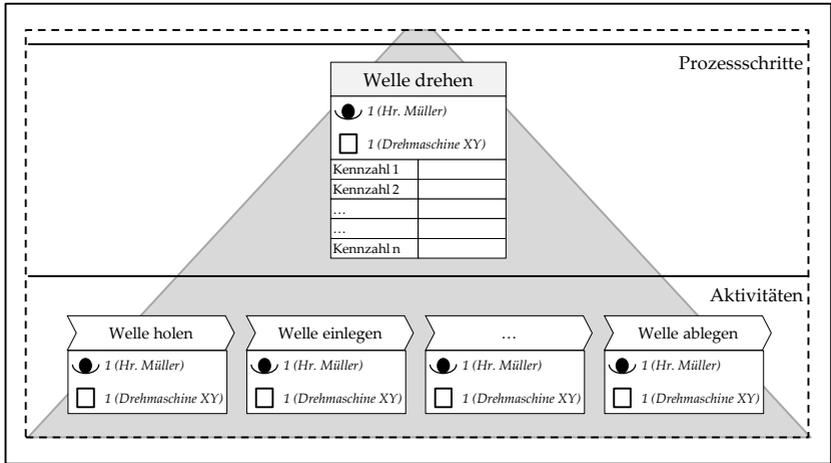


Abbildung 5.2: Detaillierungsgrad der Produktionsprozessschritte

sowie unterschiedliche Kennzahlen. Neben den einzelnen Prozessschritten sind zur weiteren Konkretisierung des Modells noch die Materialflussbeziehungen zwischen den Prozessschritten zu erheben. Der Materialfluss umfasst hierbei stets einen Materialtransport sowie zumeist auch eine Lagerfunktion (ERLACH 2007, S. 72) und wird ebenfalls durch Kennzahlen beschrieben, die im Zuge der Anwendung der Methodik von entscheidender Bedeutung sind. In Abbildung 5.3 ist ein beispielhaftes Kennzahlenset in Anlehnung an ERLACH (2007) dargestellt.

Kennzahlen des Prozessschritts					
BZ	Bearbeitungszeit	RZ	Rüstzeit	↑	Gutausbeute
PZ	Prozesszeit	PZ	Losgröße	↓	Nacharbeit
RZ	Prozessmenge	# Var	Anzahl Teile-Varianten	AZ _p	Prozess-Arbeitszeit je Tag
#T	Anzahl Teile je Produkt	V	Verfügbarkeit	Stck _p	Prozess-Jahresstückzahl
ZZ	Zykluszeit	EPEI	EPEI-Wert	KT _p	Prozess-Kundentakt
Kennzahlen des Materialflusses					
# LP	Anzahl Lagerplätze				
BM	Bestandsmenge				
# T	Anzahl Teile je Produkt				
RW	Reichweite				

Abbildung 5.3: Beispielhaftes Wertstromkennzahlenset in Anlehnung an ERLACH (2007)

Alle im Zuge des ersten Methodenschritts erfassten Kennzahlen, sind Bestandteil eines Kennzahlensystems, welches in Abschnitt 5.3 noch ausführlich erläutert wird. Dieses stellt die Grundlage für die Quantifizierung der Auswirkungen produktionsnaher Geschäftsprozesse dar. Sollten im Falle der Anwendung der Methodik noch keine oder nur unzureichende Kennzahlen beim Anwender vorliegen, sind diese im Zuge der Definition eines Zielsystems (vgl. Schritt 3 der Methodik) zu erfassen oder zu ergänzen. Nachdem der zu betrachtende Produktionsprozess festgelegt und die Produktionsprozessschritte sowie deren Kennzahlen und Materialflussbeziehungen erfasst sind, kann die Identifikation und Erhebung der produktionsnahen Geschäftsprozesse erfolgen.

5.2.2 Schritt 2: Identifikation und Erhebung produktionsnaher Geschäftsprozesse

Wie bereits im Handlungsbedarf dieser Arbeit aufgezeigt wurde, existieren im Stand der Forschung zahlreiche Ansätze zur Modellierung von Prozesssystemen, deren Fokus aber nicht auf die Bereitstellung einer strukturierten Vorgehensweise zur Erfassung produktionsnaher Geschäftsprozesse ausgerichtet ist. Im Zuge der Wissenssynthese hat sich zudem gezeigt, dass auch in produzierenden Unternehmen der Bedarf nach einer transparenten Darstellung dieser Prozesse besteht. Im folgenden Abschnitt soll daher ein leitfragenbasiertes Vorgehen beschrieben werden, welches eine möglichst effiziente Identifikation und Erfassung produktionsnaher Geschäftsprozesse in einem Produktionsunternehmen ermöglicht. Die Basis bildet hierfür die Identifikation derjenigen Eigenschaften von Geschäftsprozessen, die im Rahmen der entwickelten Methodik als potentielle Einflussfaktoren angesehen werden sollen und somit für die spätere Analyse der Auswirkungen entscheidend sind.

5.2.2.1 Einflussfaktoren produktionsnaher Geschäftsprozesse

Als Voraussetzung zur Ermittlung der Auswirkungen von produktionsnahen Geschäftsprozessen auf den Produktionsprozess wurden im Rahmen dieser Arbeit die Einflüsse im Prozesssystem analysiert und gemäß der in Abschnitt 4.3.2 beschriebenen spezifischen Anforderungen systematisch aufgearbeitet.

Relevante Einflussfaktoren werden im Zuge der Methodik folglich als Basis zur Identifikation und Erfassung produktionsnaher Geschäftsprozesse sowie deren Auswirkungen auf den Produktionsprozess herangezogen. Um insbesondere der Anforderung *Berücksichtigung wesentlicher Einflussfaktoren* (Anforderung A.8) nachzukommen, wurden zu deren Identifikation, Merkmale¹ von Geschäftsprozessen auf Basis einer Literaturstudie zusammengetragen sowie aufbereitet und bewertet (vgl. Abbildung 5.4).

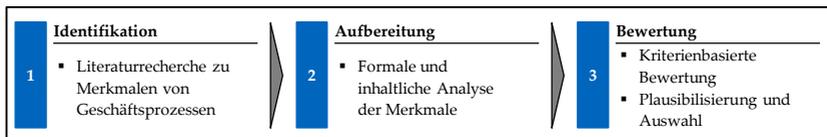


Abbildung 5.4: Vorgehen zur Auswahl potentieller Einflussfaktoren

Für die literaturbasierte *Identifikation der Merkmale* wurde in Anlehnung an BIEDERMANN et al. (2012) zunächst das Thema analysiert und der Umfang der Recherche definiert. Dabei wurden drei relevante Suchfelder identifiziert, die als Grundlage zur Ableitung von Schlagwörtern und Synonymen dienten. Es konnten somit sieben relevante Publikationen identifiziert werden, die eine merkmalsbasierte Beschreibung von Geschäftsprozessen beinhalten. Insgesamt wurden auf Basis der Literaturstudie 225 Merkmale identifiziert, die sich in ihrer Art sowie ihrem Abstraktionsgrad deutlich unterscheiden.

Aufgrund dessen findet in einem zweiten Schritt die *Aufbereitung und Standardisierung der Merkmale* statt. Hierfür werden diese zunächst einer *formalen Analyse* unterzogen. Da nicht alle Publikationen auf den gleichen Stand der Forschung referenzieren, müssen die eindeutigen Duplikate der Merkmale anhand des Namens und unter Einbeziehung der Beschreibung beseitigt werden. Für die Analyse der Synonyme werden zudem alle inhaltlich identischen Merkmale zusammengefasst und das jeweilige Merkmal mit der größtmöglichen Schnittmenge weiterverwendet. Durch diesen ersten Analyseschritt der Standardisierung konnte die Anzahl der Merkmale von 225 auf 178 reduziert

¹Als Merkmal soll im Rahmen dieser Arbeit in Anlehnung an LINDEMANN (2009, S. 333) ein Charakteristikum eines Geschäftsprozesses (z. B. Anzahl der Prozessschritte) verstanden werden, das durch seine Ausprägung (z. B. 6 Stück) als Eigenschaft wahrgenommen wird.

5 Detaillierung der Methodik

werden. Die verbleibenden Merkmale sind frei von Duplikaten sowie Synonymen und können im zweiten Schritt einer inhaltlichen Analyse unterzogen werden. Wesentlicher Aspekt ist hierbei die Anpassung des Abstraktionsgrades der Merkmale. So konnte beispielsweise die Anzahl der von BROWNING (2008) genannten Merkmale durch Zusammenfassung von 86 auf 62 reduziert werden. Mit Hilfe der formalen und inhaltlichen Analyse können die 178 Merkmale auf 137 eingegrenzt werden. Eine Auflistung der standardisierten Merkmale findet sich im Anhang dieser Arbeit (vgl. Tabelle A.2).

Die sich der Analyse anschließende *Bewertung* der 137 Merkmale erfolgt nach einem zweistufigen Verfahren. Ziel dabei ist es, diejenigen Merkmale produktionsnaher Geschäftsprozesse zu identifizieren, die die Art und das Ausmaß der Beeinflussung des Produktionsprozesses entscheidend mitbestimmen. Zudem soll dadurch die große Anzahl potentieller Einflussfaktoren auf ein handhabbares Maß eingegrenzt werden. In einem ersten Schritt werden hierfür vier Kriterien zur Bewertung der identifizierten Merkmale betrachtet.

K.1 Systembezug: Die Berücksichtigung des Kriteriums *Systembezug* ist damit zu begründen, dass bei der literaturbasierten Identifikation von Merkmalen ein erweitertes Suchfeld genutzt wurde. Als Resultat finden sich daher zahlreiche Merkmale in der Zusammenstellung wieder, die lediglich einen unklaren Bezug zu dem in Abschnitt 2.4.2 beschriebenen Prozesssystem aufweisen. Diese Merkmale sollen im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter betrachtet werden. Beispielhaft lassen sich hierbei die Eigenschaften *Wettbewerbsvorteil* (Vorsprung des Geschäftsprozesses gegenüber Wettbewerbern) oder *Lieferant* (Vorgelagerte Geschäftsprozesse zur Erzeugung des Input) nennen, da diese nicht Teil des im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Prozesssystems sind.

K.2 Unabhängigkeit: Zwischen den Merkmalen von Geschäftsprozessen besteht eine Abhängigkeit, wenn eine Änderung der Ausprägung eines Merkmals auch die Änderung einer anderen Eigenschaft bedingt. Zwei Eigenschaften von Geschäftsprozessen sind folglich unabhängig, wenn keine Verhältnisse und kein Bezug zwischen den beiden Eigenschaften und deren Output vorhanden sind. Auch wenn der Nachweis der vollständigen *Unabhängigkeit* von Eigenschaften nicht erbracht werden kann, ist es

dennoch ein Kriterium, welches im Zuge der Bewertung der identifizierten Eigenschaften zur Eingrenzung genutzt werden soll. Beispielsweise wurde im Rahmen der durchgeführten Bewertung eine Abhängigkeit zwischen den beiden Eigenschaften „Mitarbeiterqualifikation“ und „Kosten“ angenommen. Grund dafür ist die Annahme, dass die Qualifikation eines am Prozess beteiligten Mitarbeiters sich direkt auf die Einstufung in eine bestimmte Entgeltgruppe² auswirkt und folglich die anfallenden Kosten für das Unternehmen beeinflussen.

K.3 Objektive Bewertbarkeit: Die Eigenschaft eines Geschäftsprozesses ist objektiv bewertbar, wenn ein Messprinzip oder Vorgehen existiert, sodass ein sinnvoller und vergleichbarer Ergebniswert definiert werden kann. Die Bewertung einer Eigenschaft kann dabei sowohl qualitativ als auch quantitativ erfolgen. Das Adjektiv „objektiv“ soll in diesem Kontext betonen, dass die Bewertung reproduzierbar ist und somit nicht durch subjektive Einschätzungen beeinflusst werden sollte. Eine objektiv bewertbare Eigenschaft stellt beispielsweise der *Reifegrad* eines Geschäftsprozesses dar. Dieser kann über unterschiedlichste Verfahren³ ermittelt werden und liefert einen Reifegrad-Wert, wodurch eine Vergleichbarkeit einzelner Geschäftsprozesse ermöglicht werden kann. Im Gegensatz dazu muss die Eigenschaft *Mitarbeiterfunktion* als „nicht objektiv bewertbar“ eingestuft werden. Dies kann dadurch begründet werden, dass sich kein Ergebniswert für die Eigenschaft ableiten lässt und somit kein objektiver Vergleich von produktionsnahen Geschäftsprozessen auf Basis der enthaltenen Mitarbeiterfunktionen möglich wird.

K.4 Eindeutige Beschreibbarkeit: Ein Merkmal soll im Rahmen dieser Arbeit als eindeutig beschreibbar gelten, wenn die Ausprägung des Merkmals in benennbaren und weiterzuverarbeitenden Werten ausgedrückt werden kann. Hierbei soll zudem die in Anforderung A.7 geforderte Wirtschaftlichkeit bei der Modellbildung berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass

²Die Einstufung in bestimmte Entgeltgruppen richtet sich in den meisten Fällen nach der Qualifikation des Mitarbeiters. Betrachtet man die Metall- und Elektroindustrie, so erfolgt gemäß dem Entgeltrahmenabkommen (ERA) die Einstufung der Mitarbeiter nach ihren Fachkenntnissen, Handlungs- und Entscheidungsspielraum, Kooperationsfähigkeit, sowie Mitarbeiterführung, und folglich allgemein nach ihrer Qualifikation (IG METALL 2018).

³Für beispielhafte Reifegradmodelle siehe SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 315).

insbesondere Merkmale wie zum Beispiel die Komplexität oder der Reifegrad, die nur durch aufwändige Verfahren eindeutig zu beschreiben sind, nicht weiter berücksichtigt werden sollen. Eindeutig beschreibbar sind beispielsweise die *Wiederholhäufigkeit* oder die *Dauer* von Geschäftsprozessen.

Mittels der kriterienbasierten Bewertung der Merkmale konnten die Anzahl potentieller Einflussfaktoren auf 16 eingegrenzt werden. Zur Plausibilisierung der verbliebenen Merkmale wurden diese schließlich einer genaueren Analyse unterzogen. Hierbei wurden die Merkmale hinsichtlich des Verständnisses dieser Arbeit spezifiziert und deren Eignung zur Beeinflussung des Produktionsprozesses überprüft. Als Ergebnis der Plausibilisierung konnten *sieben Merkmale* von Geschäftsprozessen identifiziert werden, die im Rahmen dieser Arbeit als Einflussfaktoren verstanden werden und im Zuge der Erarbeitung der Methodik Berücksichtigung finden. Die ausgewählten Einflussfaktoren produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess werden im Folgenden beschrieben:

E.1 Kundeninteraktion: Das Merkmal der Kundeninteraktion schafft im Wesentlichen die Schnittstelle zwischen den produktionsnahen Geschäftsprozessen und den Produktionsprozessschritten (vgl. auch Abschnitt 4.2). Die Ausprägung des Merkmals gibt an, mit welchen Prozessschritten des Produktionsprozesses ein produktionsnaher Geschäftsprozess interagiert. In den meisten Fällen handelt es sich hierbei um einen eindeutig definierten Prozessschritt eines Wertstroms. Die Art der Interaktion soll mittels der Eigenschaft „Nutzungszeitpunkt“ beschrieben werden.

E.2 Ergebnisqualität: Die Ergebnisqualität beschreibt die Qualität des Outputs eines produktionsnahen Geschäftsprozesses. Insbesondere die kriterienbasierte Bewertung der Merkmale zeigt, dass viele andere Merkmale die Ergebnisqualität beeinflussen können (u. a. Leistungsfähigkeit des produktionsnahen Geschäftsprozesses, Nutzung geeigneter Hilfsmittel, Datenverfügbarkeit, etc.). Hieraus kann auch die Wichtigkeit des Merkmals abgeleitet werden. Die Beeinflussung des Produktionsprozesses kann durch eine Vielzahl unterschiedlicher Abweichungen des Outputs von seinem geforderten Soll hervorgerufen werden.

-
- E.3 Nutzungszeitpunkt:** Ein weiteres Merkmal, welches einen potentiellen Einflussfaktor darstellt, ist der von BROWNING (2008) genannte Zeitpunkt der Nutzung eines Geschäftsprozesses. Im Rahmen dieser Arbeit soll dieses Merkmal leicht abgewandelt und weiter spezifiziert werden. Es ist zu definieren als die Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt der Bereitstellung und dem Zeitpunkt der Nutzung eines vom produktionsnahen Geschäftsprozess zur Verfügung gestellten Outputs und kann somit als eine Art Puffer verstanden werden.
- E.4 Plandauer:** Die Plandauer bezeichnet eine für die produktionsnahen Geschäftsprozesse eingeplante Zeitspanne, und zwar vom Prozessbeginn bis zur Bereitstellung des Output. Insbesondere im Falle einer außerplanmäßigen Durchführung des produktionsnahen Geschäftsprozesses kann die Plandauer den reibungsfreien Ablauf des Produktionsprozesses maßgeblich beeinflussen.
- E.5 Verfügbarkeit:** Die Verfügbarkeit eines produktionsnahen Geschäftsprozesses soll im Rahmen dieser Arbeit als die Zeitspanne zwischen der Anfrage des Starts und dem tatsächlichen Beginn des Prozesses verstanden werden (ähnlich der Wiederbeschaffungszeit). Insbesondere bei unvorhergesehenen Nachfragen des Prozesses kann die Verfügbarkeit einen entscheidenden Einfluss auf den Produktionsprozess nehmen.
- E.6 Wiederholhäufigkeit:** Die Wiederholhäufigkeit bezieht sich auf die Anzahl der Wiederholungen eines Geschäftsprozesses in einer vordefinierten Zeiteinheit. Die Ausprägung des Merkmals kann sowohl als Anzahl pro Minute, pro Stunde oder pro Tag aufgenommen werden. Es wird bei der Aufnahme und Auswertung jedoch vorausgesetzt, dass zur besseren Vergleichbarkeit, bei jedem Geschäftsprozess die gleiche Zeiteinheit berücksichtigt wird. Die Wiederholhäufigkeit eines Prozesses kann als potentieller Einflussfaktor betrachtet werden, da diese insbesondere das Ausmaß der Auswirkung auf den Produktionsprozess beeinflussen kann.
- E.7 Plankosten:** Plankosten sind die Kosten, die geplanterweise zur Durchführung eines Prozesses anfallen. Die notwendigen Instrumente zur Berechnung finden sich unter anderem in MÄNNEL (1998), sollen allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht näher diskutiert werden. Insbesondere für

eine spätere Ableitung von Handlungsempfehlungen sind die Plankosten produktionsnaher Geschäftsprozesse zu berücksichtigen.

5.2.2.2 Vorgehen zur Identifikation produktionsnaher Geschäftsprozesse

Für die Identifikation produktionsnaher Geschäftsprozesse ist man auf das Expertenwissen beim anwendenden Unternehmen angewiesen. Dieses Wissen soll mittels eines auf Leitfragen basierenden Vorgehens im Rahmen von Expertenworkshops nutzbar gemacht werden. Der Experte stellt in diesem Zusammenhang eine Person des anwendenden Unternehmens dar, die über das notwendige „technische, Prozess- und Deutungswissen verfügt, das sich auf sein spezifisches professionelles oder berufliches Handlungsfeld bezieht (BOGNER et al. 2002, S. 46).“ Qualitative, leitfadengestützte Experteninterviews stellen eine verbreitete, ausdifferenzierte und vergleichsweise gut ausgearbeitete Methode dar, um wie im Falle der Identifikation und Erfassung produktionsnaher Geschäftsprozesse, qualitative Daten zu erzeugen (BAUR & BLASIUS 2014, S. 559).

Das konkrete Ziel der durchzuführenden Experteninterviews besteht in der Identifikation der produktionsnahen Geschäftsprozesse sowie der Erfassung der im vorangegangenen Abschnitt als potentielle Einflussfaktoren identifizierten Eigenschaften. Unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeitsanforderungen an die Methodik, ist das Experteninterview als Gruppendiskussion mit mehreren Experten des zu analysierenden Unternehmens vorgesehen.

Zum Einstieg des Experteninterviews müssen alle Teilnehmer vom Moderator über die Inhalte und den Ablauf des Workshops informiert sowie der zeitliche Interviewrahmen geklärt werden (BOGNER et al. 2014, S. 59-60). Die benötigte Zeitdauer hängt im Wesentlichen vom Umfang des im ersten Schritt der Methodik gewählten Produktionsprozesses ab. Dieser gibt zudem auch den Ausgangspunkt sowie den Ablauf für die Identifikation der produktionsnahen Geschäftsprozesse vor. Basierend auf dem bereits in Abschnitt 2.2.1.1 beschriebenen Verständnis eines internen Kunden, ist jeder Produktionsprozessschritt als Kunde eines produktionsnahen Geschäftsprozesse zu verstehen. Diese liefern, per Definition, mittels des von ihnen erzeugten Outputs einen direkten Input zur Erfüllung der Produktionsaufgabe (vgl. Abschnitt 1.2.2). Somit findet

auch der in Abschnitt 5.2.1 definierte potentielle Einflussfaktor „Kundeninteraktion“ Berücksichtigung. Um eine vollständige Liste der produktionsnahen Geschäftsprozesse zu erhalten, sind alle Outputs der im Betrachtungsraum liegenden Produktionsprozessschritte zu erfassen. Die erste im Rahmen des Workshops zu stellende Leitfrage ist daher wie folgt zu formulieren:

- **Leitfrage 1:** „Welche Art von Output wird für die Ausführung des Produktionsprozessschrittes benötigt?“

Hierbei kann zur Konkretisierung der Frage eine Klassifizierung des Outputs in *Material*, *Information*, *Leistung* und *Menschen* vorgenommen werden. In Abbildung 5.5 sind beispielhafte Ausprägungen der einzelnen Klassen aufgezeigt.

Material (M)	Information (I)	Leistung (L)	Menschen (M)	Energie (E)
				
z.B. Halbzeuge, Rohstoffe, Betriebsmittel	z.B. Aufträge, Arbeitsanweisung, Sollabweichungen	z.B. Wartung, Reparatur, Reinigung	z.B. Produktions- mitarbeiter, ggf. Springer	z.B. Strom

Abbildung 5.5: Outputklassen produktionsnaher Geschäftsprozesse

Typische Material-Inputs sind beispielsweise Rohstoffe, Halbzeuge oder Betriebsmittel, während es sich bei Leistungen zum Beispiel um die Wartung oder Reparatur einer Anlage handelt. Auch die Klasse *Energie* ist an dieser Stelle denkbar, da auch der elektrische Strom ein notwendiger Input zur Erfüllung der Produktionsaufgabe darstellt. Dieser soll allerdings im Rahmen dieser Arbeit explizit ausgeschlossen werden⁴. Die derartige Spezifizierung des Inputs ist eine wesentliche Voraussetzung zur Berücksichtigung des im vorangegangenen Abschnitt identifizierten Einflussfaktors „Ergebnisqualität“. Die Erfassung der Outputs gibt zudem bereits Hinweise über die zu deren Erzeugung notwendigen Aktivitäten und somit zum produktionsnahen Geschäftsprozess. Die entsprechende Leitfrage hierzu kann wie folgt formuliert werden:

⁴Eine intensive Auseinandersetzung mit den Auswirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen auf die Zielgrößen von Produktionssystemen findet sich insbesondere in SCHNELLBACH (2015).

5 Detaillierung der Methodik

- **Leitfrage 2:** *„Durch welchen produktionsnahen Geschäftsprozess wird der erfasste Output bereitgestellt?“*

Um eine fehlerfreie und lückenlose Aufnahme aller produktionsnahen Geschäftsprozesse zu ermöglichen, ist ein schrittweises Vorgehen ratsam. Hierbei sind ausgehend von der jeweiligen Outputklasse für jeden Produktionsprozessschritt die produktionsnahen Geschäftsprozesse zu erfassen und zu dokumentieren. Hierfür kann das im Anhang dieser Arbeit dargestellte Framework genutzt werden (vgl. Abbildung A.1). Dabei ist auf eine eindeutige Bezeichnung der jeweiligen produktionsnahen Geschäftsprozesse zu achten. Neben einer aussagekräftigen Prozessbezeichnung ist ebenfalls auf eine Identifikationsnummer (ID) zu vergeben. Diese erleichtert insbesondere bei einer hohen Anzahl an Prozessen deren datentechnische Verarbeitung⁵. Nachdem in Schritt 2 der Methodik die produktionsnahen Geschäftsprozesse erfasst wurden, können schließlich noch die Eigenschaften der produktionsnahen Geschäftsprozesse ergänzt werden, die im Vorfeld als potentielle Einflussfaktoren identifiziert wurden. Für deren Erhebung eignen sich die folgenden Leitfragen:

- **Leitfrage 3:** *„Wie oft wird der produktionsnahe Geschäftsprozess pro Stunde ausgeführt?“*
- **Leitfrage 4:** *„Welche Zeitspanne liegt zwischen dem Bereitstellungs- und dem Nutzungszeitpunkt des Outputs?“*
- **Leitfrage 5:** *„Wie lange dauert der produktionsnahe Geschäftsprozess von seinem Beginn bis zur Bereitstellung des Outputs?“*
- **Leitfrage 6:** *„Welche Zeitspanne liegt zwischen der Anfrage und dem tatsächlichen Beginn des produktionsnahen Geschäftsprozesses?“*
- **Leitfrage 7:** *„Wie hoch sind die Plankosten einer Durchführung des produktionsnahen Geschäftsprozesses?“*

⁵Für die Vergabe der ID bietet es sich an, die folgenden Informationen zu integrieren: (1) Zugeordneter Produktionsprozessschritt, (2) Outputkategorie sowie (3) individuelle Kennziffer.

5.2.3 Ergebnis: Modell des betrachteten Prozesssystems

Das Ergebnis der Anwendung der ersten beiden Schritte der entwickelten Methodik kann als unternehmensspezifische Konkretisierung des in Abschnitt 4.3.1.1 beschriebenen strukturalen Konzepts des informalen Modells eines Prozesssystems angesehen werden. Die im Zuge der ersten beiden Schritte der Methodik aufgenommenen Daten sowie deren Zusammenhänge sind in einem Metamodell in Abbildung 5.6 zusammenfassend dargestellt.

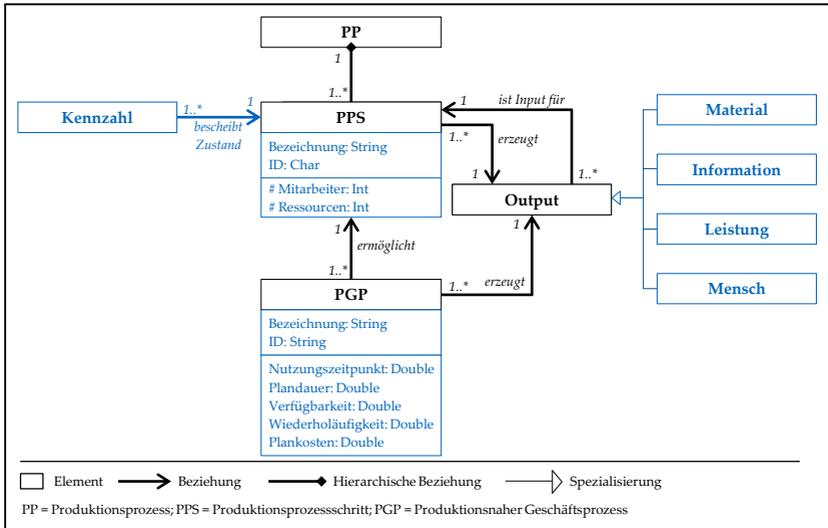


Abbildung 5.6: Metamodell des betrachteten Prozesssystem

Neben der Dokumentation der Datenzusammenhänge bringt die Bereitstellung des Metamodells den Vorteil mit sich, dass eine in der Anwendung gegebenenfalls auftretende Veränderung des Detaillierungsgrades leicht zu integrieren ist (PLEHN 2017, S. 94). Zudem können auf Basis des Metamodells unterschiedliche Modelle abgeleitet werden, die den Anwender bei der Durchführung der Methodik unterstützen können (PAIGE et al. 2014). So ist es ratsam, das im Zuge einer Anwendung betrachtete Prozesssystem als Graphen auszuführen. Auch wenn grafische Modellierungsmethoden zumeist den Einsatz von speziellen IT-Werkzeugen erfordern oder aber einen hohen Erstellungs- und Änderungsaufwand mit sich bringen (GADATSCH 2015, S. 15), überwiegt der

Vorteil, mittels graphischer Modellierungsmethoden eine für alle Stakeholder leicht verständliche Kommunikationsbasis zu schaffen.

5.3 Analyse der Auswirkungen produktionsnaher Geschäftsprozesse

Nachdem mit dem ersten Baustein der Methodik notwendige Informationen in einem Prozesssystem-Modell zusammengefasst wurden, können im zweiten Baustein die Einflüsse der produktionsnahen Geschäftsprozesse sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf den Produktionsprozess analysiert werden. Grundlage dafür ist die Beantwortung der Frage, wie sich die Zustandsänderungen im betrachteten Prozesssystem detektieren lassen. Zu diesem Zweck ist im dritten Schritt der Methodik zunächst ein Kennzahlensystem zu definieren. Im vierten Schritt werden schließlich die Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse mit Hilfe einer an die System-FMEA angelehnten Vorgehensweise erfasst. Hierbei werden potentielle Abweichungen der vom jeweiligen produktionsnahen Geschäftsprozess bereitgestellten Output hinsichtlich deren Auswirkung auf die Zielgrößen des Kennzahlensystems analysiert und quantifiziert.

5.3.1 Schritt 3: Definition eines Kennzahlensystems

5.3.1.1 Anforderungen an ein Kennzahlensystem zur Auswirkungsanalyse

Bereits in den Grundlagen dieser Arbeit wurden Kennzahlensysteme definiert. Diese bestehen aus zwei oder mehreren in Beziehung stehenden Kennzahlen (SANDT 2004, S. 15). Wie und aus welchen Kennzahlen ein Kennzahlensystem aufgebaut sein muss, hängt unter anderem davon ab, für welchen Zweck dieses eingesetzt werden soll (GOTTMANN 2016, S. 157). Während im Kontext des Prozessmanagements Kennzahlensysteme, wie beispielsweise die Balanced Scorecard, im Wesentlichen zu Koordinations- und Steuerungszwecken genutzt werden, geht es im Rahmen der entwickelten Methodik darum, ein Kennzahlensystem zu entwickeln, welches für die Analyse der Einflüsse produktionsnaher

Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess und die Quantifizierung der sich daraus ergebenden Auswirkungen genutzt werden kann. Dies bringt einige Restriktionen bei der Gestaltung mit sich, die im Folgenden als Anforderungen an das Kennzahlensystem (AKS) formuliert werden:

AKS.1 Produktions- und Prozesskennzahlen: Das Kennzahlensystem soll ausschließlich Kennzahlen beinhalten, die zur Messung und Beschreibung der Leistungsfähigkeit einer Produktion und insbesondere eines Produktionsprozesses genutzt werden können.

AKS.2 Eindeutigkeit der Zusammenhänge: Bei dem zu entwickelnden Kennzahlensystem soll es sich um ein sogenanntes Rechensystem (vgl. Abschnitt 2.2.2.4) handeln. Der Zusammenhang der Kennzahlen muss dabei mathematisch beschreibbar sein (GOTTMANN 2016, S. 146). Dies bedeutet auch, dass keine qualitativen Effekte zwischen den einzelnen Kennzahlen abgebildet werden.

AKS.3 Hierarchische Struktur: Eine wesentliche Anforderung an das Kennzahlensystem ist es, dass sich die Zielgrößen auf Produktionsebene durch Kennzahlen oder Messgrößen bilden lassen, die auf Prozessschritzebene erfasst werden können. Dies hat zur Folge, dass das Kennzahlensystem eine hierarchische Struktur aufweisen muss, die sich an die in Abschnitt 2.2.1.2 beschriebene Prozesshierarchie anlehnt. In Abbildung 5.7 wird dieser Sachverhalt noch einmal veranschaulicht.

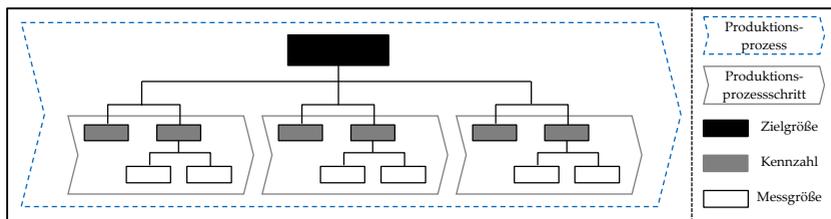


Abbildung 5.7: Hierarchische Struktur des Kennzahlensystems

Durch Erfüllung der Anforderung können Auswirkungen auf die Zielgröße des Produktionsprozesses erfasst werden, die durch Veränderungen der Kennzahlen auf Prozessschritzebene entstehen.

AKS.4 Überschaubarkeit: Zur Eindämmung der Komplexität sollte das gesamte Kennzahlensystem mit möglichst wenigen Kennzahlen auskommen. Insbesondere auf der obersten Ebene des Systems ist die Anzahl der Zielgrößen möglichst gering zu halten, um im Anwendungsfall einen zielgerichteten und aussagekräftigen Vergleich der Auswirkungen einzelner produktionsnaher Geschäftsprozesse gewährleisten zu können.

AKS.5 Flexibilität: Um die Anpassung und Erweiterung des Kennzahlensystems zu ermöglichen ist eine gewisse Systemoffenheit zuzulassen.

AKS.6 Widerspruchsfreiheit: Durch eine systematische Struktur, der Eindeutigkeit bei der Definition der Kennzahlen sowie der Visualisierung der Wirkbeziehungen sollen Fehlinterpretationen und die Möglichkeit widersprüchlicher Aussagen vermieden werden.

AKS.7 Wirtschaftlichkeit: Sowohl für die Erstellung als auch bei der Verwendung des Kennzahlensystems ist auf Wirtschaftlichkeit zu achten. Insbesondere im Anwendungsfall bedeutet dies, dass der Aufwand bei der Erfassung der genutzten Kennzahlen in Relation zu dem erwartbaren Nutzen stehen muss.

Auf Basis dieser Anforderungen können bestehende Kennzahlensysteme bewertet werden. Insbesondere für den Anwender bietet sich dadurch die Möglichkeit, ein gegebenenfalls in seinem Unternehmen oder Fachbereich vorhandenes Kennzahlensystem hinsichtlich dessen Eignung für die Analyse der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse zu überprüfen. Für die in der Literatur bestehenden Kennzahlensysteme zeigt sich, dass diese zumeist nicht den notwendigen Fokus auf die Produktion und die Produktionsprozesse aufweisen oder aber wie im Falle der Balanced Scorecard sowie des von GOTTMANN (2016) beschriebenen Wertstromkennzahlensystems kein Rechensystem darstellen (siehe Tabelle 5.1).

Da keines der untersuchten und in der Literatur beschriebenen Kennzahlensysteme für die Analyse der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse vollumfänglich geeignet ist, wird im Folgenden ein Vorgehen beschrieben, mit dessen Hilfe ein Kennzahlensystem systematisch entwickelt werden kann. Darüber hinaus wird auf Basis der in der Literatur beschriebenen Kennzahlen ein Referenz-Kennzahlensystem aufgebaut, welches die Anforderungen erfüllt und

Tabelle 5.1: Bewertung existierender Kennzahlensysteme

	ROI-Kennzahlensystem	ZVEI-Kennzahlensystem	Balanced-Scorecard	Wertstromkennzahlensystem
AKS.1 Produktions- und Prozesskennzahlen	○	○	◐	●
AKS.2 Eindeutigkeit der Zusammenhänge	◐	◐	●	◐
AKS.3 Hierarchische Struktur	●	◐	◐	◐
AKS.4 Überschaubarkeit	●	●	◐	◐
AKS.5 Flexibilität	◐	◐	●	◐
AKS.6 Widerspruchsfreiheit	◐	◐	◐	◐
AKS.7 Wirtschaftlichkeit	◐	◐	◐	◐

○ Kein ◐ Geringer ◑ Mittlerer ◒ Starker ● Voller ...Fokus

somit für die Bestimmung der Auswirkungen im Rahmen der Methodik genutzt werden kann.

5.3.1.2 Vorgehen zur Kennzahlensystem-Entwicklung

Kennzahlensysteme können auf unterschiedliche Art und Weise entwickelt werden (GLADEN 2011, S. 93). Die wesentlichen Schritte des im Rahmen dieser Arbeit gewählten Vorgehens werden im Folgenden erläutert.

Schritt 1: Kennzahlensammlung

Der erste Schritt bei der Entwicklung des Kennzahlensystems stellt die *Sammlung von Produktions- und Prozesskennzahlen* dar. Zur Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit der Gesamtmethodik ist hierbei zunächst eine Bestandsaufnahme im Unternehmen hinsichtlich bereits existierender Kennzahlen durchzuführen. Dabei können auch die im Zuge einer Wertstrommodellierung erfassten Kennzahlen herangezogen werden. Auch zum Aufbau des Referenz-Kennzahlensystems wurden mittels einer Literaturrecherche existierende Produktions- und Prozesskennzahlen zusammengetragen. Das Ergebnis

5 Detaillierung der Methodik

dieser Sammlung ist ein Katalog von über 130 Begrifflichkeiten, die unterschiedliche Kennzahlen und Messgrößen beschreiben. Eine Übersicht findet sich im Anhang dieser Arbeit (vgl. Tabelle A.3). Restriktionen aus der Unternehmenspraxis, wie beispielsweise die Wirtschaftlichkeit (vgl. AKS.7) einer Kennzahl stellen aufgrund ihres unternehmensspezifischen Charakters dabei kein Ausschlusskriterium dar.

Schritt 2: Kennzahlenstrukturierung nach Zieldimensionen

Um eine bessere Übersichtlichkeit und eine zielgerichtete Entwicklung des Kennzahlensystems zu ermöglichen, werden im zweiten Schritt die gesammelten Kennzahlen strukturiert. Dies sollte stets hinsichtlich der übergeordneten und zumeist aus der Unternehmensstrategie abgeleiteten Ziele der Produktion (GOTTMANN 2016, S. 18) erfolgen. Die Notwendigkeit dieser Zielfokussierung liegt in der Widersprüchlichkeit der Produktionsziele begründet. So kann es bei der Umsetzung von Prozessverbesserungsmaßnahmen dazu kommen, dass die Verbesserung einer Zieldimension zur Verschlechterung einer anderen führt (ERLACH 2010, S. 17). Gleiches kann auch für den Einfluss produktionsnaher Geschäftsprozesse gelten, der sich in den einzelnen Zieldimensionen des Produktionsprozesses unterschiedlich auswirken kann. Zur Strukturierung des Referenz-Kennzahlensystems werden die von ERLACH (2010, S. 13-15) beschriebenen vier Zieldimensionen der Produktion - *Qualität*, *Geschwindigkeit*, *Wirtschaftlichkeit* und *Variabilität*⁶ - herangezogen.

Schritt 3: Auswahl geeigneter Zielgrößen

Nachdem die gesammelten Kennzahlen hinsichtlich der Zieldimensionen strukturiert wurden, sind die sogenannten Zielgrößen auszuwählen. Unter einer Zielgröße soll im Rahmen dieser Arbeit eine Kennzahl auf der obersten Betrachtungsebene verstanden werden, die den Zustand des Systems „*Produktionsprozess*“ zum Zeitpunkt der Analyse beschreibt. Anhand der Zielgrößenwerte sollen im weiteren Verlauf die Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess quantifiziert und vergleichbar gemacht werden. Um die Komplexität bei diesem späteren Vergleich so gering wie möglich zu

⁶Für eine ausführliche Beschreibung der Zielgrößen wird an dieser Stelle auf die Ausführungen von ERLACH (2010, S. 13-15) verwiesen.

halten, sind nur wenige Zielgrößen auszuwählen. Die Zielgröße ist so zu wählen, dass sie als repräsentative Kennzahl einer Zieldimension geeignet ist. Die für das Referenz-Kennzahlensystem ausgewählten Zielgrößen sind in Abbildung 5.8 dargestellt und werden in dem sich anschließenden Abschnitt zur Kennzahlensystematisierung detailliert beschrieben.

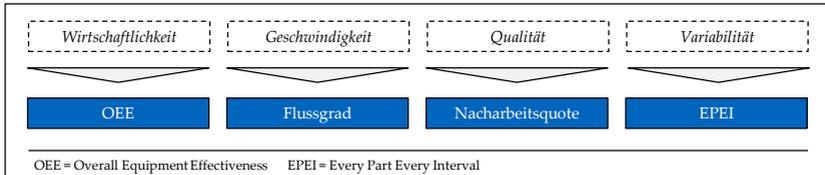


Abbildung 5.8: Zieldimensionen und -größen des Referenz-Kennzahlensystems

Schritt 4: Kennzahlensystematisierung

Nachdem die Zielgrößen definiert wurden geht es abschließend darum, die mathematischen Zusammenhänge zwischen der jeweiligen Zielgröße und den Kennzahlen auf Prozessschritzebene herzustellen (vgl. Anforderungen AKS.2 und AKS.3). Ausgangspunkt stellt hierbei immer die mathematische Beschreibung der Zielgröße dar, die sich aus unterschiedlichen Kennzahlen oder Messgrößen zusammensetzt. Um den notwendigen Zusammenhang zwischen der Prozessschritzebene und dem gesamten Produktionsprozess herzustellen, sind gegebenenfalls die bestehenden Kennzahlen zu adaptieren oder Hilfskennzahlen zu bilden. Hierbei ist darauf zu achten, dass nur die wesentlichen Kennzahlen und Messgrößen der jeweiligen Zielgröße herausgearbeitet werden und Kennzahlen, die keinen Beitrag zu deren Erklärung beitragen, nicht als Teil des Kennzahlensystems geführt werden. Dabei ist aus Gründen der Nachvollziehbarkeit zudem auch stets auf eine verständliche Beschreibung sowie eine angemessene Visualisierung zu achten. Im Folgenden wird die Systematisierung der Kennzahlen des Referenz-Kennzahlensystems beschrieben und dabei die mathematischen Zusammenhänge sowohl als Formel als auch mit Hilfe eines Kennzahlenbaums dargestellt. Hierbei werden insbesondere die für den weiteren Verlauf notwendigen Messgrößen ausgewiesen.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Ursprünglich entwickelt im Rahmen der TPM-Initiative, ist die Overall Equipment Effectiveness (OEE) oder Gesamtanlageneffektivität (GAE) eine weit verbreitete und im Zuge betrieblicher Verbesserungsprogramme viel genutzte Kennzahl (MAY & KOCH 2008, S. 245). Sie gibt ursprünglich ein Maß für die Produktivität von Produktionsanlagen wieder und berücksichtigt dabei sowohl Zeit- als auch Geschwindigkeits- und Qualitätsverluste (vgl. Abbildung 5.9). Im

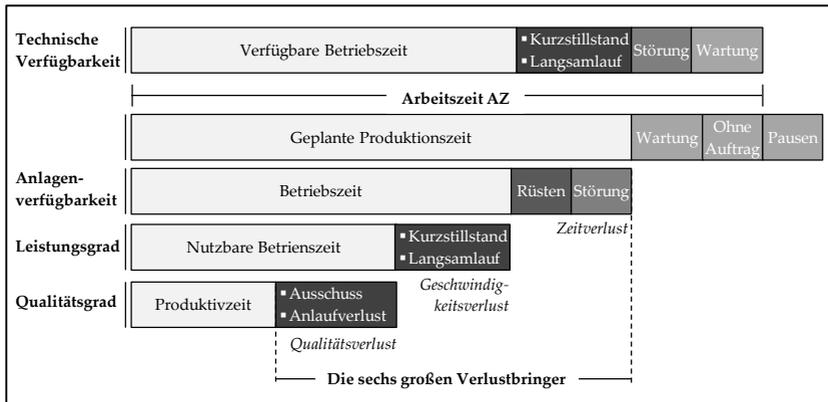


Abbildung 5.9: Zeiten und Verlustbringer zur Berechnung der OEE-Kennzahl in Anlehnung an (ERLACH 2010, S. 71)

Rahmen dieser Arbeit soll die OEE als Zielgröße herangezogen werden, die eine Aussage darüber ermöglicht, wieviel Zeit der maximal möglichen Betriebszeit eines Prozessschrittes zur Produktion genutzt werden kann (SCHNELLBACH 2015, S. 45-25). Die OEE errechnet sich aus dem Produkt von Nutzungs-, Leistungs- und Qualitätsgrad. Während der Nutzungsgrad (häufig auch Anlagenverfügbarkeit) das Verhältnis der Betriebszeit zur geplanten Produktionszeit darstellt (ERLACH 2010, S. 71), gibt der Leistungsgrad den Anteil der durch Leistungsverluste verringerten Betriebszeit (auch: nutzbare Betriebszeit) zur gesamten Betriebszeit wieder. Der Qualitätsgrad stellt zudem den Anteil der Gutteile an den insgesamt produzierten Teilen dar (GOTTMANN 2016, S. 102).

$$\begin{aligned}
 OEE_{ges} &= \prod_{i=1}^n OEE = \prod_{i=1}^n NG_i \times LG_i \times QG_i = \\
 &\prod_{i=1}^n \left(\frac{BeZ_i}{PrZ_i} \right) \times \frac{(TZ_i \times \#T_i)}{BeZ_i} \times \frac{\#GT_i}{\#T_i}
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

mit

- OEE_{ges}: Overall Equipment Effectiveness des gesamten Produktionsprozesses
- NG: Nutzungsgrad
- LG: Leistungsgrad
- QG: Qualitätsgrad
- BeZ_i: Betriebszeit
- PrZ_i: Geplante Produktionszeit
- #TZ_i: Taktzeit
- #T_i: Gesamtteilezahl
- #GT_i: Anzahl der Gutteile
- n: Anzahl der Prozessschritte

Eine Visualisierung der mathematischen Zusammenhänge sowie die im weiteren Verlauf zur Bestimmung der Auswirkungen (vgl. Abschnitt 5.3.3) benötigten Messgrößen findet sich in Abbildung 5.10.

Über die dargestellten Zusammenhänge hinaus kann bei der Ermittlung des Nutzungsgrades (NG) (bzw. der Anlagenverfügbarkeit) eine weitere Rechenvorschrift Verwendung finden, um gegebenenfalls vorhandene Puffer zwischen den einzelnen Prozessschritten zu berücksichtigen. Hierbei wird ein sogenannter Kompensationsanteil (f_K) berechnet, der im Wesentlichen von der mittleren Unterbrechungsdauer sowie dem technischen Durchsatz einer Anlage abhängt. Für eine detaillierte Beschreibung dieses Sachverhaltes sei auf SCHNELLBACH (2015, S. 68-69) beziehungsweise die VDI 3649 (VDI 3649, S. 8) verwiesen.

Flussgrad (FG)

Der Flussgrad ist ein Maß für die Dynamik eines Produktionsprozesses (ERLACH 2010, S. 104) und ermittelt sich aus dem Verhältnis von Bearbeitungszeiten

5 Detaillierung der Methodik

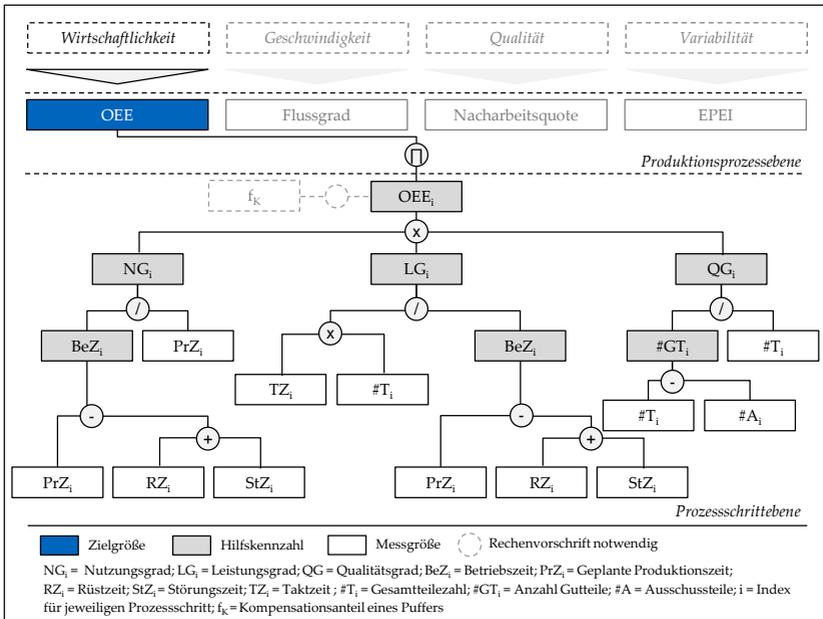


Abbildung 5.10: Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße OEE

(bzw. Prozesszeiten) entlang des gesamten Wertstromes und der gesamten Produktionsdurchlaufzeit (GOTTMANN 2016, S. 124). Die Produktionsdurchlaufzeit (DLZ_{PP}) stellt dabei die Zeit dar, die ein Teil benötigt, um alle Prozessschritte mit den zugehörigen Bearbeitungs- und Prozesszeiten sowie allen zwischengelagerten Beständen zu durchlaufen (ERLACH 2010, S. 102-103). Unter Zugrundelegung der Modellvorstellung, dass ein Teil die anderen Teile im Lager nicht überholen darf, lässt sich die Durchlaufzeit über den Gesamtbestand im Produktionsprozess und somit über die Summe der einzelnen Lagerreichweiten (RW_j) abbilden (ERLACH 2010, S. 103). Daraus ergibt sich für den Flussgrad die folgende Rechenvorschrift:

$$FG = \frac{\sum_{i=1}^n (BZ_i + PZ_i)}{\sum_{j=1}^m (RW_j * AZ)} * 100 \quad (5.2)$$

mit

- BZ_i : Bearbeitungszeit des Prozessschrittes i
 PZ_i : Prozesszeit des Prozessschrittes i
 n : Anzahl der Prozessschritte
 RW_j : Reichweite der Lagerbestände des Lagers j
 m : Anzahl der Lager (Puffer)
 AZ : Arbeitszeit pro Tag

Neben der Lagerreichweite gehen folglich auch die Bearbeitungszeit (BZ_i) und die Prozesszeit (PZ_i) als Messgrößen auf Prozessschrittebene in das Referenz-Kennzahlensystem ein. Die Zusammenhänge sind in Abbildung 5.11 visualisiert. Die Bearbeitungszeit gibt dabei an, wie lange es dauert, bis ein Teil innerhalb eines Produktionsprozessschrittes bearbeitet wurde, wobei sowohl die manuellen Arbeitsinhalte des Mitarbeiters als auch die Laufzeit des Betriebsmittels berücksichtigt werden. Die Prozesszeit hingegen bemisst die Zeitdauer des Verbleibs eines gesamten Loses im jeweiligen Prozessschritt. Wenn das Los aus genau einem Teil besteht, sind Bearbeitungs- und Prozesszeit gleichzusetzen.

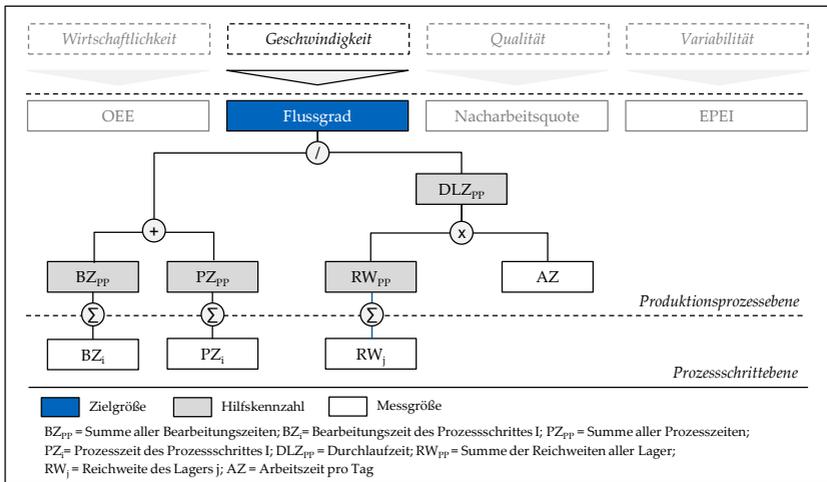


Abbildung 5.11: Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße Flussgrad

Nacharbeitsquote (NQ)

Die Nacharbeitsquote ergibt sich aus dem Verhältnis der Teile, die in einem betrachteten Produktionsprozess in die Nacharbeit gelangen und allen, im selben Betrachtungszeitraum produzierten, Teilen (GOTTMANN 2016, S. 110).

$$NQ_{PP} = \frac{\#TNA_{PP}}{\#T_{ges}} \quad (5.3)$$

mit

$\#TNA_{PP}$: Summe aller Nacharbeitsteile eines Produktionsprozesses

$\#T_{ges}$: Gesamtteilezahl

Die im Falle der Betrachtung der Nacharbeitsquote relevante Messgröße auf Produktionsprozessessebene ist die Anzahl der in einem Prozessschritt in die Nacharbeit ausgeschleusten Teile (vgl. Abbildung 5.12).

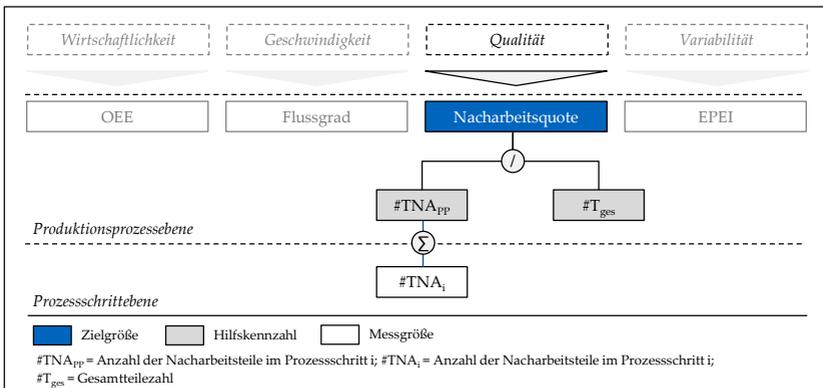


Abbildung 5.12: Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße Nacharbeitsquote

Every Part Every Interval (EPEI)

Der EPEI-Wert bemisst die Zeitdauer, die in einem vorgegebenen Betrachtungsraum benötigt wird, um alle Varianten einmal zu produzieren und ist daher ein Maß für die Flexibilität einer Produktion (GOTTMANN 2016, S. 102). Bei der Betrachtung des Ist-Zustands eines Produktionsprozesses ergibt sich der

EPEI-Wert aus der Summe der Bearbeitungszeit für alle Varianten in den vorgegebenen Losgrößen. Zudem werden die notwendigen Rüstzeiten sowie geplante und ungeplante Stillstände berücksichtigt (ERLACH 2007, S. 67). Der EPEI-Wert des gesamten Produktionsprozesses entspricht dem maximalen EPEI-Wert aller Prozessschritte (SCHNELLBACH 2015, S. 67). Aus diesem Grund kann für den EPEI-Wert des Produktionsprozesses (EPEI) folgende Formel angenommen werden:

$$EPEI = \frac{\sum BZ_{Var,\emptyset} + \sum RZ_{Var}}{\#Res_i \times TV_i \times AZ} \quad (5.4)$$

mit

- BZ_{Var,∅}: Bearbeitungszeiten je Stück (Durchschnitt)
- RZ_{Var}: Rüstzeiten der einzelnen Varianten
- #Res_i: Anzahl gleicher Ressourcen
- TV_i: Technische Verfügbarkeit
- AZ: Arbeitszeit

Die Technische Verfügbarkeit kann hierbei als das Verhältnis der verfügbaren Betriebszeit einer Ressource zur Arbeitszeit angesehen werden (ERLACH 2010, S. 72). Wesentliche Messgrößen stellen in diesem Zusammenhang die Störungs-, Wartungs-, aber auch Kurzstillstandzeiten dar. In Abbildung 5.13 sind die Zusammenhänge noch einmal graphisch veranschaulicht.

5.3.1.3 Erfassung von Referenzkennzahlen für den Produktionsprozess

Nachdem mit der Definition des Kennzahlensystems die Grundlage für die Analyse der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess gelegt wurde, gilt es schließlich noch, Referenzwerte für die Zielgrößen des Produktionsprozesses zu erfassen. Hierfür sind zunächst die bereits in Schritt 1 der Methodik erfassten Kennzahlen für die einzelnen Produktionsprozessschritte um die gegebenenfalls noch fehlenden Messgrößen des Kennzahlensystems zu ergänzen. Es ist in diesem Zusammenhang darauf zu achten, dass diese für

5 Detaillierung der Methodik

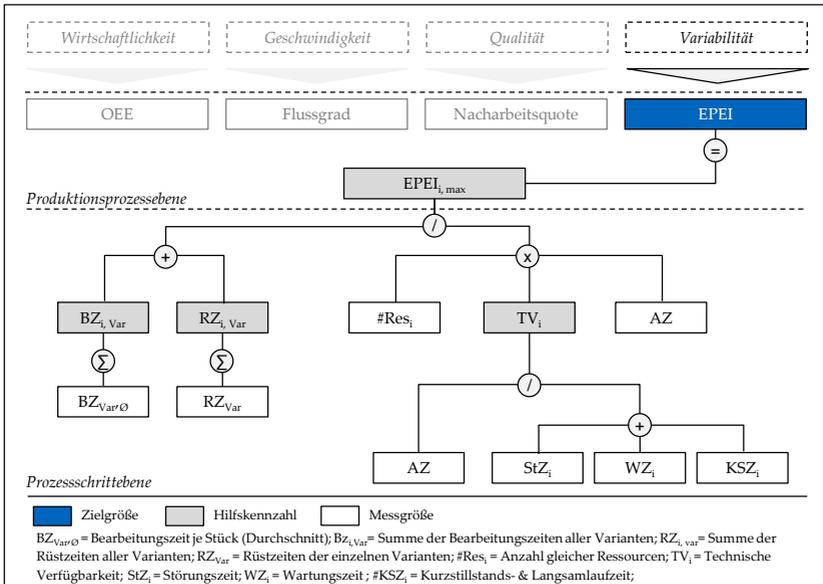


Abbildung 5.13: Visualisierung der Zusammenhänge der Kennzahlen zur Zielgröße EPEI

einen identischen Betrachtungszeitraum erhoben werden. Mittels der im Kennzahlensystem hinterlegten Formeln können schließlich die geltenden Zielgrößen ermittelt werden. Im folgenden Schritt gilt es nun zu analysieren, wie diese erfassten Zielgrößen von den produktionsnahen Geschäftsprozessen beeinflusst werden können.

5.3.2 Schritt 4: Analyse der Einflüsse

Wie bereits in Abschnitt 5.2.2.1 beschrieben, stellt die Ergebnisqualität eines produktionsnahen Geschäftsprozesses einen wesentlichen Einflussfaktor dar. Insbesondere durch die Fokussierung auf den Ist-Zustand einer Produktion im Betrieb (vgl. Abschnitt 1.2.2), kann ein Einfluss auf deren Zielgrößen lediglich im Falle der Abweichung des Outputs eines produktionsnahen Geschäftsprozesses von seinem geplanten Soll entstehen. Im vierten Schritt der Methodik gilt es daher, eine systematische Analyse potentieller Fehler (bzw. Outputabweichun-

gen) durchzuführen, um dadurch die Auswirkungen auf die Messgrößen des zuvor definierten Kennzahlensystems bestimmen zu können. Anlehnung soll hierbei an die bereits in Abschnitt 3.4.1 beschriebene Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse (FMEA) genommen und an die Erfordernisse der prozessübergreifenden Einflussbestimmung angepasst werden. Abbildung 5.14 gibt einen Überblick über das Vorgehen zur Analyse der Fehlereinflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess.

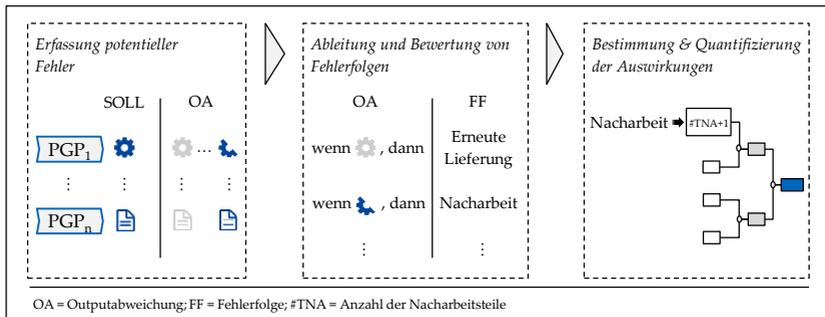


Abbildung 5.14: Überblick des Vorgehens zur Analyse der Fehlereinflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse

5.3.2.1 Erfassung potentieller Fehler

Wie bei der System-FMEA üblich, gilt es auch im Rahmen der in dieser Arbeit adaptierten Form der FMEA, zunächst Fehler für die betrachteten Systemelemente zu erfassen. Der Begriff des Fehlers bezieht sich im Falle der Betrachtung der produktionsnahen Geschäftsprozesse allerdings nicht wie sonst üblich auf deren Funktion (vgl. WERDICH (2012, S. 38)), sondern auf deren erzeugten Output und dessen Abweichung von einem vom verarbeitenden Produktionsprozessschritt definierten SOLL. Eine derartige *Outputabweichung* liegt also vor, wenn der Output eines produktionsnahen Geschäftsprozesses den Anforderungen des Produktionsprozessschrittes nicht genügt. Liefert beispielsweise ein Logistikprozess das angeforderte Material nicht in der richtigen Menge oder zum geforderten Zeitpunkt, so kann im Rahmen der Methodik von einer Outputabweichung gesprochen werden. Innerhalb des Systems *Produktionsprozess*

5 Detaillierung der Methodik

können grundsätzlich zwei Vorgehensweisen zur Fehlererfassung unterschieden werden. Zum einen die manuelle Erfassung der auftretenden Fehler und Störungen durch den Mitarbeiter, zum anderen eine durch technische Hilfsmittel gestützte automatische Erfassung. Insbesondere in stark automatisierten Produktionsprozessen bietet sich zur regelmäßigen Dokumentation von Abweichungen und Störungen die automatische Fehleridentifikation durch fest installierte Überwachungs- und Prüfsysteme an (MIKOSCH & WESTKÄMPER 1997, S. 54). Die Fehler produktionsnaher Geschäftsprozesse werden allerdings in den meisten Fällen nicht präventiv überwacht, sondern erst im Falle der Beeinträchtigung des Produktionsprozesses mit Hilfe gezielter Analysen der erfassten Störungsprotokolle identifiziert. Dementsprechend können eine Vielzahl der im Rahmen der Methodik interessanten Outputabweichungen in den produktionsnahen Geschäftsprozessen lediglich auf Basis derartiger Analysen ermittelt oder durch Befragungen von Experten aufgearbeitet werden (NIPPEL 1995, S. 224). Die Beschreibung der potentiellen Outputabweichungen muss zur Gewährleistung der Nachvollziehbarkeit klar und eindeutig sein. Da die FMEA unter anderem von der Vollständigkeit der erfassten Fehler lebt (WERDICH 2012, S. 38), soll zur Unterstützung des Anwenders ein Fehlerkatalog zur Verfügung gestellt werden, der die wesentlichen Fehlerarten, die in den unterschiedlichen Outputkategorien auftreten können, beinhaltet. Der Fehlerkatalog ist in Abbildung 5.15 dargestellt und kann im Rahmen der Anwendung als Checkliste genutzt werden.

Bei der Entwicklung des Fehlerkataloges wurde darauf geachtet, dass die genannten Fehlerarten vom Anwender bzw. Experten objektiv zu beurteilen sind. Beispielsweise wurde bei der Outputkategorie *Mensch* keine Fehlerart genannt, die einen fehlerhaften oder für eine bestimmte Aufgabe ungeeigneten Menschen einschließt, da eine derartige Beurteilung eine umfassende Expertise im Bereich der Qualifikationsbeurteilung einzelner Mitarbeiter voraussetzt. In der Anwendung des Fehlerkataloges gilt es zu berücksichtigen, dass dieser lediglich Anhaltspunkte für konkret auftretende Outputabweichungen im Unternehmen zur Verfügung stellt. Ob der jeweilige PGP auch als Verursacher der Outputabweichung gelten kann, soll hierbei vernachlässigt werden, da dies nicht Bestandteil der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Methodik ist. Um den Aufwand für die sich anschließende Analyse jeder einzelnen potentiellen Outputabweichung möglichst gering zu halten, ist bei der Fehlererfassung die

Material 	Information 	Leistung 	Menschen 
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschädigtes Material (z. B. Kratzer, Deformation) ▪ Unvollständiges Material (z. B. falsche Losgröße) ▪ Falsches Material (z. B. Halbzeuge für andere Variante) ▪ Verspätetes Material (z. B. Halbzeuge kommen nicht Just-in-Time) ▪ Ausbleibendes Material (z. B. kein Material mehr im Lager) ▪ Positionierung Material (z. B. Halbzeuge falsch im Ladungsträger ausgerichtet) ▪ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unvollständige Information (z. B. fehlende Maße) ▪ Fehlerhafte Information (z. B. falsche Maße) ▪ Verspätete Information (z. B. Auftragsinformation kommt zu spät) ▪ Ausbleibende Information (z. B. Information zu Sondervariante wird nicht angezeigt) ▪ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unvollständige Leistung (z. B. lediglich einzelne Module gewartet) ▪ Fehlerhafte Leistung (z. B. falsches Werkzeug eingebaut) ▪ Verspätete Leistung (z. B. Wartung zu spät beendet) ▪ Ausbleibende Leistung (z. B. keine Reparatur durchgeführt) ▪ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verspäteter Mensch (z. B. Springer kommt verzögert zum Einsatzort) ▪ Ausbleibender Mensch (z. B. Springer kommt nicht) ▪ Ungeeigneter Mensch (z. B. fehlende Kompetenz des Mitarbeiters) ▪ ...

Abbildung 5.15: Fehlerarten der unterschiedlichen Outputkategorien

Relevanz einer einzelnen Fehlerkategorie im jeweiligen Anwendungsfall zu überprüfen. Hierfür werden Experten in Einzelinterviews befragt und somit die Informationen als faktische Befunde (vgl. HELFFERICH (2014, S. 570)) in der adaptierten FMEA aufgenommen.

5.3.2.2 Ableitung und Bewertung von Fehlerfolgen

Um auf Basis der erfassten potentiellen Outputabweichungen den Einfluss produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess ermitteln zu können, sind diese einer detaillierten Analyse zu unterziehen. Das Vorgehen hierfür ist in Abbildung 5.16 schematisch dargestellt.

Ausgangspunkt der Analyse stellen die zuvor hinsichtlich ihrer Relevanz beurteilten Outputabweichungen dar. In einem ersten Schritt gilt es nun die

5 Detaillierung der Methodik

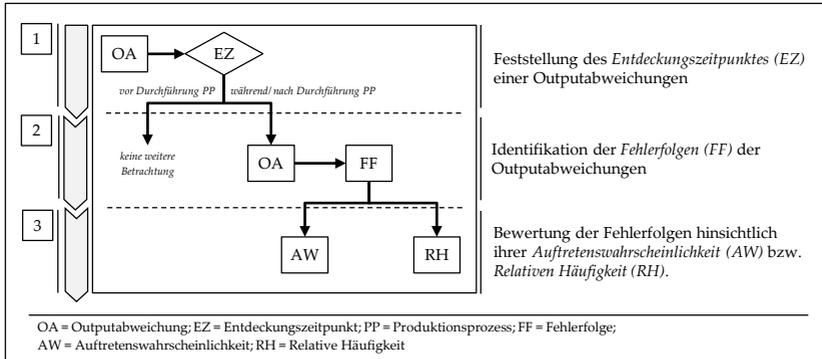


Abbildung 5.16: Vorgehen zur Analyse der Outputabweichungen

Entdeckungszeitpunkte der Outputabweichungen zu ermitteln. Im Gegensatz zur klassischen FMEA ist dabei die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung nicht von Interesse, da im Rahmen dieser Methodik keine Fehlerursachen bzw. keine Risikopriorität (WERDICH 2012, S. 50-51), sondern auf Basis der Fehlerfolgen der Einfluss eines Fehlers auf die Zielgrößen des Produktionsprozesses ermittelt werden soll. Ziel der Frage nach dem Entdeckungszeitpunkt ist es herauszufinden, ob sich der Fehler im Produktionsprozess auswirkt, ob er bereits in einer früheren Phase entdeckt werden kann oder vielleicht erst in einem nachgelagerten Produktionsprozess auftritt. Wird der Fehler bereits vor der Nutzung des Outputs entdeckt, so soll dieser im weiteren Verlauf der Analyse nicht mehr berücksichtigt werden. Anhaltspunkte für die Identifikation des Entdeckungszeitpunktes geben die im Produktionsprozess implementierten Entdeckungsmaßnahmen der Qualitätssicherung (z. B. Kameraüberwachung, Sichtprüfung, etc.). Auch im Zuge von Qualitätsmaßnahmen durchgeführte Fehler-Prozessmatrizen können hierbei wesentliche Hinweise geben. Auf Basis der identifizierten Entdeckungszeitpunkte sind in einem nächsten Schritt die Folgen für den Produktionsprozess zu erfassen, die sich durch die Abweichung der Outputs der produktionsnahen Geschäftsprozesse ergeben. Somit stellen die sogenannten *Fehlerfolgen* im Rahmen dieser Arbeit die Fehler (bzw. unzureichende Ergebnisqualitäten) eines vorgelagerten Systems und nicht eines übergeordneten Systems, wie bei der klassischen FMEA (vgl. WERDICH (2012, S. 39)) dar. Die Aufarbeitung der Fehlerfolgen wird im Wesentlichen durch eine offene Erzählaufforderung an den jeweiligen Experten realisiert,

wobei er die Fehlerfolgen sowie die Bedingungen unter denen diese auftreten, erläutert. Ein wichtiger Aspekt ist es hierbei, die Fehlerfolgen so zu konkretisieren, dass identische Fehlerfolgen auch immer eine identische Auswirkung auf den Produktionsprozess haben. Aufgrund der Vielzahl von Fehlern und Fehlerfolgen, die im betrachteten Prozesssystem auftreten können, sind im Sinne einer späteren Priorisierung der PGP schließlich auch noch die Auftretenswahrscheinlichkeiten einer Fehlerfolge zu erfassen. Da es in der praktischen Anwendung nahezu unmöglich ist, eine mathematische Auftretenswahrscheinlichkeit der einzelnen Fehlerfolgen zu ermitteln, ist es sinnvoll deren *relative (Auftretens-)Häufigkeiten* zu verwenden. Hierbei muss allerdings garantiert werden, dass eine hinreichend große Anzahl von Beobachtungen berücksichtigt wird (ECKSTEIN 2012, S. 200). Im Gegensatz zur Anwendung einer im Zuge der Planung eines Systems durchgeführten FMEA, können im Rahmen der in dieser Arbeit fokussierten Analyse, Informationen, die zur Ermittlung der Auftretenshäufigkeit einer Fehlerfolge benötigt werden (in vielen Fällen) über diverse Dokumentationen in Störlisten, Fehlerprotokollen etc. herangezogen werden. Aufgrund der Unregelmäßigkeit des Auftretens der Fehlerfolgen in einem definierten Beobachtungszeitraum, ist die Betrachtung der *relativen Häufigkeit* einer Ermittlung der *absoluten Häufigkeit* vorzuziehen. Die *relative Häufigkeit* ist definiert als der Quotient aus der Anzahl der durch eine Fehlerfolge bedingten Störungen (absolute Häufigkeit) und der Häufigkeit der Durchführung eines produktionsnahen Geschäftsprozesses (Anzahl aller Beobachtungen mit dem gleichen Merkmal) (BURKSCHAT et al. 2004, S. 33).

$$\text{Relative Häufigkeit} = \frac{\text{Absolute Häufigkeit}}{\text{Anzahl aller Beobachtungen}} \quad (5.5)$$

Ist die geforderte Datenbasis im betrachteten Unternehmen nicht vorhanden, so müssen für die Ermittlung der Auftretenswahrscheinlichkeit Schätzwerte angenommen werden. Hierbei ist es für die Qualität einer Schätzung wichtig, Experten mit Erfahrung in dem abzuschätzenden Gebiet zu befragen (JAKOBY 2015, S. 182). Aufgrund der unvollständigen Informationen die im Falle der Expertenschätzung vorliegen, ist diese stets mit einer Unicherheit behaftet (JAKOBY 2015, S. 175). Zur Reduzierung dieser Unsicherheit haben sich in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen die Anwendung diverser Schätzmethode etabliert. Im Rahmen der Methodik soll dabei die sogenannte

5 Detaillierung der Methodik

Dreipunktschätzung zum Einsatz kommen, die einen guten Kompromiss hinsichtlich der Anwendbarkeit in der Praxis und der verbleibenden Unsicherheit darstellt. Konkret grenzt die Dreipunktschätzung zunächst den Wertebereich über die Bestimmung eines *optimistischen* bzw. *pessimistischen Schätzwertes* ein und nutzt zudem einen *realistischen Schätzwert* (JAKOBY 2015, S. 215-216). Für die Annäherung der subjektiven Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden häufig die sogenannten PERT-Formeln (MALCOLM et al. 1959, S. 652) angenommen, die von einer BETA-Verteilung der Wahrscheinlichkeiten ausgehen.

$$AW = \frac{AW_o + 4 * AW_r + AW_p}{6} \quad (5.6)$$

$$s_{AW} = \frac{AW_p - AW_o}{6} \quad (5.7)$$

AW: Auftretenswahrscheinlichkeit einer Fehlerfolge

AW_o: Optimistische Schätzung der AW einer Fehlerfolge

AW_r: Realistische Schätzung der AW einer Fehlerfolge

AW_p: Pessimistische Schätzung der AW einer Fehlerfolge

s_{AW}: Standardabweichung der Auftretenswahrscheinlichkeit

Nachdem die *Auftretenswahrscheinlichkeiten* bzw. *Relativen Häufigkeiten* der Fehlerfolgen bestimmt sind, können schließlich die Auswirkungen auf die Messgrößen des entwickelten Kennzahlensystems ermittelt werden.

5.3.2.3 Quantifizierung der Auswirkungen

In einem letzten Schritt der Fehleranalyse gilt es schließlich, die durch die potentiellen Fehler bedingten Auswirkungen auf den Produktionsprozess zu quantifizieren. Hierfür soll das in Abschnitt 5.3.1 entwickelte Kennzahlensystem genutzt werden. Dabei gilt es in einem ersten Schritt zu ermitteln, welche Messgrößen von der Fehlerfolge beeinflusst werden und somit eine Auswirkung auf die Zielgröße des Produktionsprozesses bedingen (vgl. Abbildung 5.17).

Im Anschluss daran gilt es das Ausmaß der Beeinflussung der Messgröße zu bestimmen. Hierbei sind insbesondere die in Schritt 2 der Methodik erfassten Eigenschaften produktionsnaher Geschäftsprozesse zu berücksichtigen. Muss

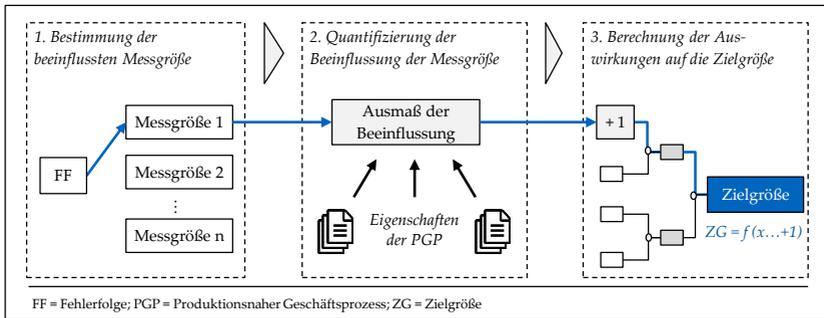


Abbildung 5.17: Vorgehen zur Quantifizierung der Auswirkungen der ermittelten Fehlerfolgen

beispielsweise ein PGP aufgrund eines falsch gelieferten Inputs wiederholt werden, so kann zur beeinflussten Messgröße (z. B. der Störungszeit) sowohl die Zeit addiert werden, die ein PGP üblicherweise für die Ausführung benötigt (Plandauer). Hinzu kommt die Zeitspanne zwischen der Anfrage des Starts und dem tatsächlichen Beginn des PGP (Verfügbarkeit). Zur Wahrung der Vergleichbarkeit bezieht sich die im Zuge dieses Schrittes quantifizierte Auswirkung lediglich auf ein einmaliges Auftreten der jeweiligen Fehlerfolge. In einem letzten Schritt zur Quantifizierung gilt es schließlich die Auswirkungen der unterschiedlichen Fehlerfolgen eines produktionsnahen Geschäftsprozesses so zusammenzufassen, dass dessen Einfluss auf die Zielgröße berechnet werden kann. Hierfür sind zunächst drei Fälle zu unterscheiden, die im Folgenden noch näher spezifiziert und jeweils anhand eines Beispiels veranschaulicht werden.

Erster Fall - Eine Fehlerfolge je Zielgröße: Wird eine Zielgröße lediglich von einer Fehlerfolge eines spezifischen produktionsnahen Geschäftsprozesses beeinflusst, so ist die zuvor bestimmte Auswirkung der Fehlerfolge gleichbedeutend mit der Auswirkung, die der produktionsnahe Geschäftsprozess auf die Mess- und schließlich die Zielgröße des Kennzahlensystems der Produktion hat. Dies bedeutet im dargestellten Beispiel (vgl. Abbildung 5.18), dass die Auswirkung des Materialprozesses 1 auf die OEE, der Auswirkung der Fehlerfolge „Wiederholung Materialprozess 1“ auf die OEE entspricht und somit fünf Minuten beträgt.

5 Detaillierung der Methodik

PGP	Fehlermodus	Entdeckungszeitpunkt	Fehlerfolge	AW / RH	Zielgröße / Messgröße	Art der Auswirkung	Ausmaß der Auswirkung
Materialprozess 1	Falsches Material	Vor PGP-Start	Wiederholung Materialprozess 1	3%	OEE/ Störzeit	Plandauer des Materialprozesses	5 min
	Beschädigtes Material	Im Produktionsprozess	Produkt muss in die Nacharbeit	1,5%	NQ / Nacharbeitszeit	Plandauer des Nacharbeitsprozesses	10 min

PGP = Produktionsnaher Geschäftsprozess; AW = Auftretenswahrscheinlichkeit; RH = Relative Häufigkeit; OEE = Overall Equipment Effectiveness; NQ = Nacharbeitsquote

Abbildung 5.18: Erster Fall: Auswirkungsberechnung bei einer Fehlerfolge je Zielgröße

Zweiter Fall - Mehrere identische Fehlerfolgen je Zielgröße: Wurden für einen produktionsnahen Geschäftsprozess mehrere identische Fehlerfolgen identifiziert, so kann die Auswirkung des PGP ebenfalls direkt berechnet werden. Wichtig ist, dass identische Fehlerfolgen nicht als Vielfaches in die Berechnung mit eingehen, da im Gegensatz zur klassischen FMEA nicht die Fehler bzw. deren Ursachen quantifiziert werden sollen, sondern lediglich die Auswirkungen der Fehlerfolgen.

PGP	Fehlermodus	Entdeckungszeitpunkt	Fehlerfolge	AW / RH	Zielgröße / Messgröße	Art der Auswirkung	Ausmaß der Auswirkung
Materialprozess 1	Falsches Material	Vor PGP-Start	Wiederholung Materialprozess 1	3%	OEE/ Störzeit	Plandauer des Materialprozesses	5 min
	Beschädigtes Material	Vor PGP-Start	Wiederholung Materialprozess 1	3%	OEE/ Störzeit	Plandauer des Materialprozesses	5 min

PGP = Produktionsnaher Geschäftsprozess; AW = Auftretenswahrscheinlichkeit; RH = Relative Häufigkeit; OEE = Overall Equipment Effectiveness; NQ = Nacharbeitsquote

Abbildung 5.19: Zweiter Fall: Auswirkungsberechnung bei identischen Fehlerfolgen je Zielgröße

Dritter Fall - Unterschiedliche Fehlerfolgen je Zielgröße: Existieren für einen produktionsnahen Geschäftsprozess, trotz der geforderten Konkretisierung, mehrere unterschiedliche Fehlerfolgen die dieselbe Zielgröße beeinflussen, so sind die Auswirkungen dieser miteinander zu verrechnen. Während die Auftretenswahrscheinlichkeiten (bzw. relativen Häufigkeiten) zu addieren sind, sollen die Auswirkungen auf die Messgröße anteilig zu den Wahrscheinlichkeiten verrechnet werden und dienen somit als Gewichtungsfaktoren.

PGP	Fehlermodus	Entdeckungszeitpunkt	Fehlerfolge	AW / RH	Zielgröße / Messgröße	Art der Auswirkung	Ausmaß der Auswirkung
Materialprozess 1	Falsches Material	Vor PGP-Start	Wiederholung Materialprozess 1	3%	OEE/ Störzeit	Plandauer des Materialprozesses	5 min
	Beschädigtes Material	Im Produktionsprozess	Anlage geht auf Störung und stoppt	5%	OEE/ Störzeit	Mittlere Störungsdauer	7 min

PGP = Produktionsnaher Geschäftsprozess; AW = Auftretenswahrscheinlichkeit; RH = Relative Häufigkeit; OEE = Overall Equipment Effectiveness; NQ = Nacharbeitsquote

Abbildung 5.20: Dritter Fall: Auswirkungsberechnung bei unterschiedlichen Fehlerfolgen je Zielgröße

Für die Auswirkung des Materialprozesses im dargestellten Beispiel (Abbildung 5.20) ergibt sich demnach:

$$A_{M1} = \frac{AW_{FF1} \times A_{FF1} + AW_{FF2} \times A_{FF2}}{AW_{FF1} + AW_{FF2}} =$$

$$\frac{0,03 \times 5 \text{ min} + 0,05 \times 7 \text{ min}}{0,03 + 0,05} = 6,25 \text{ min} \quad (5.8)$$

mit

A_{M1} : Ausmaß der Auswirkung des Materialprozesses 1

$AW_{FF1} / FF2$: Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerfolgen 1 und 2

$A_{FF1} / FF2$: Ausmaß der Auswirkung der Fehlerfolgen 1 und 2

Nachdem nun eine Aussage hinsichtlich der Auswirkung eines jeden produktionsnahen Geschäftsprozesses getätigt werden kann, ist auf Basis der im Kennzahlensystem hinterlegten Berechnungsvorschriften vgl. Abschnitt 5.3.1.2 und der erfassten Referenzkennzahlen (vgl. Abschnitt 5.3.1.3) die finale Berechnung des Einflusses auf die Zielgrößen des Produktionsprozesses möglich. Hierbei werden über den Quotienten aus der neu ermittelten Zielgröße sowie der zuvor erhobenen Referenzzielgröße, die Veränderungen ermittelt, die sich aufgrund der Beeinflussung eines einzelnen produktionsnahen Geschäftsprozesses ergeben.

5.3.3 Ergebnis: Quantifizierter Einfluss produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess

Das Ergebnis der Anwendung der Schritte 3 und 4 der Methodik ist schließlich der über eine dimensionslose Verhältniskennzahl quantifizierte Einfluss, den ein produktionsnaher Geschäftsprozess, aufgrund von Abweichungen des von ihm erbrachten Outputs, auf die Zielgrößen des Produktionsprozesses haben kann. Somit konnte die in Abschnitt 5.2.2.1 als wesentlicher Einflussfaktor ermittelte Ergebnisqualität in der Methodik berücksichtigt werden und zudem der Zusammenhang zwischen dem Output des Systems „Produktionsnaher Geschäftsprozess“ und dem Zustand des Subsystems „Produktionsprozessschritt“ (vgl. Beschreibung des informalen Modells in Abschnitt 4.3.1.1) konkretisiert werden. Des Weiteren wurden Informationen über die Auftretenswahrscheinlichkeiten der Fehlerfolgen erfasst, die eine Aussage darüber zulassen, wie wahrscheinlich es ist, dass ein bestimmter PGP eine definierte Zielgröße des Produktionsprozesses beeinflusst. Um schließlich eine Aussage darüber treffen zu können, welcher der erfassten produktionsnahen Geschäftsprozesse für eine Prozessverbesserung in Frage kommt, gilt es die erfassten Einflüsse einer abschließenden Bewertung zu unterziehen.

5.4 Bewertung der Einflüsse

Nachdem mit dem zweiten Baustein der Methodik die Einflüsse der produktionsnahen Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess analysiert und ihre Auswirkungen quantifiziert wurden, gilt es zur Erfüllung der übergeordneten Zielsetzung dieser Arbeit, nämlich produzierende Unternehmen bei der Auswahl von zu optimierenden produktionsnahen Geschäftsprozessen zu unterstützen, die Analyseergebnisse objektiv zu bewerten und Handlungsempfehlungen daraus abzuleiten.

5.4.1 Schritt 5: Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse

Wie bereits in Abschnitt 3.2.1 dieser Arbeit beschrieben, sind für die Auswahl von zu verbessernden produktionsnahen Geschäftsprozessen insbesondere die

Bedeutung des Prozesses sowie dessen Verbesserungspotential heranzuziehen (vgl. u. a. SCHMELZER & SESSELMANN (2008, S. 103)). Um auf Basis dieser beiden Bewertungsdimensionen eine nachvollziehbare Entscheidung treffen zu können, wurde für den letzten Schritt der Methodik, in Anlehnung an HELBIG (2003, S. 251), ein Prozessportfolio entwickelt, welches es Unternehmen und insbesondere deren Entscheidungsträgern ermöglicht, die einzelnen produktionsnahen Geschäftsprozesse objektiv gegeneinander zu bewerten (vgl. Abbildung 5.21).

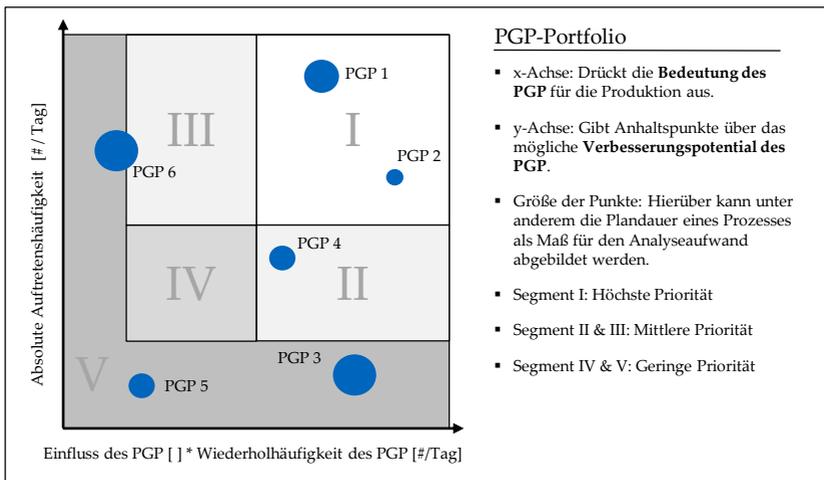


Abbildung 5.21: Prozessportfolio zur Bewertung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse

Bedeutung des PGP: Die Bedeutung des produktionsnahen Geschäftsprozesses wird im Wesentlichen durch seinen Einfluss auf die Zielgrößen des Produktionsprozesses repräsentiert. Bereits in Methodenschritt 4 wurde dieser Einfluss für das einmalige Auftreten eines produktionsnahen Geschäftsprozesses ermittelt und mit Hilfe einer dimensionslosen Verhältniskennzahl quantifiziert. Um eine nachvollziehbarere Aussage über die Bedeutung eines PGP treffen zu können, ist diese Einflusskennzahl im Zuge der Portfoliobetrachtung mit der Wiederholhäufigkeit eines produktionsnahen Geschäftsprozesses zu multiplizieren und im Prozessportfolio auf der Abszisse aufzutragen. Die Bewertung soll dabei stets für eine ausgewählte Zieldimension (vgl. Abschnitt 5.3.1.2) durchgeführt

5 Detaillierung der Methodik

werden, sodass im Falle der Anwendung des Referenz-Kennzahlensystems mit allen vier Zieldimensionen, vier unterschiedliche Prozessportfolios aufzubereiten sind.

Verbesserungspotential des PGP: Bereits im Handlungsbedarf dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 3.5) wurde dargelegt, dass das tatsächliche Verbesserungspotential eines Prozesses lediglich durch eine umfassende Analyse festgestellt werden kann⁷, die aus Gründen begrenzter Ressourcen lediglich für die einflussreichsten produktionsnahen Geschäftsprozesse durchzuführen ist. Dennoch sollen zur besseren Entscheidungsunterstützung bereits an dieser Stelle Indikatoren einbezogen werden, die auf das Verbesserungspotential eines produktionsnahen Geschäftsprozesses schließen lassen. Aus diesem Grund sind auf der Ordinate des Prozessportfolios das Produkt aus *Auftretenswahrscheinlichkeit* beziehungsweise *Relativer Häufigkeit* eines PGP und dessen *Wiederholhäufigkeit* pro Tag aufzutragen. Die dadurch entstehende, wenn auch mit Unsicherheiten behaftete, absolute Auftretenshäufigkeit sagt aus, wie oft der produktionsnahe Geschäftsprozess einen Einfluss auf den Produktionsprozess ausübt. Je häufiger ein Einfluss ausgeübt wird, desto größer kann auch das Potential für die Verbesserung des PGP sein.

Neben den beiden auf den jeweiligen Achsen aufzutragenden Kriterien, kann über die Größe der einzutragenden Punkte noch eine dritte Dimension in das Prozessportfolio eingebracht werden (HELBIG 2003, S. 63). Beispielsweise können Informationen berücksichtigt werden, die eine erste Aufwandsschätzung bezüglich einer nachgelagerten detaillierten Analyse und Verbesserung des produktionsnahen Geschäftsprozesses zulassen. Hierbei können sowohl die Eigenschaften der *Plandauer* des PGP, als auch gegebenenfalls ermittelte *Prozesskosten* herangezogen werden (vgl. Abschnitt 5.2.2.1).

Aus der Position der im Prozess-Portfolio eingetragenen produktionsnahen Geschäftsprozesse sowie deren Größe, kann schließlich abgeleitet werden, welche Prozesse mit einer höheren oder geringeren Priorität für eine detaillierte Analyse und anschließenden Verbesserung auszuwählen sind.

⁷Siehe hierzu u. a. die Methodik von MAGENHEIMER (2014) zur Modellierung, Analyse und Bewertung von Verschwendung in indirekten Unternehmensbereichen.

5.4.2 Ergebnis: Handlungsempfehlungen für die Auswahl zukünftiger Prozessverbesserungsinitiativen

Das Ergebnis des letzten Schrittes der Methodik besteht in der Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Auswahl zukünftiger Prozessverbesserungsinitiativen auf Basis der durch das Prozessportfolio durchgeführten Bewertung. Hierfür kann das Prozessportfolio in fünf Segmente eingeteilt werden (vgl. Abbildung 5.21):

- **Segment I:** Höchste Priorität. Diese produktionsnahen Geschäftsprozesse sollten vor allen anderen einer detaillierten Analyse unterzogen werden, da sie sowohl die Zielgrößen des Zielsystems und somit das Produktionsergebnis maßgeblich beeinflussen, als auch eine hohe absolute Auftretenshäufigkeit besitzen.
- **Segment II und III:** Mittlere Priorität. Die produktionsnahen Geschäftsprozesse sind zu beobachten. Insbesondere bei den PGP in Segment II ist auf eine gegebenenfalls ansteigende Auftretenshäufigkeit zu achten. Prozesse in diesem Segment sind insbesondere aus Sicht des Betreibers einer Produktion interessant, da deren Einfluss auf die Zielgrößen besonders signifikant ist.
- **Segment IV und V:** Geringe Priorität. Diese produktionsnahen Geschäftsprozesse kommen für eine aufwendige Analyse vorerst nicht in Frage. Gegebenenfalls handelt es sich bei den betrachteten Prozessen um Ausnahmefälle (geringe Auftretenshäufigkeit) oder aber ihre Bedeutung für den Produktionsprozess ist zu gering (geringe Auswirkung), dass sich eine weitere Analyse lohnen würde.

Die in diesem Kapitel im Detail präsentierte Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse wird nachfolgend in Kapitel 6 anhand eines Beispiels aus der industriellen Praxis angewendet und evaluiert.

6 Anwendung und Evaluation der Methodik

6.1 Allgemeines

Nachdem in den vorausgegangenen Kapitel 4 und 5 die Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess vorgestellt und detailliert beschrieben wurde, wird in Abschnitt 6.2 deren Anwendung an einem Beispiel aus der industriellen Praxis nachvollzogen. Des Weiteren wird die Methodik anhand der in Abschnitt 4.2 definierten Anforderungen sowie in Bezug auf den zur Anwendung erforderlichen Aufwand und dem sich daraus ergebenden Nutzen gegenübergestellt und somit hinsichtlich wirtschaftlicher Gesichtspunkte evaluiert.

6.2 Exemplarische Anwendung bei einem Automobilhersteller

6.2.1 Beschreibung des Anwendungsbeispiels

Bei dem anwendenden Unternehmen handelt es sich um einen weltweit operierenden deutschen Automobilhersteller. Im existierenden Werkeverbund gilt das involvierte Werk als Vorreiter hinsichtlich der Umsetzung eines wertschöpfungsorientierten Produktionssystems (WPS). Dieses umfasst viele grundlegende Prinzipien und Methoden der schlanken Produktion, wie beispielsweise die Wertstrommethode oder auch die Prozessanalyse. Ziel der Abteilung, die bei der pilothaften Anwendung der Methodik involviert war, ist es, Ineffizienzen und Verschwendung sowohl in direkten als auch indirekten Werksbereichen zu identifizieren und durch gezielte Maßnahmen eine kontinuierliche Verbesserung und größere Wertschöpfung zu erzielen. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methodik kann hierbei als Erweiterung des bereits existierenden Methodenbaukastens des Unternehmens verstanden werden, um insbesondere

verbesserungswürdige Prozesse der produktionsnahen indirekten Bereiche zu identifizieren. Bei den an der Anwendung beteiligten Mitarbeitern handelt es sich zum einen um methodisch geschulte WPS-Experten und zum anderen um Produktionsspezialisten, die insbesondere mit technologischer Expertise in einem spezifischen Werksbereich¹ ausgestattet sind. Zur Erfassung spezifischer Daten und Informationen, die für die Anwendung der Methodik entscheidend sind, wurden weitere Experten aus den einzelnen Produktionsbereichen hinzugezogen. In den folgenden Abschnitten 6.2.2 bis 6.2.7 werden die einzelnen Schritte der Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess beschrieben.

6.2.2 Schritt 1: Erfassung des Produktionsprozesses

Zur Erfassung des Produktionsprozesses wurde in einem initialen Workshop mit fünf Personen (ein Moderator, drei WPS-Experten und ein Produktionsspezialist) zunächst die Systemgrenze für die Betrachtung festgesetzt. Hierbei konnte ein bereits aufgenommener Wertstrom des Karosseriebaus als Basis herangezogen werden. Die Auswahl erfolgte schließlich unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5.2.1 genannten Kriterien und fiel auf den im Gesamtwertstrom als Türen-Montage-Center (TMC) bezeichneten Prozessschritt. Als maßgeblicher Wertschöpfungsschritt werden hierbei sowohl die Vorder- als auch die Hintertüren dreier unterschiedlicher Fahrzeugvarianten in einer vollautomatisierten und verketteten Anlage montiert. Die im Prozesskasten des existierenden Wertstroms aufgenommenen Daten wurden übernommen und lediglich um die Anzahl an Betriebsmitteln ergänzt. Um eine sinnvolle und korrekte Zuweisung der in Schritt 2 aufgenommenen produktionsnahen Geschäftsprozesse zu realisieren, wurde eine Detaillierung des TMC in fünf Prozessschritte vorgenommen, die im weiteren Verlauf der Methodik als Systemgrenze betrachteten Produktionsprozesses zu verstehen ist (vgl. Abbildung 6.1).

¹Im Anwendungsfall handelte es sich hierbei um den Karosseriebau.

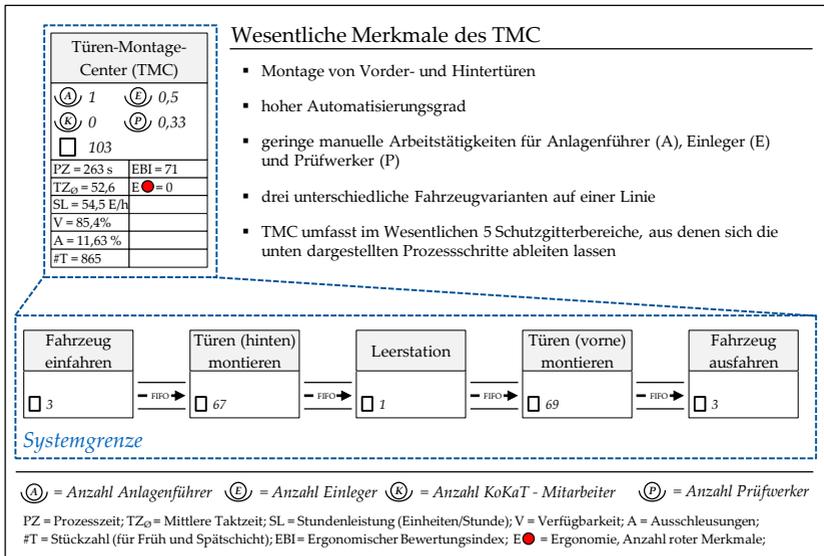


Abbildung 6.1: Wesentliche Prozessschritte des Türen-Montage-Centers (TMC)

Die Abgrenzung der einzelnen Prozessschritte erfolgte über die in der Steuerungslogik hinterlegten Schutzgitterbereiche, da für diese bereits eine Zuordnung der unterschiedlichen Betriebsmittel existierte und auch die Möglichkeit der Erfassung einzelner Kenngrößen (vgl. Abschnitt 6.2.4) bestand. Im ersten Produktionsprozessschritt wird die Karosserie mit Hilfe eines Lifts in das TMC gefördert. Der Materialfluss zwischen den einzelnen Prozessschritten kann jeweils als FIFO-Bahn ohne jeglichen Puffer modelliert werden, da eine starre Verkettung vorliegt und weder ein überholen, noch ein ausschleusen einer Fahrzeugkarosserie innerhalb des TMC möglich ist. Im zweiten Prozessschritt erfolgt die Montage der in Losen angelieferten und in Behältertürmen gepufferten hinteren Türen. Nach einer Leerstation, die gegebenenfalls auch als Puffer hätte modelliert werden können, gelangt die Karosserie in den vierten Schutzgitterbereich. Hier werden nahezu analog zu Schutzgitterbereich 2 die Vordertüren montiert. In einem letzten Schritt wird die Karosserie durch den zweiten Lift in der ersten Etage der Halle in einen Puffer gefördert, bevor sie im nächsten Bereich weiterverarbeitet wird.

6.2.3 Schritt 2: Identifikation und Erhebung produktionsnaher Geschäftsprozesse

Nachdem der Produktionsprozess und seine einzelnen Prozessschritte aufgenommen wurden, können im zweiten Schritt der Methodik die produktionsnahen Geschäftsprozesse identifiziert und deren für die Einflussbestimmung relevanten Eigenschaften (vgl. Abschnitt 5.2.2.1) erhoben werden (vgl. Abbildung 6.2).

ID PPS	Bezeichnung PPS	Art des Input	Beschreibung des Inputs	Losgröße	ID PGP	Bezeichnung PGP	Eigenschaften				
							Materialgewicht (kg/mm:ss)	Platzbedarf (kg/mm:ss)	Verfügbarkeit (kg/mm:ss)	Werkzeughaltigkeit (Anzahl / Tag)	Punktzahl
1	Fahrzeug einfahren	Information	PSL an ST (interne Anlageneinrichtung)	1	D,3	Luftgebläsevorrichtung	0,0001	0,0001	-	90,0	-
1	Fahrzeug einfahren	Leistung	Störungsbehebung "Fehler Basisteilkontrolle"	1	L1,1	Fahrerhebung "Basisteilkontrolle"	0,0001	0,0047	-	0,3	-
1	Fahrzeug einfahren	Leistung	Störungsbehebung "Komponente hat HINTE-Anforderung"	1	L2,1	Störungsbehebung "Komponente hat HINTE-Anforderung"	0,0001	0,0227	-	0,3	-
1	Fahrzeug einfahren	Leistung	Störungsbehebung "Komponente nicht in AUTO-Start"	1	L3,1	Störungsbehebung "Komponente nicht in AUTO-Start"	0,0001	0,0030	-	2,6	-
1	Fahrzeug einfahren	Leistung	Störungsbehebung "Schrittleiste"	1	L4,1	Störungsbehebung "Schrittleiste"	0,0001	0,0130	-	0,2	-
2	Türen (hinten) montieren	Material	In-Bitoren kommissionierte Schrauben auf Palatin	450	M1,2	Reinholdung Schrauben (hinten)	0,1000	0,0430	-	4,0	-
2	Türen (hinten) montieren	Material	Schrauben (Schlüssel) in M17 auf Palatin gefüllt	20000	M2,2	Reinholdung Schrauben (hinten)	24,0000	0,0500	-	1,0	-
2	Türen (hinten) montieren	Material	Vorkommissionierte Türen in Sonderbehälter in Rollbehälter	11	M3,2	Reinholdung Türen (hinten)	0,1100	0,0000	-	164,3	-
2	Türen (hinten) montieren	Leistung	Störungsbehebung "Extensor Applikationsfehler"	1	L7,2	Reinholdung "Extensor Applikationsfehler"	0,0001	0,0022	-	35,0	-
2	Türen (hinten) montieren	Leistung	Störungsbehebung "Fehlende Fahrtriggab"	1	L5,2	Störungsbehebung "Fehlende Fahrtriggab"	0,0001	0,0111	-	13,0	-
2	Türen (hinten) montieren	Leistung	Störungsbehebung "Fehler Basisteilkontrolle"	1	L1,2	Fahrerhebung "Basisteilkontrolle"	0,0001	0,0055	-	32,6	-
2	Türen (hinten) montieren	Leistung	Störungsbehebung "Komponente hat HINTE-Anforderung"	1	L2,2	Störungsbehebung "Komponente hat HINTE-Anforderung"	0,0001	0,0045	-	44,4	-
2	Türen (hinten) montieren	Leistung	Störungsbehebung "Komponente nicht in AUTO-Start"	1	L3,2	Störungsbehebung "Komponente nicht in AUTO-Start"	0,0001	0,0100	-	44,3	-
2	Türen (hinten) montieren	Leistung	Störungsbehebung "Schrittleiste"	1	L4,2	Störungsbehebung "Schrittleiste"	0,0001	0,0100	-	31,2	-
			Störungsbehebung "Warte auf Schrittleiste"			Störungsbehebung "Warte auf Schrittleiste"					
4	Türen (vorne) montieren	Information	Schraubenzieher 1,0	1	D,4	Überprüfung "Sonderbehälter"	0,0001	0,0001	-	79,3	-
4	Türen (vorne) montieren	Information	Information ob Sonderbehälter in Turm vorhanden	1	D,4	Überprüfung "Sonderbehälter Türen (vorne)"	0,0001	0,0001	-	164,3	-
5	Fahrzeug ausfahren	Leistung	Störungsbehebung "Komponente hat HINTE-Anforderung"	1	L2,5	Störungsbehebung "Komponente hat HINTE-Anforderung"	0,0001	0,0120	-	0,2	-
5	Fahrzeug ausfahren	Leistung	Störungsbehebung "Komponente nicht in AUTO-Start"	1	L3,5	Störungsbehebung "Komponente nicht in AUTO-Start"	0,0001	0,0149	-	3,3	-
5	Fahrzeug ausfahren	Leistung	Störungsbehebung "Technischer Stillstand Linie"	1	L8,5	Störungsbehebung "Technischer Stillstand Linie"	0,0001	0,0131	-	113,4	-

Abbildung 6.2: Liste der erfassten produktionsnahen Geschäftsprozesse des TMC

Die Erhebung erfolgte hierbei in Anlehnung an das in Abschnitt 5.2.2.2 beschriebene leitfragenbasierte Vorgehen im Rahmen von Expertenworkshops. Als die für den Produktionsprozess wesentlichen Inputkategorien (*Leitfrage 1*) wurden dabei sowohl *Material*, als auch *Information* und *Leistung* identifiziert. Die Inputkategorie *Mensch* wurde im Rahmen der Anwendung nicht betrachtet. Da es sich beim Türen-Montage-Center um eine hochautomatisierte Anlage handelt, greifen Menschen lediglich im Zuge von Instandhaltungsaufgaben

und Reparaturen aktiv in den Produktionsprozess ein. Daher können die den Input erzeugenden Prozesse, nach der Definition in Abschnitt 1.2.2, nicht als produktionsnaher Geschäftsprozess angesehen werden. Ausgehend von den für die einzelnen Prozessschritte erzeugten Outputs wurde zur fehlerfreien und möglichst lückenlosen Erhebung der produktionsnahen Geschäftsprozesse (*Leitfrage 2*) sowie deren Eigenschaften (*Leitfragen 3-7*) das bereits in Abschnitt 5.2.2.2 genannte Framework genutzt. Zur Dokumentation und anschließenden Weiterverarbeitung der erhobenen Daten, wurden diese in die in Abbildung 6.2 dargestellte Tabelle überführt. Hierbei zeigten sich bei der Erfassung in den einzelnen Outputkategorien zum Teil deutliche Unterschiede. Diese lassen sich zum einen auf die Spezifität des Anwendungsfalles als solchem, zum anderen aber auch auf die bereits in der Ausgangssituation dieser Arbeit beschriebenen unterschiedlichen Grade an Prozesstransparenz in den indirekten Unternehmensbereichen zurückführen. Im konkreten Anwendungsfall bedeutete dies, dass beispielsweise bei der Erfassung der *Materialprozesse* bereits auf existierende Prozessbeschreibungen und im Falle der Informationsprozesse auf die dokumentierte Steuerungslogik der hochverketten Anlage zurückgegriffen werden konnte. Im Falle der Leistungsprozesse gestaltete sich die Aufnahme etwas aufwendiger. Aufgrund der vielen Betriebsmittel (vgl. Abbildung 6.1) in den betrachteten Produktionsprozessschritten ist das ausgewählte System an eine Vielzahl von Instandhaltungsleistungen gebunden. Um diese zu analysieren, wurden die Störungsprotokolle des TMC ausgewertet². In den Störungsprotokollen werden sowohl geplante als auch nicht geplante Eingriffe in den Produktionsprozess dokumentiert und können in diesem Sinne als produktionsnahe Geschäftsprozesse verstanden werden, da sie eine Abfolge an Tätigkeiten mit sich bringen, die einen direkten Input für den Produktionsprozess liefern (vgl. Definition in Abschnitt 1.2.2). Aufgrund der großen Anzahl an unterschiedlichen Störungen (insgesamt 99 unterschiedliche Störungstypen) wurden diese hinsichtlich ihrer summierten Störungsdauer und der Auftretenshäufigkeit priorisiert. Zur Veranschaulichung der Ergebnisse der Prozessaufnahme wurden die produktionsnahen Geschäftsprozesse und ihre Eigenschaften in einer Prozesslandkarte dargestellt (vgl. Abbildung 6.3).

²Zeitraum: 01.12.2017 bis 28.02.2018

6 Anwendung und Evaluation der Methodik

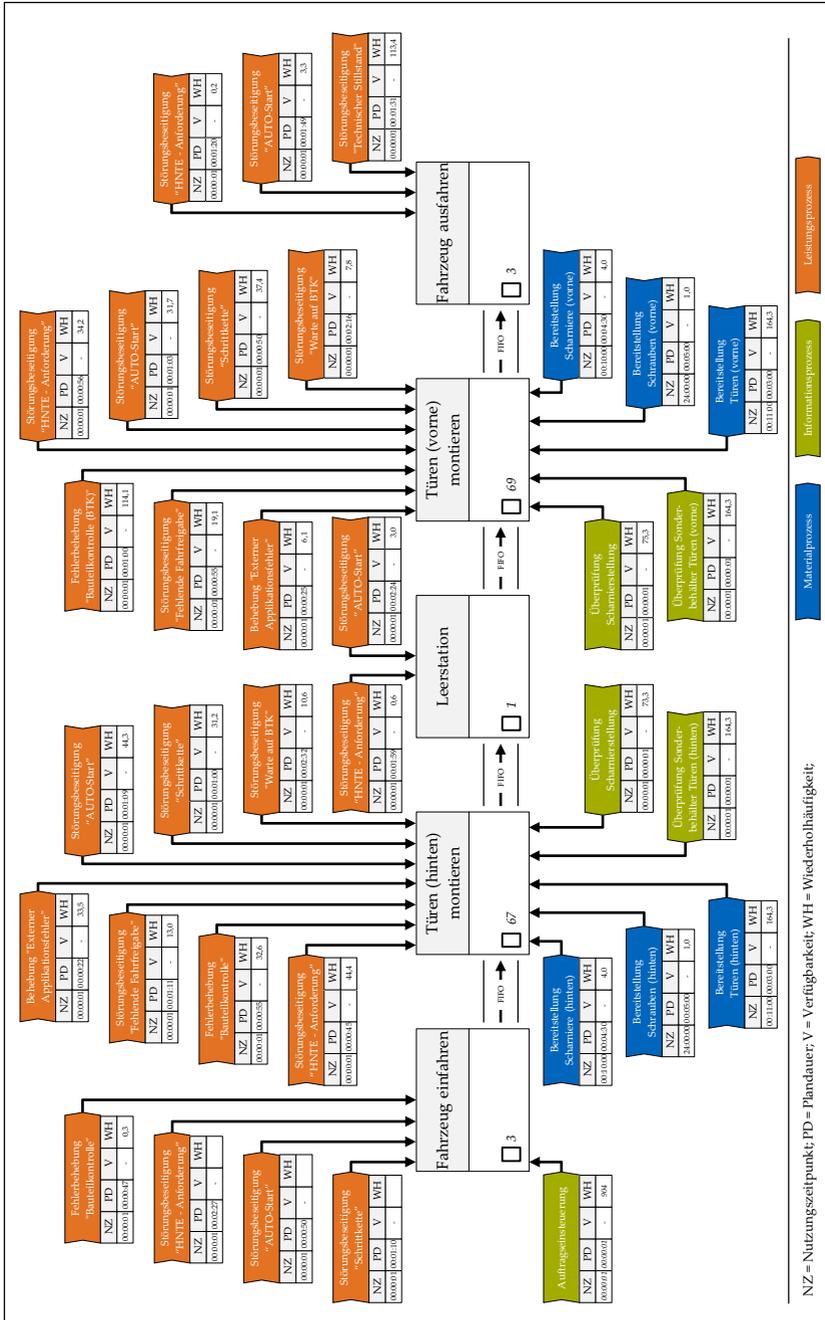


Abbildung 6.3: Prozesslandkarte des TMC

NZ = Nutzungszeitpunkt; PD = Plandauer; V = Verfügbarkeit; WH = Wiederholhäufigkeit;

6.2.4 Schritt 3: Definition eines Kennzahlensystems

Im dritten Schritt der Methodik wurde schließlich ein Zielsystem definiert, welches sich im Wesentlichen an dem in Abschnitt 5.3.1 definierten Referenzkennzahlensystem orientiert. In Abstimmung mit dem Industriepartner wurden allerdings kleinere Veränderungen vorgenommen. Zum einen wurde die Variabilität im Falle der TMC nicht als eine zu betrachtende Zieldimension eingestuft, weshalb die hierfür definierte Kennzahl des *EPEI* nicht mehr weiter berücksichtigt wurde. Die Entscheidung ist damit zu begründen, dass im Falle des Türen-Montage-Centers Rüstvorgänge (Werkzeugwechsel etc.) stets innerhalb der vorgegebenen Taktzeit realisiert und somit eine Abtauschflexibilität von 100 Prozent gewährleistet werden kann. Der EPEI würde daher stets den Wert 1 annehmen. Zum anderen wurde auf die Kennzahl des *Flussgrades* verzichtet, da diese Zielgröße lediglich dann eine relevante Aussage ermöglicht, wenn Pufferzeiten zwischen den einzelnen Wertschöpfungsschritten liegen. Dies ist am Beispiel des TMC nicht der Fall. Des Weiteren wurde eine Anpassung an der Qualitätszielgröße *Nacharbeitsquote* vorgenommen, da diese im Unternehmen als das Verhältnis der angefallenen Nacharbeitsminuten zu den produzierten Einheiten definiert wird. Zur Veranschaulichung sind die für das Anwendungsbeispiel gewählten Zieldimensionen im Anhang dieser Arbeit (vgl. Abbildung A.2) dargestellt.

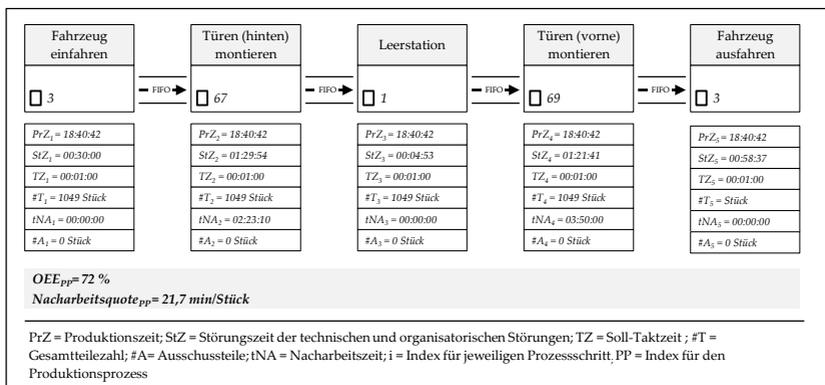


Abbildung 6.4: Referenzkennzahlen für die Produktionsprozessschritte des TMC

6 Anwendung und Evaluation der Methodik

Da das Kennzahlensystem die Grundlage für die im vierten Methodenschritt durchzuführende Analyse der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess liefert, wurden für die einzelnen Produktionsprozessschritte des TMC Referenzmesswerte erhoben und mittels dieser die Zielgrößen *OEE* und *Nacharbeitsquote* ermittelt. Diese stellen die Kennzahl eines beliebigen Produktionstages dar und sind in Abbildung 6.4 dargestellt.

6.2.5 Schritt 4: Analyse der Einflüsse

Die Analyse der Einflüsse wurden in Anlehnung an das in Abschnitt 5.3.2 beschriebene Vorgehen durchgeführt. In Abbildung 6.5 ist beispielhaft an einem produktionsnahen Geschäftsprozess mit der Outputkategorie *Material* aufgezeigt, welche Daten im Zuge der adaptierten System-FMEA erhoben wurden. Im Folgenden sollen die wesentlichen Aspekte der Analyse anhand des gezeigten Beispiels verdeutlicht werden. Die Dokumentation aller relevanten Daten fand dabei mittels MS-Excel statt.

Modellbildung (vgl. Abschnitt 5.2.2.2)		Analyseschritt 1 (vgl. Abschnitt 5.3.2.1)			Analyseschritt 2 (vgl. Abschnitt 5.3.2.2)		Analyseschritt 3 (vgl. Abschnitt 5.3.2.3)				
ID PGP	Bezeichnung PGP	Fehlermodus	Relevanz	Beispiele	Entdeckungszeitpunkt	Fehlerfolge	AW / RH [ppm]	Beeinflusste Zielgröße / Kenngröße	Art der Auswirkung	Ausmaß der Auswirkung	
M3_2	Bereitstellung Türen (hinten)	Beschädigtes Material	Relevant	- Tür mit verschobener Schraubenbohrung	- bei Verschraubversuch in PPS 2	- Karosserie geht in die Nacharbeit	50	Nacharbeitsquote / Nacharbeitszeit	Plandauer Nacharbeitsprozess	00:06:00	
		Beschädigtes Material	Relevant	- Tür kommt bereits mit Oberflächenbeschädigungen an	- Entdeckung erst nach TMC in Lackiererei möglich	- Karosserie geht in die Nacharbeit	20000	Nacharbeitsquote / Nacharbeitszeit (Ausschuss)	Plandauer Nacharbeitsprozess + Transportzeit	00:08:00	
		Beschädigtes Material	Relevant	- Sonderbehälter (Regal) ist beschädigt/ nicht richtig verriegelt	- Unmittelbar bei Auftreten	- Anlagenstörung, Behälter muss neu positioniert werden	100	OEE / Störungszeit	Mittlere Dauer der Behebung	00:03:00	
		Unvollständiges Material	Nicht relevant	-	-	-	-	-	-	-	-
		Falsches Material	Relevant	- Behälter der falschen Linie im Behälterturn	- bei Qualitätsmessung in PPS 2	- Karosserie geht in die Nacharbeit	100	Nacharbeitsquote / Nacharbeitszeit	Plandauer Nacharbeitsprozess	00:06:00	
		Verspätetes Material	Relevant	- keine Türen im Behälterturn	sofort	- Logistikprozess muss ausgelöst werden	12567	OEE / Störungszeit	Mittlere Dauer der Behebung	00:01:29	
		Ausbleibendes Material	Nicht relevant	-	-	-	-	-	-	-	-
		Positionierung Material	Relevant	- Tür im Sonderbehälter wird falsch positioniert	- wird sofort bemerkt	- Roboter meldet Störung beim anfahren der Tür, Türe muss manuell positioniert werden	1000	OEE / Störungszeit	Mittlere Dauer der Behebung	00:05:00	

Abbildung 6.5: Auszug aus der adaptierten System-FMEA

Zunächst wurden, auf Basis des entwickelten Fehlerkataloges, für jeden erfassten produktionsnahen Geschäftsprozess potentielle Fehler identifiziert und seitens der befragten Experten hinsichtlich ihrer Relevanz beurteilt. Insbesondere bei den Material- und Informationsprozessen konnte durch nachvollziehbare

Begründungen für eine Nicht-Relevanz³ die Anzahl potentieller Fehler bereits zu Beginn der Analyse deutlich eingegrenzt werden. Bei den Leistungsprozessen stellte sich heraus, dass lediglich der Fehlermodus *Verzögerte Leistungserbringung* als relevant angesehen werden konnte. Grund für diese Einschätzung war die schwierige Nachweisbarkeit anderer Fehlermodi.

Bei der Durchführung des zweiten Analyseschrittes (vgl. Abschnitt 5.3.2.2) konnten im Zuge der Ermittlung der Auftretenswahrscheinlichkeiten beziehungsweise der relativen Häufigkeiten einer Fehlerfolge, neben einzelnen Expertenschätzungen sowohl quantitative Analysen bestehender Störungsprotokolle durchgeführt, als auch auf bereits existierende FMEAs zurückgegriffen werden. Aufgrund der teilweise sehr geringen relativen Auftretenshäufigkeiten, wurden diese in der Einheit parts per million (ppm)⁴ erfasst.

Im finalen dritten Analyseschritt wurden die Experten schließlich dazu befragt, wie sich das Auftreten einer Fehlerfolge für den Produktionsprozess des Türen-Montage-Centers auswirkt. Hierbei zeigte sich, dass jeglicher von seinem Soll abweichende Output eines produktionsnahen Geschäftsprozesses sich entweder in Form einer steigenden Störungs- oder Nacharbeitszeit bemerkbar macht. So wurde beispielsweise für die Bereitstellung eines nicht verriegelten oder beschädigten Sonderbehälters (vgl. Abbildung 6.5) die steigende Störungszeit als relevante Messgröße identifiziert. Das Ausmaß der Auswirkung entspricht demnach der Zeit, die üblicherweise für die Beseitigung einer derartigen Störung benötigt wird. Im Falle des Türen-Montage-Centers konnte bei der Quantifizierung der Auswirkung auf die bereits genannten Störungsprotokolle zurückgegriffen werden.

In Tabelle 6.1 ist das Ergebnis der Anwendung des vierten Schrittes der Methodik zusammenfassend dargestellt. Hierbei sind insbesondere die prozentualen Veränderungen abgebildet, die sich aufgrund der Beeinflussung des jeweiligen produktionsnahen Geschäftsprozesses auf die Zielgrößen Overall-Equipment-Effectiveness sowie die Nacharbeitsquote ergeben.

³Beispielsweise wurde im PGP „Bereitstellung Türen (hinten)“ der Fehlermodus „Ausbleibendes Material“ als *nicht relevant* erachtet, da es im Falle der Türen nicht vorkommt, dass deren Anlieferung vollständig ausbleibt.

⁴Die Einheit ppm wird in der Automobilindustrie häufig dafür verwendet, um Fehlerraten auszudrücken. 1 ppm bedeutet, dass eines von einer Million produzierten Teilen nicht den geforderten Anforderungen entspricht. Im Rahmen des Anwendungsbeispiels wird hiermit die Auftretenswahrscheinlichkeit (AW) bzw. Relative Häufigkeit (RH) einer Fehlerfolge ausgedrückt.

6 Anwendung und Evaluation der Methodik

Tabelle 6.1: Ergebnis der Einflussanalyse

ID	Bezeichnung	Auswirkung auf OEE []	Auswirkung auf NQ []
L1_1	Störungsbeseitigung „Fehler Bauteilkontrolle“	1,0632	-
L2_1	Störungsbeseitigung „Komponente hat HNTE-Anforderung“	1,0317	-
L3_1	Störungsbeseitigung „Komponente nicht in AUTO-Start“	1,0126	-
L4_1	Störungsbeseitigung „Schrittkeite“	1,0019	-
L1_2	Störungsbeseitigung „Fehler Bauteilkontrolle“	1,0049	-
L2_2	Störungsbeseitigung „Komponente hat HNTE-Anforderung“	1,0046	-
L3_2	Störungsbeseitigung „Komponente nicht in AUTO-Start“	1,0309	-
L4_2	Störungsbeseitigung „Schrittkeite“	1,0067	-
L5_2	Störungsbeseitigung „Fehlende Fahrfreigabe“	1,0106	-
L6_2	Störungsbeseitigung „Warte auf Bauteilkontrolle“	1,0249	-
L7_2	Störungsbeseitigung „Externer Applikationsfehler“	1,0309	-
L2_3	Störungsbeseitigung „Fehler Bauteilkontrolle“	1,0067	-
L3_3	Störungsbeseitigung „Komponente nicht in AUTO-Start“	1,0106	-
L1_4	Störungsbeseitigung „Fehler Bauteilkontrolle“	1,0249	-
L2_4	Störungsbeseitigung „Komponente hat HNTE-Anforderung“	1,1915	-
L3_4	Störungsbeseitigung „Komponente nicht in AUTO-Start“	1,0071	-
L4_4	Störungsbeseitigung „Schrittkeite“	1,0132	-
L5_4	Störungsbeseitigung „Fehlende Fahrfreigabe“	1,0442	-
L6_4	Störungsbeseitigung „Warte auf Bauteilkontrolle“	1,0094	-
L7_4	Störungsbeseitigung „Externer Applikationsfehler“	1,0064	-
L2_5	Störungsbeseitigung „Komponente hat HNTE-Anforderung“	1,0178	-
L3_5	Störungsbeseitigung „Komponente nicht in AUTO-Start“	1,0070	-
L8_5	Störungsbeseitigung „Technischer Stillstand Linie“	1,0124	-
I1_1	Auftragseinsetzung	1,5010	-
I2_2	Überprüfung Anwesenheit Sonderbehälter Türen (hinten)	1,0087	-
I3_2	Überprüfung Scharnierstellung	1,0172	-
I2_4	Überprüfung Anwesenheit Sonderbehälter Türen (vorne)	1,0087	-
I3_4	Überprüfung Scharnierstellung	1,0427	-
M1_2	Bereitstellung Scharniere (hinten)	1,0169	1,0268
M2_2	Bereitstellung Schrauben (hinten)	-	1,0161
M3_2	Bereitstellung Türen (hinten)	1,0051	1,0214
M1_4	Bereitstellung Scharniere (vorne)	1,0492	1,0268
M2_4	Bereitstellung Schrauben (vorne)	-	1,0161
M3_4	Bereitstellung Türen (vorne)	1,0066	1,0214

6.2.6 Schritt 5: Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse

Um eine finale Aussage darüber treffen zu können, welche der erfassten produktionsnahen Geschäftsprozesse für eine detaillierte Schwachstellenanalyse und Verbesserung in Frage kommen, wurden diese abschließend mit Hilfe des in Abschnitt 5.4.1 vorgestellten Prozessportfolios hinsichtlich ihrer Bedeutung und des möglichen Verbesserungspotentials bewertet⁵. Es sei an dieser Stelle noch

⁵Auf eine Beurteilung der in Abschnitt 5.4.1 vorgeschlagenen dritten Dimension wurde in Abstimmung mit dem Industriepartner aufgrund des daraus resultierenden Mehraufwandes verzichtet.

6 Anwendung und Evaluation der Methodik

Produktionsprozessschritte 2 und 4 liefern. Im Konkreten lässt sich insbesondere für die Materialprozesse M3_2 und M3_4 (*Bereitstellung der Scharniere hinten und vorne*), die Leistungsprozesse L1_4 (*Störungsbeseitigung „Fehler Bauteilkontrolle“*) und L3_2 (*Störungsbeseitigung „Komponente nicht in AUTO-Start“*) und L4_4 (*Störungsbeseitigung „Schrittkette“*) sowie den Informationsprozess I3_2 (*Überprüfung Scharnierstellung*) die Empfehlung aussprechen, diese für zukünftige Prozessverbesserungsmaßnahmen im produktionsnahen indirekten Bereich zu priorisieren.

6.3 Evaluation der Methodik

6.3.1 Beurteilung der Anforderungen

In Abschnitt 4.2 wurden sowohl allgemeine als auch spezifische Anforderungen an die Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse definiert, die im Folgenden hinsichtlich ihrer Erfüllung beurteilt werden. Eine Übersicht der resultierenden Beurteilung dieser Anforderungen findet sich in Abbildung 6.7.

Allgemeine, formale Anforderungen	A.1 Allgemeingültigkeit	●				
	A.2 Adaptierbarkeit	●				
	A.3 Nachvollziehbarkeit	●				
	A.4 Anwendbarkeit	●				
Spezifische, inhaltliche Anforderungen	A.5 Erhöhung von Transparenz und Systemverständnis	●				
	A.6 Sicherstellung der Vergleichbarkeit produktionsnaher Geschäftsprozesse	●				
	A.7 Gewährleistung einer effizienten Modellbildung und Analyse	●				
	A.8 Berücksichtigung wesentlicher Einflussfaktoren	●				
	A.9 Bereitstellung einer Entscheidungsgrundlage	●				
Anforderung...	○ nicht	● kaum	● teilweise	● größtenteils	● vollständig	...erfüllt

Abbildung 6.7: Beurteilung der Erfüllung der an die Methodik gestellten Anforderungen

6.3.1.1 Beurteilung der allgemeinen, formalen Anforderungen

Zur Gewährleistung der *Allgemeingültigkeit* der Methodik wurde diese branchenunabhängig für produzierende Unternehmen entwickelt. Auch die in Abschnitt 4.3.1.2 vorausgesetzte Wertstromsicht auf den Produktionsprozess stellt hierbei keine Einschränkung für die Allgemeingültigkeit dar, da diese sich unabhängig von der Branche auf unterschiedlichste Produktionsbereiche (sowohl Montage als auch Fertigung) und -prinzipien anwenden lässt. Des Weiteren wurde bei der Entwicklung jedes einzelnen Schrittes der Methodik auch auf deren *Adaptierbarkeit* und somit die Möglichkeit zur Reaktion auf beim Anwender vorherrschende, unterschiedliche Rahmenbedingungen geachtet. So kann beispielsweise durch die methodisch gestützte Auswahl des zu betrachtenden Produktionsprozessausschnitts (vgl. Abschnitt 5.2.1) der notwendige, resultierende Anwendungsaufwand an die im Unternehmen zur Verfügung stehenden Ressourcen angepasst werden. Zudem können durch die Beschreibung des Vorgehens zur Kennzahlensystem-Entwicklung (vgl. Abschnitt 5.3.1.2) unterschiedliche, im Unternehmen existierende Kennzahlen integriert und genutzt werden. Sind keine geeigneten Kennzahlen im Betrachtungsbereich definiert, so kann darüber hinaus auch auf das entwickelte Referenz-Kennzahlensystem (vgl. Abschnitt 5.3.1.2) zurückgegriffen werden. Um die *Nachvollziehbarkeit* der entwickelten Methodik sicherzustellen, wurde diese in fünf Schritte unterteilt und darauf geachtet, dass an den Übergängen zum jeweils nachfolgenden Methodenschritt ein durchgängiger Informationsfluss existiert. Zudem wurde die Methodik in drei übergeordnete Bausteine strukturiert, deren Output in sich geschlossene Teilergebnisse darstellen. Auch bei der Anwendung etablierter Methoden innerhalb der einzelnen Schritte der Methodik wurde darauf geachtet, dass die jeweiligen Ein- und Ausgänge der Methode klar definiert und aufeinander abgestimmt sind. Um die Methodik für den Anwender nutzbar zu machen, werden sowohl im Zuge der Modellierung des Prozesssystems (vgl. Abschnitt 5.2) als auch bei der Analyse der Auswirkungen produktionsnaher Geschäftsprozesse (vgl. Abschnitt 5.3) diverse Hilfsmittel zur Verfügung gestellt. Neben den Vorlagen zur Erfassung der produktionsnahen Geschäftsprozesse oder zur Durchführung der adaptierten System-FMEA, tragen insbesondere auch der Fehlerkatalog oder das Referenz-Kennzahlensystem zur *Reproduzierbarkeit* der Methodik im Unternehmen bei.

6.3.1.2 Beurteilung der spezifischen, inhaltlichen Anforderungen

Durch die systematische Erfassung der produktionsnahen Geschäftsprozesse und die Modellierung deren Relationen zum Produktionsprozess, ermöglicht es die Methodik im Zuge ihrer Anwendung, die *Transparenz* über die Prozesslandschaft in produktionsnahen indirekten Unternehmensbereichen signifikant zu erhöhen. Zudem wird durch die Analyse der Einflüsse jedes einzelnen produktionsnahen Geschäftsprozessen auf die Zielgrößen des Produktionsprozesses (vgl. Abschnitt 5.3.2) das *Systemverständnis* deutlich gesteigert. Um die geforderte *Vergleichbarkeit* sicherstellen zu können, wurde mit dem Referenz-Kennzahlensystem eine Bewertungsbasis geschaffen, die eine Gegenüberstellung aller produktionsnahen Geschäftsprozesse hinsichtlich ihres Einflusses auf eine gemeinsame Zielgröße zulässt. Ein Vergleich von produktionsnahen Geschäftsprozessen, die unterschiedliche Zielgrößen beeinflussen, wurde dabei nicht adressiert, da dies eine Auflösung der Zielkonflikte innerhalb eines Zielsystems bedarf und somit stets eine hohe unternehmensspezifische Subjektivität mit sich bringt. Zur *Gewährleistung einer effizienten Modellbildung und Analyse*, wurde insbesondere bei der Aufnahme des Produktionsprozesses darauf geachtet die Möglichkeit zu schaffen, bestehende Wertstrommodelle als Ausgangsbasis zu nutzen. Des Weiteren wurde auf eine umfangreiche Modellierung der produktionsnahen Geschäftsprozesse verzichtet. Stattdessen wurden lediglich die Informationen integriert, die zur Bestimmung des Einflusses als relevant erachtet wurden. Aufgrund der Komplexität des Gesamtsystems kann zudem bei der Auswahl der berücksichtigten Einflussfaktoren keine Vollständigkeit gewährleistet werden. Um dennoch ein möglichst umfassendes Bild potentieller Einflussfaktoren zu erhalten und eine nachvollziehbare Auswahl der im Rahmen dieser Arbeit als *wesentlich erachteten Einflussfaktoren* zu treffen, wurden im Zuge einer umfassenden Literaturstudie Merkmale von Geschäftsprozessen gesammelt, analysiert und schließlich hinsichtlich ihres Einflusspotentials bewertet (vgl. Abschnitt 5.2.2.1). Mit der Entwicklung eines auf der Quantifizierung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse basierenden Prozess-Portfolios kann abschließend eine *Entscheidungsgrundlage bereitgestellt* werden, die es dem Anwender ermöglicht, Handlungsempfehlungen für die Auswahl zukünftiger Prozessverbesserungsinitiativen abzuleiten.

6.3.2 Bewertung von Aufwand und Nutzen der Methodik

Nachdem die Methodik im vorangegangenen Kapitel hinsichtlich der definierten Anforderungen beurteilt wurde, werden im Folgenden der zu ihrer Durchführung erforderliche Aufwand und ihr erwarteter Nutzen bewertet. Der Aufwand für die Durchführung der Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse hängt dabei im Wesentlichen vom jeweils betrachteten Prozesssystem ab. Nachfolgend wird der Aufwand zur Durchführung der einzelnen Schritte der Methodik auf Basis des in Abschnitt 6.2 beschriebenen Anwendungsfalles erläutert (vgl. Tabelle 6.2).

Tabelle 6.2: Finanzielle Aufwände der Methodenanwendung

Schritte der Methodik	Aufwand		Kosten
	[PT]	[€/PT]	[€]
1. Erfassung Produktionsprozess	4,5	600	2.700
2. Identifikation und Erhebung PGP	12	480	5.760
3. Entwicklung Kennzahlensystem	3,5	600	2.100
4. Analyse der Einflüsse	15	480	7.200
5. Bewertung der Einflüsse	2	600	1.200
Summe	37		18.960

In Schritt 1 ist zunächst der für eine Analyse in Frage kommende Produktionsprozess beziehungsweise ein Ausschnitt davon auszuwählen und zu beschreiben. Für die initiale Auswahl im Rahmen eines dreistündigen Expertenworkshops wurden 1,5 Personentage (PT) an Aufwand verursacht. Wie bereits in Abschnitt 5.2.1 beschrieben, wird für die Beschreibung des ausgewählten Produktionsprozesses im Sinne einer effizienten Modellierung auf bereits existierende Wertstrommodelle zurückgegriffen. Existieren derartige Modelle nicht, so hängt der Aufwand für die Durchführung einer Wertstrommethode auch von der Anzahl zu erfassender Produktionsprozessschritte ab. Im durchgeführten Anwendungsbeispiel wurde lediglich ein kleiner Ausschnitt des gesamten Produktionsprozesses ausgewählt, der allerdings aufgrund der unzureichenden Granularität noch einmal detailliert werden musste. Der Aufwand hierfür betrug dementsprechend 3 Personentage. Der Aufwand von Schritt 2 zur Identifikation und Erhebung produktionsnaher Geschäftsprozesse hängt im Wesentlichen von der im Betrachtungsraum liegenden Anzahl an PGP sowie der im Unternehmen verfügbaren Daten zur Ermittlung der Prozesseigenschaften ab. Im Anwendungsfall fielen hierfür 12 PT an. Im dritten Schritt der Methodik gilt es ein

6 Anwendung und Evaluation der Methodik

Kennzahlensystem aufzubauen, welches zur späteren Analyse der Einflüsse genutzt wird. Da hierbei auf das im Rahmen dieser Arbeit bereitgestellte Referenzkennzahlensystem zurückgegriffen werden kann, ist der Aufwand hierfür mit lediglich 3 PT zu kalkulieren. Der größte Aufwand bei der Anwendung der Methodik fällt in Schritt 4, im Zuge der Analyse der Einflüsse der erfassten produktionsnahen Geschäftsprozesse, an. Hierbei ist in Einzelinterviews mit unterschiedlichen Experten die in Abschnitt 5.3.2 adaptierte System-FMEA durchzuführen. Auch wenn an dieser Stelle auf die in der Methodik bereitgestellten Hilfsmittel (Fehlerkatalog, Vorlagen für FMEA) zurückgegriffen werden kann, muss der Aufwand an dieser Stelle mit 15 PT veranschlagt werden. Die in Schritt 5 der Methodik stattfindende, abschließende Bewertung der Einflüsse mittels eines Prozessportfolios stellt hingegen keinen großen Aufwand dar und kann mit 2 PT kalkuliert werden. Unter Berücksichtigung der in Tabelle 6.2 veranschlagten Tagessätze ergibt sich ein finanzieller Gesamtaufwand zur Durchführung der Methodik von 18.960 Euro.

Den Aufwänden zur Durchführung der Methodik steht der mit der Anwendung entstehende Nutzen gegenüber, der sich aus unterschiedlichen Aspekten zusammensetzt und insbesondere auch davon abhängt, ob sich ein Unternehmen bereits systematisch mit der Verbesserung seiner produktionsnahen Geschäftsprozesse beschäftigt oder nicht. In jedem Falle ermöglicht es die Methodik, ein umfassendes Verständnis über das unternehmenseigene Prozesssystem und die darin enthaltenen produktionsnahen Geschäftsprozesse sowie deren Bedeutung für den Produktionsprozess zu entwickeln. Neben diesen qualitativen Vorteilen, lässt sich der Nutzen der Methodik auch in Bezug auf ihre Eigenschaft zur Unterstützung der Auswahl von zu verbessernden produktionsnahen Geschäftsprozessen quantifizieren. Hierzu sollen anhand dreier beispielhafter Auswahlzenarien, die Nutzenpotentiale unterschiedlicher Entscheidungen verglichen werden (vgl. Tabelle 6.3).

Tabelle 6.3: Nutzen der Methodenanwendung

Auswahl des PGP..	...mit Methodik	...ohne Methodik	
PGP	M3_2	M3_4	M1_2
Auftretenswahrscheinlichkeit [%]	0,185	1,367	0,818
Wiederholhäufigkeit [# / Tag]	164,3	164,3	4
Auswirkung [hh:mm:ss]	00:01:45	00:02:17	00:05:48
Verlust an Fahrzeugen pro Jahr [#]	≈ 983	≈ 767	≈ 11

Das Nutzenpotential kann dabei in der Anzahl an Fahrzeugen ausgedrückt werden, die aufgrund des (negativen) Einflusses des jeweiligen produktionsnahen Geschäftsprozesses nicht produziert werden können und berechnet sich folgendermaßen:

$$NP_{PGP} = \frac{(AW_{PGP} \times WDH_{PGP} \times A_{PGP}) \times PT}{TZ} \quad (6.1)$$

mit

NP_{PGP} :	Nutzenpotential des PGP
WDH_{PGP} :	Wiederholhäufigkeit des PGP
AW_{PGP} :	Auftretenswahrscheinlichkeit des PGP
A_{PGP} :	Ausmaß der Auswirkung des PGP
TZ :	Taktzeit (hier: 60 Sekunden)
PT :	Anzahl der Produktionstage pro Jahr (hier: 250 Tage)

Das Anwendungsbeispiel aus Abschnitt 6.2 aufgreifend würde dies bedeuten, dass bei einer Nichtpriorisierung des *produktionsnahen Geschäftsprozesses M3_2* 216 (= 983 - 767) bzw. 972 (= 983 - 11) Fahrzeuge weniger pro Jahr produziert werden könnten. Stellt man diesem Risiko den Mehraufwand für die Durchführung der Methodik gegenüber, so kann dieser im beschriebenen Anwendungsfall als gerechtfertigt und wirtschaftlich sinnvoll angesehen werden. Es ist anzumerken, dass bei richtiger Anwendung der Methodik in jedem Falle diejenigen produktionsnahen Geschäftsprozesse identifiziert werden können, die den größten Einfluss auf den Produktionsprozess haben und somit das größte Verlustpotential aufweisen. Hierbei ist allerdings anzuführen, dass die Wirtschaftlichkeit dadurch nicht für jeden Fall garantiert werden kann, da die Größe des Einflusses bzw. das Ausmaß des Verlustes im Vorfeld der Anwendung nicht beziffert und somit nicht ins Verhältnis zu dem für die Durchführung der Methodik zu betreibenden Aufwand gesetzt werden kann.

6.3.3 Fazit

Die in den vorausgegangenen Abschnitten durchgeführte Evaluation der Methodik zeigte, dass die in Abschnitt 4.2 formulierten Anforderungen nahezu

vollständig erfüllt werden konnten. Darüber hinaus wurde für das durchgeführte Anwendungsprojekt auch ein positives Aufwand-Nutzen-Verhältnis ermittelt, welches ein Indiz für die wirtschaftliche Anwendbarkeit der Methodik darstellt. Zudem ergänzen die in der Erarbeitung der einzelnen Bausteine der Methodik gewonnen Erkenntnisse den existierenden Stand der Forschung. Als zentrale Neuerung ist in diesem Zusammenhang zu nennen, dass mit dem zugrunde gelegten informalen Modell eines Prozesssystems ein Betrachtungsraum beschrieben wurde, der die zumeist unberücksichtigten produktionsnahen Geschäftsprozesse in den Betrachtungsfokus rückt. Mit Hilfe des entwickelten Modellierungsvorgehens, können zudem die Eigenschaften der produktionsnahen Geschäftsprozesse sowie deren Wechselwirkungen mit dem Produktionsprozess aufwandsarm beschrieben werden. Darüber hinaus ermöglicht es die Methodik, mit Hilfe des entwickelten Analyseverfahrens, eine quantitativ begründbare Entscheidung im Zuge einer Prozessauswahl zu treffen.

Neben den genannten positiven Aspekten und Stärken der Methodik sind allerdings auch Grenzen und Risiken des Methodeneinsatzes zu nennen. So hat die Anwendung der Methodik im industriellen Umfeld gezeigt, dass die Komplexität der Zusammenhänge innerhalb eines Prozesssystems ein hohes Systemverständnis seitens des Anwenders voraussetzt. Dieses zu Erarbeiten kann vor allem bei sehr umfangreichen Prozesssystemen zu einem erhöhten initialen Aufwand führen. Zusätzliche Aufwände können darüberhinaus auch bei der Erfassung produktionsnaher Geschäftsprozesse entstehen. Dieses Risiko besteht insbesondere dann, wenn ein sehr geringes Prozessverständnis innerhalb der produktionsnahen indirekten Bereiche vorliegt. Des Weiteren ist bei der Ergebnisinterpretation zu berücksichtigen, dass bei der Ermittlung der Auswirkungen einzelner PGP nicht berücksichtigt wurde, ob sich zeitgleich auftretende Auswirkungen in irgend einer Art und Weise beeinflussen.

Unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen lässt sich dennoch feststellen, dass der Aufwand zur Durchführung der Methodik aufgrund des systematischen und nachvollziehbaren Aufbaus sehr gut abzuschätzen und durch die Wahl des zu betrachtenden Prozesssystems auch gut skalierbar ist. Auch wenn die Methodik im Rahmen dieser Arbeit lediglich im Karosseriebau eines Automobilunternehmens angewendet wurde, sind alle Modelle und Vorgehensweisen so flexibel gestaltet, dass eine Einschränkung der Anwendbarkeit

weder hinsichtlich des Produktionsbereiches, noch hinsichtlich der Unternehmensgröße getätigt werden muss.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Produzierende Unternehmen sind insbesondere an Hochlohnstandorten gefordert, ihre Geschäftsprozesse regelmäßig hinsichtlich deren Effizienz und Effektivität zu überprüfen. In der industriellen Praxis wird hierbei der Fokus zumeist auf die unmittelbar an der Wertschöpfung beteiligten Prozesse gelegt. Geschäftsprozesse indirekter Unternehmensbereiche werden hingegen nur unregelmäßig überprüft und verbessert. Dies gilt in verstärktem Maße auch für die im Rahmen dieser Arbeit fokussierten produktionsnahen Geschäftsprozesse. Die wesentlichen Herausforderungen bei der Auseinandersetzung mit produktionsnahen Geschäftsprozessen stellen dabei deren hohe Anzahl und Unterschiedlichkeit sowie die Intransparenz hinsichtlich ihrer Wechselwirkungen mit dem Produktionsprozess dar. Aus diesen Gründen bildet diese Arbeit mit ihrer Zielsetzung der Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess die Basis dafür, produzierende Unternehmen bei der Auswahl von zu optimierenden produktionsnahen Geschäftsprozessen zu unterstützen.

Das wissenschaftliche Vorgehen zur Erreichung der Zielsetzung wurde in Form einer aus den Merkmalen anwendungsorientierter Forschung abgeleiteten Methodik (vgl. Abschnitt 1.4) beschrieben. Dieser Forschungsmethodik folgend, wurden in Kapitel 2 zunächst die wesentlichen Grundlagen zu den Themengebieten Prozessmanagement, Modellierung von Geschäftsprozessen und der Systemtheorie beschrieben, die für das allgemeine Verständnis von besonderer Bedeutung sind. Im Anschluss daran wurde in Kapitel 3 eine Literaturrecherche durchgeführt, die darauf ausgelegt war, den existierenden Stand der Forschung, der zur Beantwortung der formulierten Forschungsfragen einen wesentlichen Beitrag leistet, zusammengetragen. Aus diesen Erkenntnissen wurden schließlich Handlungsbedarfe in den einzelnen Themengebieten identifiziert, die mit-

tels allgemeiner und spezifischer Anforderungen an die Methodik in Kapitel 4 noch einmal weiter konkretisiert wurden. Zur detaillierten Beschreibung der Methodik wurde diese in Kapitel 5 hinsichtlich dreier wesentlicher Bausteine strukturiert. Im Zuge der Modellierung des Prozesssystems wurden dabei Vorgehensweisen zur Erfassung des Produktionsprozesses und der produktionsnahen Geschäftsprozesse sowie insbesondere deren Relationen beschrieben (vgl. Abschnitt 5.2). Darauf aufbauend konnte auf Basis eines Kennzahlensystems die Analyse und Quantifizierung der Einflüsse produktionsnaher Geschäftsprozesse aufgebaut werden (vgl. Abschnitt 5.3). In Abschnitt 5.4 wurde schließlich eine finale Bewertung der Einflüsse mit Hilfe eines Prozessportfolios vorgestellt, die im Ergebnis das Ableiten von Handlungsempfehlungen für die Auswahl zukünftiger Prozessverbesserungsinitiativen ermöglicht.

Die Methodik wurde am Beispiel einer hochautomatisierten Türenmontage im Automobilbau angewendet. Dabei konnten im Zuge der Methodendurchführung 34 produktionsnahe Geschäftsprozesse hinsichtlich ihres Einflusses auf den Produktionsprozess analysiert und die Prozesse mit dem stärksten Einfluss für eine detaillierte Analyse im Zuge einer Prozessverbesserung vorgeschlagen werden. Abschließend wurde die Methodik hinsichtlich der in Abschnitt 4.2 formulierten Anforderungen sowie des zu ihrer Durchführung notwendigen Aufwands und des zu erzielenden Nutzens evaluiert.

7.2 Ausblick

Im Zuge der Erarbeitung der Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess konnten weitere Untersuchungsbereiche identifiziert werden, die sich als Gegenstand zukünftiger Forschungsaktivitäten anbieten. Diese werden im Folgenden kurz erläutert:

Weiterentwicklung des Prozesssystemmodells: Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Verständnis eines Prozesssystemmodells und die Methodik zur Bestimmung des Einflusses produktionsnaher Geschäftsprozesse kann als Basis für weitere Untersuchungen der produktionsnahen indirekten Bereiche eines Unternehmens genutzt werden. Das Ziel zukünftiger Forschungsaktivitäten sollte hierbei stets darauf ausgerichtet sein,

die Transparenz und somit das Verständnis hinsichtlich der Wirkungszusammenhänge zwischen produktionsnahen Geschäftsprozessen und dem Produktionsprozess zu erhöhen. Hierfür gilt es, die Gültigkeit des informalen Modells des Prozesssystems über weitere Pilotanwendungen zu bestätigen und zudem Erkenntnisse zu dessen Konkretisierung zu gewinnen.

Umsetzung der Methodik in einem Softwaretool: Vor dem Hintergrund der Reduzierung des Umsetzungsaufwandes, der sich insbesondere durch die manuelle Datenerfassung sowie die finale Berechnung der Auswirkungen ergibt, ist im Zuge weiterer anwendungsorientierter Forschungsvorhaben zu untersuchen, wie die Methodik in einer Software-Applikation umgesetzt werden kann. Vor allem für die Erfassung der Eigenschaften produktionsnaher Geschäftsprozesse bietet sich in diesem Zusammenhang auch eine datentechnische Anbindung an bereits existierende IT-Systeme (u. a. Enterprise Resource Planning (ERP), Produktionsplanungs- und Steuerungssystem (PPS)) an.

Berücksichtigung der Dynamik des Prozesssystems: Über die Konkretisierung des Prozesssystems und die Umsetzung in einem Softwaretool hinaus, kann die Methodik dahingehend weiterentwickelt werden, dynamische Effekte innerhalb des Prozesssystems zu berücksichtigen. Grundlage hierfür wäre die Schaffung eines umfassenden digitalen Abbildes des Prozesssystems, auf dessen Basis analysiert werden könnte, zu welchem Zeitpunkt oder unter welchen sonstigen Rahmenbedingungen ein produktionsnaher Geschäftsprozesse sich auf den Produktionsprozess auswirkt.

Die genannten Untersuchungsbereiche für weitere Forschungsaktivitäten sind als Vorschlag zu verstehen, wie eine konkrete Weiterentwicklung der im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse aussehen kann. Insbesondere um die Potentiale der zunehmenden Digitalisierung von Geschäftsabläufen nutzen zu können, ist es für produzierende Unternehmen darüber hinaus essentiell, ein hohes Maß an Transparenz und Verständnis über die Geschäftsprozesse in den indirekten Bereichen zu schaffen und sich somit entscheidende Wettbewerbsvorteile zu sichern.

Literatur

ABELE & REINHART 2011

ABELE, E.; REINHART, G.: *Zukunft der Produktion: Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen*. München: Hanser. 2011.

ALDINGER 2009

ALDINGER, L. A.: *Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen des Mittelstandes*. Dissertation. Stuttgart: Universität Stuttgart. 2009.

AULL 2012

AULL, F.: *Modell zur Ableitung effizienter Implementierungsstrategien für Lean-Production-Methoden*. Dissertation. Technische Universität München. 2012.

BANDARA et al. 2010

BANDARA, W.; GUILLEMAIN, A.; COOGANS, P.: *Prioritizing Process Improvement: An Example from the Australian Financial Services Sector*. In: *Handbook on Business Process Management 2*. Hrsg. von J. VOM BROCKE; M. ROSEMAN. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 2010, S. 177–195.

BAUER & HAYESSEN 2009

BAUER, J.; HAYESSEN, E.: *100 Produktionskennzahlen*. 1. Aufl. Wiesbaden: Cometis. 2009.

BAUMANN 1999

BAUMANN, S.: *Umweltschutzorientierte Prozessnetzwerke*. Wiesbaden: Springer. 1999.

BAUR & BLASIUS 2014

BAUR, N.; BLASIUS, J.: *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer. 2014.

Literatur

BECKER, ALGERMISSEN et al. 2007

BECKER, J.; ALGERMISSEN, L.; PFEIFFER, D.; RÄCKERS, M.: *Bausteinbasierte Modellierung von Prozesslandschaften mit der PICTURE-Methode am Beispiel der Universitätsverwaltung Münster*. *Wirtschaftsinformatik* 49 (2007) 4, S. 267–279.

BECKER, KUGELER et al. 2012

BECKER, J.; KUGELER, M.; ROSEMAN, M.: *Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung*. 7. Aufl. Berlin: Springer Gabler. 2012.

BECKER 2005

BECKER, T.: *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren*. 2. Aufl. Berlin: Springer. 2005.

BEESON et al. 2013

BEESON, I.; GREEN, S.; KAMM, R.: *Comparative process architectures in two higher education institutions*. *International Journal of Organisational Design and Engineering* 3 (2013) 1, S. 35.

BIEDERMANN et al. 2012

BIEDERMANN, W.; KIRNER, K.; KISSEL, M.; LANGER, S.; WICKEL, M.: *Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften*. Garching.

BLASINI & LEIST 2013

BLASINI, J.; LEIST, S., Hrsg. (2013): *Success Factors in Process Performance Management for Services – Insights from a Multiple-Case Study: 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2013.

BLESSING & CHAKRABARTI 2009

BLESSING, L.; CHAKRABARTI, A.: *DRM, a design research methodology*. Dordrecht & New York: Springer. 2009.

BMI & BVA 2018

BMI; BVA: *Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung*. 2018. URL: www.orghandbuch.de (besucht am 17.06.2018).

BOER et al. 2005

BOER, F. S. de; BONSANGUE, M. M.; GROENEWEGEN, L.; STAM, A. W.; STEVENS,

S.; VAN DER TORRE, L.: *Change impact analysis of enterprise architectures*. In: IEEE International Conference on Information Reuse and Integration. 2005.

BOGNER et al. 2002

BOGNER, A.; LITTIG, B.; MENZ, W.: *Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften. 2002.

BOGNER et al. 2014

BOGNER, A.; LITTIG, B.; MENZ, W.: *Interviews mit Experten: Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer. 2014.

BREIING 2002

BREIING, A.: *Erweiterung der bestehenden FMEA-Analyse - Einfluss der Kosten auf die Risikoprioritätszahl*. In: Design for X : Beiträge zum 13. Symposium. Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, Univ. Erlangen-Nürnberg. 2002, S. 179–184.

BREYFOGLE et al. 2001

BREYFOGLE, F. W.; CUPELLO, J. M.; MEADOWS, B.: *Managing six sigma: A practical guide to understanding, assessing and implementing the strategy that yields bottom-line success*. New York: Wiley-Interscience. 2001.

BROWNING 2001

BROWNING, T. R.: *Applying the design structure matrix to system decomposition and integration problems: a review and new directions*. IEEE Transactions on Engineering Management 48 (2001) 3, S. 292–306.

BROWNING 2008

BROWNING, T. R.: *The many views of a process: Toward a process architecture framework for product development processes*. Systems Engineering 12 (2008) 1, S. 69–90.

BULLINGER 2003

BULLINGER, H.-J.: *Neue Organisationsformen im Unternehmen: Ein Handbuch für das moderne Management*. 2. Engineering online library. Berlin: Springer. 2003.

BURKERT 2008

BURKERT, M.: *Qualität von Kennzahlen und Erfolg von Managern: Direkte, indirekte und moderierende Effekte*. 1. Aufl. Gabler. 2008.

Literatur

BURKSCHAT et al. 2004

BURKSCHAT, M.; CRAMER, E.; KAMPS, U.: *Beschreibende Statistik*. EMILA-stat. Berlin, Heidelberg: Springer. 2004.

COYLE 1996

COYLE, R. G.: *System dynamics modelling: A practical approach*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC. 1996.

CROSBY 1983

CROSBY, P. B.: *Quality is free: The art of making quality certain*. 1. Mentor print. Bd. 2129. Mentor executive library. New York u.a.: New American Library. 1983.

DAVENPORT & STODDARD 1994

DAVENPORT, T. H.; STODDARD, D.: *Reengineering: Business change of mythic proportions?* MIS Quarterly: Management Information Systems 18 (1994) 2, S. 125–127.

DAVENPORT 1993

DAVENPORT, T. H.: *Process innovation: Reengineering work through information technology*. [9. print.] Boston, Mass: Harvard Business School Press. 1993.

DELLIGATTI 2014

DELLIGATTI, L.: *SysML distilled: A brief guide to the systems modeling language*. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley. 2014.

DEMING 1985

DEMING, W. E.: *Transformation of Western Style of Management*. Interfaces 15 (1985) 3, S. 6–11.

DIJKMAN et al. 2016

DIJKMAN, R.; VANDERFEESTEN, I.; REIJERS, H. A.: *Business Process Architectures: Overview, Comparison and Framework*. Enterprise Information Systems 10 (2016) 2, S. 129–158.

DIN EN ISO 9000

DIN EN ISO 9000: *Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe*. Berlin: Beuth.

DODURKA et al. 2017

DODURKA, F. M.; YESIL, E.; URBAS, L.: *Causal effect analysis for fuzzy cognitive maps designed with non-singleton fuzzy numbers*. *Neurocomputing* 232 (2017), S. 122–132.

DORNER 2014

DORNER, M.: *Das Produktivitätsmanagement des Industrial Engineering unter besonderer Betrachtung der Arbeitsproduktivität und der indirekten Bereiche*. Dissertation. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie. 2014.

ECKSTEIN 2012

ECKSTEIN, P. P.: *Statistik für Wirtschaftswissenschaftler: Eine realdatenbasierte Einführung mit SPSS*. 3. Aufl. Lehrbuch. Wiesbaden: Gabler. 2012.

EFQM 2018

EFQM: *EFQM-Modell for Excellence*. URL: <http://www.efqm.de> (besucht am 08. 06. 2018).

ERDMANN 1999

ERDMANN, J. R.: *Integriertes Prozessmanagement*. Dissertation. Hannover: Universität Hannover. 1999.

ERLACH 2007

ERLACH, K.: *Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik*. 1. Aufl. VDI. Berlin: Springer. 2007.

ERLACH 2010

ERLACH, K.: *Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik*. 2. Aufl. Heidelberg: Springer. 2010.

FEIGENBAUM 1956

FEIGENBAUM, A. V.: *Total quality control*. *Harvard Business Review* 34 (1956) 6, S. 93–101.

FETTKE 2008

FETTKE, P.: *Business Process Modeling Notation*. *Wirtschaftsinformatik* 50 (2008) 6, S. 504–507.

Literatur

FILHO et al. 2017

FILHO, J.; PIECHNICKI, F.; LOURES, E.; SANTOS, E.: *Process-Aware FMEA framework for failure analysis in maintenance*. Journal of Manufacturing Technology Management 28 (2017) 6, S. 822–848.

FINKEISSEN 1999

FINKEISSEN, A.: *Prozess-Wertschöpfung: Neukonzeption eines Modells zur nutzenorientierten Analyse und Bewertung*. Dissertation. Stuttgart: Universität Stuttgart. 1999.

FREUND & RÜCKER 2014

FREUND, J.; RÜCKER, B.: *Praxishandbuch BPMN 2.0*. 4. Aufl. München: Hanser, Carl. 2014.

GADATSCH 2013

GADATSCH, A.: *Grundkurs Geschäftsprozess-Management*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag. 2013.

GADATSCH 2015

GADATSCH, A.: *Geschäftsprozesse analysieren und optimieren: Praxistools zur Analyse, Optimierung und Controlling von Arbeitsabläufen*. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2015.

GADATSCH 2017

GADATSCH, A.: *Grundkurs Geschäftsprozessmanagement: Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen*. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2017.

GAITANIDES 1983

GAITANIDES, M.: *Prozessorganisation: Entwicklung, Ansätze und Programme prozessorientierter Organisationsgestaltung*. München: Vahlen. 1983.

GAITANIDES et al. 1994

GAITANIDES, M.; SCHOLZ, R.; VROHLINGS, A.; RASTER, M.: *Prozessmanagement: Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering*. München, Wien: Hanser. 1994.

GARLAND 2010

GARLAND, R. W.: *Six sigma project to improve a management of change process*. AIChE Annual Meeting, Conference Proceedings (2010).

GEORGE et al. 2004

GEORGE, M.; ROWLANDS, D.; KASTLE, B.: *What is Lean Six Sigma?* New York: McGraw-Hill. 2004.

GLADEN 2011

GLADEN, W.: *Performance Measurement: Controlling mit Kennzahlen*. 5. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler. 2011.

GOEBBELS 2005

GOEBBELS, S.: *Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse für IT-basierte Geschäftsprozesse*. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (2005) 6, S. 366–369.

GOTTMANN 2016

GOTTMANN, J.: *Produktionscontrolling: Wertströme und Kosten optimieren*. 1. Aufl. 2016. Wiesbaden: Springer Gabler. 2016.

GREEN & OULD 2005

GREEN, S.; OULD, M.: *A framework for classifying and evaluating process architecture methods*. Software Process Improvement and Practice 10 (2005) 4, S. 415–425.

GRUHN & WELLEN 2000

GRUHN, V.; WELLEN, U.: *Process Landscaping - eine Methode zur Geschäftsprozessmodellierung*. Wirtschaftsinformatik 42 (2000) 4, S. 297–309.

GUO 2008

GUO, H.: *Modellierungsansatz und Kennzahlensystem für die Optimierung von Wertschöpfungsprozessen*. Dissertation. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. 2008.

HAJMOOSAEI et al. 2015

HAJMOOSAEI, M.; TRAN, H.-N.; PERCEBOIS, C.; FRONT, A.; RONCANCIO, C.: *Impact analysis of process change at run-time*. Proceedings - 2015 IEEE 24th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises, WETICE 2015 (2015).

Literatur

HAMMER & CHAMPY 1993

HAMMER, M.; CHAMPY, J.: *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution*. 1. Aufl. New York: HarperBusiness. 1993.

HARMON 2007

HARMON, P., Hrsg. (2007): *Business Process Change*. 2. Aufl. The MK/OMG Press. Burlington: Morgan Kaufmann. 2007.

HELBIG 2003

HELBIG, R.: *Prozessorientierte Unternehmensführung: Eine Konzeption mit Konsequenzen für Unternehmen und Branchen dargestellt am Beispiel aus Dienstleistung und Handel*. Betriebswirtschaftliche Studien. Heidelberg: Physica-Verlag. 2003.

HELFFERICH 2014

HELFFERICH, C.: *Leitfaden- und Experteninterviews*. In: *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Hrsg. von N. BAUR; J. BLASIUS. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. 2014, S. 559–574.

HENZE 2008

HENZE, L.: *Entwicklung einer Methode zum Aufdecken von potentiellen Fehlern in der Konstruktion*. Dissertation. Chemnitz: Technischen Universität Chemnitz. 2008.

HOLT & PERRY 2013

HOLT, J.; PERRY, S.: *SysML for model-based systems engineering*. Hertfordshire: IET Books. 2013.

HORVATH & MAYER 1989

HORVATH, P.; MAYER, R.: *Prozesskostenrechnung: Der neue Weg zu mehr Kostentransparenz und wirkungsvolleren Unternehmensstrategie*. *Controlling* 1 (1989) 4, S. 214–219.

HU et al. 2009

HU, T.; YU, J.; WANG, S.: *Research on complex system FMEA method based on functional modeling*. In: *8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS 2009)*. 2009, S. 63–66.

HUXLEY 2003

HUXLEY, C.: *An improved method to identify critical processes*. Masterthesis. Queensland: Queensland University of Technology. 2003.

HUXLEY & STEWART 2008

HUXLEY, C.; STEWART, G.: *Reducing the odds: A practitioners guide to identifying critical processes : a process for people who prefer a plan*. Saarbrücken: VDM. 2008.

IG METALL 2018

IG METALL: *Entgeltrahmenabkommen Metall & Elektro NRW: Anmerkungen zur Eingruppierung nach ERA*. Hrsg. von IG METALL. URL: <http://netkey40.igmetall.de/homepages/netzwerk-br-moenchengladbach/era/eraeingruppierung.html> (besucht am 06.07.2018).

IMAI 1991

IMAI, M.: *Kaizen*. Istanbul: BRISA. 1991.

ISIK et al. 2012

ISIK, Ö.; VAN DEN BERGH, J.; MERTENS, W.: *Knowledge Intensive Business Processes: An Exploratory Study*. (2012), S. 3817–3826.

JAKOBY 2015

JAKOBY, W.: *Projektmanagement für Ingenieure*. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2015.

JARRATT et al. 2011

JARRATT, T. A. W.; ECKERT, C. M.; CALDWELL, N. H. M.; CLARKSON, P. J.: *Engineering change: An overview and perspective on the literature*. Research in Engineering Design 22 (2011) 2, S. 103–124.

JESTON 2014

JESTON, J.: *Business Process Management*. 3. Aufl. Abingdon, Oxon: Routledge. 2014.

JUNGINGER 2000

JUNGINGER, S.: *Modellierung von Geschäftsprozessen: State-of-the-Art, neuere Entwicklungen und Forschungspotenziale*. BPMS-Bericht. Wien: Universität Wien, Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik. 2000.

Literatur

JURAN 1951

JURAN, J. M.: *Quality-control handbook*. New York: McGraw-Hill. 1951.

KAGERMANN et al. 2012

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J., Hrsg. (2012): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. Berlin: Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft e.V. 2012.

KAMISKE 2012

KAMISKE, G. F., Hrsg. (2012): *Handbuch QM-Methoden: Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen*. München: Hanser. 2012.

KEMNITZ 2011

KEMNITZ, G.: *Entwurf digitaler Schaltungen*. Bd. 2. Berlin: Springer. 2011.

KHERBOUCHE et al. 2013

KHERBOUCHE, O. M.; AHMAD, A.; BOUNEFFA, M.; BASSON, H.: *Ontology-based change impact assessment in dynamic business processes*. Proceedings - 11th International Conference on Frontiers of Information Technology (2013).

KOLIADIS et al. 2008

KOLIADIS, G.; GHOSE, A. K.; PADMANABHUNI, S.: *Towards an Enterprise Business Process Architecture Standard*. (2008), S. 239–246.

KORNFELD & KARA 2013

KORNFELD, B.; KARA, S.: *A framework for developing portfolios of improvements projects in manufacturing*. Procedia CIRP 7 (2013).

KOSIOL 1962

KOSIOL, E.: *Organisation der Unternehmung*. Wiesbaden: Gabler. 1962.

KOSKO 1986

KOSKO, B.: *Fuzzy cognitive maps*. International Journal of Man-Machine Studies 24 (1986) 1, S. 65–75.

KOTOWSKA & BURDUK 2018

KOTOWSKA, J.; BURDUK, A.: *Optimization of production support processes with*

the use of simulation tools. Advances in Intelligent Systems and Computing 657 (2018), S. 275–284.

KRAFCIK 1988

KRAFCIK, J. F.: *Triumph of the lean production system*. MIT Sloan Management Review 30 (1988) 1, S. 41.

KRAMP 2011

KRAMP, M.: *Zukunftsperspektiven für das Prozessmanagement: Der Umgang mit Komplexität*. 1. Aufl. Bd. 130. Reihe: Planung, Organisation und Unternehmensführung. Lohmar: Eul. 2011.

KUMAR et al. 2007

KUMAR, U.; SARANGA, H.; RAMÍREZ-MÁRQUEZ, J.; NOWICKI, D.: *Six sigma project selection using data envelopment analysis*. TQM Magazine 19 (2007) 5, S. 419–441.

LANG 1997

LANG, K.: *Gestaltung von Geschäftsprozessen mit Referenzprozessbausteinen*. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 1997.

LANGE 1994

LANGE, U.: *Effizienzbewertung von indirekten Produktionsbereichen*. Dissertation. Aachen: RWTH. 1994.

LANKHORST 2004

LANKHORST, M. M.: *Enterprise architecture modelling—the issue of integration*. Advanced Engineering Informatics 18 (2004) 4, S. 205–216.

LAPOUCHNIAN et al. 2015

LAPOUCHNIAN, A.; YU, E.; STURM, A.: *Design Dimensions for Business Process Architecture*. In: Conceptual Modeling: 34th International Conference, ER 2015, Stockholm, Sweden, October 19-22, 2015, Proceedings. Hrsg. von P. JOHANNESSON; M. L. LEE; S. W. LIDDLE; A. L. OPDAHL; Ó. PASTOR LÓPEZ. Cham: Springer International Publishing. 2015, S. 276–284.

Literatur

LARSON 2003

LARSON, A.: *Demystifying six sigma: A company-wide approach to continuous improvement*. New York: AMACOM. 2003.

LEHMANN 2008

LEHMANN, F. R.: *Integrierte Prozessmodellierung mit ARIS*. 1. Aufl. Heidelberg: Dpunkt. 2008.

LILLRANK 2003

LILLRANK, P.: *The quality of standard, routine and nonroutine processes*. *Organization Studies* 24 (2003) 2, S. 215–233.

LINDEMANN & MAURER 2007

LINDEMANN, U.; MAURER, M.: *Facing Multi-Domain Complexity in Product Development*. In: *The Future of Product Development*. Hrsg. von F.-L. KRAUSE. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 2007, S. 351–361.

LINDEMANN 2009

LINDEMANN, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer. 2009.

LINDEMANN, BRAUN et al. 2009

LINDEMANN, U.; BRAUN, T.; MAURER, M. S.: *Structural complexity management: An approach for the field of product design*. Berlin: Springer. 2009.

MAGENHEIMER 2014

MAGENHEIMER, K.: *Lean Management in indirekten Unternehmensbereichen: Modellierung, Analyse und Bewertung von Verschwendung*. Dissertation. München: Technische Universität München. 2014.

MAI 1998

MAI, C.: *Effiziente Produktplanung mit Quality Function Deployment*. Bd. Band 260. IPA-IAO-Forschung und Praxis. Berlin: Springer. 1998.

MALCOLM et al. 1959

MALCOLM, D. G.; ROSEBOOM, J. H.; CLARK, C. E.; FAZAR, W.: *Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation*. *Operations Research* 7 (1959) 5, S. 646–669.

MALIK & BAJWA 2012

MALIK, S.; BAJWA, I. S.: *A Rule Based Approach for Business Rule Generation from Business Process Models*. In: *Rules on the Web: Research and Applications: 6th International Symposium, RuleML 2012, Montpellier, France, August 27-29, 2012*. Proceedings. Hrsg. von A. BIKAKIS; A. GIURCA. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 2012, S. 92–99.

MALINOVA 2015

MALINOVA, M.: *A language for process map design*. *Lecture Notes in Business Information Processing 202* (2015), S. 567–572.

MÄNNEL 1998

MÄNNEL, W.: *Prozesskostenrechnung: Bedeutung, Methoden, Branchenerfahrungen, Softwarelösungen*. Nachdruck. Wiesbaden: Gabler. 1998.

MARJANOVIC & FREEZE 2011

MARJANOVIC, O.; FREEZE, R., Hrsg. (2011): *Knowledge Intensive Business Processes: Theoretical Foundations and Research Challenges: 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2011.

MARRIOTT et al. 2013

MARRIOTT, B.; ARTURO GARZA–REYES, J.; SORIANO–MEIER, H.; ANTONY, J.: *An integrated methodology to prioritise improvement initiatives in low volume–high integrity product manufacturing organisations*. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24 (2013) 2, S. 197–217.

MAY & KOCH 2008

MAY, C.; KOCH, A.: *Overall Equipment Effectiveness (OEE): Werkzeug zur Produktivitätssteigerung*. *Zeitschrift der Unternehmensberatung (ZUB)* (2008) 6, S. 245–250.

MIEHLER 1998

MIEHLER, G.: *Zeitcontrolling indirekter Prozessketten*. Dissertation. München: Technische Universität München. 1998.

Literatur

MIKOSCH & WESTKÄMPER 1997

MIKOSCH, F.; WESTKÄMPER, E.: *Null-Fehler-Produktion in Prozessketten*. Berlin, Heidelberg: Springer. 1997.

NIPPEL 1995

NIPPEL, H.: *Qualitätsmanagement in der Logistik*. Dissertation. Koblenz: Hochschule für Unternehmensführung. 1995.

NORDSIECK 1932

NORDSIECK, F.: *Die schaubildliche Erfassung und Untersuchung der Betriebsorganisation*. Poeschel. 1932.

OESTEREICH 2004

OESTEREICH, B.: *Objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung mit der UML*. Heidelberg: Dpunkt. 2004.

OHLSSON et al. 2014

OHLSSON, J.; HAN, S. A B; JOHANNESON, P.; CARPENHALL, F.; RUSU, L.: *Prioritizing business processes improvement initiatives: The Seco tools case*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 8484 LNCS (2014), S. 256–270.

ÖNO 1993

ÖNO, T.: *Das Toyota-Produktionssystem*. Frankfurt/Main & New York: Campus-Verl. 1993.

OSTERLOH & FROST 2006

OSTERLOH, M.; FROST, J.: *Prozessmanagement als Kernkompetenz: Wie Sie Business Reengineering strategisch nutzen können*. 5. Aufl. Wiesbaden: Gabler. 2006.

OULD 2005

OULD, M. A.: *Business Process Management: A Rigorous Approach*. Swindon: British Computer Society. 2005.

PAIGE et al. 2014

PAIGE, R. F.; KOLOVOS, D. S.; POLACK, F. A. C.: *A Tutorial on Metamodeling for Grammar Researchers*. Sci. Comput. Program. 96 (2014) 4, S. 396–416.

PFEFFER 2014

PFEFFER, M.: *Bewertung von Wertströmen: Kosten-Nutzen-Betrachtung von Optimierungsszenarien*. Wiesbaden: Springer Gabler. 2014.

PFEIFFER & WEISS 1994

PFEIFFER, W.; WEISS, E.: *Lean Management: Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen*. 2. Aufl. Berlin: Erich Schmidt. 1994.

PLEHN 2017

PLEHN, C.: *A Method for Analyzing the Impact of Changes and their Propagation in Manufacturing Systems*. Dissertation. München: Technische Universität München. 2017.

PORTER & JAEGER 1986

PORTER, M. E.; JAEGER, A.: *Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistungen erreichen und behaupten*. Frankfurt/Main & New York: Campus Verl. 1986.

PWC 2011

PWC: *Zukunftsthema Geschäftsprozessmanagement: Eine Studie zum Status quo des Geschäftsprozessmanagements in deutschen und österreichischen Unternehmen*. Hrsg. von PRICEWATERHOUSECOOPERS AG.

READ et al. 2012

READ, A.; HULLSIEK, B.; BRIGGS, R. O., Hrsg. (2012): *The Seven Layer Model of Collaboration: An Exploratory Study of Process Identification and Improvement: 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2012.

REINHART & MAGENHEIMER 2011

REINHART, G.; MAGENHEIMER, K.: *Bewertung von Verschwendung als Basis der Geschäftsprozessoptimierung*. Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung WiGeP–Berliner Kreis & WGMK 106 (2011) 7-8, S. 485.

ROPOHL 1979

ROPOHL, G.: *Eine Systemtheorie der Technik: Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie*. München & Wien: Hanser. 1979.

Literatur

ROPOHL 2009

ROPOHL, G.: *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik*. 3. Aufl. Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe. 2009.

ROTHER & SHOOK 2000

ROTHER, M.; SHOOK, J.: *Sehen lernen: Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen*. Dt. Ausg., Version 1.0. Stuttgart: LOG_X. 2000.

SANDT 2004

SANDT, J.: *Management mit Kennzahlen und Kennzahlensystemen: Bestandsaufnahme, Determinanten und Erfolgsauswirkungen*. Gabler edition Wissenschaft. Bd. 14. Schriften des Center for Controlling & Management (CCM). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. 2004.

SARKAR et al. 2011

SARKAR, A.; RANJAN MUKHOPADHYAY, A.; GHOSH, S. K.: *Selection of critical processes for "process improvement"*. International Journal of Lean Six Sigma 2 (2011) 4, S. 356–370.

SCHÄFERMEYER et al. 2010

SCHÄFERMEYER, M.; GRGECIC, M.; ROSENKRANZ, C., Hrsg. (2010): *Factors Influencing Business Process Standardization: A Multiple Case Study: 2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*. 2010.

SCHEERMESSER 2003

SCHEERMESSER, S.: *Messen und Bewerten von Geschäftsprozessen als operative Aufgabe des Qualitätsmanagements: [Forschungsbericht]*. 1. Aufl. Bd. 86,02. FQS-DGQ-Band / Forschungsgemeinschaft Qualität e.V. (FQS), Frankfurt am Main. Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V. (DGQ). Berlin: Beuth. 2003.

SCHLICK et al. 2017

SCHLICK, C. M.; SCHENK, M.; SPATH, D.; GANZ, W.: *Produktivitätsmanagement von Dienstleistungen: Modelle, Methoden und Werkzeuge*. Springer Science and Business Media & Springer Vieweg. 2017.

SCHMELZER & SESSELMANN 2008

SCHMELZER, H. J.; SESSELMANN, W.: *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis: Kunden zufrieden stellen - Produktivität steigern - Wert erhöhen*. 6. Aufl. München: Hanser. 2008.

SCHNEIDER et al. 2011

SCHNEIDER, R.; SCHÖLHAMMER, O.; MEIZER, F.; LINGITZ, L.: *Lean Office 2010: Erfolgsfaktoren der Lean-Implementierung in indirekten Unternehmensbereichen*. Stuttgart: Fraunhofer-Verl. 2011.

SCHNELLBACH 2015

SCHNELLBACH, P.: *Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendung unter Berücksichtigung von Zielgrößen Ganzheitlicher Produktionssysteme*. Dissertation. München: Technische Universität München. 2015.

SCHÖNEBORN 2004

SCHÖNEBORN, F.: *Strategisches Controlling mit System Dynamics*. Betriebswirtschaftliche Studien. Berlin, Heidelberg: Springer. 2004.

SCHULTE-ZURHAUSEN 2014

SCHULTE-ZURHAUSEN, M.: *Organisation*. 6. Aufl. München: Vahlen. 2014.

SHARMA & CHETIYA 2010

SHARMA, S.; CHETIYA, A. R.: *Six Sigma project selection: An analysis of responsible factors*. International Journal of Lean Six Sigma 1 (2010) 4, S. 280–292.

SIEBERT 1998

SIEBERT, G.: *Prozess-Benchmarking - Methode zum branchenunabhängigen Vergleich von Prozessen*. Dissertation. Berlin: Technische Universität Berlin. 1998.

SPUR 1994

SPUR, G.: *Fabrikbetrieb: Das System/Planung/Steuerung/Organisation/Information/Qualität/die Menschen*. München: Hanser. 1994.

SPUR et al. 1993

SPUR, G.; MERTINS, K.; JOCHEM, R.: *Integrierte Unternehmensmodellierung*. Entwicklungen zur Normung von CIM. Berlin: Beuth. 1993.

Literatur

STAIGER 1997

STAIGER, T. J.: *Controlling eines projektorientierten Prozessmanagements am Beispiel des Anlagenbaus*. Dissertation. Stuttgart: Universität Stuttgart. 1997.

STERMAN 2000

STERMAN, J. D.: *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: Irwin/McGraw-Hill. 2000.

STERMAN 2002

STERMAN, J. D.: *All models are wrong: Reflections on becoming a systems scientist*. System Dynamics Review 18 (2002) 4, S. 501–531.

TAGUCHI 1986

TAGUCHI, G.: *Introduction to quality engineering: Designing quality into products and processes*. Tokyo & White Plains: Asian Productivity Organization & Kraus International. 1986.

TEUBNER 1999

TEUBNER, R. A.: *Organisations- und Informationssystemgestaltung: Theoretische Grundlagen und integrierte Methoden*. Gabler Edition Wissenschaft : Informationsmanagement und Controlling. Wiesbaden: Gabler. 1999.

THIEME 2013

THIEME, P.: *Entwicklung einer neuen Methode zur Prozessleistungsmessung*. Bd. 14. Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung. Stuttgart: Fraunhofer-Verl. 2013.

THOMAS & HEMMERS 1981

THOMAS, W.; HEMMERS, K.: *Zeit- und Kapazitätsplanung in indirekten Bereichen: Eine Studie in deutschen Industriebetrieben*. Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial engineering : FB IE 30 (1981) 6.

TOUTENBURG & KNÖFEL 2009

TOUTENBURG, H.; KNÖFEL, P.: *Six Sigma: Methoden und Statistik für die Praxis*. 2., verbesserte und erweiterte Aufl. Berlin & Heidelberg: Springer. 2009.

ULRICH 1975

ULRICH, H.: *Der allgemeine Systembegriff*. In: Grundlagen der Wirtschafts- und

Sozialkybernetik. Hrsg. von J. BAETGE. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. 1975, S. 33–39.

ULRICH 1982

ULRICH, H.: *Anwendungsorientierte Wissenschaft*. Die Unternehmung 36 (1982) 1, S. 1–10.

ULRICH 2001

ULRICH, H.: *Die Unternehmung als produktives soziales System: Grundlagen der allgemeinen Unternehmungslehre*. Bern: P. Haupt. 2001.

ULRICH & HILL 1976

ULRICH, P.; HILL, W.: *Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre*. Wirtschaftswissenschaftliches Studium : Zeitschrift für Ausbildung und Hochschulkontakt 5 (1976) 7+8, S. 304–309.

VAHS 2009

VAHS, D.: *Organisation: Ein Lehr- und Managementbuch*. 7., überarb. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. 2009.

VAN DER AALST 2014

VAN DER AALST, W.: *Geschäftsprozessmodellierung: Die „Killer-Applikation“ für Petrinetze*. Informatik-Spektrum 37 (2014) 3, S. 191–198.

VDA 1996

VDA: *System-FMEA*. In: *Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie*. Hrsg. von VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE - VDA. Bd. 4. Frankfurt am Main. 1996, Teil 2.

VDI 3633

VDI 3633: *Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Begriffe*. Berlin: Beuth.

VDI 3649

VDI 3649: *Anwendung der Verfügbarkeitsrechnung für Förder- und Lagersysteme*. Berlin: Beuth.

Literatur

WAGNER & LINDNER 2013

WAGNER, K. W.; LINDNER, A.: *Wertstromorientiertes Prozessmanagement: Effizienz steigern, Verschwendung reduzieren, Abläufe optimieren*. München: Hanser. 2013.

WAGNER & PATZAK 2015

WAGNER, K. W.; PATZAK, G.: *Performance excellence: Der Praxisleitfaden zum effektiven Prozessmanagement*. 2. vollst. überarb. Aufl. München: Hanser. 2015.

WANG et al. 2012

WANG, Y.; YANG, J.; ZHAO, W.; SU, J.: *Change impact analysis in service-based business processes*. *Service Oriented Computing and Applications* 6 (2012) 2, S. 131–149.

WEBER & SCHÄFFER 2014

WEBER, J.; SCHÄFFER, U.: *Einführung in das Controlling*. 14., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft Steuern Recht GmbH. 2014.

WECK et al. 2011

WECK, O. L. de; ROOS, D.; MAGEE, C. L.: *Engineering systems: Meeting human needs in a complex technological world*. MIT Press. 2011.

WEIDLICH et al. 2009

WEIDLICH, M.; WESKE, M.; MENDLING, J.: *Change Propagation in Process Models Using Behavioural Profiles*. In: 2009 IEEE International Conference on Services Computing, 2009, S. 33–40.

WELLEN 2003

WELLEN, U.: *Process landscaping: eine Methode zur Modellierung und Analyse verteilter Softwareprozesse*. Dissertation. Dortmund: Technische Universität Dortmund. 2003.

WERDICH 2012

WERDICH, M.: *FMEA - Einführung und Moderation*. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2012.

WESKE 2012

WESKE, M.: *Business process management*. 2. ed. Computer science. Heidelberg: Springer. 2012.

WESTKÄMPER 2003

WESTKÄMPER, E.: *Einführung*. In: *Neue Organisationsformen im Unternehmen*. Hrsg. von H. J. BULLINGER; H. J. WARNECKE; E. WESTKÄMPER. Berlin: Springer Berlin Heidelberg. 2003, N1–N15.

WGP 2017

WGP: *Betriebswissenschaften*. Hrsg. von WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT FÜR PRODUKTINSTECHNIK. URL: <https://wgp.de/de/forschung/betriebswissenschaften/> (besucht am 14.09.2017).

WIENDAHL 2009

WIENDAHL, H.-P.: *Betriebsorganisation für Ingenieure*. 7., aktualisierte Auflage. München: Hanser Verlag. 2009.

WOMACK & JONES 1997

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.: *Auf dem Weg zum perfekten Unternehmen: (Lean thinking)*. Frankfurt/Main & New York: Campus-Verl. 1997.

WOMACK & JONES 2004

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.: *Lean thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*. Management. Frankfurt am Main & New York: Campus-Verl. 2004.

WOMACK, JONES & ROOS 1990

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D.: *The machine that changed the world: Based on the Massachusetts Institute of Technology 5 million dollar 5 year study on the future of the automobile*. Free Press paperbacks. London: Simon & Schuster & Rawson. 1990.

WÜSTNECK 1963

WÜSTNECK, K. D.: *Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs*. Deutsche Zeitschrift für Philosophie 11 (1963) 12, S. 1504.

Literatur

YU 1995

YU, E.: *Modelling strategic relationships for process reengineering*. Dissertation. Toronto: University of Toronto. 1995.

ZELLNER et al. 2010

ZELLNER, G.; LEIST, S.; JOHANNSEN, F.: *Selecting critical processes for a six sigma project - Experiences from an automotive bank (Teaching case)*. 18th European Conference on Information Systems, ECIS 2010 (2010).

Anhang

A.1 Ergänzende Informationen zum Stand der Erkenntnisse

Tabelle A.1: Protokoll der Literaturrecherche zur Modellierung von Prozesssystemen

Schritt	Vorgehen
Erster Suchlauf	Automatisierte Suche mittels Google Scholar. Verwendete Suchbegriffe: -"business process architecture modeling" -"process architecture design" -"process map design" -"Gestaltung der Prozessarchitektur" -"Gestaltung der Prozesslandschaft" Untersucht wurden jeweils die ersten 5 Ergebnisseiten. Es wurden 79 Publikationen gefunden.
Erste Auswahl	Auswahl erster Quellen hinsichtlich des Titels und des Abstract. Einschlusskriterium: Ansatz beschreibt ein Vorgehen/ eine Methode zur Gestaltung/ Modellierung eines Prozesssystems. Es wurden 20 Publikationen ausgewählt.
Zweite Auswahl	Überprüfung von Referenzen und Zitate in den 20 ausgewählten Publikationen. Auswahl der Publikationen nach dem Titel. Einschlusskriterium: wie oben. 12 zusätzliche Publikationen ausgewählt.
Verifikation der Suche	Automatisierte Suche mit: Scopus, Web of Science. Verwendete Begriffe: wie oben. 2 zusätzliche Publikationen ausgewählt. Überprüfung von Referenzen und Zitate in den 2 ausgewählten Publikationen. Auswahl der Publikationen nach dem Titel. Einschlusskriterium: wie oben. Eine zusätzliche Publikation ausgewählt.

A.2 Ergänzende Informationen zur Detaillierung der Methodik

Tabelle A.2: Übersicht der standardisierten Merkmale von Geschäftsprozessen

Nr.	Name (Original)	Extrahierte Beschreibung	Quelle(n)
1	Complexity	Komplexität des Geschäftsprozesses	ISIK et al. (2012), MARJANOVIC & FREEZE (2011), BROWNING (2008)
2	Conversion rules	Tätigkeiten zur Zielerfüllung	SCHÄFERMEYER et al. (2010)
3	Creativity	Notwendige Kreativität des Mitarbeiters zur Ausführung	ISIK et al. (2012), READ et al. (2012)
4	Decision-making activity	Anteil und Qualität der entscheidungstreffenden Tätigkeiten	READ et al. (2012), MARJANOVIC & FREEZE (2011), SCHÄFERMEYER et al. (2010)
5	Definition of Process Goals	Eindeutigkeit und Verständlichkeit der definierten Ziele	BLASINI & LEIST (2013)
6	Deliverable Deployed Process Metrics Customer Satisfaction	Kundenzufriedenheit mit der Ausführung und dem Ergebnis	OHLSSON et al. (2014), BROWNING (2008)
7	Deliverable Quality	Tatsächliche Qualität gegenüber erwarteter Qualität des Ergebnisses	BROWNING (2008)
8	Deployed Process Metric Schedule Criticality	Kritikalität des Geschäftsprozesses im Zeitplan	BROWNING (2008)
9	Goal congruence	Übereinstimmung der individuellen Ziele von Personen mit dem übergeordneten Ziel des Geschäftsprozesses	READ et al. (2012)
11	Improvements Capability	Verfügbare Kapazität zur Verbesserung des Geschäftsprozesses	OHLSSON et al. (2014)
12	Improvements Quality	Verfügbare Qualität und Methoden zur Verbesserung des Geschäftsprozesses	OHLSSON et al. (2014), MARJANOVIC & FREEZE (2011)
13	Input Acceptance Criteria	Variabilität unterschiedlich akzeptierter Eingangsgrößen	SCHÄFERMEYER et al. (2010)
14	Input Information Accuracy	Präzision der verwendeten Information im Geschäftsprozess	ISIK et al. (2012), BLASINI & LEIST (2013)
15	Input Information Aggregation	Aggregationslevel der verwendeten Informationen	ISIK et al. (2012)
16	Input Information Currency	Aktualität der verwendeten Information	ISIK et al. (2012)
17	Input Information Time horizon	Zeithorizont der Gültigkeit der Information	ISIK et al. (2012)

18	Knowledge intensity	Intensität des notwendigen Wissens bei der Ausführung	ISIK et al. (2012), BLASINI & LEIST (2013), MARJANOVIC & FREEZE (2011), SCHÄFERMEYER et al. (2010)
19	Knowledge of influence factors	Verständnis und Berücksichtigung über Einflussfaktoren	BLASINI & LEIST (2013)
20	Logic	Eindeutigkeit der hinterlegten Regeln und Logik zur Ausführung	SCHÄFERMEYER et al. (2010)
21	Personal motivation	Persönliche Motivation eines Mitarbeiters zur Zielerfüllung	READ et al. (2012)
22	Predictable sequences and results	Vorhersehbarkeit von Abläufen und Ergebnissen	OHLSSON et al. (2014), ISIK et al. (2012), MARJANOVIC & FREEZE (2011), READ et al. (2012), SCHÄFERMEYER et al. (2010)
23	Problem-solving activity	Anteil der problemlösenden Tätigkeiten	READ et al. (2012)
24	Proving Feedback Loop	Qualität der Rückmeldung und Umsetzung von Verbesserung	OHLSSON et al. (2014)
25	Quality of Documentation	Qualität der Dokumentation	MARJANOVIC & FREEZE (2011), BLASINI & LEIST (2013)
26	Relationship between Decision and Outcome	Zusammenhang zwischen getroffenen Entscheidungen und dem Ergebnis	ISIK et al. (2012)
27	Reliability of the Performance System	Zuverlässigkeit des Gesamtsystems der Leistungsmessung	BLASINI & LEIST (2013)
28	Repetition Rate	Wiederholhäufigkeit des Geschäftsprozesses	OHLSSON et al. (2014), ISIK et al. (2012), Lillrank2003, BROWNING (2008)
29	Reproducibility	Reproduzierbarkeit des Ergebnisses	ISIK et al. (2012), READ et al. (2012)
30	Risks	Risiko bei Ausführung durch mögliche Fehler und bereits erlerntes Wissen	BROWNING (2008), OHLSSON et al. (2014)
31	Role Skills and Qualification	Notwendige Qualifikation und Fähigkeiten des ausführenden Mitarbeiters	BROWNING (2008), ISIK et al. (2012), MARJANOVIC & FREEZE (2011)
32	Sequential variety	Freiheitsgrad der Variation und Struktur von sequenziellen Abläufen der Tätigkeiten	ISIK et al. (2012), SCHÄFERMEYER et al. (2010), OHLSSON et al. (2014)
33	Standard Process Metric Capability / Maturity Rating	Reifegrad des Geschäftsprozesses	BROWNING (2008)
36	Uncertainty	Ungewissheit über das Ergebnis	ISIK et al. (2012), SCHÄFERMEYER et al. (2010) READ et al. (2012)

37	Commitment to the goal	Individuelle Zustimmung der Mitarbeiter zur Erreichung der Ziele	READ et al. (2012), OHLSSON et al. (2014), BLASINI & LEIST (2013)
38	Communication of information	Kommunikation der Information	BLASINI & LEIST (2013)
39	Communication of process goals	Kommunikation der Ziele des Geschäftsprozesses	BLASINI & LEIST (2013)
40	Competitive advantage	Vorsprung des Geschäftsprozesses gegenüber Wettbewerbern	OHLSSON et al. (2014), MARJANOVIC & FREEZE (2011)
42	Control of influence factors	Möglichkeit zur Steuerung und Kontrolle der Einflussfaktoren	BLASINI & LEIST (2013)
43	Corporate Objectives Connection	Erfüllung der Ausrichtung und Relevanz des Geschäftsprozess anhand der Unternehmensziele	OHLSSON et al. (2014)
44	Corporate Strategy Connection	Ausrichtung und Relevanz des Geschäftsprozess anhand der Unternehmensstrategie	OHLSSON et al. (2014), BLASINI & LEIST (2013)
45	Customer interaction	Anteil der Kundeninteraktion des Geschäftsprozess	OHLSSON et al. (2014)
46	Degree of differentiation to competitors	Differenzierung zu Wettbewerbern	OHLSSON et al. (2014)
47	Deliverable Acceptance Criteria	Checkliste zur Überprüfung der Ergebnisforderungen	BROWNING (2008)
48	Deliverable Customers Link	Abnehmer des Ergebnis eines Geschäftsprozess	BROWNING (2008)
49	Deliverable Deployed Process Metrics Actual Time	Tatsächliche Verfügbarkeit bei Fertigstellung	BROWNING (2008)
50	Deliverable Effectiveness	Tatsächliche Zielerfüllung im Vergleich zu den Planzielen	BROWNING (2008), READ et al. (2012), OHLSSON et al. (2014)
51	Deliverable Requirements	Anforderungen an das Ergebnis	BROWNING (2008)
52	Deliverable Suppliers	Vorgelagerte Geschäftsprozesse zur Erzeugung des Input	BROWNING (2008)
53	Deliverable Usability	Kriterien zur Bewertung der Verwendbarkeit	BROWNING (2008)
54	Deployed Process Metric Actual Costs	Tatsächliche Kosten nach Fertigstellung	BROWNING (2008)
55	Deployed Process Metric Actual Duration	Tatsächliche Dauer zur Fertigstellung	BROWNING (2008)
56	Deployment	Art der Implementierung (Standard vs. Angepasst)	BROWNING (2008)
57	Documentation using Process Models	Verwendung von Geschäftsprozessmodellen	BLASINI & LEIST (2013), MARJANOVIC & FREEZE (2011)

58	Eligibility for Automation	Eignung zur Automatisierung	ISIK et al. (2012)
59	Entry criteria	Notwendige Ereignisse und Bedingungen zum Start	BROWNING (2008)
60	Evaluation as collaboration pattern	Verwendung von Methoden zur Mitarbeiterzusammenarbeit	READ et al. (2012)
61	Exit criteria	Notwendige Ereignisse und Bedingungen zur Beendigung des Geschäftsprozess	BROWNING (2008)
62	Experiential knowledge	Experimentierhäufigkeit zur Zielerreichung	ISIK et al. (2012)
63	Expert involvement	Einbeziehung von Experten zur Zielerreichung	ISIK et al. (2012)
64	Flexibility of workers	Flexibilität der Mitarbeiter	SCHÄFERMEYER et al. (2010)
66	Group formation	Persönliche Profile von Gruppenmitgliedern	READ et al. (2012)
67	Implementation of an Process Performance Model	Implementierung des Leistungsmessungs-System	BLASINI & LEIST (2013)
68	Implementation of Automation	Automatisierungsgrad des implementierten Geschäftsprozesses	OHLSSON et al. (2014), MARJANOVIC & FREEZE (2011)
69	Input assessment	Verfahren zur Bewertung der Eingangsgrößen	SCHÄFERMEYER et al. (2010)
70	Input Information Frequency of use	Wiederverwendung der Informationen	ISIK et al. (2012)
71	Input Information Source	Quelle der verwendeten Informationen	ISIK et al. (2012), MARJANOVIC & FREEZE (2011)
72	Input manipulation	Position in der Wertschöpfungskette	BROWNING (2008)
73	Input required time	Zeitpunkt der Nutzung (in Prozent)	BROWNING (2008)
74	Methodical support	Methodische Unterstützung zur zielführenden Durchführung	BLASINI & LEIST (2013)
75	Name	Name des Geschäftsprozess	BROWNING (2008)
76	Narrative Description	Längerer, beschreibender Bericht der Tätigkeiten	BROWNING (2008)
77	Number of stages	Anzahl an Tätigkeiten	ISIK et al. (2012)
78	Operational Level	Ebene des Geschäftsprozess	ISIK et al. (2012)
79	Operational Level of Decisions during Execution	Entscheidungshöhe des Managements bzw. des Verantwortlichen	ISIK et al. (2012)
80	Operational Role of the Decision Maker during Execution	Rolle des Entscheiders im Geschäftsprozess	ISIK et al. (2012), OHLSSON et al. (2014)
81	Output link	Verknüpfung mit Ausgangsgrößen	BROWNING (2008)

82	Output maturity level	Fortschritt und Reife des Ergebnisses	BROWNING (2008)
83	Performance Data Quality	Qualität der verwendeten Daten zur Leistungsmessung	BLASINI & LEIST (2013), OHLSSON et al. (2014)
84	Personal Satisfaction	Persönliche Zufriedenheit einzelner Personen bei Erreichen der Gruppenziele	READ et al. (2012)
85	Private goals	Persönliches, verstecktes Interesse einzelner Mitarbeiter	READ et al. (2012)
86	Productivity	Effizienz um das Ziel der Gruppe zu erreichen	READ et al. (2012)
87	Proving Monitoring	Qualität und Vorschriften der Leistungskontrolle	OHLSSON et al. (2014), BLASINI & LEIST (2013), MARJANOVIC & FREEZE (2011)
88	Relating Rewards	Verständnis über Anerkennung von Beteiligten	OHLSSON et al. (2014)
89	Reliability of measurement algorithms	Verlässlichkeit der Algorithmen zur Prozess-Performance-Messung	BLASINI & LEIST (2013)
90	Representation of business reality	Repräsentation der Realität der Kennzahlen	BLASINI & LEIST (2013)
91	Responsibility	Verantwortlichkeiten und Hierarchien für den Geschäftsprozess	BROWNING (2008), OHLSSON et al. (2014), BLASINI & LEIST (2013)
92	Role	Position und Rolle des ausführenden Mitarbeiters	BROWNING (2008), OHLSSON et al. (2014)
93	Rules	Verständnis von Geschäftsregeln, Design Muster, Compliance	BROWNING (2008)
94	Service Support	Hilfe durch Teams und Mitarbeiter bei der Implementierung	BLASINI & LEIST (2013)
95	System Performance	Leistung des Systems	BLASINI & LEIST (2013)
96	Tailoring Guidance	Hinweise zur Adaption, Skalierbarkeit und Größenanpassung	BROWNING (2008)
97	Top management support	Unterstützung des Geschäftsprozesses durch die Geschäftsführung	BLASINI & LEIST (2013), OHLSSON et al. (2014)
98	Transparency of Process Models	Transparenz der Geschäftsprozessmodelle	BLASINI & LEIST (2013)
99	Up-to-dateness of Process Models	Aktualität der Geschäftsprozessmodelle	BLASINI & LEIST (2013)
100	Variation	Variation der einer Durchführung in Abhängigkeit des Standard-Geschäftsprozesses	ISIK et al. (2012), BROWNING (2008)
101	Work experience	Arbeitserfahrung der Mitarbeiter	SCHÄFERMEYER et al. (2010)
102	Basis of Requirements	Einbeziehung externer Standards und Normen	BROWNING (2008)

103	Candidate process performance indicators	Bedienkomfort der Indikatoren zur Leistungsmessung	BLASINI & LEIST (2013)
104	Change History	Dokumentation der Änderungen über die Zeit	BROWNING (2008)
105	Change Notifications	Zu benachrichtigende Personen und Organisationseinheiten bei Änderungen	BROWNING (2008)
106	Communication of process performance indicators	Kommunikation der relevanten Indikatoren zur Leistungsmessung	BLASINI & LEIST (2013)
107	Company Values Connection	Bewertung der Ausrichtung und Relevanz des Prozesses anhand der Werte	OHLSSON et al. (2014)
108	Company-specific Knowledge	Unternehmensspezifisches Geschäftsprozesswissen	BLASINI & LEIST (2013)
109	Constituents / Children	Untergeordnete Geschäftsprozesse	BROWNING (2008)
110	Control Tools	Programme, Vorlagen, Methoden und sonstige Hilfsmittel	BROWNING (2008), SCHÄFERMEYER et al. (2010), READ et al. (2012)
111	Deliverable Deployed Process Metrics Commitment Status	Zustand der Einigung (Angefragt, in Verhandlung, Einigung)	BROWNING (2008)
112	Deliverable Deployed Process Metrics Scheduled Time	Geplante Verfügbarkeit (Frist / Stichtag)	BROWNING (2008)
113	Deliverable Format	Format des Ergebnisses	BROWNING (2008)
114	Deliverable Medium	Lieferweg der Informationsübermittlung	BROWNING (2008)
115	Deliverable Standard Process Metrics Volatility	Objektive Attribute zur Bewertung der Beständigkeit	BROWNING (2008)
116	Deployed Process Metric Scheduled Costs	Geplante Kosten im Anwendungsfall	BROWNING (2008)
117	Deployed Process Metric Scheduled Duration	Geplante Dauer im Anwendungsfall	BROWNING (2008)
118	Documentation of collaboration	Dokumentation durch Aufzeichnung und Mitschrieb von Konversationen	READ et al. (2012)
119	Exit criteria verification	Liste zur Sicherstellung des Austrittskriteriums	BROWNING (2008)
120	Group goals	Ziel der Gruppe im Gesamten	READ et al. (2012)
121	Implementing Performance Interfaces	Fähigkeit zur Implementierung von Schnittstellen	OHLSSON et al. (2014)

122	Information Structure	Struktur der Informationen	MARJANOVIC & FREEZE (2011)
123	Inout Information Scope	Rahmen und Bandbreite der Informationen	ISIK et al. (2012)
124	Input link	Verknüpfung und Anzahl von Eingangsgrößen	BROWNING (2008)
125	Input maturity level	Fortschritt und Reife der Eingangsgröße	BROWNING (2008)
126	Mode	Status und Zustand des Geschäftsprozesses	BROWNING (2008)
127	Organisation Unit	Ausführende Organisationseinheit	BROWNING (2008)
128	Parent	Übergeordneter Geschäftsprozess	BROWNING (2008)
129	References	Handbücher, Regelwerke, Anleitungen	BROWNING (2008)
130	Scalability of the Performance System	Skalierbarkeit des Leistungsmessungs-Systems	BLASINI & LEIST (2013)
131	Shadowing	Vererbung von Prozesseigenschaften	BROWNING (2008)
132	Simple and appropriate figures and measures	Einfachheit der Prozess-Performance-Diagramme	BLASINI & LEIST (2013)
133	System Identification Number	Eindeutige Nummer zur Zuordnung in Datenbank	BROWNING (2008)
134	Transparency of Data Sources	Transparenz der Informationsquellen	BLASINI & LEIST (2013)
135	Version Number	Inkrementelle Beschreibung der Änderung	BROWNING (2008)
136	WBS Element Association	Einbettung im Projektplan (work breakdown structure)	BROWNING (2008)
137	Efficiency	Kosten-Nutzen Relation	READ et al. (2012)

Tabelle A.3: Sammlung existierender Produktions- und Prozesskennzahlen

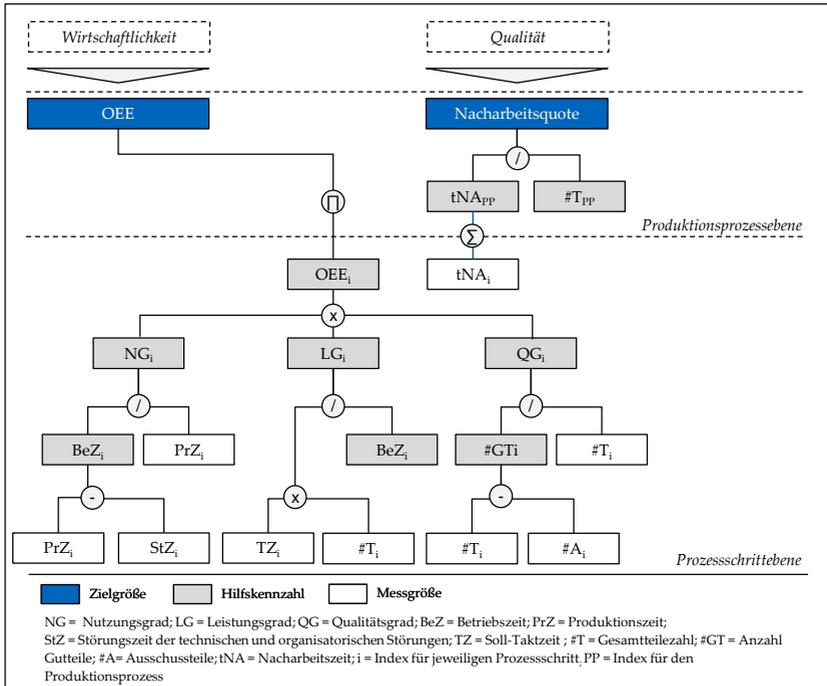
BAUER & HAYES-SEN (2009)	ERLACH (2010)	GLADEN (2011)	GOTTMANN (2016)
Durchlaufzeit Produktionsauftrag	Bearbeitungszeit	Produktionsmenge	Auftragsreichweite
Terminabweichung der Aufträge	Prozesszeit	Materialwert Fabrikationsbestand	Anlagenverfügbarkeit
Belegungszeit Auftrag	Prozessmenge	Materialeinsatz pro Tag	Anlageneffizienz
Durchlaufzeitfaktor	Anzahl Teile je Produkt Zykluszeit	Terminreue	Rüstzeitanteil
Zeitgrad	Bestandsmenge	Ausschussmenge	Maschinenauslastung
Auftragsreichweite Produktion	Anzahl Lagerplätze	Ausschussquote	Leistung
Auftragsrückstand	Anzahl Teile je Produkt	Nacharbeitsquote	Produktivität
Durchschnittliche Auftragslosgröße	Reichweite	Anzahl gelieferte Teile	Fehlproduktionsquote
Anlagen-Beschäftigungsgrad	Rüstzeit	Anzahl bestellte Teile	Mean Time Between Failure (MTBF)
Leerkosten einer Anlage	Losgröße	Ist-Bestand	Mean Time To Repair (MTTR)
Flexibilität der Anlagen	Anzahl Varianten	Verbrauch pro Tag	Overall Equipment Effectiveness (OEE)
Durchschnittliches Maschinenalter	Verfügbarkeit	Einzel- bzw. Gemeinkostenabweichung	Every Part Every Intervall (EPEI)
Deckungsbeitrag pro Fertigungsstunde	EPEI-Wert	Kostenstellenabweichung	Abschreibungsquote
Fertigungskosten pro Fertigungsstunde	Gutausbeute	Spezialabweichung	Instandhaltungsquote
Kostenabweichung Kostenstelle	Nacharbeit	First-Pass-Yields	Qualitätsgrad
Rüstkosten pro Auftrag	Prozess-Arbeitszeit je Tag	Ausschuß	Anteil erkannter Fehler
Lohnkosten pro Fertigungsstunde	Prozess-Jahresstückzahl	Rücksendungen	Ausschussquote
Abschreibungskosten pro Fertigungsstunde	Prozess-Kundentakt	Nacharbeitskosten	Nacharbeitsquote
Zinskosten pro Fertigungsstunde	Garantiekosten	Verbesserungsvorschläge pro Mitarbeiter	
Instandhaltungskosten pro Fertigungsstunde	Wartungskosten	Qualitätskostenkennzahl	
Instandhaltungsfaktor Kapitalabhängige	Entsorgungskosten		
Kosten pro Fertigungsstunde	Rüstkosten		

Energiekosten pro Fertigungsstunde	Losgrößen
Werkzeugkosten pro Fertigungsstunde	Produktionsleistung
IT-Kosten pro Fertigungsstunde	Maschinenstunden
CNC-Programmierkosten pro Fertigungsstunde	Wertschöpfung
Qualitätskosten pro Fertigungsstunde	Werkstoffverbrauch
Materialkosten pro Stück	Werkstoffverfügbarkeit
Fertigungskosten pro Stück	Werkstoffqualität
Variable Fertigungskosten pro Stück	Werkstoffverschnitt
Herstellkosten pro Stück	Werkstoffabfälle
Selbstkosten pro Stück	Bearbeitungszeiten
Variable Selbstkosten pro Stück	Stillstandszeiten
Prozesskostensatz	
Fertigungsauftragsabwicklung	Rüstzeiten
Ausschusskosten	Kapazitätsverfügbarkeit
Nacharbeitskosten	Umschlagshäufigkeit Vorräte
Fertigungskostenanteil	Anlagevermögen
Materialkostenanteil	Anlagennutzungsrate
Ausbringung Fließfertigungsanlagen	Amortisation
Umschlagshäufigkeit	
Durchschnittlicher Lagerbestand	
Kapitalbindung Lager	
Lagerkostensatz	
Lagerkosten Artikel	
Mittlere Wiederbeschaffungszeit (Plan)	
Terminabweichung	
Zulieferer	
Reichweite des Lagerbestandes	

Anhang

Anzahl Material-
Kanbans
Servicegrad
Mengentreue Zulieferer
Preisabweichung Zulieferer
Qualitätsabweichung Zulieferer
Durchlaufzeit Produktionsprojekte

A.3 Ergänzende Informationen zur Anwendung der Methodik



A.4 Betreute Studienarbeiten

Im Rahmen dieser Dissertation entstanden am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München (TUM) in den Jahren von 2013 bis 2018 unter wesentlicher wissenschaftlicher, fachlicher und inhaltlicher Anleitung des Autors zahlreiche studentische Arbeiten. Diejenigen, deren Ergebnisse maßgeblich zur vorliegenden Dissertation beigetragen haben oder eine wesentliche Inspiration waren, sind in Tabelle A.4 dargestellt. Der Autor dankt allen Studierenden für ihr Engagement bei der Unterstützung dieser wissenschaftlichen Arbeit.

Tabelle A.4: Studienarbeiten, die zur vorliegenden Arbeit beigetragen haben

Studierende	Titel der Studienarbeit	Beigetragen zu
Assonov, F.	Systemtheoretische Modellierung und Analyse eines Wertschöpfungssystems am Beispiel der Produktion	Kapitel 5
Assonov, F.	Entwicklung eines Konzepts zur attributbasierten Kategorisierung von sekundären Geschäftsprozessen	Kapitel 5
Jiang, C.	Analyse und Bewertung von Einflüssen und Wirkbeziehungen in komplexen Prozesssystemen	Kapitel 3
Knoll, D.	Attributbasierte Klassifikation von produktionsnahen Geschäftsprozessen	Kapitel 5
Korinski, A.	Entwicklung eines Modells prozesstechnischer Wirkung produktionsnaher Geschäftsprozesse auf den Produktionsprozess	Kapitel 3 & 4
Perathoner, D.	Titel der Studienarbeit	Kapitel 3, 5 & 6
Schneiderbauer, D.	Lean in indirekten Bereichen: Faktoren einer erfolgreichen Implementierung	Kapitel 1 & 3