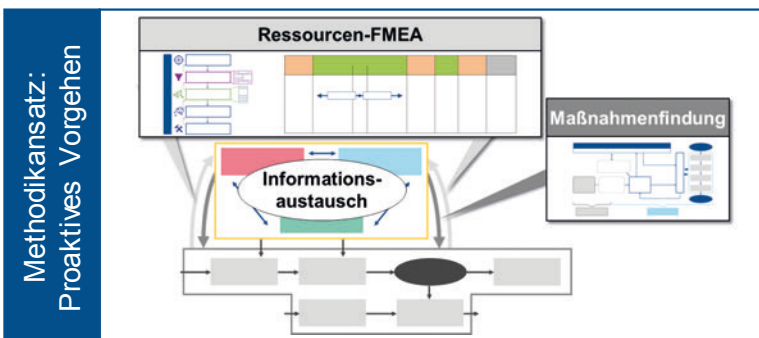
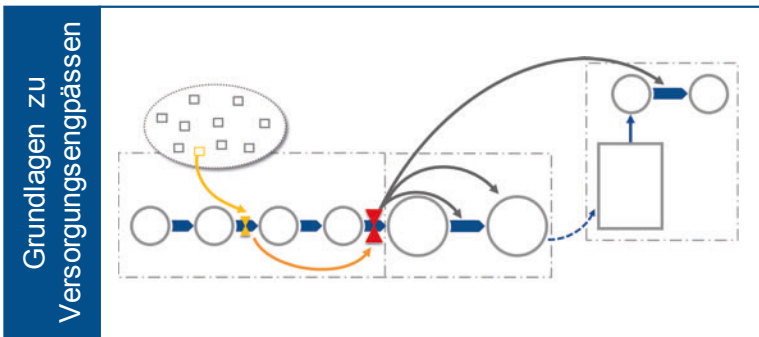


Sandra Link

Ressourcen-FMEA

Eine Methodik zur ganzheitlichen Berücksichtigung versorgungskritischer Ressourcen in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus



Ressourcen-FMEA:

Eine Methodik zur ganzheitlichen Berücksichtigung
versorgungskritischer Ressourcen
in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus

Vom Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt
zur
Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION

vorgelegt von
Sandra Link, M.Sc.
aus Frankfurt am Main

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Eckhard Kirchner
Mitberichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Joachim Metternich

Tag der Einreichung: 30.05.2017
Tag der mündlichen Prüfung: 27.09.2017

Darmstadt 2017
D17

Schriftenreihe Produktentwicklung und Maschinenelemente

Band 2

Sandra Link

Ressourcen-FMEA

Eine Methodik zur ganzheitlichen Berücksichtigung
versorgungskritischer Ressourcen in Unternehmen
des Maschinen- und Anlagenbaus

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2017

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2017

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5608-2

ISSN 2567-692X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Ressourcen spielen für die Wertschöpfung jedes Unternehmens des Maschinen- und Anlagenbaus eine wichtige Rolle. Sie sind Grundlage für die Produkte der Unternehmen, mit denen diese ihren wirtschaftlichen Erfolg und ihre Zukunftsfähigkeit sichern. Dabei müssen die erforderlichen Ressourcen zuverlässig zur Verfügung stehen. Kommt es aber bei diesen Ressourcen zu Versorgungsengpässen, kann der gesamte Umsatz und somit die Existenz des Unternehmens gefährdet sein.

Auch das Erstellen einer Dissertation erfordert diverse Ressourcen¹. Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Produktentwicklung und Maschinenelemente (pmd) der Technischen Universität Darmstadt. Nach mehreren Jahren ressourcenintensiver Arbeit ist es an der Zeit mich bei all den Menschen zu bedanken, die mir diese Promotion ermöglicht und mich auf verschiedenen Ebenen mit unterschiedlichen Ressourcen unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Prof. Dr.-Ing. Eckhard Kirchner für seine wertvollen Anregungen sowie für seine Bereitschaft sich auch zu einem fortgeschrittenen Zeitpunkt meiner Forschungstätigkeit noch aktiv einzubringen und mein Promotionsvorhaben zu unterstützen. Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Joachim Metternich danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse sowie für die fachlichen Diskussionen und konstruktiven Anmerkungen in seiner Zeit als kommissarischer Fachgebietsleiter. Herrn Dr.-Ing. Hermann Kloberdanz möchte ich zusätzlich einen besonderen Dank dafür aussprechen, dass er mich gefördert, unterstützt und in meinem Promotionsvorhaben bestärkt hat.

Ohne die hervorragende Zusammenarbeit mit engagierten Kooperationspartnern wären viele Ergebnisse dieser Arbeit nicht zustande gekommen, weshalb den beteiligten Personen und Unternehmen mein großer Dank gilt. An erster Stelle ist dabei der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA) zu nennen, der die finanziellen Ressourcen für meine Tätigkeit bereitgestellt hat. In diesem Zusammenhang gilt mein Dank insbesondere Frau Naemi Denz, Herrn Sven Laux und Herrn Dr.-Ing. Hermann Kloberdanz, die das Kooperationsprojekt zwischen dem VDMA und dem pmd möglich gemacht haben. Frau Denz war mir während des Projektes stets ein sehr kompetenter Gesprächspartner und hat dabei meine fachliche und persönliche Weiterentwicklung entscheidend mitgeprägt. Weiterhin bedanke ich mich bei allen beteiligten Unternehmensvertretern, die durch das Bereitstellen der Ressourcen Zeit, Wissen, Erfahrung und Praxisbeispiele im Rahmen von Experteninterviews und Workshops wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen

¹ Ich erlaube mir den Begriff *Ressource* hier freier zu interpretieren als dies für die vorliegende Arbeit gilt.

haben. Hierbei sind besonders die Mitarbeiter der Alfred Kärcher GmbH & Co. KG und der KHS GmbH hervorzuheben, denen ich für die angenehme und konstruktive Zusammenarbeit danke.

Weiterhin gilt mein Dank den aktiven und ehemaligen Kollegen des Fachgebiets pmd sowie der Abteilung Technik, Umwelt und Nachhaltigkeit des VDMA. Die intensive Zusammenarbeit, der gute Zusammenhalt der Mitarbeiter, die selbstverständliche gegenseitige Unterstützung sowie die vielen fachlichen (und persönlichen) Gespräche haben einen großen Teil zu dieser Arbeit beigetragen. Ich danke außerdem allen Personen, die im Rahmen von studentischen Arbeiten oder Hiwi-Arbeiten einen unterstützenden Beitrag geleistet haben.

Besonderer Dank gebührt an dieser Stelle auch meiner Familie und meinem Freund Dominik für die unermüdliche Stärkung und Motivierung sowie für ihr stets offenes Ohr. Sie haben mich auf meinem Weg begleitet und mich insbesondere im Falle drohender Engpässe unterstützt.

Darmstadt, im Oktober 2017

Sandra Link

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XII
Abkürzungen	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziel der Forschungsarbeit	3
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Stand der Forschung	6
2.1 Ressourcen	6
2.2 Engpassbetrachtungen in unterschiedlichen Kontexten	7
2.2.1 Kritikalitätsstudien	7
2.2.2 Supply Chain Management	9
2.2.3 Risikomanagement und Supply Chain Risk Management	10
2.2.4 Beschaffung	11
2.2.5 Verbindung von Beschaffung und Produktentwicklung	12
2.2.6 Theory of Constraints	13
2.3 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)	14
2.3.1 Vorteile der FMEA	14
2.3.2 FMEA-Arten	15
2.3.3 Prinzipielles Vorgehen bei der FMEA	16
2.3.4 Schwachstellen und Kritikpunkte der FMEA	17
2.3.5 Weiterentwicklungen der FMEA	19
2.4 Erfolgsmessung im industriellen Alltag	20
2.4.1 Kennzahlen und ihre Bedeutung	20
2.4.2 Anforderungen an Kennzahlen	22
2.4.3 Skalenniveaus von Messgrößen	23
2.4.4 Darstellungsformen	25
2.5 Überblick über die Systemtheorie	26
2.5.1 System und Systemstruktur	26
2.5.2 Systemkonzepte	26
2.6 Modellierung von technischen Prozessen	27
2.6.1 Prozessstrukturmodell	28
2.6.2 Erweitertes Prozessmodell	28
2.7 Modellierung von Objekten mit Hilfe von Eigenschaften	29
3 Forschungsbedarf und Konkretisierung der Zielsetzung	32
3.1 Ausgangssituation und abgeleitete Problemstellung	32
3.2 Abgleich der Problemstellung mit der Praxis	35

3.3 Zielkonkretisierung und Forschungsfragen	37
3.4 Abgrenzung und Charakterisierung der Zielgruppe	38
4 Grundlagen der Forschungsarbeit und Methodikansatz	40
4.1 Ressourcen im Lebenslauf von Produkten	40
4.2 Begriffsverständnis von Ressourcen und deren Kategorisierung	41
4.3 Versorgungsentpässe bei Ressourcen	47
4.3.1 Definieren und Modellieren von Versorgungsentpässen	47
4.3.2 Entstehen von Entpässen	52
4.3.3 Mögliche Folgen von Entpässen	56
4.3.4 Charakteristika von Entpässen	57
4.3.5 Strategien im Umgang mit Entpässen	59
4.3.6 Übergang zur Kritikalitätsbetrachtung	61
4.4 Erfassung von Versorgungsentpässen – die Kritikalitätsbetrachtung	62
4.4.1 Begriffsbestimmung Kritikalität	63
4.4.2 Auftretenswahrscheinlichkeit eines Entpässes	64
4.4.3 Bedeutung des Entpässes im Falle seines Auftretens	65
4.4.4 Charakteristika von Kritikalität	68
4.4.5 Kosten als Maß für die Kritikalität	69
4.5 Einflussbereich der Produktentwicklung	73
4.5.1 Allgemeine Aufgabe der Produktentwicklung	74
4.5.2 Einflussmöglichkeit der Entwicklung auf die Kritikalität	75
4.5.3 Grenzen der Einflussmöglichkeiten der Entwicklung	76
4.6 Methodikansatz	77
4.6.1 Anforderungen an die Methodik	77
4.6.2 Methodikansatz zur Berücksichtigung von Kritikalität	79
5 Ressourcen-FMEA als Kritikalitätsmethodik	82
5.1 Grundsätzliches zur Ressourcen-FMEA	82
5.1.1 Abgrenzung zur klassischen FMEA	82
5.1.2 Betrachtungsgegenstand und Betrachtungstiefe	83
5.1.3 Referenzprodukt für die Ressourcen-FMEA	85
5.1.4 Leistungsmerkmale der Untersuchungsobjekte	85
5.2 Vorgehensmodell der Ressourcen-FMEA	86
5.3 Phase 1: Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens	87
5.4 Phase 2: Grobanalyse	89
5.4.1 Ressourcenüberblick (Schritt I)	89
5.4.2 Abgleich mit bekannten kritischen Ressourcen (Schritt II)	90
5.4.3 Stücklistenanalyse (Schritt III)	90
5.4.4 Ergebniszusammenführung und Auswertung (Schritt IV)	93
5.4.5 Flexibler Ablauf der Grobanalyse	94

5.5 Phase 3: Feinanalyse	95
5.5.1 Strukturanalyse (Schritt I)	96
5.5.2 Engpassanalyse (Schritt II)	99
5.5.3 Implementierte Maßnahmen (Schritt III)	107
5.5.4 Engpassbewertung (Schritt IV)	109
5.5.5 Maßnahmenplanung (Schritt V)	116
5.5.6 Flexibler Ablauf der Feinanalyse	119
5.6 Phase 4: Auswertung und Entscheidung	120
5.7 Phase 5: Maßnahmenumsetzung und Überwachung	121
5.8 Zwischenfazit zur Ressourcen-FMEA	121
6 Erweiterte Betrachtung der Maßnahmenfindung in der Produktentwicklung	124
6.1 Stellenwert von Maßnahmen im Entwicklungsprozess	124
6.2 Entwicklungshinweise als Hilfestellung zur Beeinflussung der Kritikalität	125
6.3 Quellen zum Ermitteln von Maßnahmen	128
6.3.1 Ableiten von Maßnahmen aus der Ressourcen-FMEA	128
6.3.2 Ableiten von Maßnahmen aus allgemeinen Entwicklungshinweisen	129
6.4 Übertragbarkeit des Ansatzes auf andere Unternehmensfunktionen	129
7 Konsequenzen für die Umsetzung der Kritikalitätsbetrachtung	130
7.1 Kritikalitätsbetrachtung als kontinuierlicher proaktiver Prozess	130
7.2 Eingebundene Unternehmensfunktionen	131
7.3 Früherkennungssysteme	133
7.4 Wissenstransfer durch Informations- und Wissensmanagement	134
8 Evaluation	135
8.1 Theoretische Vorüberlegungen zur Evaluation	135
8.2 Anwendung der Methodik am Beispiel einer Getränkeabfüllmaschine	136
8.2.1 Beschreibung der analysierten Getränkeabfüllmaschine	136
8.2.2 Durchführung der Ressourcen-FMEA	138
8.2.3 Erkenntnisse aus der Methodikanwendung	146
8.3 Erfüllungsgrad der Anforderungen	149
9 Fazit und Ausblick	152
Anhang	157
Glossar	173
Literaturverzeichnis	178
Eigene Veröffentlichungen	192