

Schlussbericht

zu dem IGF-Vorhaben

StöGröM - Nachhaltiges Störgrößenmanagement in produzierenden KMU

der Forschungsstelle(n)

Leibniz Universität Hannover, Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA)

Das IGF-Vorhaben 17696 N der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Garbsen, 12.03.2015

Ort, Datum

Dipl.-Wirt.-Ing. Gerrit Meyer

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abkürzungsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
1. Zusammenfassung	5
2. Stand der Forschung	7
2.1. Störgrößen und Störgrößenmanagement	7
2.2. Maßnahmen zur Störgrößenbehebung	12
2.3. Mitarbeiterkompetenzen im Störgrößenmanagement	14
3. Darstellung der erzielten Projektergebnisse	16
4. Innovativer Beitrag und wirtschaftlicher Nutzen	54
5. Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU	56
6. Verwendung der Zuwendung	58
7. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	59
8. Ergebnistransfer in die Wirtschaft	60
9. Durchführende Forschungsstelle	66
10. Förderhinweis	67
11. Literaturverzeichnis	68

Abkürzungsverzeichnis

i.A.a.	in Anlehnung an
AP	Arbeitspaket
AWI	Arbeitswissenschaft
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CVTS	Continuing Vocational Training Survey
DIN	Deutsches Institut für Normung
FBA	Fehlerbaumanalyse
FMEA	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
ggf.	gegebenenfalls
IFA	Institut für Fabrikanlagen und Logistik
inkl.	inklusive
KMU	Kleines oder mittleres Unternehmen
PA	Projektbegleitender Ausschuss
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PG	Produktionsgestaltung
SGPZ	Störgrößenvorrioritätszahl
SPICE	Software Process Improvement and Capability Determination
StöGröM	Nachhaltiges Störgrößenvorrioritätsmanagement in produzierenden KMU
u.a.	unter anderem
UN	Unternehmen
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Produktionssystem in Anlehnung an HEINS.....	8
Abbildung 2.2: Aktionsursachen für das Auftreten von Störgrößen	9
Abbildung 2.3: Störgrößenkategorisierung nach WARNECKE UND JACOBI	11
Abbildung 2.4: Formblatt für die FMEA in der Produktionslogistik	12
Abbildung 3.1: Forschungsergebnisse und Anwendung in KMU	16
Abbildung 3.2: Darstellung des Lösungswegs	18
Abbildung 3.3: Überblick über Kategorisierungsvarianten von Störgrößen.....	19
Abbildung 3.4: Entwickelter Kategorisierungsansatz	21
Abbildung 3.5: Kategorisierungsbeispiel.....	21
Abbildung 3.6: Störgrößendatenbank (Ausschnitt)	22
Abbildung 3.7: Aufbau des Maßnahmenkatalogs (Ausschnitt).....	24
Abbildung 3.8: Reifegradmodell (Übersicht)	25
Abbildung 3.9: Reifegrade der Maßnahmen (Ausschnitt)	26
Abbildung 3.10: Betrachtete Kompetenzen.....	28
Abbildung 3.11: Beschreibung der Ausprägungsstufen der Kompetenz Teamfähigkeit	29
Abbildung 3.12: Soll-Kompetenzprofile (Ausschnitt)	30
Abbildung 3.13: Vorgehensweise beim kompetenzorientieren Störgrößenmanagement...31	
Abbildung 3.15: Kausaldiagramm der qualitativen Wirkzusammenhänge der Zielgrößen des Shopfloors.....	35
Abbildung 3.16: Störgrößenvorrioritätszahl.....	37
Abbildung 3.17: Vorgehensmodell der Systematik	38
Abbildung 3.18: Übersichtsfenster (Ausschnitt)	41
Abbildung 3.19: Erfassung der Unternehmensmorphologie (Ausschnitt).....	42
Abbildung 3.20: Leere Störgrößenmanagement-Übersicht.....	43
Abbildung 3.21: Störgrößenauswahl.....	44
Abbildung 3.22: Störgrößenmanagement-Übersicht mit ausgewählten Störgrößen	45
Abbildung 3.23: Bestimmung der Störgrößenvorrioritätszahl.....	46
Abbildung 3.24: Maßnahmenauswahl.....	46
Abbildung 3.25: Mitarbeiterauswahl.....	47
Abbildung 3.26: Störgrößenmanagement-Übersicht.....	48
Abbildung 3.27: Funktion „Maßnahme erstellen“	49
Abbildung 3.28: Mitarbeiterverwaltung.....	49
Abbildung 3.29: Funktion „Mitarbeiter anlegen“	50
Abbildung 3.30: Handlungsleitfaden	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Lastenheft	41
Tabelle 8.1: Überblick der Maßnahmen zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft.....	60
Tabelle 8.2: Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses	61

1. Zusammenfassung

In der Produktion treten vielfältige Störgrößen auf, die die logistische Leistungsfähigkeit mindern. Kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) mangelt es oft an den notwendigen Ressourcen und Methoden, um mit diesen vielfältigen Problemstellungen systematisch umzugehen [vgl. Meyer 2013a; Meyer 2013b].

Ziel des IGF-Vorhabens 17696 N war es, unter dem Titel „StöGröM - Nachhaltiges Störgrößenmanagement in produzierenden KMU“ eine softwarebasierte Systematik zu entwickeln, die KMU ein methodisches Vorgehen zur nachhaltigen Implementierung eines präventiv und reaktiv wirksamen Störgrößenmanagements ermöglicht.

Die entwickelte Systematik beinhaltet eine Störgrößendatenbank, einen Maßnahmenkatalog, notwendige Kompetenzprofile, eine Risikobewertung und ein Kausaldiagramm. Die Störgrößendatenbank enthält 292 Störgrößen, welche anhand der Merkmale „Objekt der Störgröße“, „Art der Störgröße“ und „Ort/Bereich“ kategorisiert sind. Der Maßnahmenkatalog umfasst 130 Maßnahmen. Diese sind mit den Störgrößenmerkmalen verknüpft. Ebenso wurde ein Kompetenzkatalog erarbeitet, welcher 17 Kompetenzen beinhaltet. Für jede Maßnahme wurde ein Soll-Kompetenzprofil erarbeitet. Des Weiteren ist eine Methode zur Erfassung der Ist-Mitarbeiterkompetenzen ausgewählt und an den Anwendungsfall adaptiert worden. Um die unterschiedlichen Störgrößen priorisieren zu können, enthält die Systematik eine Risikobewertung. Hierzu dient eine entwickelte Störgrößeprioritätszahl (SGPZ). Die SGPZ ermöglicht es, Störgrößen basierend auf deren Risikopotenzial für die Produktion in eine Behebungsreihenfolge zu bringen. Ein Kausaldiagramm stellt die Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Kennzahlen der Produktion und den unternehmerischen Zielgrößen dar. Anhand der SGPZ wird erstmals die Bedeutung von Störgrößen für die logistischen Ziele des Unternehmens bewertbar. Auf diese Weise kann die Wirkung einzelner Störgrößen auf die unternehmerischen Zielgrößen analysiert werden.

Die Systematik wurde in ein praxistaugliches Softwaretool überführt. Das Softwaretool ermöglicht dem Anwender¹ Störgrößen mit Hilfe der Störgrößendatenbank zu erfassen. Die Störgrößen werden anschließend hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Produktion gewichtet. Der Anwender kann dann eine Maßnahme auswählen, die ihm die Systematik vorschlägt. Das der Maßnahme zugehörige Soll-Kompetenzprofil wird angezeigt und der Anwender kann der Maßnahme einen geeigneten Mitarbeiter zuordnen.

Die Ausgabe des Softwaretools beinhaltet die primär zu betrachtende Störgröße, eine Maßnahme (inkl. Beschreibung) zur Behebung der Störgröße, das notwendige Soll-Kompetenzprofil und einen geeigneten Mitarbeiter (inkl. dessen Ist-Kompetenzprofil) zur Umsetzung der Maßnahme.

Die Systematik befähigt somit KMU, innerhalb ihres Produktionsprozesses Störungsschwerpunkte zu identifizieren und durch die Umsetzung vorgeschlagener Maßnahmen

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text auf eine geschlechtsneutrale Formulierung, wie z.B. MitarbeiterInnen verzichtet. Selbstverständlich richten sich alle Formulierungen gleichermaßen an beide Geschlechter.

das Auftreten und die Auswirkungen der Störgrößen zu mindern. Die besondere Stellung der Mitarbeiter im Hinblick auf einen störungsfreien Produktionsablauf wird dabei besonders berücksichtigt.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Unser Dank gilt dem Förderer und den zehn Industrieunternehmen, mit denen die Ergebnisse erarbeitet und validiert wurden.

2. Stand der Forschung

Im Folgenden wird ein Überblick über die Themen Störgrößen und deren Management, Maßnahmen zur Störgrößenbehebung sowie Mitarbeiterkompetenzen im Störgrößenmanagement gegeben.

2.1. Störgrößen und Störgrößenmanagement

In Wissenschaft und Praxis werden Störgrößen bzw. Störungen teilweise unterschiedlich definiert. Oftmals werden die Begriffe Störgrößen und Störungen auch synonym verwendet. Dieser Idee folgend wurden im Forschungsprojekt StöGröM unter Störgrößen sowohl Störgrößen als auch Störungen verstanden. Grundlage bildete die von HEIL aufgestellte Definition:

„Störungen sind zeitlich befristete Zustände in der Wertschöpfungskette, in denen durch das Einwirken von Störgrößen auf die Produktionsfaktoren und deren Kombinationsprozess eine unmittelbar festgestellte Abweichung vom optimalen Prozessverlauf und/oder dessen Ergebnis entsteht“ [Heil 1994].

Ausgehend von dieser Definition wurden in Anlehnung an HEIL Störgrößen im Forschungsprojekt definiert als

„Ereignisse, die zu Abweichungen zwischen Ist- und Planwerten in der Produktion führen (z. B. Mitarbeiterausfall, Qualitätsprobleme, Anlagenstörungen)“ [i.A.a. Heil 1994].

Im Fokus des Forschungsprojekts standen Störgrößen in Produktionssystemen. Ein Produktionssystem dient dem Zweck End- oder Zwischenprodukte aus der Kombination verschiedener Inputs und Systemelemente herzustellen [vgl. Nyhuis 2008; Dyckhoff 2007; Sokianos 1998]. Unter einem Produktionssystem wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ein System aus miteinander auf verschiedenen Ebenen durch die Organisation verknüpften Prozessen und Ressourcen verstanden. Die Planung und Steuerung erfolgt mithilfe diverser Gestaltungsprinzipien, Methoden und Werkzeuge. Innerhalb der Ebenen des Produktionssystems existieren die Gestaltungsfelder Technologie, Personal, Organisation und Logistik, die miteinander in Wechselwirkung stehen [vgl. Heins 2010]. Abbildung 2.1 stellt die Zusammenhänge grafisch dar.

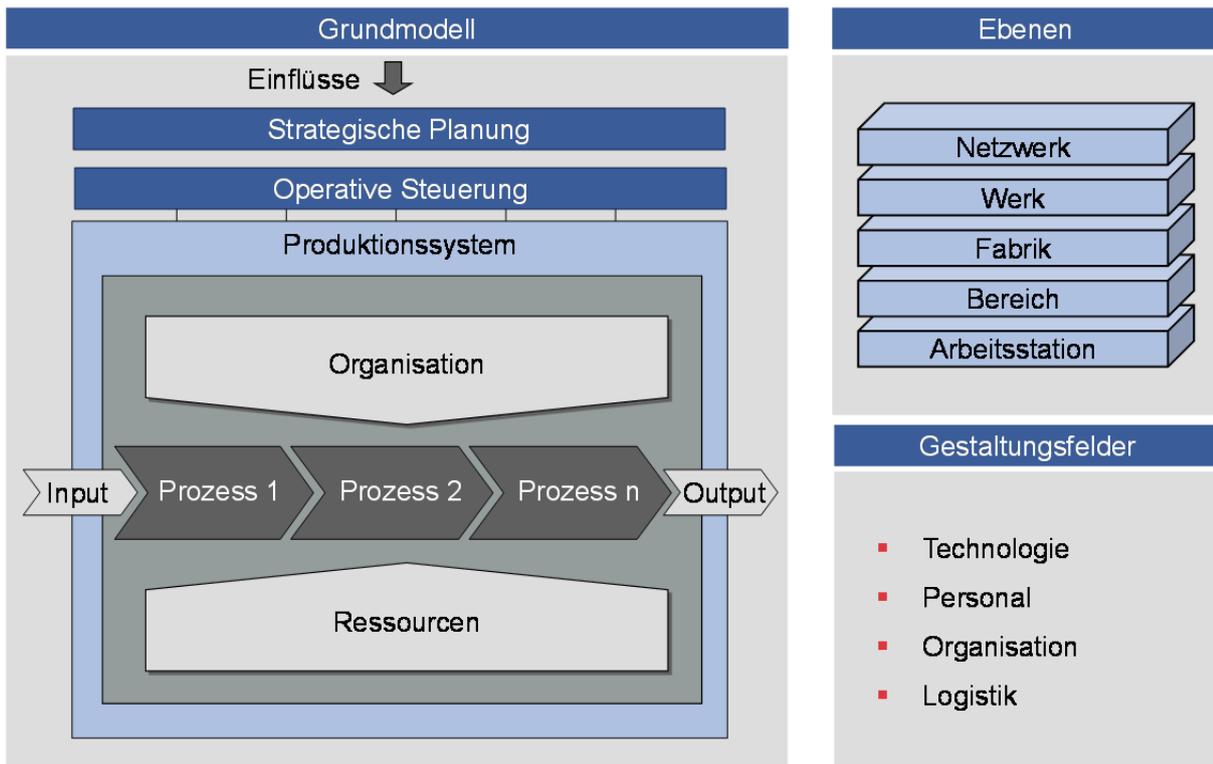


Abbildung 2.1: Produktionssystem in Anlehnung an HEINS [vgl. Heins 2010]

Bei den Prozessen innerhalb des Produktionssystems kann es sich um Fertigungs- und Montageprozesse handeln, die aber auch die vorgelagerten Prozesse, wie z.B. Materialbereitstellung beinhalten können. Im Forschungsprojekt wurde angenommen, dass in jeder Ebene eine Störgröße durch die Ressourcen der Gestaltungsfelder verursacht werden kann. Diese Störgröße kann in den nachgelagerten Prozessen aufgrund der Verkettung der diversen Prozesse weitere Störgrößen auslösen. In der Praxis zeigt sich, dass Störgrößen grundsätzlich in unterschiedlichen Bereichen eines Unternehmens verursacht werden, bspw. in der Konstruktion, Disposition und Qualitätssicherung. Die Verkettung der Teilprozesse führt jedoch dazu, dass Störgrößen vor allem in der Produktion auftreten bzw. dort sichtbar werden [vgl. Heil 1994]. Die Fehler, die in der Produktion vorgelagerten Bereichen gemacht werden und Störgrößen in der Produktion verursachen, können somit zu Unterbrechungen im Produktionsablauf führen [vgl. Eversheim 1992]. Die Verkettung der Prozesse sowie das daraus resultierende Ursache-Wirkungsgeflecht beim Auftreten von Störgrößen erfordert eine systematische Vorgehensweise zur Störgrößenbehebung. Hierzu bedarf es zum einen einer Abstimmung von Einzelmaßnahmen. Zum anderen ist ein Prozessmodell aufzustellen, um die notwendige Transparenz zu erhalten [vgl. Heil 1994].

Ein Ziel unternehmerischer Aktivitäten muss somit eine Reduzierung der Auswirkungen von Störgrößen in der Produktion sein, da diese die logistische Leistungsfähigkeit maßgeblich beeinflussen. Dies führt zu einer Verschlechterung der logistischen Zielerreichung sowie in der Folge zu einer geringeren Wirtschaftlichkeit der Produktion und unter Umständen zu einer verringerten Kundenzufriedenheit.

Diese Kausalkette verdeutlicht HEIL anhand eines Beispiels, welches im Folgenden aufgeführt ist:

Ein Mitarbeiter macht einen Anlagenbedienfehler. Die Ursache des Fehlers ist ein fehlerhafter Arbeitsplan. Der Anlagenbedienfehler resultiert in der Folge in einem Anlagenausfall. Dieser Ausfall führt im nachgelagerten Produktionsschritt zum Auftreten eines Fehlteils. Aufgrund des Fehlteils verzögert sich wiederum die Auslieferung des Auftrags an den Kunden. Der verspätet ausgelieferte Auftrag führt in der Konsequenz zu einer Verschlechterung der Zufriedenheit des Kunden [vgl. Heil 1994].

WILDEMANN führte eine empirische Analyse der Störgrößen von 20 Industrieunternehmen durch. In der Analyse wurden die Branchen Automobilbau und -zulieferung, chemische Industrie, Elektrotechnik und Elektronik, Maschinen- und Anlagenbau, Eisen-, Blech- und Metallverarbeitung sowie optische Industrie betrachtet. Die Ergebnisse der Analyse demonstrieren, dass es sich bei den meisten Störgrößen um Lenkungsstörgrößen handelt (s. Abbildung 2.2). Primärer Grund hierfür waren kurzfristige Änderungen des Produktionsprogramms. Die zweithäufigsten Störgrößen in den untersuchten Industrieunternehmen sind logistische Störgrößen. Als häufigste Ursachen für das Auftreten dieser Störgröße wurden Fehlteile, fehlende oder falsche Behälter sowie mangelnde Transportkapazität genannt. Die dritthäufigsten Störgrößen sind Betriebsmittelstörgrößen. Hauptursache sind Anlagenausfälle. Den vierten Rang nehmen die Informationsstörgrößen ein, die am häufigsten durch falsche oder fehlende Grunddaten, wie z.B. unvollständige oder falsche Arbeitsplandaten, verursacht werden. Mitarbeiterinduzierte Störgrößen (Mitarbeiterstörgrößen) liegen laut Nennung der Unternehmen auf dem fünften Platz [vgl. Wildemann 1995; Heil 1994].

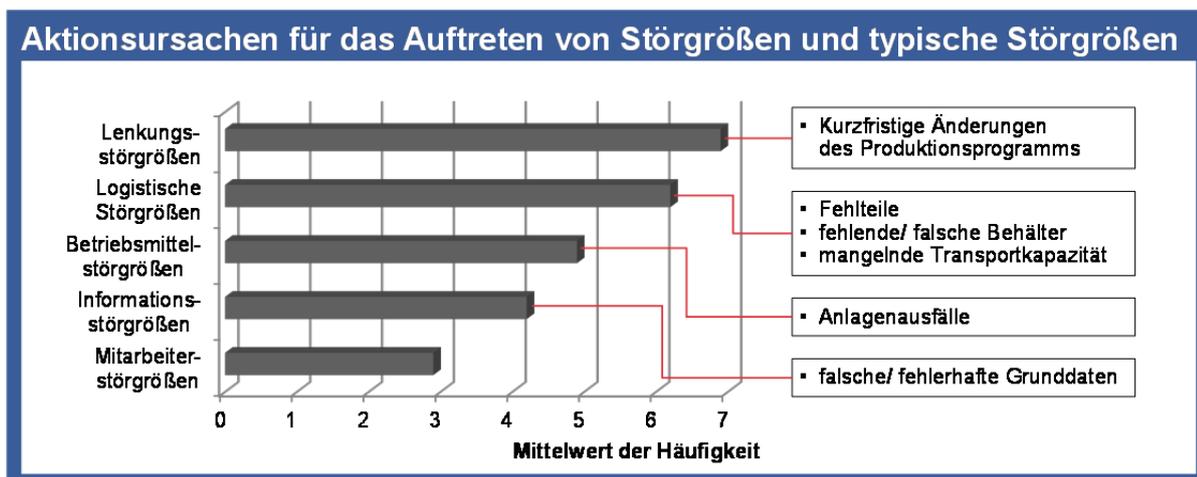


Abbildung 2.2: Aktionsursachen für das Auftreten von Störgrößen [vgl. Wildemann 1995]

WIENDAHL UND ULLMANN führten eine Untersuchung zur Analyse von Störgrößeneinflüssen durch Fertigungshilfsmittel in der NC-Fertigung von Unternehmen der Metallindustrie durch [vgl. Wiendahl 1987]. Als Fertigungsmitteln, die als Untergruppe der Betriebsmittel definiert wurden, verstanden die Verfasser der Untersuchung Werkzeuge, Vorrichtungen,

Mess- und Prüfmittel. Die Untersuchung umfasste 566 Störgrößen, welche sich auf 156 Arbeitsvorgänge bezogen. Die Analyse zeigte, dass insgesamt 53 % aller Störgrößen durch Fertigungshilfsmittel hervorgerufen und 47 % durch Maschinen, Personal und Material verursacht wurden. Im Rahmen der Ursachenforschung wurden insbesondere zwei Haupteinflussfaktoren zu den jeweiligen Störgrößen identifiziert. Zum einen ist ein Haupteinflussfaktor der unzureichende Informationsfluss zwischen der Fertigungssteuerung und der Bereitstellorganisation. Ursächlich hierfür war besonders die Fertigungssteuerung. Die Freigabe der Aufträge erfolgte meist sehr kurzfristig oder häufige Reihenfolgevertauschungen führten zu einer Streuung und Verlängerung der Durchlaufzeit. Zum anderen konnten die Ursachen der Störgrößen auf einen mangelnden Kenntnisstand in der Fertigungssteuerung über die im Werkzeugbereich tatsächlich benötigten Vorbereitungszeiten (wie z.B. Kommissionieren, Einstellen der Werkzeuge) und Durchlaufzeiten (vom Auftragseingang bis zur Bereitstellung) zurückgeführt werden [vgl. Wiendahl 1987].

Um Störgrößen nachhaltig zu reduzieren, bedarf es eines effizienten Störgrößenmanagement. Dieses ermöglicht Unternehmen, Prozesse robuster gegenüber Störgrößen zu gestalten. Ein effizientes Störgrößenmanagement unterstützt Unternehmen die Ursachen und Auswirkungen von Störgrößen schneller zu identifizieren sowie leichter geeignete Maßnahmen zur Prävention und Behebung von Störgrößen auszuwählen [vgl. Meyer 2014a]. Hierdurch können Störgrößen nachhaltig reduziert werden [vgl. Eversheim 1992].

Im Rahmen des Projektes werden unter

„... Störgrößenmanagement alle planerischen, organisatorischen, führenden und kontrollierenden Tätigkeiten im Umgang mit Störgrößen verstanden, mit dem Ziel, diese durch entsprechende Handlungsoptionen frühzeitig zu identifizieren und nachhaltig zu beheben“ verstanden [Meyer 2014a].

Der Aufbau und die Implementierung eines effizienten Störgrößenmanagements stellen insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) vor Herausforderungen. Zum einen existiert keine allgemeingültige für KMU geeignete Systematik, zum anderen verfügen KMU in der Regel nicht über die notwendigen Ressourcen, um eine solche Systematik eigenständig aufzubauen [vgl. Meyer 2014a]. Ebenso bedarf es im Rahmen eines effizienten Störgrößenmanagements eines Ansatzes zur methodischen Störgrößenidentifikation, der den unternehmensindividuellen Rahmenbedingungen angepasst werden kann.

In diversen Forschungsarbeiten wurden zwar Ansätze zur Störgrößenidentifikation und kategorisierung erarbeitet, die meisten befinden sich jedoch auf einer hohen bis abstrakten Aggregationsebene.

REFA stellt bspw. eine allgemeine Störgrößenkategorisierung auf einer hohen Aggregationsebene auf. Als Störgrößen werden dabei Ursachen einer wesentlichen Soll-Ist-Abweichung betrachtet und unterschieden nach externen und internen Störgrößen. Die externen Störgrößen werden durch Natur, Staat oder Markt verursacht. Die Verursacher

der internen Störgrößen finden sich im Beschaffungs-, Fertigungs- oder Absatzbereich [vgl. REFA 1974].

Dienstdorf erarbeitet einen Störgrößenartenkatalog. Er betrachtet nur Produktionsstörgrößen an zerspanenden Maschinen in Maschinenbaubetrieben mit Einzel- und Kleinserienfertigung und unterteilt diese in vier Hauptgruppen (Betriebsmittel, Werkstoff, Menschliche Arbeit (dispositiv) und Menschliche Arbeit (Maschinenarbeiter)). Dabei beinhaltet die Hauptgruppe „Menschliche Arbeit (dispositiv)“ die Faktoren Planung, Betriebsorganisation und Kontrolle [vgl. Dienstdorf 1970].

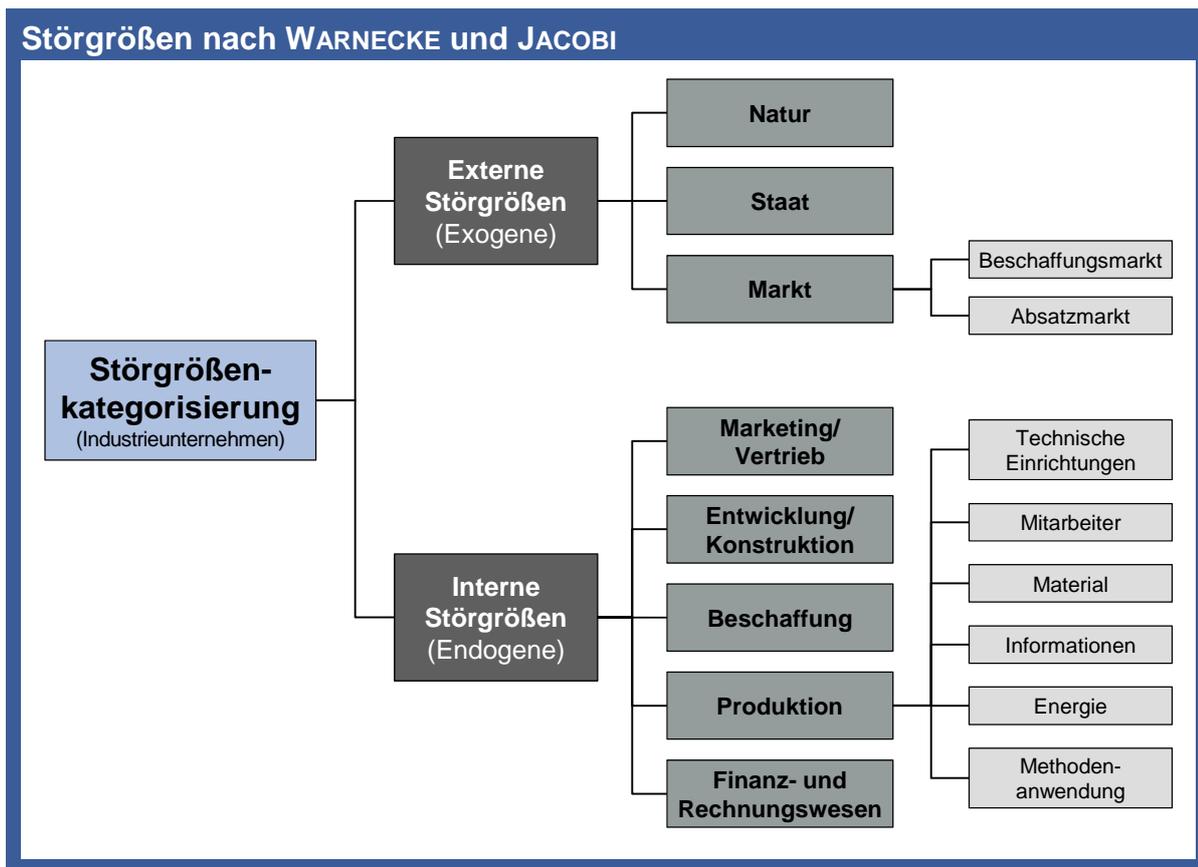


Abbildung 2.3: Störgrößenkategorisierung nach WARNECKE UND JACOBI [vgl. Warnecke 1991]

WARNECKE UND JACOBI fokussieren sich bei der Kategorisierung von Störgrößen auf die Produktion. Sie unterscheiden zwischen externen und internen Störgrößen und führen die Störgrößenfaktoren Technische Einrichtungen, Mitarbeiter, Material, Informationen, Energie und Methodenanwendung auf (s. Abbildung 2.3) [vgl. Warnecke 1991].

HACKSTEIN hingegen unterscheidet neun Kategorien (u.a. Personal, Werkstoff, Maschinen, Betriebsmittel, Organisatorische Mittel, Produktion) und ordnet diesen verschiedene Störgrößenfaktoren zu [vgl. Hackstein 1984].

Zudem stellt SCHWARTZ eine Kategorisierung der Störgrößen und deren Ursachen auf [vgl. Schwartz 2004]. Dabei stützt er sich auf eine Reihe Fachliteratur zum Thema „Störungen in Produktionsbetrieben“ [u.a. Bamberger 1996; Belz 1993; Bormann 1978; Eversheim

1992; Frei 1998; Greve 1970; Hackstein 1984; Heil 1994; REFA 1974; Schneeweiß 1988; Schuff 1984; Steinbuch 1999; Zäpfel 1996]. Er betrachtet die vier Störgrößenarten Potenzialfaktor-, Repetierfaktor-, Informations- und Auftragsstörgrößen [vgl. Schwartz 2004].

2.2. Maßnahmen zur Störgrößenbehebung

Maßnahmen zur Störgrößenbehebung lassen sich in reaktive und präventive Ansätze unterteilen. Der Fokus liegt in diesem Kontext immer auf der Ursachenfindung. Die Ableitung von Maßnahmen zur Ursachenbeseitigung und damit der Störgrößenbehebung bedarf darüber hinaus noch der Anwendung von Ansätzen aus den Kreativitätstechniken in Teams mit den für die jeweilige Problemstellung notwendigen Kompetenzen [vgl. Meyer 2013a].

Nachfolgend werden diverse Ansätze und Methoden zur Ursachenfindung vorgestellt, die in der Industrie weit verbreitet sind.

Eine präventive Maßnahme zur Identifikation und Priorisierung von möglichen Störgrößenursachen stellt bspw. die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) dar. Die Analyse beschreibt den Ort des Fehlers, die Art und die möglichen Folgen. Darauf aufbauend werden mögliche Fehlerursachen abgeleitet und mithilfe einer Risikoprioritätszahl bewertet und in eine Reihenfolge zur präventiven Maßnahmeneinleitung gebracht. Die Risikoprioritätszahl berechnet sich aus der Fehlerbedeutung für das Unternehmen, der Auftrittswahrscheinlichkeit der Ursache und der Entdeckungswahrscheinlichkeit. Maßnahmen werden in Teams abgeleitet. Die ergriffenen Maßnahmen können einerseits zur Minderung der Auftrittswahrscheinlichkeit von Fehlern oder andererseits zur Erhöhung der Entdeckungswahrscheinlichkeit möglicher Fehler dienen [vgl. Kamiske 2008; Benes 2011]. RUTA entwickelte zudem für die Produktionslogistik eine spezielle FMEA (s. Abbildung 2.4). Diese beinhaltet eine Risikobewertung für die Produktionslogistik. Die Bewertung der Entdeckungswahrscheinlichkeit wird jedoch nicht berücksichtigt [vgl. Ruta 1999].

Firma			Logistik FMEA										Bereich:		Blatt:			
			Bestätigung durch betroffene Abteilungen und/oder Lieferant		Name/Abt./Lieferant:			Name/Abt./Lieferant:					Arbeitssystem(e):		Datum:			
										Erstellt durch (Name/Abt.):		Überarbeitet:						
Prozeß	T	Element	Fehler	Derzeitiger Zustand							Neuer Zustand							
				A	W	Fehlerfolgen	B	G	RPZ	RPZ int.	RPZ ext.	Empfohlene Verbesserungsmaßnahmen	B	G	RPZ	RPZ int.	RPZ ext.	Verantwortlicher/Termin
Bearbeiten	7	Mitarbeiter	Begrenzte Mitarbeiterkapazität	8	6	Plantermin überschritten Arbeitsystem überlastet	7	3	2184	2352	1680	Hilfsarbeiter sollen einfache Tätigkeiten selbstständig durchführen und so Mitarbeiter stärker entlasten.	2	3	273	294	210	Mustermann/ bis Dez. 98
...

Abbildung 2.4: Formblatt für die FMEA in der Produktionslogistik [vgl. Ruta 1999]

Neben der FMEA ist auch die Anwendung der Fehlerbaumanalyse (FBA) verbreitet. Die FBA taugt zur Ableitung von logischen Konsequenzen aus gegebenen Voraussetzungen oder Annahmen. Die Top-Down verlaufende Analyse beginnt bei einem möglichen Top-Ereignis. Aus diesem Top-Ereignis werden schrittweise mögliche Störgrößen abgeleitet.

Jeder Ableitungsschritt beschreibt dabei eine für die darüber liegende Ebene unmittelbare Störgrößenursache. Mithilfe von booleschen Operatoren erfolgt eine Verknüpfung jeder Störgröße mit den möglichen Ursachen. Diese Art der Verknüpfung erleichtert dem Anwender die ermittelten Ursachen zu bewerten [vgl. Brunner 2008; Wappis 2010].

Zur Identifikation der Ursache einer Störgröße wird oftmals die 5-W- oder 6-W-Methode angewendet. Grundlage ist die Annahme, dass eine Störgröße durch eine Störgröße auf einer anderen Ebene verursacht wird. Diese neue Störgröße ist aber wiederum nur ein Symptom der davor liegenden Ebene. Das mehrmalige Fragen nach dem „Warum“ einer Störgröße führt somit zur Ursache einer Störgröße. Ausgangsposition ist die Intention nicht nur Symptome zu behandeln, um Störgrößen zu beseitigen, sondern bei der Ursache anzusetzen. Auf diese Weise ist eine nachhaltige Behebung der Störgröße möglich. Nachteilig ist jedoch die Linearität der Analyse. Liegen mehrere Ursachen für eine Störgröße vor, muss sich für eine Ursache entschieden und diese weiter verfolgt werden, um festzustellen, ob dies die Ursache oder ein Symptom einer tieferliegenden Ursache ist [vgl. Masing 2007].

Die Maßnahme Ishikawa-Diagramm, auch als Fischgräten-Diagramm, Ursache-Wirkungs-Diagramm oder Ursachenanalyse bezeichnet, wird eingesetzt, um Ursachen für die Entstehung von Störgrößen zu erkennen. Ziel ist die systematische Störgrößenursachenermittlung. Mithilfe des Ishikawa-Diagramms können Abhängigkeiten zwischen den Ursachen bzw. Einflussgrößen und den Störgrößen grafisch beschrieben werden. Der Vorteil der Methode ist die vollständige Ermittlung von Ursachen. Beim Ishikawa-Diagramm wird eine Störgröße systematisch nach Einflüssen durch den Menschen, die Maschine, das Milieu, das Material, die Methode und durch die Messung untersucht. Die Anwendung des Ishikawa-Diagramms eignet sich insbesondere bei der Analyse komplexer Strukturen. Sie wird in entsprechenden Teams mithilfe von Kreativitätstechniken durchgeführt [vgl. Brunner 2008; Kamiske 2008; Wagner 2008].

Eine weitere präventive Maßnahme, die in der Praxis von diversen Unternehmen eingesetzt wird, ist die Werker selbstkontrolle. Hierbei kontrollieren die operativen Mitarbeiter die von ihnen bearbeiteten Teile selbst. Auf diese Weise werden Fehler schneller erkannt und die Weitergabe fehlerhafter Teile an den nächsten Prozessschritt verhindert. Dies ist insbesondere aufgrund der bereits beschriebenen Verkettung der einzelnen Prozesse wichtig. Die Werker selbstkontrolle verbessert in erster Linie die kurzzyklische Störgrößenidentifikation. Sie führt ebenfalls zu Qualitätsverbesserungen und steigert zusätzlich das Verantwortungsbewusstsein der Mitarbeiter [vgl. VDI 2013].

Es existieren vielfältige präventive und reaktive Maßnahmen zur Ursachenfindung sowie zur nachhaltigen Störgrößenbehebung [vgl. Meyer 2013a]. Die Auswahl geeigneter Maßnahmen ist unter Berücksichtigung der notwendigen Mitarbeiterkompetenzen zu treffen [vgl. Meyer 2014b]. Unterschiedliche Maßnahmen verlangen nach unterschiedlichen Mitarbeiterkompetenzen [vgl. Meyer 2014a].

2.3. Mitarbeiterkompetenzen im Störgrößenmanagement

In Wissenschaft und Praxis existiert eine Fülle verschiedener Definitionen des Begriffs Kompetenzen [vgl. Heinen 2011]. ERPENBECK definiert Kompetenzen als „Dispositionen zur Selbstorganisation menschlichen Handelns, das kreative Denkhandeln eingeschlossen; sie sind Selbstorganisationsdispositionen. Kompetenzbestimmungen bringen, im Unterschied zu anderen Konstrukten, wie Fertigkeiten (engl. Skills), Wissen, Qualifikationen usw., die als Dispositionen vorhandenen Selbstorganisationsfähigkeiten des konkreten Individuums auf den Begriff. Während jene jedoch direkt prüfbar sind, lassen sich Kompetenzen nur aus der Realisierung der Dispositionen, aus dem aktuellen Handeln, aus der Performanz rückblickend erschließen“ [Erpenbeck 2003].

Kompetenzen können in die vier Facetten Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz typologisiert werden [vgl. Kauffeld 2006]. Unter Fachkompetenz werden die fachlichen Kenntnisse und Fertigkeiten verstanden, über die ein Mitarbeiter verfügen muss, um seine berufliche Tätigkeit ausüben zu können sowie die Fähigkeit Verbesserungspotenziale im Unternehmen zu identifizieren und hierfür fachliche Lösungen zu entwickeln [vgl. Heinen 2011; Kauffeld 2006; Rauner 2013]. Die kognitiven Fähigkeiten eines Mitarbeiters sich selbstständig neue Arbeitsmethoden oder neues Fachwissen anzueignen wird als Methodenkompetenz bezeichnet [vgl. Erpenbeck 2006]. Dabei sind die Fähigkeiten situationsübergreifend und -gerecht einzusetzen [vgl. Heinen 2011; Kauffeld 2006]. Sozialkompetenz umfasst die Erfahrung, Kenntnisse und Fähigkeit verschiedenartige Konstellationen der sozialen Interaktion zu bewältigen [vgl. Frey 2013; Kauffeld 2006]. Selbstkompetenz ist hingegen die Fähigkeit zur Selbsteinschätzung und die eigenständige Schaffung von Bedingungen, um sich im Rahmen der Tätigkeit zu entwickeln sowie die Werte und Einstellungen zur Tätigkeit [vgl. Frey 2013; Kauffeld 2006].

In der Studie Continuing Vocational Training Survey (CVTS) wurde auf europäischer Ebene die Bedeutung der einzelnen Kompetenzfacetten untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fachkompetenz von 77 % der Unternehmen als besonders wichtig eingeschätzt wird. Es folgt die Sozialkompetenz (30 %), die Selbstkompetenz (20 %) und die Methodenkompetenz (13 %). In Zukunft wird die Bedeutung der Fachkompetenz leicht sinken (75 %) und die anderen Kompetenzfacetten werden relevanter (Sozialkompetenz: 40 %, Selbstkompetenz: 26 %, Methodenkompetenz: 19 %) [vgl. Moraal 2009].

Kompetenzen können verschiedene Ausprägungsstufen haben, welche durch Kompetenzmessverfahren in Form von Selbst- oder Fremdeinschätzung sowie integrierte Verfahren erfasst werden können [vgl. Bergmann 2003; Frieling 2003; Leinweber 2013; North 2013]. Nach ERPENBECK existieren jedoch keine negativen Ausprägungen von Kompetenzen [vgl. Erpenbeck 2003]. Als Beispiel eines integrierten Verfahrens hat sich das Verfahren der Teiltätigkeitsklassen etabliert [vgl. Frieling 2003].

Fähigkeiten, Fertigkeiten, Wissen und Kompetenzfacetten können zur beruflichen Handlungskompetenz zusammengefasst werden [vgl. Heinen 2011]. Berufliche Handlungskompetenz bezeichnet nach KAUFFELD, GROTE UND FRIELING „alle Fähigkeiten, Fertigkeiten,

Denkmethoden und Wissensbestände des Menschen, die ihn bei der Bewältigung konkreter sowohl vertrauter als auch neuartiger Arbeitsaufgaben selbstorganisiert, aufgabengemäß, zielgerichtet, situationsbedingt und verantwortungsbewusst - oft in Kooperation mit anderen - handlungs- und reaktionsfähig machen und sich in der erfolgreichen Bewältigung konkreter Arbeitsanforderungen zeigen“ [Kauffeld 2003].

Die Entwicklung von Kompetenzen fällt in den Bereich der betrieblichen Personalentwicklung [vgl. Leinweber 2013]. Die Personalentwicklung nutzt diverse Instrumente und Techniken, wie beispielsweise kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung, Mentoring oder 360°-Feedback, um die Mitarbeiter auf aktuelle und künftige Anforderungen vorzubereiten und die Mitarbeiter mit den entsprechenden Kompetenzen auszustatten [vgl. Kock 2011; Ryschka 2011]. Aufgabe des Kompetenzmanagements ist nach NORTH, REINHARDT UND SIEBER-SUTER „Kompetenzen zu beschreiben, transparent zu machen sowie den Transfer, die Nutzung und Entwicklung der Kompetenzen, orientiert an den persönlichen Zielen des Mitarbeiters sowie den Zielen der Unternehmung, sicherzustellen“ [North 2013].

Das Kompetenzmanagement hat insbesondere vier Aufgaben [vgl. North 2013]:

- Erfassung der Mitarbeiterkompetenzen mit Kompetenzmessverfahren (u. a. quantitative Messungen, qualitative Charakterisierungen, observative Erfassungen) und Erstellung einer strukturierten Übersicht (z. B. Kompetenzrad) der vorhandenen Kompetenzen. Die Grundlage zur Erfassung der Kompetenzen bildet ein Kompetenzkatalog, der die zu erfassenden Kompetenzen aufführt;
- Aufdeckung vorhandener Kompetenzlücken und -potenziale mittels Soll-Ist-Kompetenzvergleich (Gap-Analyse);
- Verteilung und Verbreitung der Kompetenzen im Unternehmen;
- Schließung der aufgedeckten Kompetenzlücken durch gezielte Kompetenzentwicklungsmaßnahmen.

Die Notwendigkeit der Betrachtung der Mitarbeiterkompetenzen im Rahmen des Störgrößenmanagements wird im Folgenden an zwei beispielhaften Maßnahmen deutlich gemacht.

Die Anwendung der Maßnahme Ishikawa-Diagramm setzt beispielsweise voraus, dass die betroffenen Mitarbeiter besonders über eine hohe Beurteilungs- und Problemlösungsfähigkeit verfügen. So müssen sie in der Lage sein, Ursachen von Störgrößen, die möglicherweise aufgrund der komplexen Verkettung der Prozesse in weit zurückliegenden Produktionsschritten aufgetreten sind, schnell zu erkennen und deren Einfluss richtig zu beurteilen. Bei der Maßnahme Werkerselbstkontrolle müssen die Mitarbeiter hingegen unter anderem eine hohe Ausprägung der Kompetenzen Eigenverantwortung und Qualitätsbewusstsein besitzen [vgl. Meyer 2014a].

3. Darstellung der erzielten Projektergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts dargestellt. Zu Beginn werden die Ergebnisse und das Zusammenwirken der einzelnen Arbeitspakete kurz beschrieben, um eine Einordnung in den Gesamtkontext zu erleichtern. Anschließend werden die Arbeitspakete mit den jeweils durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnissen detailliert dargelegt.

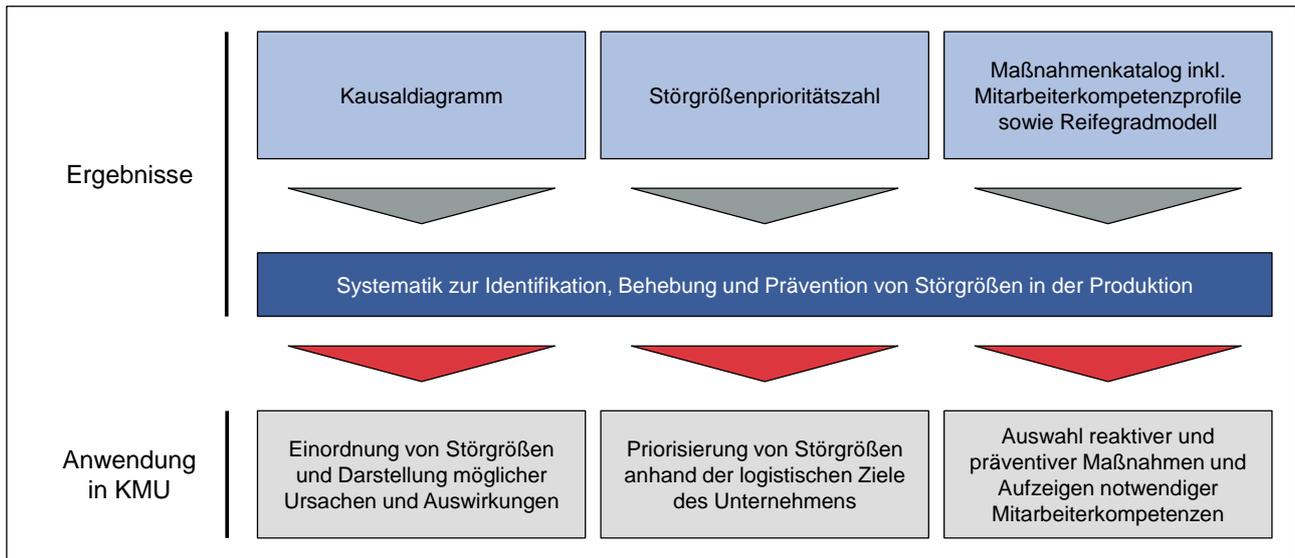


Abbildung 3.1: Forschungsergebnisse und Anwendung in KMU

Das Kernergebnis des Forschungsvorhabens ist eine Systematik (s. Abbildung 3.1), die KMU ein Vorgehen zur Umsetzung präventiver und reaktiver Maßnahmen aufzeigt, mit denen ein individuelles Störgrößenmanagement installiert und nachhaltig im Unternehmen verankert werden kann. Die Systematik befähigt KMU innerhalb ihres Produktionsprozesses Störungsschwerpunkte zu identifizieren und durch die Umsetzung vorgeschlagener Maßnahmen das Auftreten und die Auswirkungen der Störgrößen zu mindern. Die Systematik berücksichtigt dabei auch die notwendigen Kompetenzen der Mitarbeiter.

Die Systematik wurde in ein praxistaugliches Softwaretool überführt, um die die Ergebnisse des Forschungsprojekts auf eine anwenderfreundliche Weise KMU zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen des projektbegleitenden Ausschusses wurde diskutiert, welche Software für diesen spezifischen Anwendungsfall am geeignetsten ist. Die Entscheidung fiel auf eine Visual Basic-Programmierung des Tools mit Microsoft Excel®, da davon ausgegangen werden kann, dass dieses Programm bei den meisten Unternehmen vorhanden ist. Auf diese Weise können Kosten für die Anschaffung einer zusätzlichen Software inkl. Qualifizierung der Mitarbeiter vermieden werden. Bei der softwaretechnischen Umsetzung des Tools wurde primär auf eine klare und übersichtliche Struktur, eine intuitive Bedienung und die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse geachtet. Das Tool wird Interessierten auf der Projekt-Homepage kostenlos zur Verfügung gestellt.

Die Systematik besteht insbesondere aus den drei Teilergebnissen Kausaldiagramm, Störgrößenvorrioritätszahl und einem Maßnahmenkatalog inkl. Mitarbeiterkompetenzprofilen (s. Abbildung 3.1).

Das generische Kausaldiagramm dient zur Identifikation von Störgrößen in der Produktion unter Berücksichtigung deren Ursachen und Auswirkungen. Die Generik des Modells ermöglicht eine Anpassung an die vielfältigen und individuellen Rahmenbedingungen von produzierenden KMU. Die spezifischen Zusammenhänge zwischen Ursachen, Störgröße und Auswirkungen werden durch den Aufbau eines individuellen Modells für den Anwender verständlich dargestellt.

Die Störgrößenvorrioritätszahl (SGPZ) unterstützt KMU eine Risikobewertung der Störgrößen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die logistischen Zielgrößen des Unternehmens durchzuführen. Die Unternehmen können mit der SGPZ eine Priorisierung ihrer Störgrößen vornehmen und Maßnahmen ableiten, die für das eigene Unternehmen am besten geeignet sind.

Der individualisierbare Maßnahmenkatalog hilft Unternehmen bei der Ursachenbehebung und -prävention. Unternehmen können aus dem Katalog für ihren Anwendungsfall geeignete reaktive und präventive Maßnahmen zur Störgrößenbehebung auswählen. Zumeist handelt es sich um allgemeingültige sowie branchenspezifische Lösungen, an denen sich KMU bei der Maßnahmenableitung und -umsetzung orientieren können. Eine Verknüpfung der Maßnahmen mit Mitarbeiterkompetenzprofilen zeigt den Unternehmen die notwendigen Soll-Kompetenzen zur Maßnahmenumsetzung auf. So soll u.a. sichergestellt werden, dass nur Maßnahmen umgesetzt werden, für die die entsprechenden Mitarbeiterkompetenzen auch vorhanden sind.

Zur Erreichung des Forschungsziels und der dargestellten Projektergebnisse diene der sieben Arbeitspakete (APs) umfassende Arbeitsplan aus dem Antrag (s. Abbildung 3.2):

- AP1: Identifikation und Kategorisierung von Störgrößen in der Produktion
- AP2: Aufbau eines individualisierbaren Maßnahmenkatalogs
- AP3: Ableitung von Mitarbeiterkompetenzprofilen und Verknüpfung mit Maßnahmen
- AP4: Entwicklung eines generischen Ursache-Wirk-Modells inkl. Risikobewertung
- AP5: Zusammenführung in einer Systematik und Umsetzung in einem Softwaretool
- AP6: Validierung der Systematik in den Unternehmen
- AP7: Dokumentation der Ergebnisse

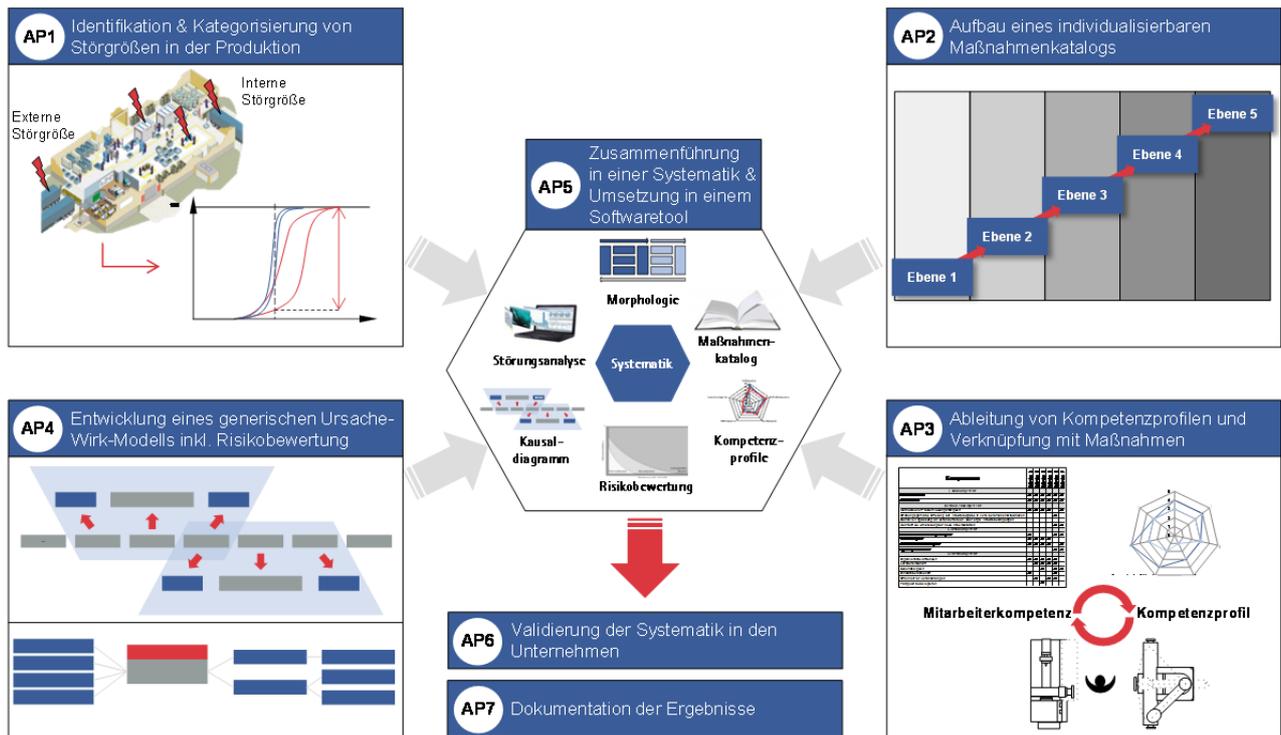


Abbildung 3.2: Darstellung des Lösungswegs

Zunächst wurden die Inhalte der Arbeitspakete 1-4 erarbeitet und diese anschließend im Rahmen von Arbeitspaket 5 in eine Systematik überführt. Zur praxistauglichen Nutzung der Ergebnisse wurde die Systematik in einem Softwaretool abgebildet. Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete wurden abschließend validiert. Projektbegleitend erfolgte die Dokumentation der Ergebnisse.

Nachfolgend werden die einzelnen Tätigkeiten und Ergebnissen der jeweiligen Arbeitspakete im Detail vorgestellt. Hierzu wird kurz das Ziel des jeweiligen Arbeitspakets dargestellt, das Vorgehen knapp erläutert und anschließend die erarbeiteten Ergebnisse detailliert beschrieben.

Arbeitspaket 1: Identifikation und Kategorisierung von Störgrößen in der Produktion

Ziel:

Ziel des ersten Arbeitspaketes war die Identifikation von Störgrößen, die typischerweise in der Produktion von KMU auftreten, mit deren Ursachen und Auswirkungen. Die identifizierten Störgrößen sollten in einer Datenbank gesammelt und allgemeingültigen Störgrößenkategorien zugeordnet werden, um sie im Rahmen der Systematik mit den Maßnahmen verknüpfen zu können.

Vorgehen:

Zur Erreichung des Ziels wurden typische Störgrößen, die in der Produktion bei KMU auftreten, zusammen mit ihren Ursachen und Auswirkungen erfasst und in einer Microsoft Excel®-Datenbank zusammengetragen. Die Sammlung der Störgrößen, Ursachen und

Auswirkungen erfolgte durch Unterstützung der beteiligten Industrieunternehmen, Interviews mit Experten und Literaturrecherche. Zudem wurde das am Institut für Fabrikanlagen und Logistik vorhandene Erfahrungswissen zu dieser Thematik genutzt, um weiteren Störgrößen in der Datenbank zu ergänzen.

Des Weiteren wurden geeignete Störgrößenkategorien erarbeitet. Dieser Schritt erfolgte durch eine umfangreiche Literaturrecherche und Diskussion mit Experten und Vertretern der beteiligten Unternehmen. Abschließend wurden die gesammelten Störgrößen mit Unterstützung der beteiligten Unternehmen den Kategorien zugeordnet.

Ergebnisse:

Kategorisierungsansatz für Störgrößen

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde festgestellt, dass keine einheitliche Kategorisierung von Störgrößen und deren Ursachen in der Literatur vorhanden ist. Es existiert jedoch eine große Vielfalt von Störgrößen, die eine thematische Gruppierung der Störgrößen notwendig macht. Aus diesem Grund war es erforderlich einen Kategorisierungsansatz für Störgrößen zu entwickeln, um beispielsweise die Ursachenbehebung oder die Störgrößenprävention systematisch durchführen zu können. Nachfolgend werden Kategorisierungsvarianten vorgestellt, die zur Erarbeitung des Ansatzes zur Kategorisierung von Störgrößen genutzt wurden.

Autor [Jahr]	Kategorien								
KAMISKE & BRAUER [2007]	Mensch		Maschine		Material		Methode		Milieu (Umwelt)
PFEIFER [2001]	Mensch	Maschine	Material	Management	Messbarkeit	Mitwelt	Methoden		
HIRANO [1992]	Information		Material		Maschine		Methode		Mensch
KLEMKE ET AL. [2012]	Technologie		Logistik		Organisation		Personal		
WARNECKE & JACOBI [1991]	Externe Störungen				Interne Störungen				
	Natur	Staat	Markt	Entwicklung	Beschaffung	Produktion	...		
DIENSTDORF [1970]	Betriebsmittel		Werkstoff		Mensch (dispositiv)		Mensch (Maschinenarbeiter)		

Abbildung 3.3: Überblick über Kategorisierungsvarianten von Störgrößen

Bei der Methode Ishikawa-Diagramm werden mögliche Fehler- bzw. Störgrößenursachen den Themenfeldern Mensch, Maschine, Material, Methode und Milieu (Umwelt) zugeordnet [vgl. Kamiske 2008]. Zudem existiert eine Erweiterung dieser Themenfelder um Management und Messbarkeit. Diese sieben Kategorien werden auch als 7-M des Qualitätsmanagements bezeichnet [vgl. Pfeifer 2001]. HIRANO verwendet hierfür ähnliche Begriffe: Information, Material, Maschine, Methode und Mensch [vgl. Hirano 1992]. Denkbar wäre auch eine Kategorisierung von Störgrößen nach den Gestaltungsfeldern von Produktionssystemen: Technologie, Logistik, Organisation und Personal [vgl. Klemke 2012].

WARNECKE UND JACOBI unterscheiden Störgrößen in der Produktion nach externen und internen Störgrößen. Die Ursachen externer Störgrößen liegen außerhalb der Produktion, wie beispielsweise ein Energieausfall oder politische Entscheidungen. Die Behebung der Ursachen ist für Unternehmen in diesem Fall nicht möglich, jedoch lassen sich durch die Auswahl geeigneter Maßnahmen deren Auswirkungen reduzieren. Die Ursachen interner Störgrößen liegen hingegen in der Produktion, sind beeinflussbar und deren Ursachen durch entsprechende Maßnahmen behebbar [vgl. Warnecke 1991]. DIENSTHOFF differenziert zwischen Betriebsmittel, Werkstoff, Mensch (dispositiv) und Mensch (Maschinenarbeiter) [vgl. Dienstdorf 1970].

Eine Analyse der einzelnen Kategorisierungsvarianten zeigte, dass eine große Anzahl an Unterscheidungsmöglichkeiten zur Kategorisierung von Störgrößen und deren Ursachen existiert. Diese beschreiben entweder was gestört ist, wie es gestört ist oder wo die Störgröße auftritt. Die Unterscheidungen werden jedoch von den einzelnen Autoren getrennt betrachtet. Der im Forschungsprojekt angestrebte Aufbau der Systematik erforderte jedoch einen ganzheitlichen Ansatz. Dieser ist notwendig um die Vielzahl produktionsrelevanter Störgrößen beschreiben und einordnen zu können.

Grundsätzlich lässt sich jede Störgröße über die folgenden Fragen grob beschreiben [vgl. Meyer 2013b]:

- Was ist gestört?
- Wie ist es gestört?
- Wo tritt die Störgröße auf?

Anhand dieser Fragen wurde ein Kategorisierungsansatz entwickelt. Abbildung 3.4 zeigt den Ansatz mit dem sich diese Fragen für alle Störgrößen beantworten lassen. Der Ansatz ermöglicht eine eindeutige Kategorisierung von Störgrößen. Unberücksichtigt bleibt die Frage warum etwas gestört ist, da es sich hierbei um den Beginn der Ursachensuche und damit nicht um den Teil der Erfassung handelt.

Störgröße		
Objekt	Art	Ort / Bereich
Information	Bereitstellung	Disposition / Einkauf
Betriebsmittel	Beschaffenheit	Fertigung
Material		Konstruktion/ Entwicklung
Mensch		Lager
Methode / Prozess		Lieferant
Milieu / Umwelt		Logistik / Kommissionierung
Produkt		Montage
		Produktionsplanung und -steuerung
		Qualitätssicherung
		Verkauf / Kunde
Auswahlmöglichkeiten		

Abbildung 3.4: Entwickelter Kategorisierungsansatz

Die Kategorie Objekt gibt Auskunft darüber, was gestört ist. Der entwickelte Ansatz unterscheidet die sieben Merkmale: Information, Betriebsmittel, Material, Mensch, Methode/Prozess, Milieu/Umwelt und Produkt. Die Kategorie der Art der Störgröße unterscheidet, ob das Objekt seine Eigenschaften gar nicht (‚Bereitstellung‘) oder nur in unzureichendem Zustand (‚Beschaffenheit‘) zur Verfügung stellt. Mit der dritten Kategorie Ort/Bereich wird beschrieben, wo im Unternehmen die betrachtete Störgröße aufgetreten ist. Es werden die zehn Merkmale Konstruktion/Entwicklung, Disposition/Einkauf, Produktionsplanung und -steuerung, Lieferant, Lager, Logistik/Kommissionierung, Fertigung, Montage, Qualitätssicherung und Verkauf/Kunde unterschieden.

Störgröße			
1 Störungsbeschreibung	2 Objekt	3 Art	4 Ort / Bereich
"Fehlende Arbeitsanweisung an einem Montagearbeitsplatz"	Information	Bereitstellung	Disposition / Einkauf
	Betriebsmittel	Beschaffenheit	Fertigung
	Material		Konstruktion/ Entwicklung
	Mensch		Lager
	Methode / Prozess		Lieferant
	Milieu / Umwelt		Logistik / Kommissionierung
	Produkt		Montage
			Produktionsplanung und -steuerung
			Qualitätssicherung
			Verkauf / Kunde
Auswahlmöglichkeiten			

Abbildung 3.5: Kategorisierungsbeispiel

Die Kategorisierung einer Störgröße soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden (s. Abbildung 3.5). Im Beispielfall der Störgröße ‚Fehlende Arbeitsanweisung an einem

Montagearbeitsplatz' wäre für die Kategorie Objekt das Merkmal ‚Information‘ zutreffend. Bei einer fehlenden Arbeitsanweisung würde das Merkmal ‚Bereitstellung‘ zutreffen, da die Arbeitsanweisung nicht vorliegt. Wenn die Arbeitsanweisung hingegen fehlerhaft ist, wäre die Störungsart ‚Beschaffenheit‘ zu wählen. Da im Beispielfall die Arbeitsanweisung nicht fehlerhaft ist, sondern komplett fehlt, wäre die passende Art der Störgröße also ‚Bereitstellung‘. Bei der Kategorie Ort/Bereich wäre das Merkmal ‚Montage‘ zutreffend, da die Störgröße an einem Arbeitsplatz in der Montage auftritt. Zusammengefasst lautet die Beschreibung der beispielhaften Störgröße: Information – Bereitstellung – Montage. Wenn die Störgröße hingegen ‚fehlende Zwischenfabrikate in der Fertigung‘ wäre, würde die Kategorisierung lauten: Information – Beschaffenheit – Montage.

Störgrößendatenbank

Der entwickelte Ansatz dient innerhalb der Störgrößendatenbank zur Kategorisierung der Störgrößen. Der Kategorisierungsansatz diente anschließend zum Aufbau der Störgrößendatenbank. Der Aufbau der Störgrößendatenbank erfolgte in erster Linie mit Unterstützung der am Projekt beteiligten Unternehmen.

Die Unternehmen wurden befragt, welche Störgrößen in der Vergangenheit aufgetreten sind bzw. welche potentiellen Störgrößen vorhanden sind. Die Störgrößen wurden anschließend den entsprechenden Kategorisierungsmerkmalen zugeordnet. Ebenso wurden Maßnahmen, in der Regel präventive Maßnahmen, aufgeführt, die zur Behebung der Störgröße aus Sicht des befragten Unternehmens geeignet sind.

Störungsbeschreibung	Objekt	Art	Ort / Bereich	Maßnahme	UN A	UN B	UN C	...
Anlage fällt aus	Betriebsmittel	Bereitstellung	Fertigung	Vorbeugende Instandhaltung; Überkapazität einplanen	X	X	X	X
Anlage fällt aus	Betriebsmittel	Beschaffenheit	Fertigung	Flop10, Pareto, FMEA, 5xWarum	X	X	X	
Anlieferung zu früh	Material	Bereitstellung	Lieferant	Lager	X		X	
Anlieferung zu spät	Material	Bereitstellung	Lieferant	Lagerentkopplung	X	X	X	X
Arbeitsunterlagen falsch	Information	Beschaffenheit	Produktionsplanung und -steuerung	Einsatz Simulationssoftware (VeriCUT)	X	X	X	X
Aufträge (zu/sehr viele) angenommen	Mensch	Bereitstellung	Disposition / Einkauf	Vertrieb disziplinieren	X	X	X	X
Ausschuss	Material	Beschaffenheit	Montage	Regelschleifen für Anlagenüberprüfung				
Bedarfe geändert	Material	Bereitstellung	Verkauf / Kunde	Fertigwarenbestand aufbauen (hier 2 Tage)	X		X	
Bedienerfehler (mangelndes Fachwissen)	Mensch	Beschaffenheit	Fertigung	Schulung der MA		X	X	X
Bedienerfehler (Fräsmaschine)	Mensch	Beschaffenheit	Fertigung	Kollisionskontrolle, Störkontur, Taster (Maschine)			X	

Abbildung 3.6: Störgrößendatenbank (Ausschnitt)

Abbildung 3.6 zeigt einen Ausschnitt der Störgrößendatenbank. Auf der linken Seite erfolgen zunächst die Beschreibung der Störgröße sowie die Einordnung in die Kategorien Objekt, Art und Ort/Bereich. Anschließend wird eine geeignete Maßnahme zur Behebung aufgeführt. Auf der rechten Seite wurde erfasst, für welche Unternehmen die Störgröße eine Relevanz besitzt.

Die Störgrößendatenbank enthält insgesamt 292 Störgrößen, welche kategorisiert sind, sowie diverse Maßnahmen zur Behebung dieser Störgrößen. Am Aufbau der Datenbank waren unter anderem alle zehn Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses beteiligt.

Arbeitspaket 2: Aufbau eines individualisierbaren Maßnahmenkatalogs

Ziel:

Ziel war der Aufbau eines individualisierbaren Maßnahmenkatalogs für die kategorisierten Störgrößen aus Arbeitspaket 1. Zudem sollte ein Reifegradmodell zur Umsetzungskontrolle erstellt werden. Der Maßnahmenkatalog sollte u.a. Best-Practice-Lösungen der beteiligten Unternehmen und Lösungsansätze aus der Fachliteratur beinhalten.

Vorgehen:

Zur Erreichung des Ziels wurden in produzierenden Unternehmen verbreitete Maßnahmen erfasst und in einer Microsoft Excel®-Datenbank gesammelt. Das Zusammentragen der Maßnahmen zu den identifizierten Störgrößen erfolgt im Rahmen von Gesprächen mit den beteiligten PA-Unternehmen und Interviews mit Experten aus dem IFA-Netzwerk. Des Weiteren wurden im Rahmen studentischer Arbeiten und Literaturrecherchen weitere Maßnahmen ermittelt.

Bereits zu Beginn der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass teilweise eine Bearbeitung dieses Arbeitspaket parallel zu AP 1 sinnvoll war, da die Identifikation von Störgrößen und die dazugehörigen Maßnahmen in der Regel nicht losgelöst voneinander betrachtet werden können.

Neben der Sammlung existierender Maßnahmen und Lösungen wurden in einzelnen Fällen auch Maßnahmen adaptiert, da sich herausstellte, dass nicht zu jeder Störgröße bereits entsprechend formulierte Maßnahmen existieren, die sich auf andere Unternehmen übertragen lassen. Die gesammelten Maßnahmen wurden nach präventiven Maßnahmen zur Störgrößenerkennung, Maßnahmen zur Ursachenbehebung am Identifikationsort und reaktiven Maßnahmen zur Reduktion der Auswirkungen unterschieden. Außerdem wurden die Maßnahmen mit den in Arbeitspaket 1 entwickelten Störgrößekategorien zu einem Katalog verknüpft.

Um Umsetzungsgrad ihrer Maßnahmen identifizieren und bewerten zu können, wurde zudem ein Reifegradmodell entwickelt. Ausgangsbasis bildete das Reifegradmodell nach DIN EN ISO 9004:2009 [vgl. DIN 9004]. Dieses wurde adaptiert und an die Anforderungen des Projekts angepasst. Dabei galt es insbesondere für das Reifegradmodell geeignete Bewertungskriterien und –skalen zu entwickeln, die sich zur Messung des Umsetzungsgrades der ausgewählten Maßnahmen eignen.

Ergebnisse:

Maßnahmenkatalog

Nr.	Maßnahme	Maßnahmenart	Objekt							Störungsart	
			Information	Betriebsmittel	Material	Mensch	Methode/ Prozess	Milieu/ Umwelt	Produkt	Beschaffenheit	Bereitstellung
1	6 W Hinterfragetechnik	Identifikation	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	aktives Ideenmanagement	präventiv	x			x	x			x	
3	Änderung von Unterlagen veranlassen	Ursachenbehebung	x				x			x	
4	Arbeitssicherheitsstudien anlegen	Ursachenbehebung	x	x		x	x			x	
5	Arbeitsunterweisung durchführen	präventiv		x						x	
6	Audits durchführen	Identifikation					x			x	x
7	Ausschussüberwachung und Analyse	reaktiv		x			x		x	x	
8	Ausweichfläche nutzen	reaktiv					x				x
9	Balanced Score Card (BSC)	Identifikation				x	x		x	x	
10	Belastungsabgleich durch Aufteilen/Vorschieben/Aufschieben von Aufträgen	reaktiv					x				x
11	Belastungsanpassung durch Vergabe/Annahme von Aufträgen	reaktiv		x		x					x
12	Benchmarking durchführen	präventiv					x		x	x	
13	Bestandüberwachung einführen	reaktiv			x						x
14	Betriebsadaterfassung (BDE) einführen	präventiv					x			x	
15	Betriebsmittelbeschaffung durch Mietung oder Reparatur	reaktiv		x							x
16	Demontage anderer Bauteile oder Objekte	reaktiv			x						x
17	Design of Experiments (DOE)	präventiv							x	x	
18	Einführung der DIN EN ISO 9001 Norm	präventiv					x			x	
19	Ersatzmaschinen einsetzen	reaktiv		x						x	
20	Fehlerbaumanalyse (FBA)	Identifikation					x		x	x	
21	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)	präventiv					x		x	x	
22	Fehlteilleiste erstellen, Fehlteilsuche durchführen	reaktiv			x						x
23	Fortschrittszahlenkonzept einführen	Identifikation			x					x	x
24	Gesundheitsschutz durch Gesundheitsförderung, auch Company Cares	präventiv				x				x	x
25	Informationsfluss erhöhen	präventiv	x							x	x
26	Instandhaltungspläne anpassen	präventiv		x						x	
27	Just in Time (JIT) Konzept	präventiv			x		x		x	x	x
28	Kanban als Materialbereitstellung einführen	präventiv			x						x
29	Kapazitätsanpassung durch Überstunden	reaktiv				x					x
30	Kapazitätsanpassung durch Leiharbeiter	reaktiv				x					x
31	Kapazitätsanpassung durch Springer	reaktiv				x					x
32	Kapazitätsanpassung durch zusätzliche Schicht/Kurzarbeit	reaktiv				x					x
33	Kapazitätsanpassungen durch Beschaffen/Abstoßen von Anlagen	reaktiv		x							x

Abbildung 3.7: Aufbau des Maßnahmenkatalogs (Ausschnitt)

Der Maßnahmenkatalog enthält insgesamt 130 Maßnahmen. Bei der Gestaltung des Katalogs wurde auf eine übersichtliche Darstellung geachtet und eine Erweiterungsoption berücksichtigt. Unternehmen haben somit die Möglichkeit eigene Maßnahmen zu ergänzen.

Die Maßnahmen wurden mit einer kurzen Beschreibung versehen, sodass sich der Nutzer des Katalogs schnell die wesentlichen Inhalte einer Maßnahme aneignen kann. Angaben zu weiterführender Literatur ermöglichen ein detailliertes Studium zu einer Maßnahme. Des Weiteren wurde jede Maßnahme einer Maßnahmenart sowie den Kategorisierungsmerkmalen zugeordnet (s. Abbildung 3.7).

Reifegradmodell zur Bewertung des Umsetzungsgrades von Maßnahmen

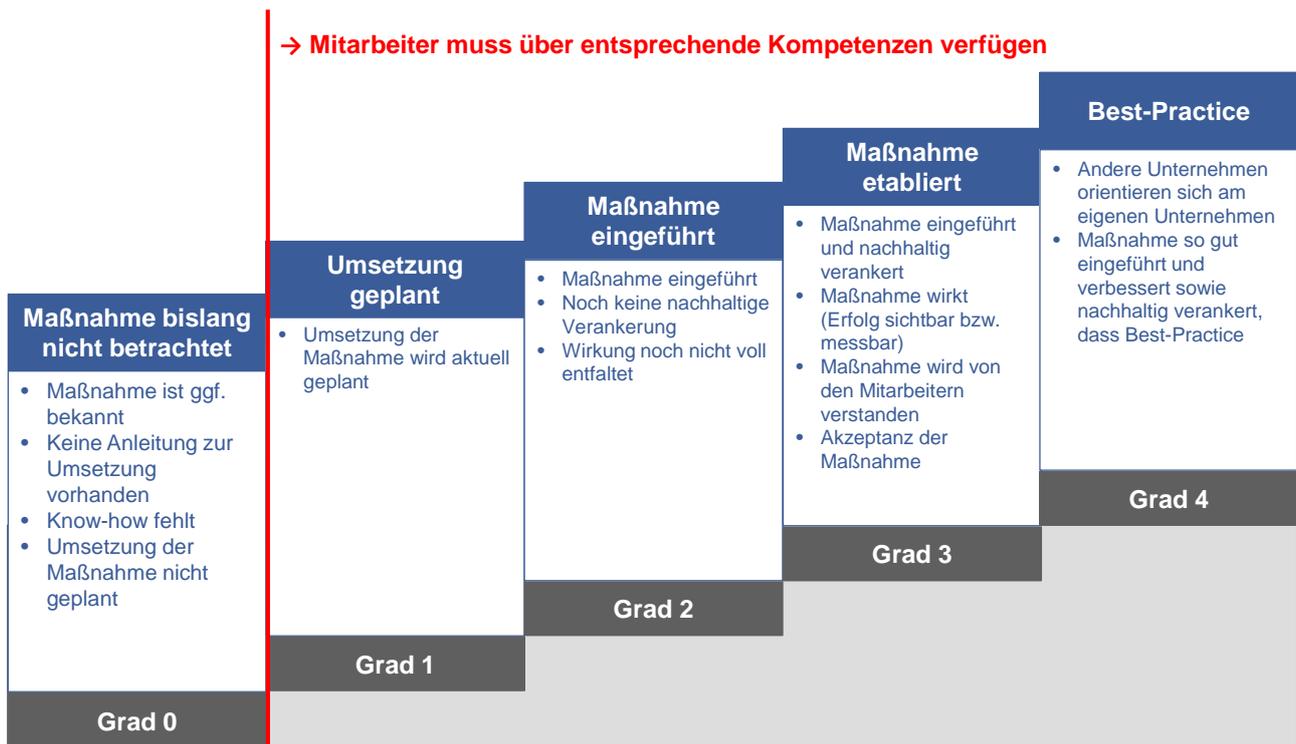


Abbildung 3.8: Reifegradmodell (Übersicht)

Das erarbeitete Reifegradmodell umfasst Grad 0 bis Grad 4. Es ist primär an das Reifegradmodell nach DIN EN ISO 9004:2009 angelehnt [vgl. DIN 9004]. Zusätzlich wurden jedoch u.a. auch die bekannten Reifegradmodelle SPICE-Reifegrade (Software Process Improvement and Capability Determination) und CMMI (Capability Maturity Model Integration) bei der Erarbeitung berücksichtigt [vgl. Grande 2011].

Grad 0 bezeichnet den Fall, dass die Maßnahme bislang nicht betrachtet wurde. Beim Grad 1 ist die Umsetzung geplant. Ab dem Reifegrad 1 sind die Mitarbeiterkompetenzen zu berücksichtigen. So ist zu empfehlen nur Maßnahmen umzusetzen bzw. deren Umsetzung zu planen, wenn die erforderlichen Soll-Kompetenzen vorliegen (vgl. AP 3). Ist dies nicht der Fall, sollten parallel zur Planung der Maßnahmenumsetzung entsprechende Kompetenzentwicklungsmaßnahmen durchgeführt werden, damit der Mitarbeiter beim Start der Maßnahme ausreichend qualifiziert ist. Der Grad 2 bezeichnet den Status, dass die Maßnahme eingeführt ist. Während der Reifegrad 3 eine Etablierung der Maßnahme markiert, ist Grad 4 der Best-Practice Status (s. Abbildung 3.8).

Maßnahme	Umsetzungsgrad der Maßnahme (Reifegradmodell)				
	Grad 0	Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
5S	Die Maßnahme 5S wird nicht angewandt.	Der potentielle Nutzen 5S wurde erkannt und die Einführung ist geplant.	5S ist eingeführt, beschränkt sich jedoch primär auf die Schritte 1-4 (Sortieren, Systematische Ordnung, Sauberkeit, Standardisieren).	5S ist vollständig implement und in den Köpfen der Mitarbeiter "fest verankert".	5S wird in Perfektion umgesetzt, Unternehmen ist Best-Practise und entwickelt die Maßnahme individuell weiter.
6 W Hinterfragetechnik	Die 6-W-Hinterfragetechnik wird nicht angewandt.	Der potentielle Nutzen der systematischen Hinterfragung von Störungen und Problemen wurde erkannt und die Einführung eines Standards ist geplant.	Die 6-W-Hinterfragetechnik wird regelmäßig und selbstständig von den Mitarbeitern angewandt.	Die 6-W-Hinterfragetechnik hat sich über einen längeren Zeitraum bewährt und ist eine Standardmaßnahme zur Identifikation von Störungen und Problemen.	Sämtliche Störungen und Probleme werden mit den 6-W-Fragen detailliert hinterfragt und nachhaltige Lösungen systematisch abgeleitet.
8-D-Report	8-D-Report werden nicht genutzt.	Die Einführung von 8-D-Reports ist geplant.	8-D-Reports wurden eingeführt, jedoch bestehen diverse Verbesserungsbedarfe hinsichtlich der Implementierung (z.B. unklare Verantwortlichkeiten)	8-D-Reports werden erfolgreich eingesetzt zur Verbesserung der Qualität.	8-D-Reports werden eingesetzt und der Kunde empfiehlt die Umsetzung der Maßnahme weiter.
Abdeckeinrichtungen	Abdeckeinrichtungen sind nicht vorhanden.	Die Nutzung von Abdeckvorrichtungen ist geplant.	Erste Abdeckeinrichtungen sind angebracht.	Abdeckeinrichtungen sind an den wichtigsten Stellen installiert.	Alle möglichen Stellen im Betrieb sind mit Abdeckeinrichtungen versehen. Es kommen keine Unfälle aufgrund fehlender oder fehlerhaft installierter Abdeckvorrichtungen vor.
Aktives Ideenmanagement (AIM)	Es existiert kein aktives Ideenmanagement.	Der potentielle Nutzen eines aktiven Ideenmanagements wurde erkannt und die Einführung eines Standards ist geplant.	Es existiert ein formales Konzept zum Ideenmanagement. Die Akzeptanz durch die Mitarbeiter ist aufgrund von Bürokratie und Intransparenz jedoch gering. Ideen und Verbesserungsvorschläge werden nur selten aufgegriffen.	Das Ideenmanagement ist dezentral organisiert. Die Akzeptanz durch die Mitarbeiter ist überwiegend gegeben. Es werden viele Ideen und Verbesserungsvorschläge der Mitarbeiter umgesetzt.	Das Ideenmanagement wird dezentral gesteuert. Die Akzeptanz durch die Mitarbeiter ist durch Transparenz und unbürokratische Abläufe vollständig gegeben. Ein großer Anteil eingereicherter Ideen und Verbesserungsvorschläge wird umgesetzt.

Abbildung 3.9: Reifegrade der Maßnahmen (Ausschnitt)

Abbildung 3.9 zeigt einen Ausschnitt des Maßnahmenkatalogs inklusive der Umsetzungsgrade der Maßnahme. Für alle 130 Maßnahmen wurden die einzelnen Umsetzungsgrade beschrieben.

Arbeitspaket 3: Ableitung von Mitarbeiterkompetenzprofilen und Verknüpfung mit Maßnahmen

Ziel des Arbeitspakets:

Ziel dieses Arbeitspakets war die Ableitung von Mitarbeiterkompetenzprofilen zur Umsetzung der Maßnahmen aus Arbeitspaket 2.

Vorgehen:

Im ersten Schritt wurde ein Kompetenzmodell entwickelt, welches die Erstellung von Kompetenzprofilen zu den einzelnen Maßnahmen anhand ausgewählter Kompetenzdimensionen ermöglicht. Zunächst wurden hierzu Kompetenzen im Rahmen einer Literaturrecherche in einem Katalog zusammengetragen. Anschließend erfolgte eine Verdichtung der gesammelten Kompetenzen. Der über 150 Kompetenzen umfassende Katalog wurde darauffolgend mit Experten auf dem Gebiet des Kompetenzmanagements diskutiert und 17 Kompetenzen identifiziert, die im Rahmen des Projekts zu betrachten sind. Als Gesprächspartner standen die Experten Herr Möhwald, Herr Dr. Heinen und Herr Dr. Hardwig zur Verfügung.

Im nächsten Schritt galt es die unterschiedlichen Ausprägungsstufen zu beschreiben, damit KMU leichter die Mitarbeiterkompetenzen einschätzen können. Hierzu wurden zunächst über zehn verschiedene Varianten zur Einschätzung der Kompetenzausprägungen untersucht [vgl. u.a. Konietzko 2004; Dreyfus 2005, Witzgall 2009; Heinen 2011; Denkena 2013; North 2013; Salazar 2013; Erpenbeck 2012]. Im Rahmen der Expertengespräche erfolgte die Festlegung auf fünf Ausprägungsstufen. Für jede Kompetenz wurden anschließend die fünf Ausprägungsstufen beschrieben.

Im dritten Schritt wurden im Rahmen der Expertengespräche die Soll-Kompetenzprofile für die in Arbeitspaket 2 gesammelten Maßnahmen erarbeitet.

Zudem stellte sich während der Bearbeitung heraus, dass die Notwendigkeit bestand, eine Vorgehensweise für ein kompetenzorientiertes Störgrößenmanagement zu entwerfen. Hiermit konnten die Zusammenhänge und das Zusammenwirken zwischen Störgrößen, Maßnahmen und Kompetenzen transparenter gemacht werden. Die Vorgehensweise wurde anschließend zusammen mit Unternehmensvertretern des Projektbegleitenden Ausschusses diskutiert und weiterentwickelt.

Ergebnisse:

Kompetenzprofil

Kompetenz-facetten	Kompetenz	Definition	Quelle
Fachkompetenz	Fachwissen	"Fachwissen beschreibt die spezifischen beruflichen Kenntnisse eines Mitarbeiters innerhalb seines Aufgaben- oder Tätigkeitsbereichs."	Heinen 2011
Methodenkompetenz	Analytische Fähigkeit	"Analytische Fähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, einen Sachverhalt präzise, korrekt und schnell zu analysieren und zu strukturieren. Gleichzeitig wird dadurch untersucht, in welcher Form der Mitarbeiter Sinnzusammenhänge erkennt, relevante Informationen selektiert und zwischen Wichtigem und Unwichtigem trennt."	Heinen 2011
	Antizipationsfähigkeit	"Antizipationsfähigkeit bedeutet: eine auf Erfahrung und Intuition basierende Interpretation(sweise) von Informationen, um eine tendenzielle Entwicklung und damit einhergehende Veränderungen vorauszusagen."	Salazar 2013
	Beurteilungsfähigkeit	"Beurteilungsfähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, Sachverhalte fachlich korrekt einzuschätzen. Weiterhin wird dadurch untersucht, in welcher Form der Mitarbeiter selbst bei fehlendem Wissen einen Sachverhalt angemessen bewerten kann."	Heinen 2011
	Entscheidungsfähigkeit	"Entscheidungsfähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, verschiedene Alternativen zu bewerten und sich aktiv für eine zu entscheiden. Diese Fähigkeit setzt ein hohes Maß an Entschlusskraft voraus."	Heinen 2011
	Konzeptionsfähigkeit	"Konzeptionsfähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, selbstständig konzeptionelle Vorschläge zu machen. Dies umschließt die Offenheit, Neuerungen in einmal gemachte Lösungsvorschläge zu integrieren."	Heinen 2011
	Problemlösungsfähigkeit	Problemlösungsfähigkeit "bedeutet: Problemstellungen zu analysieren sowie darauf aufbauend Lösungsoptionen zu entwickeln, zu bewerten und diese erfolgreich umzusetzen; das heißt, die entsprechenden Problemanalyse- und Problemlösungstechniken zu kennen und anzuwenden."	Salazar 2013
Sozialkompetenz	Durchsetzungsfähigkeit	"Durchsetzungsfähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, sein eigenes Ziel nicht aus den Augen zu verlieren, seinen Standpunkt aktiv zu vertreten sowie sich auf Basis sachlicher Argumente gegen Andere durchzusetzen."	Heinen 2011
	Konfliktlösefähigkeit	Konfliktlösefähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, Konflikte offen anzusprechen, sachlich zu argumentieren und gemeinsam Lösungen zu finden, die für alle Beteiligten tragfähig sind.	Heyse 2003 Frey 2003 Schermyly 2012 Salazar 2013 North 2013
	Kommunikationsfähigkeit	"Kommunikationsfähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, in Gesprächssituationen ein Ergebnis derart zu erzielen, dass es einerseits vorteilhaft für sich selbst ist, andererseits die Interessen der Gesprächspartner ausreichend wahrt."	Heinen 2011
	Teamfähigkeit	"Teamfähigkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, mit Anderen synergetisch und zielgerichtet zusammenzuarbeiten, Informationen aktiv auszutauschen sowie sich schnell in bestehende Gruppen einzufügen. Dazu stellt der Mitarbeiter eigene Ansprüche teilw. gegenüber dem Gesamtziel zurück."	Heinen 2011
Selbstkompetenz	Belastbarkeit	"Belastbarkeit beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, auch in Stresssituationen ruhig und gelassen zu reagieren sowie unter hohem Druck die gestellten Anforderungen bei der Aufgaben- oder Tätigkeitsausübung zu erfüllen."	Heinen 2011
	Eigenverantwortung	"Eigenverantwortung beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, selbstständig und eigeninitiiert notwendige betriebliche Handlungen einzuleiten und diese mit einem hohen Maß an eigener Aktivität zu verfolgen."	Heinen 2011
	Einsatzbereitschaft	Einsatzbereitschaft beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, sich selbstlos und verantwortungsbewusst für gemeinsame Unternehmensziele einzusetzen und mit vollem Einsatz zu handeln.	Heyse 2003 Schuler 2002 Meyer 2013c
	Reflexionsfähigkeit	Reflexionsfähigkeit bedeutet inwiefern ein Mitarbeiter in der Lage ist, über die eigenen Handlungen, Personen und Situationen differenziert und von einem objektiven Standpunkt aus zu urteilen, eine kritische Distanz zu bewahren und Sachverhalte auf den Prüfstand zu stellen.	Salazar 2013
	Qualitätsbewusstsein	"Qualitätsbewusstsein beschreibt, in welcher Form ein Mitarbeiter das Vermögen besitzt, auf Basis eines umfassenden Verständnisses der Erzeugnis- oder Prozessqualität die richtigen Maßnahmen oder Verhaltensweisen im Hinblick auf eine hohe Ergebnisqualität abzuleiten."	Heinen 2011
	Ziel- und Ergebnisorientierung	Ziel- und Ergebnisorientierung ist die Fähigkeit, selbstständig Ziele festzulegen, diese Ziele aktiv zu verfolgen und lösungsorientiert zu arbeiten. Mögliche Kontrollmaßnahmen der Zielerreichung sind zudem selbstständig festzulegen.	Heinen 2011 Polzin 2009

Abbildung 3.10: Betrachtete Kompetenzen

Abbildung 3.10 stellt die im Rahmen der Literaturrecherche und durch Experteninterviews aus über 150 Kompetenzen ausgewählten Kompetenzen übersichtlich dar. Diese 17 Kompetenzen sind innerhalb des Störgrößenmanagements wichtig und deshalb ins Kompetenzprofil zu übernehmen..

Beschreibung der Ausprägungsstufen

Die Einschätzung des Kompetenzniveaus erfolgt mit einer fünf-stufigen-Skala. Die Skala umfasst die Stufen Novize (Stufe 0), Einsteiger (Stufe 1), Kenner (Stufe 2), Könner (Stufe 3) und Experte (Stufe 4). Ausführliche Beschreibungen der einzelnen Kompetenzstufen,

welche im Forschungsprojekt erstellt wurden, ermöglichen die Einschätzung der Kompetenzen. Abbildung 3.11 zeigt exemplarisch die Beschreibung der Ausprägungsstufen für die Kompetenz Teamfähigkeit. Anhand dieser Beschreibungen kann bspw. bei der Einschätzung leichter festgelegt werden, ob die Kompetenz z. B. auf Stufe 2 oder Stufe 3 ist.

Teamfähigkeit	
Ausprägung	Beschreibung
Novize (Stufe 0)	Mitarbeiter handelt größtenteils eigensinnig und boykottiert das Team.
Einsteiger (Stufe 1)	Mitarbeiter reicht nur direkt erforderliche Informationen weiter und leistet nur direkt erforderliche Unterstützung.
Kenner (Stufe 2)	Mitarbeiter gibt Informationen weiter und leistet Unterstützung auch ohne unmittelbare Notwendigkeit oder direkte Aufforderung.
Könnner (Stufe 3)	Mitarbeiter partizipiert an einer gemeinsamen Aufgabenbewältigung. Er beteiligt sich an Ansprachen über Vorgehensweisen und hält sich daran.
Experte (Stufe 4)	Mitarbeiter organisiert, bildet und bewertet die Zusammenarbeit und gegenseitige Unterstützung.

Abbildung 3.11: Beschreibung der Ausprägungsstufen der Kompetenz Teamfähigkeit

Soll-Kompetenzprofile

Maßnahme	Soll-Kompetenzprofil																
	Fachwissen	Analytische Fähigkeit	Antizipationsfähigkeit	Beurteilungsfähigkeit	Entscheidungsfähigkeit	Konzeptionsfähigkeit	Problemlösungsfähigkeit	Durchsetzungsfähigkeit	Konfliktlösefähigkeit	Kommunikationsfähigkeit	Teamfähigkeit	Belastbarkeit	Eigenverantwortung	Einsatzbereitschaft	Reflexionsfähigkeit	Qualitätsbewusstsein	Ziel- und Ergebnisorientierung
5S	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
6 W Hinterfragetechnik	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2
8-D-Report	3	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2
Abdeckeinrichtungen	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Aktives Ideenmanagement (AIM)	3	3	3	3	1	1	2	1	1	2	2	1	2	3	3	3	3
Änderung von Unterlagen veranlassen	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Andon	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Anreizsystem für Lieferanten	3	3	2	3	2	3	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	3
Arbeitssicherheitsstudien anlegen	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2
Arbeitsunterweisung durchführen	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	3	1	2	2
Audits durchführen	3	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	3	3
Ausschussüberwachung und -analyse	3	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2
Ausweichfläche nutzen	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Balanced Score Card (BSC)	2	2	2	3	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	3
Baukastensysteme für Vorrichtungen	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Abbildung 3.12: Soll-Kompetenzprofile (Ausschnitt)

Sollen Maßnahmen im Rahmen ein effizienten Störgrößenmanagements im Unternehmen implementiert werden, ist es wichtig zu prüfen, inwiefern die notwendigen Mitarbeiterkompetenzen vorliegen. Aus diesem Grund wurde zu jeder Maßnahme ein Soll-Kompetenzprofil erstellt. Abbildung 3.12 zeigt hierzu einen Ausschnitt.

Vorgehensweise für ein kompetenzorientiertes Störgrößenmanagement

Ein kompetenzorientiertes Störgrößenmanagement dient dazu die Mitarbeiter mit ihren Kompetenzen bei der Identifikation und Behebung von Störgrößen stärker zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde werden innerhalb der entwickelten Methodik die relevanten Mitarbeiterkompetenzen betrachtet. KMU erhalten auf diese Weise die Möglichkeit Maßnahmen des Störgrößenmanagements unter Berücksichtigung der erforderlichen und vorhandenen Kompetenzen systematisch auszuwählen [vgl. Meyer 2014a].

Die Problematik soll kurz anhand eines Beispiel, welches ein Unternehmensvertreter des PA schilderte, verdeutlicht werden: Der Wareneingangsprozess (WE-Prozess) wurde häufig falsch durchgeführt. Es kam zur Einlagerung fehlerhaften Materials und zur Wahl eines falschen Lagerorts. Hieraus resultierten Störgrößen in Form von fehlendem Material in der Fertigung, was die Produktion negativ beeinträchtigte. Ansätze des Unternehmens zur Behebung der Störgröße „fehlerhaft durchgeführter WE-Prozess“ waren u.a. Maßnahmen wie die Einführung einer Werker selbstprüfung, die Verwendung von Checklisten oder auch

farbliche Markierungen im Lager. Da unklar war, ob die Mitarbeiter die erforderlichen Kompetenzen zur Einführung einer Werker selbstprüfung besitzen, wurde zunächst eine Kompetenzerfassung und ein Abgleich mit den erforderlichen Soll-Kompetenzen durchgeführt [vgl. Meyer 2014a].

Um diesen Prozess zu systematisieren, wurde eine Vorgehensweise für ein kompetenzorientiertes Störgrößenmanagement erarbeitet. Abbildung 3.13 stellt die Vorgehensweise beim kompetenzorientierten Störgrößenmanagement dar.

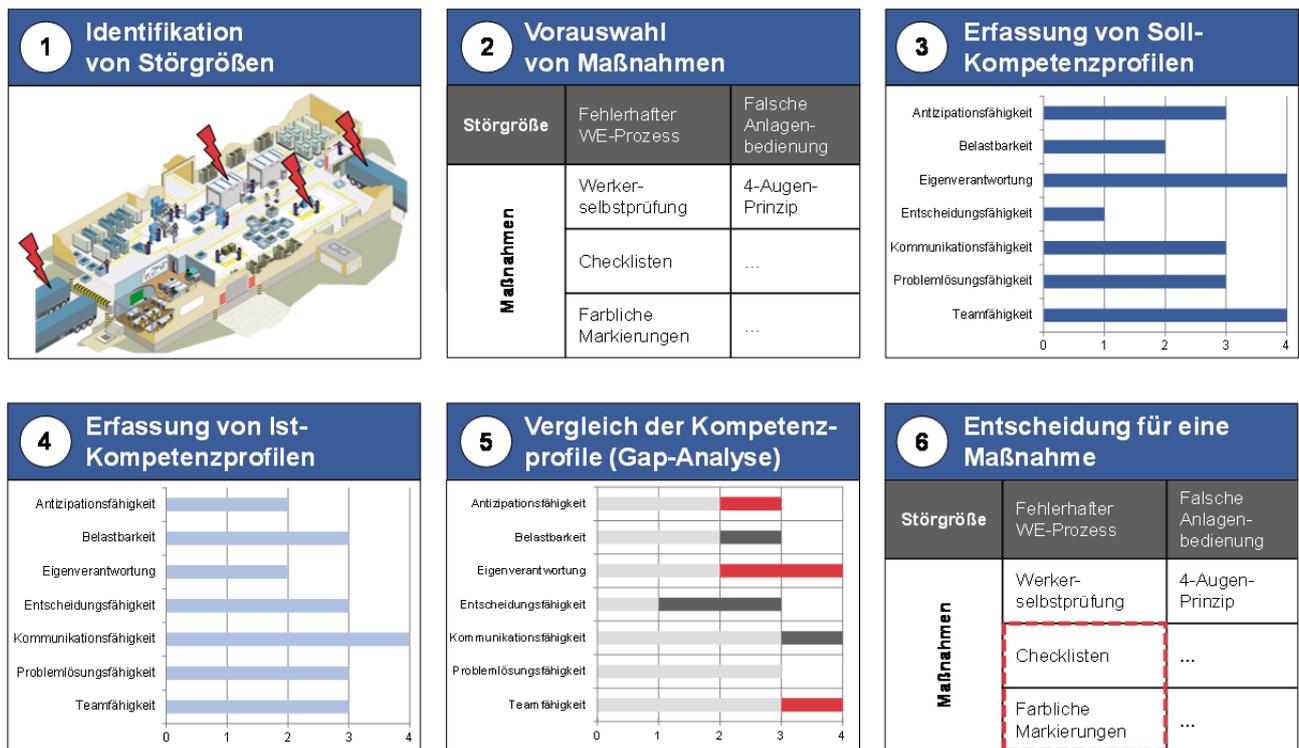


Abbildung 3.13: Vorgehensweise beim kompetenzorientierten Störgrößenmanagement

In Schritt 1 müssen Unternehmen Störgrößen identifizieren, die in der Vergangenheit aufgetreten sind oder zukünftig auftreten könnten. Anschließend werden diese systematisch erfasst (Schritt 1). An den Schritt der Störgrößenidentifikation schließt sich die Maßnahmenvorauswahl an (Schritt 2). Im nachfolgenden Schritt 3 erfolgt die Erfassung der erforderlichen Kompetenzprofile für die vorausgewählten Maßnahmen (Soll-Kompetenzprofile). In diesem Schritt untersucht der Anwender, welche Kompetenzen mit welchen Ausprägungen für die Umsetzung der vorausgewählten Maßnahmen notwendig sind. Er nimmt eine Bewertung der Ausprägungen vor. Die Ausprägungen der jeweiligen Kompetenzen werden mithilfe der fünf-stufigen Skala erfasst.

In dem oben beschriebenen Beispiel zur „Werker selbstprüfung“ sollten die Mitarbeiter zur Umsetzung der Maßnahme beispielsweise über ein sehr hohes Maß an Eigenverantwortung verfügen. Bei den Maßnahmen „Verwendung von Checklisten“ oder „farbliche Markierungen“ müsste diese Kompetenz nicht so stark ausgeprägt sein. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden zu den Maßnahmen Soll-Kompetenzprofile hinterlegt, um den

Anwender bei der Auswahl der Maßnahmen zu unterstützen. Der Anwender spart somit Zeit und kann sich auf die eigentliche Auswahl fokussieren. Er muss lediglich überprüfen, ob die vorgeschlagenen notwendigen Soll-Kompetenzprofile die individuelle, reale Situation des Unternehmens abbilden und gegebenenfalls Anpassungen der vorgeschlagenen Soll-Kompetenzprofile vornehmen. Nachdem die Soll-Kompetenzprofile erstellt wurden, erfolgt in Schritt 4 die Erfassung der Ist-Kompetenzprofile [vgl. Meyer 2014a].

Die Einschätzung der Ist-Kompetenzen erfolgt im Rahmen eines 270°-Feedbacks. Das 270°-Feedback setzt sich aus der Einschätzung des Beurteilten (Selbsteinschätzung), des Vorgesetzten und eines Kollegen (jeweils Fremdeinschätzung) zusammen. Anschließend werden die Soll- und Ist-Kompetenzprofile gegenübergestellt. Diese GAP-Analyse ermöglicht die Prüfung, ob die erforderlichen Mitarbeiterkompetenzen für die Umsetzung der vorausgewählten Maßnahmen vorhanden sind (Schritt 5). Anhand der Ergebnisse kann in Schritt 6 das Unternehmen Maßnahmen ausschließen, für die nicht die erforderlichen Mitarbeiterkompetenzen vorliegen und sich stattdessen für Maßnahmen entscheiden, die den vorhandenen Mitarbeiterkompetenzen gerecht werden. In diesem Fall sollte das Unternehmen prüfen, welche Möglichkeiten der Kompetenzentwicklung bestehen, um diese Defizite in Zukunft zu reduzieren [vgl. Meyer 2014a].

Arbeitspaket 4: Entwicklung eines generischen Ursache-Wirk-Modells inklusive Risikobewertung

Ziel:

Ziel des Arbeitspakets war es, ein generisches Ursache-Wirk-Modell, im Projekt als Kausaldiagramm bezeichnet, zu entwickeln, mit dem auftretende Störgrößen in der Wertschöpfungskette eingeordnet und ihre möglichen Ursachen und Auswirkungen analysiert werden können. Ebenso sollte eine logistische Risikoprioritätszahl erarbeitet werden, um die Störgrößen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Zielgrößen des Unternehmens (Zeit, Kosten, Qualität) bewerten zu können.

Vorgehen:

Die Bedeutung der Zielgrößen einer Produktion kann in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen des betrachteten Produktionsbereichs variieren. Aus diesem Grund wurde im ersten Schritt ein Ansatz zu entwickelt, welcher unterschiedliche Arten des Shopfloors abgrenzt und für diese eine individuelle Gewichtung der Zielgrößen ermöglicht. Somit sollen die Anforderungen für das betrachtete Produktionssystem erkannt und Zielkonflikte durch eine Priorisierung der Zielgrößen vermieden werden. Im Rahmen der Methodik wurde deswegen ein Ansatz entwickelt, der dem Anwender eine typische Gewichtung der Zielgrößen auf Basis der Charakteristik seines Shopfloors vorschlägt.

Um die Bedeutung von Störgrößen untersuchen und bewerten zu können, ist es notwendig, die wechselseitigen Beeinflussungen der Zielgrößen des Shopfloors zu kennen. Hierfür war in einem zweiten Schritt die Entwicklung eines Modells erforderlich, welches die Wirkbeziehungen dieser Zielgrößen generisch und ganzheitlich abbildet. Mit diesem Mo-

dell wird der Anwender bei der Einschätzung von Ursache-Wirk-Beziehungen beim Auftreten von Störgrößen sowie bei der Ableitung von geeigneten Reaktionen unterstützt.

Für diesen Zweck wurde ein Kausaldiagramm entwickelt, welches die qualitativen Wirkzusammenhänge zwischen den Ziel-, Stell und Regelgrößen des Shopfloors abbildet. Bei der Entwicklung des Kausaldiagramms kam die von FORRESTER entwickelte System Dynamics Methodik zur ganzheitlichen Analyse des Verhaltens komplexer dynamischer Systeme zum Einsatz [vgl. Forrester 1972]. Bei dieser liegt das Hauptaugenmerk auf der Identifikation und Untersuchung geschlossener Wirkungsketten, welche mittels Kausaldiagrammen abgebildet werden. Diese Methodik kann auf verschiedene Forschungsfelder übertragen werden. THUN nutzt die Methodik um ein Modell zur Beschreibung der Dynamik der Instandhaltung im Rahmen des Total Productive Maintenance zu entwickeln [vgl. Thun 2004]. MORIKAWA UND TAKAHASHI analysierten die Rolle des Menschen im Rahmen der PPS mithilfe von System Dynamics [vgl. Morikawa 2007]. Auch das Modell zur Fertigungssteuerung nach LÖDDING entspricht einem Kausaldiagramm, welches wesentliche Erkenntnisse aus der Modellierung von logistischen Zielgrößen, aus der Theorie der Produktionsregelung und aus der Verfahrensentwicklung verdichtet [vgl. Lödding 2013].

In dem entwickelten Kausaldiagramm wurden die Zielgrößen Qualität, Kosten und Zeit mit ihren zugehörigen Unterzielen betrachtet. Diese Größen und ihre Wirkzusammenhänge wurden anhand von etablierten Theorien und Beschreibungen u.a. aus [Nyhuis 2012], [Wiendahl 2009], [Westkämper 2006], [Erlach 2013], [Kletti 2011] und [Schönsleben 2011] abgeleitet. Die so ermittelten qualitativen Wirkzusammenhänge wurden anschließend in Experteninterviews, die im Rahmen des Forschungsprojekts geführt wurden, diskutiert und validiert. Darüber hinaus wurden mehrere Simulationsmodelle der Produktion von verschiedenen Unternehmen sowie der Lernfabrik des IFA erstellt, um die formulierten Wirkzusammenhänge zu überprüfen und zu erweitern.

Um eine Priorisierung der Störgrößen vornehmen zu können, wurde in einem dritten Schritt in Anlehnung an RUTA auf Basis der Risikoprioritätszahl aus der FMEA eine Störgrößenprioritätszahl (SGPZ) erarbeitet [vgl. Ruta 1999]. In diese sollten die Gewichtung der Zielgrößen und die Bedeutung von Störgrößen mit einfließen. Zusammen mit der Entdeckungs- und der Auftrittswahrscheinlichkeit soll so die Prioritätszahl einer Störgröße gebildet werden. Die SGPZ dient dazu Störgrößen nach ihrer Relevanz für das betrachtete System bzw. den Bereich zu ordnen.

Ergebnisse:

Charakterisierung und Zielgrößengewichtung

Das Vorgehen bei der Charakterisierung des Shopfloors und der Gewichtung der Zielgrößen erfolgt wie nachfolgend dargestellt. Der Anwender grenzt zunächst den betrachteten Bereich ein und entscheidet, ob dieser noch in einzelne Unterbereiche mit eigener strategischer Ausrichtung hinsichtlich der Zielgrößen unterteilt werden muss. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn eine Produktion aus einem kundenauftragsanonymen und einem kundenauftragsbezogenen Bereich besteht, die durch einen Kundenenauftragskopplungs-

punkt getrennt sind. Für jeden einzelnen Bereich erhält der Anwender auf Basis deren Charakteristik einen Vorschlag für die Gewichtung der Zielgrößen. So sind zum Beispiel in einer kundenauftragsanonymen Lagerfertigung Auslastung und Bestände üblicherweise höher gewichtet als die Lieferzeit. In einer kundenbezogenen Montage haben Durchlauf- und Lieferzeit Priorität. Aus diesen Unterzielgrößen lassen sich Rückschlüsse auf die Zielgrößen ziehen. Die Gewichtungsvorschläge für die einzelnen Zielgrößen kann der Anwender anpassen, falls das Unternehmen eine abweichende Strategie verfolgt.

Kausaldiagramm der Zielgrößen

Das entwickelte Kausaldiagramm der qualitativen Wirkzusammenhänge der Zielgrößen und Unterzielgrößen des Shopfloors ist in Abbildung 3.14 dargestellt. Anhand der Darstellung wird ersichtlich, wie sich die Änderung einer Größe unter sonst unveränderten Bedingungen auf andere Größen qualitativ auswirkt. Die Pfeile im Diagramm zeigen die Wirkrichtung an. Die Vorzeichen geben an, ob die Wirkbeziehung positiv (zunehmend) oder negativ (abnehmend) ist. Beispielsweise besitzt die Personalqualifikation eines Maschinenbedieners Einfluss auf die Verfügbarkeit der Maschine und die operative Flexibilität der Produktion (ein qualifizierter Mitarbeiter ist vielseitig einsetzbar), jedoch nicht umgekehrt. Eine Erhöhung der Personalqualifikation hat tendenziell zur Folge, dass die Verfügbarkeit des Arbeitssystems und seine operative Flexibilität zunehmen (+). Eine Erhöhung der Prozessqualität führt dagegen zu einer Abnahme der Nacharbeits- und Ausschussquote (-). Das Diagramm enthält somit Informationen zur Richtung und Art einer möglichen Beeinflussung, nicht jedoch zu ihrem quantitativen Betrag.

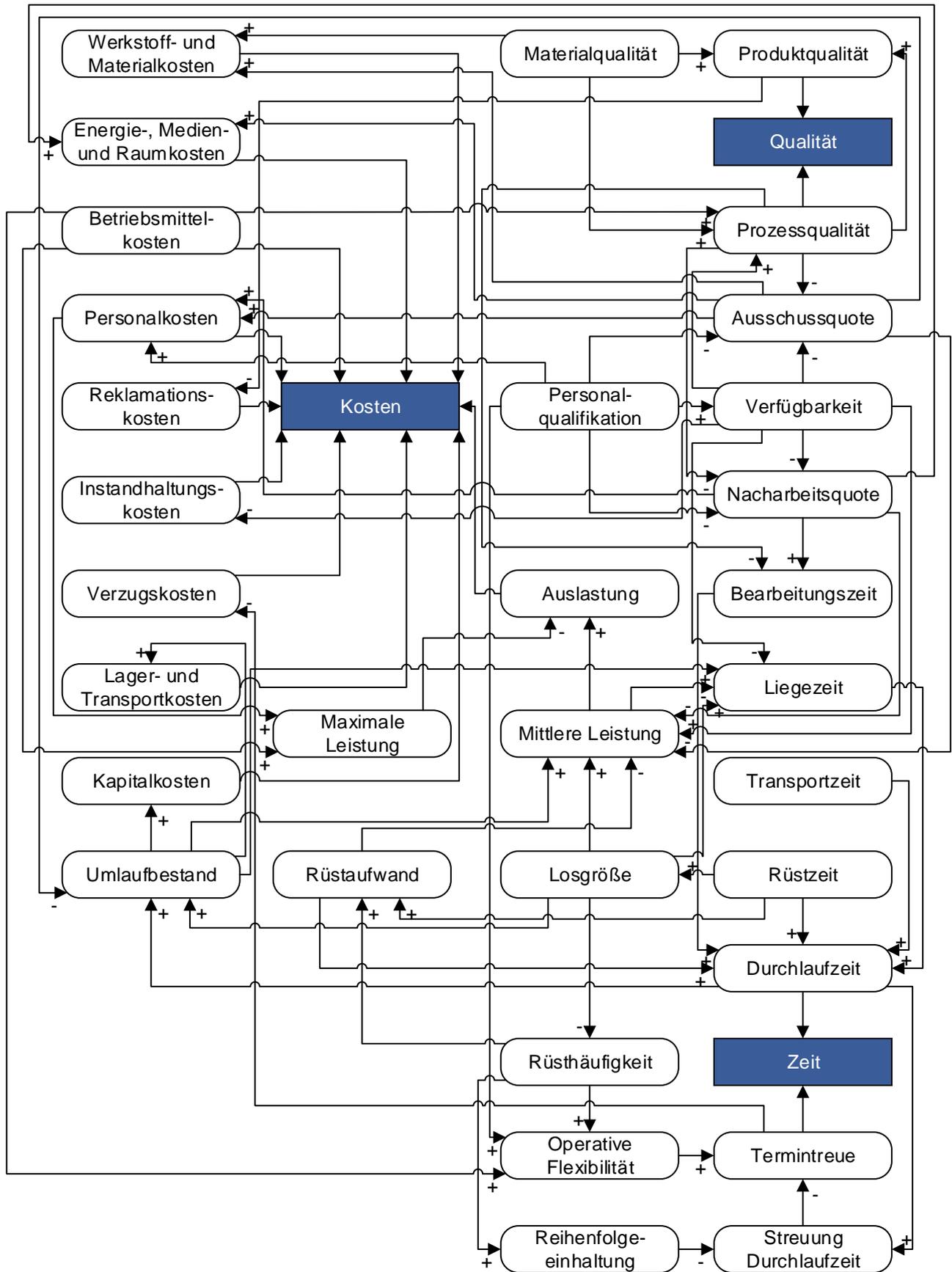


Abbildung 3.14: Kausaldiagramm der qualitativen Wirkzusammenhänge der Zielgrößen des Shopfloors

Das folgende Beispiel verdeutlicht die Anwendung des Kausaldiagramms. Wenn beispielsweise durch Probleme im Produktionsprozess eines Zulieferers vermehrt defekte Teile in den betrachteten Shopfloor gelangen, hat dies zur Folge, dass die Materialqualität sinkt. Diese Störgröße stellt somit für das Beispiel den Ausgangspunkt im Kausaldiagramm dar. Mit abnehmender Materialqualität sinkt auch die Produktqualität, was sich negativ auf die Zielgröße Qualität auswirkt. Der Defekt eines Teils fällt unter Umständen erst dann auf, wenn dieses bereits verbaut wurde, sodass das defekte Teil gegen ein funktionierendes getauscht werden muss und folglich Ausschuss und Nacharbeit entstehen. Durch die erhöhte Ausschuss- und Nacharbeitsquote entstehen zusätzliche Materialkosten, Energie- und Medienkosten sowie Personalkosten. Dies alles beeinflusst die Zielgröße Kosten negativ. Aufgrund des zusätzlichen Arbeitsaufwands sinkt ggf. die mittlere Leistung, was eine niedrigere Auslastung und somit ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Zielgröße Kosten zur Folge hat. Die verminderte mittlere Leistung kann unter Umständen ebenfalls bewirken, dass andere Aufträge vor ihrer Bearbeitung länger liegen müssen, was die Durchlaufzeit ansteigen lassen würde. Eine längere Durchlaufzeit geht üblicherweise mit einer höheren Streuung der Durchlaufzeit einher, was wiederum die Termintreue verschlechtert. Die längere Durchlaufzeit und die reduzierte Termintreue wirken sich negativ auf die Zielgröße Zeit aus.

Im Rahmen der entwickelten Methodik nutzt der Anwender das Kausaldiagramm, um die Auswirkungen und die Bedeutung seiner Störgrößen bewerten und leichter geeignete Maßnahmen auswählen zu können. Durch die ganzheitliche Betrachtung der drei Zielgrößen mit ihren Wechselwirkungen wird die Komplexität des gesamten betrachteten Systems verdeutlicht und vermieden, dass Entscheidungen getroffen werden, die für die Erreichung der Ziele des Systems nicht optimal sind. Zusammen mit der zuvor festgelegten Gewichtung der drei Zielgrößen kann der Anwender die Bedeutung seiner Störgrößen systematischer und objektiver bewerten als bisher.

Störgrößeprioritätszahl

Die Störgrößeprioritätszahl (SGPZ) dient der Priorisierung von Störgrößen anhand der Ziele des Unternehmens. Die zugehörige Berechnungsvorschrift ist in Abbildung 3.15 dargestellt. Für jede Störgröße steht zu diesem Zeitpunkt fest, welche Zielgröße sie beeinflusst und wie bedeutend dieser Einfluss ist. Zusammen mit der ermittelten Gewichtung, dessen Vorgehen zuvor beschrieben wurde, lässt sich nun die gewichtete Bedeutung der Störgröße ermitteln.

Das Ergebnis ist die Prioritätszahl der gewichteten Bedeutung einer Störgröße und fließt in die SGPZ mit ein. In dieser wird es mit den Prioritätszahlen der Entdeckungs- und der Auftrittswahrscheinlichkeit multipliziert und ergibt so die Störgrößeprioritätszahl. Die Prioritätszahlen der Entdeckungs- und der Auftrittswahrscheinlichkeit müssen vorher vom Anwender ebenfalls abgeschätzt werden. Die Abschätzung erfolgt qualitativ anhand vorgegebener Skalen. Eine Beschreibung der einzelnen Skalenwerte erleichtert die Einschätzung (s. auch Abbildung 3.22).

Berechnungsformel Störgrößeprioritätszahl

$$SGPZ = A \times W \times \frac{\sum_{i=1}^n (B \times G_i)}{n}$$

Kennzahl / Variable	Definition
Auftrittswahrscheinlichkeit (A)	Bewertung der Auftrittswahrscheinlichkeit einer Störgröße unter Berücksichtigung aller aufgelisteten Vermeidungsmaßnahmen. Die Prozessintensität (T), also die Häufigkeit mit welcher der Prozess durchgeführt wird, ist in A integriert.
Entdeckungswahrscheinlichkeit (W) oder: Anbahnungswahrscheinlichkeit	Bewertung, ob eine Störgröße präventiv festgestellt werden und in dieser Zeit behoben werden kann oder nicht
Bedeutung der Störgröße (B)	Bedeutung einer Störgrößenfolge für das Gesamtsystem (bei mehreren Fehlerfolgen wird der höchste Wert herangezogen)
Gewichtung der Zielgrößen (G)	Bewertung der Wichtigkeit der Zielgrößen

Abbildung 3.15: Störgrößeprioritätszahl

Nachdem alle Störgrößen auf diese Art bewertet wurden, lässt sich aus den Prioritätszahlen ein Ranking erstellen. Dieses zeigt anhand der SGPZ, welche Störgrößen für das System die größte Relevanz haben und im Fokus möglicher Verbesserungsmaßnahmen und -projekte liegen sollten.

Arbeitspaket 5: Zusammenführung in einer Systematik und Umsetzung in einem Softwaretool

Ziel:

Ziel von AP 5 war zum einen die Entwicklung einer Systematik, in der die Inhalte der Arbeitspakete 1-4 zusammengeführt werden, und zum anderen die Umsetzung in einem Softwaretool.

Vorgehen:

Das fünfte Arbeitspaket wurde in zwei getrennten Phasen bearbeitet. In der ersten Phase wurden die erarbeiteten Inhalte aus den Arbeitspaketen 1-4 in einer Systematik zusammengeführt. Ein permanenter Austausch mit den Unternehmensvertretern diente zur Sicherstellung der Praxistauglichkeit.

Zunächst wurden die Maßnahmen mit den Störgrößen anhand der Kategorisierungsmerkmale verknüpft. Anschließend wurden den Maßnahmen die entsprechenden Soll-Kompetenzprofile zugeordnet und die Reifegrade definiert. In einem weiteren Schritt wurde das Kausaldiagramm integriert.

In der zweiten Phase von Arbeitspaket 5 wurde die entwickelte Systematik in ein Softwaretool überführt, welches in KMU genutzt werden kann. Hierzu war es zunächst notwendig ein Lastenheft für das Tool zu erstellen. Das Lastenheft wurde auf Basis einer Literatur-

recherche sowie Gesprächen mit Unternehmensvertretern und Experten erarbeitet. Diese Kooperation war wichtig, da besonders die Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses zum späteren Anwenderkreis gehören. Zusammen mit den Mitgliedern des PA wurde entschieden, dass Tool mithilfe von Visual Basic in Microsoft Excel® umzusetzen. Gründe für die Entscheidung von Microsoft Excel® waren, dass Microsoft Excel® eine klare, übersichtliche und bekannte Struktur besitzt, anwenderfreundlich ist und nachträgliche Modifikationen möglich sind. Ebenfalls stellten die Unternehmen heraus, dass somit keine zusätzliche Software beschafft werden müsse.

Anhand des erarbeiteten Lastenheftes wurde entschieden, die Programmierung des Tools durch wissenschaftliche Mitarbeiter des Instituts durchzuführen und nicht fremd zu vergeben.

Ergebnisse:

Systematik

Die Systematik verknüpft Störgrößendatenbank, Maßnahmenkatalog, Kompetenzprofile und deren Erfassung, Kausaldiagramm und SGPZ miteinander.

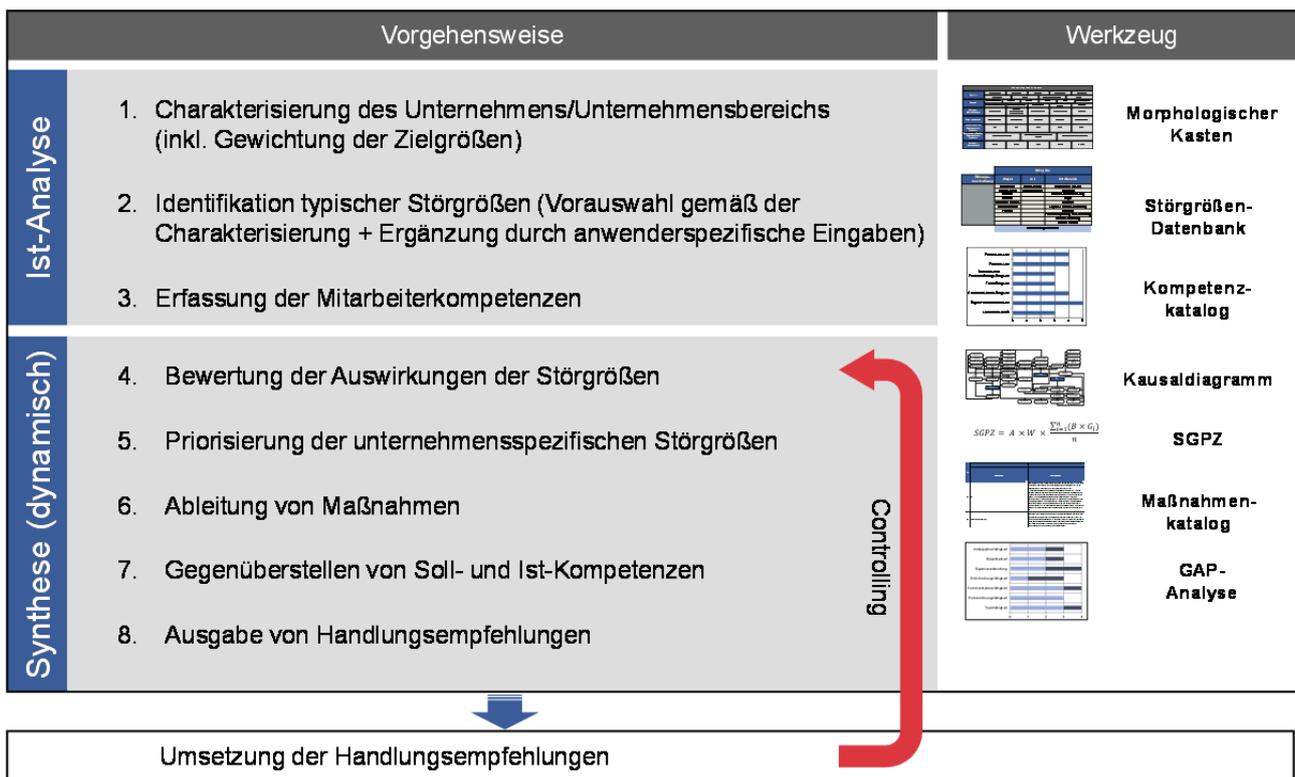


Abbildung 3.16: Vorgehensmodell der Systematik

Die erarbeitete Systematik gliedert sich in die zwei Phasen: Ist-Analyse und Synthese (s. Abbildung 3.16). Während die Ist-Analyse statisch ist und nur einmal durchgeführt werden muss, erfolgt die Synthese dynamisch.

Die Ist-Analyse unterteilt sich in drei Schritte. Im ersten Schritt charakterisieren sich die Unternehmen bzw. der jeweilige Bereich hinsichtlich ihrer Typologie und Produktionsei-

genschaften. Es werden allgemeine Informationen zum Unternehmen wie z. B. der Unternehmensbereich des Anwenders und Angaben zu organisatorischen und technischen Merkmalen, wie z. B. der Auftragsabwicklungsart, abgefragt. Diese Charakterisierung erleichtert eine Eingrenzung der typischen Ziel- und Störgrößen des jeweiligen Unternehmens. Im Schritt 2 werden typische Störgrößen identifiziert und kategorisiert. Der Anwender der Systematik kann zum einen aus einer Datenbank entsprechende Störgrößen gemäß der vorgenommenen Unternehmenscharakterisierung (s. Schritt 1) übernehmen. Zum anderen hat er die Möglichkeit, unternehmensspezifische Störgrößen in die Datenbank einzupflegen. Hierzu dient der entwickelte Ansatz zur Kategorisierung der Störgrößen (s. AP 1). Im letzten Schritt 3 der Ist-Analyse werden die Ist-Kompetenzen der Mitarbeiter mithilfe eines Kompetenzkatalogs erfasst. Im Rahmen eines 270°-Feedbacks erfolgt die Einschätzung der Ausprägungen der Ist-Kompetenzen auf der erarbeiteten fünf-stufigen Skala. Die Beschreibung der Ausprägungen aller Kompetenzen des Kompetenzkatalogs erleichtert die Einschätzung (s. AP 3). Die Ist-Kompetenzen werden in einen Kompetenzkatalog übernommen. Die Phase der Ist-Analyse endet mit der Aufnahme der Ist-Kompetenzen [vgl. Meyer 2014a].

Die zweite Phase der Systematik, die Synthese, beinhaltet weitere fünf Schritte. Zunächst bewertet der Anwender der Systematik mithilfe des Kausaldiagramms die Auswirkungen der von ihm in der Ist-Analyse identifizierten Störgrößen (Schritt 4). Das Kausaldiagramm zeigt die Zusammenhänge zwischen den Zielgrößen Zeit, Kosten und Qualität sowie ihren Unterzielgrößen und zugehörigen Stellgrößen (s. AP 4). Der Anwender kann somit leichter und vor allem schneller die Auswirkungen der Störgrößen auf das Gesamtsystem erkennen und deren Bedeutung für die Ziele des Unternehmens besser bewerten. Nachfolgend muss der Anwender in Schritt 5 die unternehmensspezifischen Störgrößen priorisieren. Dies erfolgt mithilfe der entwickelten Störgrößenprioritätszahl (SGPZ). Im sechsten Schritt werden dann unter Verwendung des in AP 2 erstellten Maßnahmenkatalogs zunächst geeignete Maßnahmen für die priorisierten Störgrößen abgeleitet. Die den Maßnahmen hinterlegten Soll-Kompetenzen ermöglichen in Schritt 7 eine Gegenüberstellung mit den Ist-Kompetenzen. Die Systematik zeigt die Maßnahmen an, für die die entsprechenden Mitarbeiterkompetenzen vorliegen. Die Systematik gibt dem Anwender im letzten Schritt 8 für den betrachteten Anwendungsfall Handlungsempfehlungen bezüglich geeigneter Maßnahmen aus. Neben den Handlungsempfehlungen werden zudem auch notwendige Weiterbildungsbedarfe durch Visualisierung der Kompetenzlücken aufgeführt.

Das Unternehmen kann die Umsetzung der Handlungsempfehlungen vornehmen [vgl. Meyer 2014a].

Lastenheft

Im Rahmen von AP 5 wurde für die softwareseitige Umsetzung der Systematik ein Lastenheft erstellt. Ein Lastenheft ist die „Vom Auftraggeber festgelegte Gesamtheit der Forderungen an die Lieferungen und Leistungen eines Auftragnehmers innerhalb eines Auftrags“ [DIN 69905].

Die Qualitätsmerkmale von Software nach ISO/IEC 9126 sind [vgl. Balzert 2011]:

- Funktionalität (Angemessenheit, Sicherheit, Genauigkeit, Interoperabilität, Konformität der Funktionalität)
- Zuverlässigkeit (Reife, Fehlertoleranz, Wiederherstellbarkeit, Konformität der Zuverlässigkeit)
- Benutzbarkeit, Gebrauchstauglichkeit (Verständlichkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit, Attraktivität, Konformität der Benutzbarkeit)
- Effizienz (Zeitverhalten, Verbrauchsverhalten, Konformität der Effizienz)
- Wartbarkeit (Analysierbarkeit, Änderbarkeit, Stabilität, Testbarkeit, Konformität der Wartbarkeit)
- Portabilität (Anpassbarkeit, Installierbarkeit, Koexistenz, Austauschbarkeit, Konformität der Portabilität)

Die Qualitätsmerkmale wurden bei der Erarbeitung des Lastenhefts berücksichtigt. Die Gliederung des Lastenhefts erfolgte nach BALZERT [vgl. Balzert 1996].

Lastenheft	
1.	<p><u>Zielbestimmung:</u></p> <p>Unterstützung produzierender KMU bei ihrem Störgrößenmanagement</p>
2.	<p><u>Produkteinsatz:</u></p> <p>Das Softwaretool soll innerhalb des Störgrößenmanagements von Mitarbeitern produzierender KMU angewendet werden.</p>
3.	<p><u>Produktfunktionen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eingabe Zielgrößen • Vergleich Ist- und Soll-Kompetenzprofile • Anzeigefunktionen • Ergänzung von Störgrößen • Ergänzung von Maßnahmen • Speichern von Zwischenergebnissen
4.	<p><u>Produktdaten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Störgrößendatenbank • Maßnahmenkatalog • Kompetenzprofile
5.	<p><u>Produktleistung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle Funktionen dürfen nicht länger als 10 Sekunden Reaktionszeit benötigen • Der Speicherbedarf darf 10 MB nicht übersteigen • Die Verfügbarkeit des Systems soll bei 99 % liegen • Kompatibilität mit allen anderen gängigen Systemen in KMU

Lastenheft	
6.	<p><u>Qualitätsanforderungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehr hohe Zuverlässigkeit • Robustheit gegenüber Fehlern • Hohe Benutzungsfreundlichkeit • Hohe Effizienz • Änderbarkeit • Übertragbarkeit
7.	<p><u>Ergänzungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Systematik bzw. das Softwaretool soll in Microsoft Excel® implementiert werden. • Die Benutzerführung muss in deutscher Sprache erfolgen • Die deutsche Datenschutzrichtlinie ist zu beachten

Tabelle 3.1: Lastenheft

Softwaretool

Das Microsoft Excel® Tool ist für Unternehmen ein softwarebasiertes Werkzeug die entwickelte Systematik zu nutzen. Nachfolgend soll das Softwaretool kurz vorgestellt werden. An dieser Stelle wird auf den Leitfaden verwiesen, der ausführlich die einzelnen Funktionen des Tools erläutert und auf der Homepage zum Projekt kostenlos zum Download zur Verfügung steht.

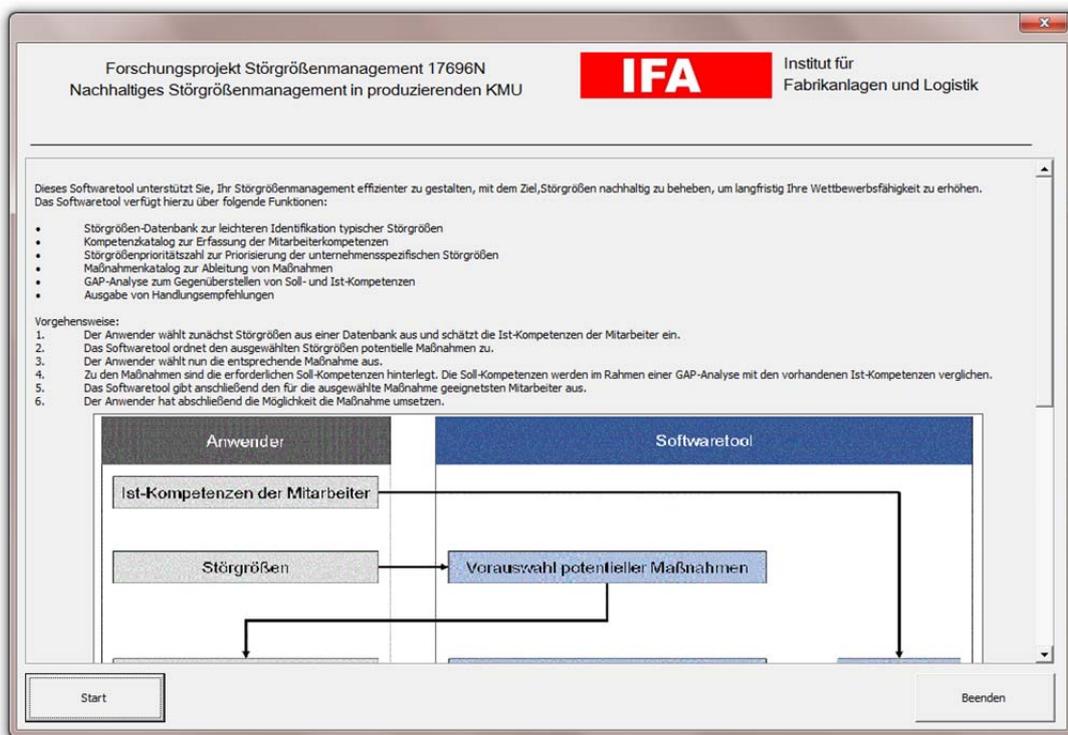


Abbildung 3.17: Übersichtsfenster (Ausschnitt)

Nach Öffnen der Microsoft Excel® Datei erscheint zunächst ein Übersichtsfenster (s. Abbildung 3.17). Der Anwender erhält Informationen zum Forschungsprojekt, zur entwickelten Vorgehensweise für ein effizientes Störgrößenmanagement und einen Hinweis zur Projektförderung.

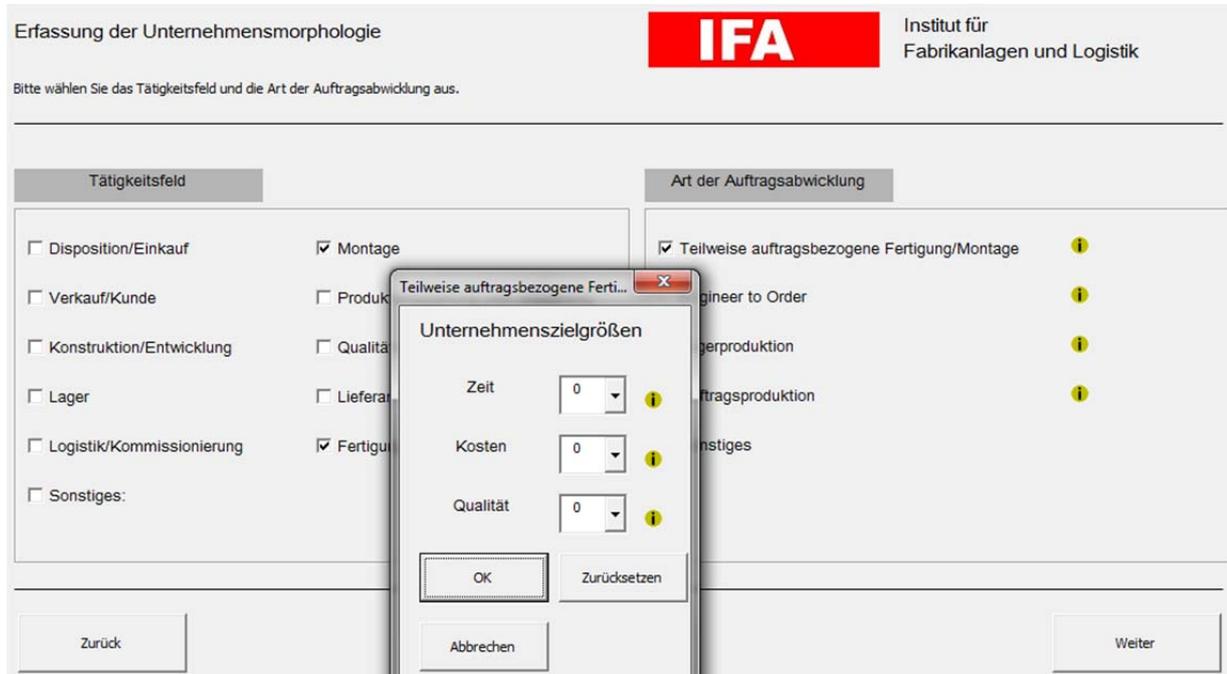


Abbildung 3.18: Erfassung der Unternehmensmorphologie (Ausschnitt)

Anschließend muss der Anwender das Tätigkeitsfeld (linke Fenster-Seite) wählen, welches er betrachten will. Der Zweck dieser Angabe ist den Betrachtungsbereich klar abzugrenzen und die Auswahl der Mitarbeiter im späteren Verlauf auf diesen Bereich zu begrenzen. Dies ist u.a. empfehlenswert, um die Komplexität zu reduzieren. Neben dem Tätigkeitsfeld muss der Anwender Angaben zur Art der Auftragsabwicklung (rechte Fenster-Seite) machen (s. Abbildung 3.18). In diesem Kontext ist auch eine Priorisierung der unternehmerischen Zielgrößen Zeit, Kosten, Qualität durch den Anwender erforderlich.



Abbildung 3.19: Leere Störgrößenmanagement-Übersicht

Im nächsten Fenster kann der Anwender Störgrößen durch Klick auf den Button „Störgröße hinzufügen“ hinzufügen oder über den Button „Speicher Laden“ eine Liste von Störgrößen in das Tool laden, die er bei vorherigen Anwendungen des Tools erstellt und gespeichert hat.

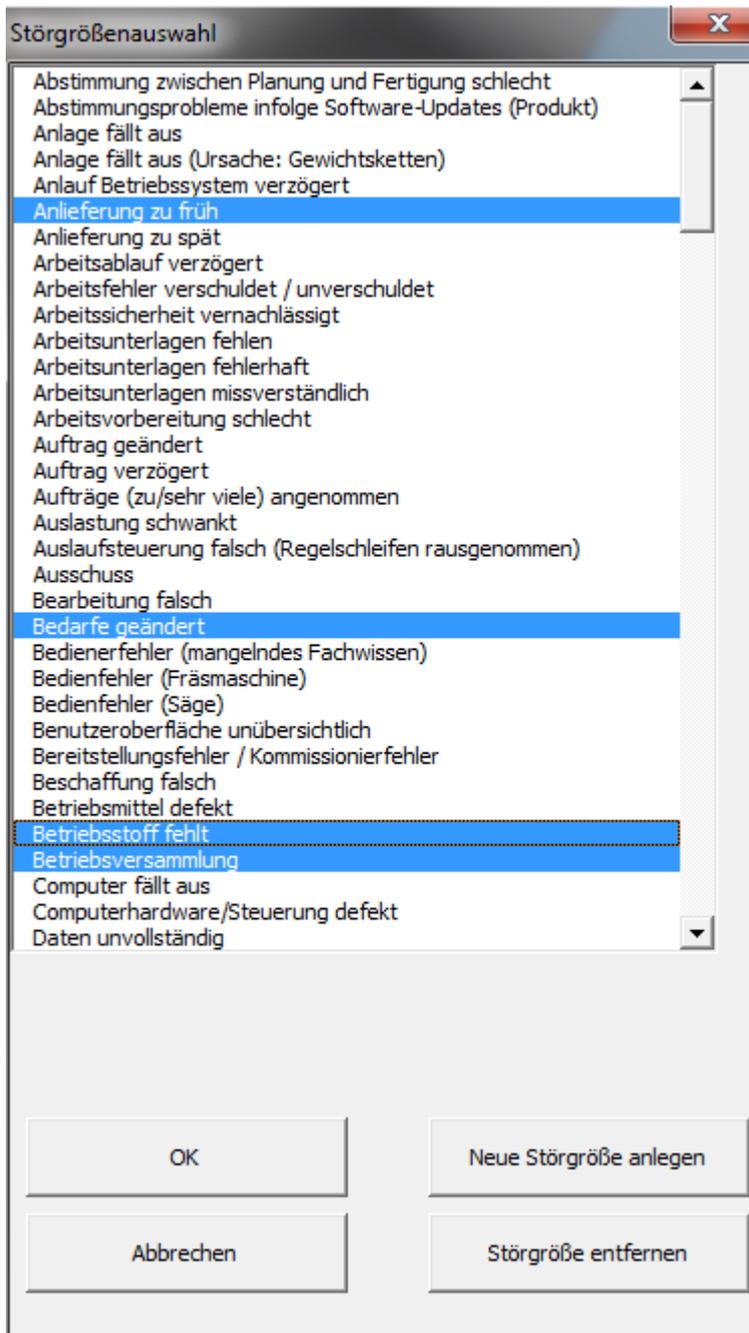


Abbildung 3.20: Störgrößenauswahl

Wählt der Anwender die Option „Störgröße hinzufügen“ erscheint ein neues Fenster, welches ihm die Störgrößendatenbank anzeigt (s. Abbildung 3.20). Er kann nun Störgrößen aus der Liste auswählen, die er im Rahmen seinen Störgrößenmanagements betrachten will.

Störgrößenmanagement



Institut für
Fabrikanlagen und Logistik

Bitte wählen Sie die relevanten Störgrößen aus und bewerten Sie diese.

Nr.	Störgrößenbeschreibung	Störgröße entfernen	Störgrößenprioritätszahl	Objekt	Art	Bereich	Störgrößenprioritätszahl bestimmen
1	Anlieferung zu früh	<input checked="" type="checkbox"/>		Material	Bereitstellung	Lager	Kennzahl bestimmen
2	Bedarfe geändert	<input checked="" type="checkbox"/>		Produkt	Bereitstellung	Produktionsplan	Kennzahl bestimmen
3	Betriebsstoff fehlt	<input checked="" type="checkbox"/>		Betriebsmittel	Bereitstellung	Fertigung	Kennzahl bestimmen
4	Betriebsversammlung	<input checked="" type="checkbox"/>		Mensch			Kennzahl bestimmen

Abbildung 3.21: Störgrößenmanagement-Übersicht mit ausgewählten Störgrößen

Die ausgewählten Störgrößen werden in der Störgrößenmanagement-Übersicht angezeigt (s. Abbildung 3.21). Der Anwender muss nun die ausgewählten Störgrößen nach dem oben dargestellten Kategorisierungsansatz einordnen (s. AP 1), damit die Systematik diese mit dem Maßnahmenkatalog verknüpfen kann. Zudem muss er die Störgrößenprioritätszahl in einem separaten Fenster bestimmen (s. Abbildung 3.22).

Die Störgrößenprioritätszahl dient wie bereits zuvor geschrieben dazu, Störgrößen nach ihrer Dringlichkeit zu priorisieren. Durch Klick auf „Priorisierung“ bringt das Tool die Störgrößen in die richtige Reihenfolge.

Mit einem Klick auf das „X“ besteht zudem in dieser Ansicht die Möglichkeit die entsprechende Störgröße aus der Liste zu entfernen.

Betriebsstoff fehlt

Institut für
Fabrikanlagen und Logistik

Bitte bestimmen Sie das Einflussgewicht der gewählten Störgröße.

Zielgrößen

Zielgröße	Einflussgewicht	Vergleich zu: Teilweise Auftragsbezogen	Info
Zeit	5	2	i
Kosten	2	2	i
Qualität	1	3	i

Bedeutung der Störgröße 4 i

Entdeckungswahrscheinlichkeit * 90 i

Auftrittswahrscheinlichkeit * 10
20
30
40
50
60
70
80 i

* in %

OK

Zurücksetzen

Abbildung 3.22: Bestimmung der Störgrößeprioritätszahl

Priorisierung

Institut für
Fabrikanlagen und Logistik

Bitte wählen Sie eine geeignete Maßnahme und Mitarbeiter aus.

Priorität	Störgrößenbeschreibung	Störgrößeprioritätszahl	Maßnahmen	Ausgewählter Mitarbeiter
1	Betriebsstoff fehlt	384	Lean Production	MA_2
2	Betriebsversammlung	233	Checklisten (auch Aktivitätenliste)	MA_7
3	Anlieferung zu früh	135	Just in Time (JIT) Konzept	MA_7
4	Bedarfe geändert	107	<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; font-size: small;"> 6 W Hinterfragetechnik 8-D-Report Andon Checklisten (auch Aktivitätenliste) Gleichteile einsetzen Just in Time (JIT) Konzept Lean Production Qualitätszirkel einführen </div>	MA_2

Maßnahme erstellen

Mitarbeiterverwaltung

Zurück

Abbildung 3.23: Maßnahmenauswahl

Anschließend schlägt das Tool dem Anwender Maßnahmen zur Behebung der jeweiligen Störgröße vor (s. Abbildung 3.23). Die Maßnahmen entstammen aus dem Maßnahmenkatalog, welcher über die Kategorisierungsmerkmale durch Tool mit den Störgrößen verknüpft wird.

Just in Time (JIT) Konzept

Das Ziel der JIT Produktion ist das richtige Produkt in der gewünschten Qualität am richtigen Ort zur richtigen Zeit zu haben. Um das zu erreichen müssen grundlegende Änderungen in der Produktionsplanung und -steuerung vorgenommen werden. Zur Einführung sind sieben Phasen zu durchlaufen. Am Anfang steht die Initiierungsphase mit Zielformulierung, Projektvorbereitung, Vorgehensplan, Mitarbeiterschulung und Projektorganisation. Anschließend kommt die Analysephase mit Stärken, Schwächen und Potentialen. Die Konzeptphase gestaltet Strukturen und Prozesse, prüft auf die Wirtschaftlichkeit und entscheidet. Danach geht es in die Detailplanung. Im Anschluss wird das Programm realisiert und die Mitarbeiter eingewiesen. Zuletzt werden die Konsolidierungsphase

IFA Institut für
Fabrikanlagen und Logistik

Sollkompetenzen	Kompetenzen	Ist-Werte vorgeschlagener Mitarbeiter	Vorgeschlagene/r Mitarbeiter
Mitarbeiter verfügt über fundierte Kenntnisse und kann diese zuverlässig anwenden.	Fachwissen	2	Mitarbeiter verfügt über erweiterte Kenntnisse und kann diese größtenteils anwenden.
Mitarbeiter kann komplizierte Sachverhalte systematisch und zuverlässig erfassen und strukturieren.	Analytische Fähigkeit	3	Mitarbeiter kann komplizierte Sachverhalte systematisch und zuverlässig erfassen und strukturieren.
Mitarbeiter verfügt über grundlegende Fachkenntnisse und Erfahrungen und kann tendenzielle Entwicklungen nur unzuverlässig vorhersagen.	Antizipationsfähigkeit	1	Mitarbeiter hat nur geringe Erfahrung und kann tendenzielle Entwicklungen kaum vorhersagen.
Mitarbeiter schätzt Sachverhalte meistens korrekt ein.	Beurteilungsfähigkeit	1	Mitarbeiter kann Sachverhalte mit Unterstützung von Kollegen oder durch Hilfsmittel (Prozessdokumentationen, etc.) korrekt einschätzen.
Mitarbeiter prüft und bewertet selbstständig alle Alternativen, bevor er Entscheidungen trifft, ggf. holt er zusätzlichen Rat ein.	Entscheidungsfähigkeit	2	Mitarbeiter ist in der Lage die Erzeugnis- und Prozessqualität korrekt einzuschätzen und Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität zu initiieren.
Mitarbeiter macht auf Verlangen des Vorgesetzten oder seiner Kollegen konzeptionelle Vorschläge.	Konzeptionsfähigkeit	3	Mitarbeiter entscheidet selbstständig bei bekannten Problemstellungen. Bei weitergehenden Entscheidungen sichert er sich zusätzlich bei anderen ab.
Mitarbeiter kennt diverse Analyse- und Lösungstechniken. Er kann Probleme eigenständig analysieren, bewerten und lösen.	Problemlösungsfähigkeit	3	Mitarbeiter macht selbstständig konzeptionelle Vorschläge.
Mitarbeiter kann seinen Standpunkt aktiv vertreten sowie sich auf Basis sachlicher Argumente gegen Andere durchzusetzen.	Durchsetzungsfähigkeit	0	Mitarbeiter kennt diverse Analyse- und Lösungstechniken. Er kann Probleme eigenständig analysieren, bewerten und lösen.
Mitarbeiter stellt sich Konflikten und beteiligt sich bereitwillig an der Suche nach tragfähigen Lösungen.	Konfliktlösefähigkeit	1	Mitarbeiter kann schwer eigene Ziele ableiten und verliert sein eigenes Ziel permanent aus den Augen.
Mitarbeiter drückt sich klar und verständlich aus und ist bereit, sachliche Argumente über seine Ansichten auszutauschen.	Kommunikationsfähigkeit	1	Mitarbeiter beteiligt sich nur widerwillig an der Suche nach Lösungen bei Konflikten. Seine Argumente sind nicht immer nachvollziehbar.
Mitarbeiter gibt Informationen weiter und leistet Unterstützung auch ohne unmittelbare Notwendigkeit oder direkte Aufforderung.	Teamfähigkeit	2	Mitarbeiter drückt sich verständlich aus, kann jedoch selten überzeugen und beharrt meist auf seinen Ansichten.

PDF Ausgabe

Speichern

Abbildung 3.24: Mitarbeiterauswahl

Sobald der Anwender eine Maßnahme ausgewählt hat, schlägt ihm das Tool Mitarbeiter vor, die sich zur Umsetzung der Maßnahme eignen (s. Abbildung 3.24). Der Anwender kann aus der vorgeschlagenen Mitarbeiterliste einen Mitarbeiter auswählen.

Das Tool gibt die Soll-Kompetenzprofile (linke Fenster-Seite) für die gewählte Maßnahme und die Ist-Kompetenzprofile (rechte Fenster-Seite) des ausgewählten Mitarbeiters an. Eine Ampel (farbliche Markierung) zeigt der Anwender an, inwiefern der Mitarbeiter über die erforderlichen Soll-Kompetenzen verfügt.

Priorisierung **IFA** Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Bitte wählen Sie eine geeignete Maßnahme und Mitarbeiter aus.

Priorität	Störgrößenbeschreibung	Störgrößenprioritätszahl	Maßnahmen	Ausgewählter Mitarbeiter	
1	Betriebsstoff fehlt	384	Lean Production	MA_2	Speichern
2	Betriebsversammlung	233	Checklisten (auch Aktivitätenliste)	MA_7	Speichern
3	Anlieferung zu früh		7) Konzept	MA_2	Speichern
4	Bedarfe geändert		etechnik	MA_2	Speichern

Microsoft Excel

Die Daten wurden gespeichert

OK

Maßnahme erstellen

Mitarbeiterverwaltung

Zurück

Abbildung 3.25: Störgrößenmanagement-Übersicht

Die Störgrößenmanagement-Übersicht zeigt dem Anwender abschließend, welche Störgrößen in welcher Reihenfolge mit welchen Maßnahmen durch welche Mitarbeiter behoben werden sollten (s. Abbildung 3.25).

Nachfolgend wird auf einige zusätzliche Funktionen kurz eingegangen.

Maßnahme erstellen

IFA Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Maßnahmenname: Maßnahmenart:

Maßnahmenbeschreibung:

Quelle:

Maßnahmenobjekt:

Information Betriebsmittel Material Mensch Methode

Milieu / Umwelt Produkt

Störungsart: Bereitstellung Beschaffenheit

Abbildung 3.26: Funktion „Maßnahme erstellen“

Die Funktion „Maßnahme erstellen“ im Fenster Maßnahmenauswahl ermöglicht es eigene Maßnahmen zu erstellen und diese dem Maßnahmenkatalog hinzuzufügen (s. Abbildung 3.26).

Mitarbeiterverwaltung

IFA Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Erstellen oder entfernen Sie Mitarbeiterprofile.

Mitarbeiter	Mitarbeiterprofil entfernen	Fachwissen	Analytische Fähigkeit	Antizipationsfähigkeit	Beurteilungsfähigkeit	Entscheidungsfähigkeit	Konzeptionsfähigkeit
MA_1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	1	1	1	1
MA_2	<input checked="" type="checkbox"/>	2	3	1	1	2	3
MA_4	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1	3	2	3	3
MA_5	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1	2	0	0	1
MA_6	<input checked="" type="checkbox"/>	0	3	1	3	0	1
MA_7	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1	1	0	0	2
MA_8	<input checked="" type="checkbox"/>	1	3	0	3	1	3
MA_9	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	3	0	0	1

Abbildung 3.27: Mitarbeiterverwaltung

Ebenso verfügt das Tool über eine Funktion „Mitarbeiterverwaltung“ (s. Abbildung 3.27). Diese zeigt die erfassten Mitarbeiter mit ihren Kompetenzen an. Ebenso kann der Anwender weitere Mitarbeiterprofile anlegen (s. Abbildung 3.28).

Mitarbeitername	Mitarbeiterkompetenzen
Max Mustermann	1 Fachwissen
	4 Analytische Fähigkeit
	2 Antizipationsfähigkeit
	2 Beurteilungsfähigkeit
	1 Entscheidungsfähigkeit
	0 Konzeptionsfähigkeit
	2 Problemlösungsfähigkeit
	Durchsetzungsfähigkeit
	0 Konfliktlösefähigkeit
	1 Kommunikationsfähigkeit
	2 (highlighted)
	3
	4
	Teamfähigkeit
	Belastbarkeit
	Eigenverantwortung

Abbildung 3.28: Funktion „Mitarbeiter anlegen“

Arbeitspaket 6: Validierung der Systematik in den Unternehmen

Ziel:

Ziel von Arbeitspaket 6 war die Validierung. Zum einen waren die erarbeiteten Ergebnisse, zum anderen das Softwaretool hinsichtlich seiner Funktion und Praxistauglichkeit zu validieren.

Vorgehen:

Um die genannten Ziele zu erreichen, wurden fortlaufend die erarbeiteten Inhalte mit den Unternehmen des PA und Experten validiert. Im Rahmen von Unternehmensbesuchen und Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses wurden die (Zwischen-)Ergebnisse diskutiert und anschließend die Anmerkungen der Praxisvertreter eingearbeitet.

Die im Softwaretool umgesetzte Systematik wurde ebenfalls im Rahmen von Unternehmensbesuchen und auf dem Abschlusstreffen des PA validiert. Das Tool wurde anschließend angepasst und durch eine weitere interne Validierungsphase abgesichert.

Ergebnisse:

Sicherstellung der Anwendbarkeit der Systematik inklusive ihrer Komponenten sowie Funktionalität des Softwaretools

Im Rahmen der Validierung konnte die Anwendbarkeit des Tools auf Basis von beispielhaften realen sowie fiktiven Störgrößen in verschiedenen Produktionssystemen getestet werden. Zum einen wurde für reale Störgrößen aus der Vergangenheit überprüft, ob das Tool Maßnahmen empfiehlt, die das Unternehmen ebenfalls umgesetzt hat. Zum anderen wurden aber auch Störgrößen untersucht, die im Unternehmen möglicherweise in der Zukunft auftreten können.

Die Unternehmen bescheinigten dem Tool eine hohe Anwenderfreundlichkeit und Übersichtlichkeit seiner Struktur.

Kritisch wurde angemerkt, dass die Erfassung von Ist-Kompetenzen bei den Mitarbeitern unter Umständen zu Konflikten mit dem Betriebsrat² führen könnte. Die Unternehmen zeigten großes Interesse das Tool im Rahmen ihres Störgrößenmanagements einsetzen zu wollen. Einzelne Unternehmen signalisierten jedoch auf die Erfassung der Ist-Kompetenzen, etc. zunächst zu verzichten und nur die Funktionen Störgrößendatenbank, Maßnahmenkatalog, Kausaldiagramm und SGPZ zu nutzen. Im Falle einer positiven Resonanz sollte dann mit dem Betriebsrat besprochen werden, um die Funktionen Kompetenzerfassung und -abgleich ebenfalls nutzen zu können.

² Die Einführung einer Erfassung der Mitarbeiterkompetenzen bedarf in der Regel in vielen Unternehmen der Zustimmung des Betriebsrates.

Arbeitspaket 7: Dokumentation der Ergebnisse

Ziel:

Ziel war die Dokumentation der im Rahmen dieses Forschungsprojekts erzielten Ergebnisse und der Transfer dieses Wissens in die Praxis.

Vorgehen:

Zum Transfer der erzielten Forschungsergebnisse wurde ein Leitfaden erstellt. Dieser unterstützt KMU bei der Anwendung des entwickelten Softwaretools und somit bei der Verankerung eines nachhaltigen Störgrößenmanagements. Neben einer kurzen thematischen Einleitung gibt der Leitfaden einen Überblick über das Softwaretool mit seinen Funktionen.

Im Rahmen der Projektbearbeitung stellte sich durch Diskussionen mit den beteiligten Unternehmen heraus, dass der Leitfaden kurz und präzise sein sollte. Eine Art ausführliches Benutzerhandbuch wurde nicht gewünscht. Seitens der Projektbeteiligten wurde die Gefahr gesehen, dass ein ausführliches Benutzerhandbuch eher „abschreckend“ wirkt und dazu führen könnte, dass interessierte Unternehmen das Benutzerhandbuch nicht lesen und somit auch nicht das Tool nutzen. Stattdessen sollte die intuitive Bedienbarkeit des Tools (s. AP 5) verstärkt bei der Entwicklung verfolgt werden.

Parallel zur Projektbearbeitung wurden die Ergebnisse in nationalen und internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht. Ebenso wurden Beiträge und Vorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen genutzt, um die Ergebnisse des Forschungsprojekts zu kommunizieren und zu diskutieren.

In Kapitel 8 werden die diversen Maßnahmen zum Transfer der Ergebnisse detailliert aufgeführt.

Ergebnisse:

Handlungsleitfaden



Abbildung 3.29: Handlungsleitfaden

Der Leitfaden zur Anwendung des Softwaretools wurde bewusst einfach gehalten (s. Abbildung 3.29). Bei der Erstellung des Softwaretools wurde auf eine hohe Anwendbarkeit

geachtet. Das Softwaretool führt den Anwender intuitiv durch die einzelnen Bedienermasken. Der Leitfaden dient somit lediglich zur Unterstützung, damit der Anwender schnell mit dem Softwaretool arbeiten kann.

Der Handlungsleitfaden steht zusammen mit dem Softwaretool auf der Projekt-Homepage (<http://www.ifa.uni-hannover.de/stoegroem.html>) kostenlos zum Download zur Verfügung.

Veröffentlichungen in Fachzeitschriften

s. Maßnahmen zum Transfer der Ergebnisse in Kapitel 8

Konferenzbeiträge

s. Maßnahmen zum Transfer der Ergebnisse in Kapitel 8

Dokumentation der Projektergebnisse entsprechend den Auflagen des Förderers

Die Dokumentation der Projektergebnisse entsprechend den Auflagen des Förderers erfolgt mit diesem Schlussbericht.

4. Innovativer Beitrag und wirtschaftlicher Nutzen

Der innovative Beitrag des Forschungsvorhabens besteht vor allem in der Kombination eines generischen Kausaldiagramms (Ursache-Wirk-Modell) mit einer individualisierbaren Methodik. Durch die Nutzung grundlegender Gesetzmäßigkeiten und etablierter Theorien, wie sie in dem Kausaldiagramm genutzt werden, lässt sich die Vielfalt möglicher Störgrößen einordnen und untersuchen. Die individuellen Rahmenbedingungen des Unternehmens werden durch die jeweilige Gewichtung der Zielgrößen und die Bewertung der Bedeutung von Störgrößen durch den Anwender berücksichtigt. Damit wird dem Problem Rechnung getragen, dass sehr spezifische Störgrößen für jede Produktion grundsätzlich die gleichen Auswirkungen haben, diese sich jedoch in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen unterschiedlich stark auswirken und fortpflanzen können. Auf diese Weise kann der Anwender seine sehr individuellen Störgrößen schneller und objektiver bewerten als zuvor.

Durch die Einbettung dieser Ergebnisse in eine umfassende Methodik, die dem Anwender in einer Datenbank eine Vielzahl beispielhafter Störgrößen inklusive ihrer Kategorisierung aufzeigt sowie einen Maßnahmenkatalog zur Verfügung stellt, wird der wissenschaftliche Kern des Projekts anwenderfreundlich nutzbar gemacht.

Der wirtschaftliche Nutzen der Forschungsergebnisse besteht primär in der Befähigung von KMU ihre Wettbewerbsfähigkeit durch ein effizientes Störgrößenmanagement zu verbessern. Durch die Anwendung des Softwaretools erhalten KMU präventive und reaktive Maßnahmen zur Störgrößenbehebung sowie ein methodisches Vorgehen zur Umsetzung und nachhaltigen Verankerung eines reaktionsschnellen Störgrößenmanagements aufgezeigt. Aus den diversen Gesprächen mit den am Forschungsprojekt beteiligten Unternehmen sowie mit Experten kann gefolgert werden, dass Unternehmen durch die Nutzung der Projektergebnisse die Auftrittswahrscheinlichkeit und die Auswirkungen von Störgrößen reduzieren und infolge dessen ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern können.

Erstmals wird es für KMU möglich sein, Störgrößen systematisch zu identifizieren und zu beheben. Durch die Anwendung der Systematik erhalten die Unternehmen ein individuelles Kausaldiagramm, welches die verschiedenen Zusammenhänge möglicher Ursachen, Störgrößen und Auswirkungen aufzeigt und somit für einen Anstieg der Transparenz sorgen wird. Ebenfalls reduziert sich für KMU die erforderliche Zeit für die Entwicklung und Ableitung von Maßnahmen zur Störgrößenbehebung, da fortan Maßnahmen aus dem entwickelten Maßnahmenkatalog übernommen werden können und lediglich an die spezifische Situation angepasst werden müssen. Die eingesparten Ressourcen können stattdessen für die Leistungserbringung eingesetzt werden und führen zu einer Steigerung der Effizienz in der Produktion. Neben einem Anstieg der Transparenz über Störgrößen in ihrer Produktion und Maßnahmen zur Störgrößenbehebung, erhalten KMU durch die Forschungsergebnisse erstmals Unterstützung bei der nachhaltigen Verankerung eines Störgrößenmanagements anhand einer methodischen Vorgehensweise.

In Kapitel 5 werden die Auswirkungen der Forschungsergebnisse auf die Wettbewerbsfähigkeit von KMU im Detail beschrieben.

Die erzielten Forschungsergebnisse sind für eine Vielzahl produzierender KMU von hohem Interesse. Der Nutzen der Ergebnisse kann als sehr hoch eingeschätzt werden. Das Forschungsvorhaben hat einen Beitrag zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit geleistet. Störgrößen treten grundsätzlich in jedem produzierenden Unternehmen auf. Somit sind die Ergebnisse des Forschungsprojekts prinzipiell von jedem produzierenden KMU nutzbar und ein effizientes Störgrößenmanagement für eine Vielzahl von Industrieunternehmen von Bedeutung. Die erzielten Forschungsergebnisse werden in erster Linie für folgende Anwendungsfelder interessant: Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren, Metallherzeugung und -bearbeitung, Maschinenbau, Möbel, Elektrotechnik, Feinmechanik und das Dienstleistungsgewerbe. Die Auswahl wird dadurch begründet, dass die Unternehmen des PA in diesen Anwendungsfeldern aktiv sind. Eine Anwendung der Ergebnisse in anderen Wirtschaftszweigen ist jedoch ebenfalls wahrscheinlich.

5. Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU

Das Softwaretool, in welches die entwickelte Systematik implementiert wurde, wird KMU bei der Identifikation, Behebung und Prävention von Störgrößen unterstützen. Somit können KMU mithilfe der Forschungsergebnisse ihr Störgrößenmanagement deutlich verbessern.

KMU können durch die Nutzung der Forschungsergebnisse (u.a. Kausaldiagramm, SGPZ, Maßnahmenkatalog, Mitarbeiterkompetenzprofile) die Effizienz ihres Störgrößenmanagements erhöhen. Dies wird sich dabei wie folgt auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirken:

- *Verbesserung der Durchlaufzeit und Termintreue durch die Reduzierung von Störgrößen*

Störgrößen beeinflussen die Durchlaufzeit und Termintreue negativ. Der entwickelte Maßnahmenkatalog unterstützt KMU bei der Auswahl und Umsetzung geeigneter Maßnahmen zur Störgrößenprävention. Die verbesserte Prävention wird das Auftreten von Störgrößen in der Produktion reduzieren. Der Effekt wird eine Verbesserung der Durchlaufzeit und Termintreue sein. Das Softwaretool dient KMU zur Unterstützung bei der Störgrößenbehebung. Durch die systematische Vorgehensweise können KMU Störgrößen schneller beheben und die Auswirkungen, u.a. auf die Durchlaufzeit, minimieren und somit die Durchlaufzeit ebenfalls positiv beeinflussen.

- *Kosteneinsparungen durch Verringerung des Ausschusses*

Ausschuss in der Produktion ist des Öfteren die Folge von Störgrößen, wie z.B. Anlagenverschleiß. Das entwickelte Softwaretool ermöglicht Unternehmen die Ursachen dafür schneller zu identifizieren und Maßnahmen zur Behebung und Prävention abzuleiten. Auf diese Weise kann der Ausschuss reduziert werden.

- *Verbesserter Ressourceneinsatz durch effiziente Priorisierung von Maßnahmen*

Im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsprojekts wurde sehr deutlich, dass in den Unternehmen diverse Störgrößen auftreten bzw. auftreten können. Die Priorisierung stellt die Unternehmen vor Herausforderungen. Die Störgrößenprioritätszahl innerhalb des Softwaretool hilft Unternehmen ihre Störgrößen zu priorisieren. Fortan können KMU mit ihren im Allgemeinen limitierten zeitlichen und finanziellen Ressourcen zunächst die Störgrößen mit der größten Relevanz beheben. Durch die Ergriffung der „richtigen“ Maßnahmen für die „richtigen“ Störgrößen in der „richtigen“ Reihenfolge können KMU ihre Ressourcen effizienter einsetzen und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit erhöhen.

- *Qualitätsverbesserung durch anforderungsgerechte Mitarbeiterkompetenzen*

Die aufgezeigten Mitarbeiterkompetenzprofile ermöglichen KMU bei der Umsetzung von Maßnahmen die Kompetenzen ihrer Mitarbeiter stärker als bisher zu berücksichtigen. Dieser anforderungsgerechte Einsatz von Mitarbeitern mit ihren Kompetenzen impliziert, dass die notwendigen Kompetenzen zur Maßnahmenumsetzung gegeben sind. Hierdurch erhöht sich die Qualität des Störgrößenmanagements.

- *Erhöhung der Mitarbeitermotivation durch Abbau von Unter- und Überforderung*

Die Bestimmung geeigneter Mitarbeiter für die Umsetzung einer Maßnahme erfolgte bislang wenig systematisch. So bestand die Gefahr, dass über- oder unterqualifizierte Mitarbeiter für die Umsetzung einer Maßnahme vorgesehen wurden. Dies führt in einigen Fällen zu Unter- und Überforderung, die wiederum in Demotivation enden konnte. Mithilfe der Mitarbeiterkompetenzprofile können KMU bei der Maßnahmenumsetzung Mitarbeiter mit geeigneten Fähigkeiten gezielter auswählen. Diese verfügen über die notwendigen Kompetenzen zur Maßnahmenumsetzung und fühlen sich hierbei angemessen gefordert. Auf diese Weise wird das Risiko von Demotivation reduziert.

- *Weiterqualifizierung der Mitarbeiter*

Im Rahmen der Anwendung des Softwaretools werden die Ist-Kompetenzen der Mitarbeiter erfasst. Die gesammelten Informationen können neben der Auswahl eines geeigneten Mitarbeiters für eine Maßnahme auch zur Weiterqualifizierung genutzt werden. Die aufgenommen Ist-Kompetenzprofile werden mithilfe des entwickelten Softwaretools mit den Soll-Kompetenzprofilen verglichen und Defizite identifiziert. Die Erkenntnisse zu den Kompetenzdefiziten können genutzt werden, um geeignete Kompetenzentwicklungsmaßnahmen abzuleiten.

6. Verwendung der Zuwendung

Die Bearbeitung des Forschungsprojekts erfolgte über den Zeitraum vom 01.03.2013 bis 30.11.2014 durch zwei am Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Leibniz Universität Hannover beschäftigte wissenschaftliche Mitarbeiter (TV-L 13) aus den Fachgruppen Arbeitswissenschaft (AWI) und Produktionsgestaltung (PG). Der Mitarbeiter der Gruppe AWI, der über große Erfahrung im Bereich kompetenzorientierte Arbeitsplanung verfügt, war als Projektleiter während der gesamten Laufzeit von 21 Monaten in Vollzeit beschäftigt. Ein Mitarbeiter der Gruppe PG, der sich schwerpunktmäßig mit der Gestaltung von Produktionssystemen beschäftigt, war über den Zeitraum vom 01.03.2014 bis 30.11.2014 in Vollzeit beschäftigt.

Während der Projektlaufzeit wurden die wissenschaftlichen Mitarbeiter bei den Literaturrecherchen, bei der Validierung der Systematik in den Unternehmen, bei der Vor- und Nachbereitung der Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses und bei der Dokumentation der Ergebnisse durch studentische Hilfskräfte unterstützt.

Des Weiteren wurden durch Studierende der Leibniz Universität Hannover folgende studentische Arbeiten zu diesem Thema bearbeitet und durch das IFA betreut:

- 6 Master-/Diplomarbeiten
- 4 Bachelorarbeiten
- 3 Projektarbeiten
- 1 Laborarbeiten

7. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Es stellte sich heraus, dass die geleistete Arbeit in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag entspricht. Der im Antrag kalkulierte Aufwand war somit für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

8. Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Das hohe Interesse von KMU an den Ergebnissen des Forschungsprojekts erforderte einen stetigen Austausch mit der Wirtschaft. Insbesondere wurde ein sehr zeitnaher Austausch angestrebt, um KMU durch Anwendung der Ergebnisse aber auch Zwischenergebnisse zu ermöglichen, ihr Störgrößenmanagement nachhaltig zu gestalten und ihre Wettbewerbsposition festigen bzw. ausbauen zu können. Dabei wurden nicht nur die am Forschungsprojekt beteiligten Unternehmen einbezogen, sondern die Ergebnisse einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Eine Übersicht der Maßnahmen, die im Rahmen der Antragserstellung geplant wurden, ist in Tabelle 8.1 dargestellt.

Maßnahmen	Zeitraum
Information der Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses (PA)	während der Projektlaufzeit (3 Treffen geplant)
Gezielte Ansprache potenziell interessierter Unternehmen außerhalb des PA	während der Projektlaufzeit
Präsentation und Diskussion der Ergebnisse auf Konferenzen, Messen, etc.	während der Projektlaufzeit (ca. 2 Präsentationen pro Jahr)
Publikationen in Fachzeitschriften	während der Projektlaufzeit (ca. 2 Publikationen pro Jahr)
Einrichtung einer Projekt-Homepage	während der Projektlaufzeit und nach Projektabschluss
Erweiterung des institutseigenen Seminarangebots durch die Inhalte des Projekts	nach Projektabschluss
Einarbeitung der Ergebnisse in die universitäre Lehre	nach Projektabschluss
Integration der Erkenntnisse in Beratungsprojekte	nach Projektabschluss
Nutzung der Ergebnisse für zukünftige FuE-Vorhaben	nach Projektabschluss
Dissertationen	nach Projektabschluss

Tabelle 8.1: Überblick der Maßnahmen zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Nachfolgend wird auf die Umsetzung der genannten Maßnahmen zum Ergebnistransfer im Detail eingegangen und erläutert wie die Ergebnisse des beantragten Forschungsvorhabens in die Wirtschaft transferiert wurden bzw. werden. Außerdem wird dargestellt, inwiefern die mit den jeweiligen Maßnahmen verfolgten Ziele erreicht wurden.

Information der Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses (PA):

Es wurde ein Projektbegleitender Ausschuss (PA) eingerichtet. Ziel dieser Maßnahmen war den Ergebnistransfer sicherzustellen.

Insgesamt fanden vier Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses statt. Im Rahmen der Treffen wurde der Arbeitsfortschritt sowie Ergebnisse diskutiert, bewertet und mit den Praxisanforderungen der Unternehmen abgestimmt. Die Treffen wurden, mit Ausnahme des Kick-Off-Treffen, in Unternehmen des PA durchgeführt. Das gastgebende Unternehmen stellte den übrigen PA-Mitgliedern unter anderem ihre Aktivitäten zum Störgrößenmanagement vor, sodass zusätzlich ein besserer gegenseitiger Wissensaustausch erfolgen konnte. Während der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass die ursprünglich geplanten

ten Abstände zwischen den PA-Treffen zu lang kalkuliert waren. Aus diesem Grunde wurde im Vergleich zum Antrag ein zusätzliches PA-Treffen durchgeführt. Die Treffen fanden an folgenden Termin statt:

- 23.04.2013, Gastgeber: Institut für Fabrikanlagen und Logistik, Garbsen
- 04.09.2013, Gastgeber: Fa. Köttermann, Uetze
- 07.05.2014, Gastgeber: Fa. Hettich, Kirchlengern
- 17.11.2014, Gastgeber: Fa. HASCO, Lüdenscheid

Der Projektbegleitender Ausschuss wurde durch folgende Unternehmen gebildet:

Unternehmen		
AKU GmbH & Co. KG	Ernst-Starke-Straße 2	31855 Aerzen/Reher
BEGO Bremer Goldschlägerei Wilh. Herbst GmbH & Co. KG	Wilhelm-Herbst-Str. 1	28359 Bremen
Electronic Wood Systems GmbH	Robert-Henseling-Str.1	31789 Hameln
HASCO Hasenclever GmbH+Co. KG	Römerweg 4	58513 Lüdenscheid
Hettich Holding GmbH & Co. oHG	Vahrenkampstraße 12 - 16	32278 Kirchlengern
IGW mbH	Platz der Jugend 5	39356 Weferlingen
Ihlemann AG	Heesfeld 2a -6	38112 Braunschweig
Köttermann GmbH & Co. KG	Industriestrasse 2-10	31311 Uetze/Hänigsen
Metallumform GmbH	Zeissstraße 9	37327 Leinefelde
Sartorius Weighing Technology GmbH	Weender Landstr. 94-109	37076 Göttingen

Tabelle 8.2: Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses

Insgesamt ist festzustellen, dass das Ziel der Maßnahme erreicht wurde.

Gezielte Ansprache potenziell interessierter Unternehmen auch außerhalb des PA:

Neben dem PA wurden gezielt potenziell interessierte Unternehmen angesprochen sich am Forschungsprojekt zu beteiligen. Ziel dieser Maßnahme war den Kreis der beteiligten Unternehmen zu vergrößern, um zum einen fundiertere Ergebnisse durch Diskussion der Zwischenergebnisse mit mehreren Unternehmen zu erhalten und zum anderen eine breitere Basis für den Erkenntnistransfer zu schaffen.

Im Rahmen des Projektes erfolgten folgende Aktivitäten zu dieser Maßnahme:

- Gespräch zum allgemeinen Vorgehen im Projekt, Maßnahmen zur Störgrößenidentifikation und -behebung und notwendigen Kompetenzen (AP 3) mit Herrn Möhwald (Möhwald Unternehmensberatung) am 01.11.2013
- Gespräch zu Störgrößenmanagement-relevanten Kompetenzen (AP 3) mit Herrn Dr. Heinen (Grea GmbH) am 08.11.2013
- Vorstellung des Projekts bei der Abschlussveranstaltung zum Forschungsprojekt WaProTek am 15.01.2014 am IPS in Dortmund (angesprochene Unternehmen: LP Montagetechnik, InSystems, Mahr, Festo, EWM, etc.)

- Gespräch zum Projektvorgehen und notwendigen Kompetenzen (AP 3) mit Herrn Dr. Hardwig (KOM.in Institut für Wachstumsmanagement und Projektlernen) am 27.03.2014
- Gespräch zur Systematik, insb. den hinterlegten Kompetenzprofilen und dem Lastenheft (AP 5) mit Herrn Möhwald (Möhwald Unternehmensberatung) am 05.11.2014

Das Ziel der Maßnahme wurde erreicht.

Präsentation und Diskussion der Ergebnisse auf Konferenzen, Messen, etc.:

Die Zielstellungen und Ergebnisse des Forschungsprojekts wurden auf folgenden fachbezogenen, industrienahen Konferenzen präsentiert und diskutiert:

- ICCIE 2014 - International Conference on Communications and Information Engineering, .06.-07.02.2014, Patong (Thailand)
- WGP Kongress 2014, 09.-10.09.2014, Erlangen (Deutschland)
- ACSET 2014 - The Asian Conference on Society, Education & Technology 2014, 28.10. – 02.11.2014, Osaka (Japan)

Ziel dieser Maßnahmen war eine Intensivierung des Austausches mit der Wissenschaft und Wirtschaft über den PA hinaus und die Vermittlung der Projektinhalte und -ergebnisse an eine breite Öffentlichkeit.

Das Ziel der Maßnahme wurde erreicht.

Publikationen in Fachzeitschriften:

Die erarbeiteten Forschungsergebnisse wurden zur weiteren Verbreitung in anerkannten und der Zielgruppe entsprechenden Zeitschriften publiziert. Folgende Publikationen erfolgten im Rahmen des Projekts:

- Meyer, G.; Knüppel, K.; Schepers, S. W.; Nyhuis, P. (2013): Störgrößenmanagement in Produktionssystemen - Logistische Leistungsfähigkeit nachhaltig steigern, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 108 (6), S. 410-414
- Meyer, G.; Knüppel, K.; Busch, J.; Jakob, M.; Nyhuis, P. (2013): Effizientes Störgrößenmanagement - Ansatz zur Kategorisierung von Störgrößen in der Produktion, Productivity Management 18 (5), S. 49-52
- Knüppel, K.; Meyer, G.; Nyhuis, P. (2014): A Universal Approach to Categorize Failures in Production, World Academy of Science, Engineering and Technology, Nr. 86, ICIPE 2014, Patong, Thailand, 6.-7. February 2014, pp. 24-28

- Meyer, G.; Knüppel, K.; Möhwald, H.; Nyhuis, P. (2014): Kompetenzorientiertes Störgrößenmanagement - Mitarbeiterkompetenzen sinnvoll in das Störgrößenmanagement integrieren, Productivity Management 19 (1), S. 15-18
- Meyer, G.; Knüppel, K.; Schmidt, M.; Nyhuis, P. (2014): Störgrößenmanagement-Systematik - Mitarbeiterkompetenzen im Störgrößenmanagement nutzen, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 109 (10), S. 704-707
- Meyer, G.; Brünig, B. (2015): Competence Development Measures - Employee Development in Times of Demographic Change, in: The International Academic Forum. Official Conference Proceedings of The Asian Conference on Society, Education & Technology 2014. Naka Ward, Nagoya: pp. 81-98

Hervorzuheben ist, dass zwei Publikationen gemeinsam mit Industrievertretern geschrieben wurden. Herr Jakob von der Firma Metallumform GmbH wirkte u.a. im Projektbegleitenden Ausschuss mit. Der Experte Herr Möhwald von der Firma Möhwald Unternehmensberatung stand u.a. in zwei Treffen als Diskussionspartner zur Verfügung. Auf diese Weise konnte eine den Anforderungen der Praxis entsprechende Darstellung der Projektergebnisse erreicht werden.

Das Ziel der Maßnahme wurde erreicht.

Einrichtung einer Projekt-Homepage:

Eine Projekt-Homepage wurde unter <http://www.stoergroessenmanagement.de> bzw. <http://www.ifa.uni-hannover.de/stoegroem.html> eingerichtet. Hier finden sich Informationen zum Projekt sowie das entwickelte Softwaretool, der Leitfaden und das Kausaldiagramm.

Das Ziel der Maßnahme wurde erreicht.

Integration der Ergebnisse in das institutseigenen Seminarangebots:

Die Ergebnisse des Projekts werden aktuell in Seminare zum Thema Lean Management und Shopfloormanagement integriert.

Das Ziel der Maßnahme wird voraussichtlich erreicht.

Einarbeitung der Ergebnisse in die universitäre Lehre:

Erste Ergebnisse des Projekts zum Thema Kompetenzmanagement wurden in die Vorlesung Arbeitswissenschaft der Leibniz Universität Hannover integriert. Die Vorlesung Arbeitswissenschaft vermittelt Bachelor- und Master-Studierenden u.a. der Fachrichtungen Maschinenbau, Wirtschaftsingenieur sowie Produktion und Logistik arbeitswissenschaftliche Grundlagen. Das Thema Störgrößenmanagement wurde ebenfalls in die Vorlesung Produktionssystemgestaltung implementiert. Da durch die steigende Dynamisierung und Komplexität der industriellen Leistungserstellung auch die Störanfälligkeit der Produktions-

systeme wächst, ist das Störgrößenmanagement ein wesentlicher Bestandteil in der Optimierung des Betriebsverhaltens und damit auch in der Lehre des IFA.

Das Ziel der Maßnahme wurde erreicht.

Integration der Erkenntnisse in Beratungsprojekte:

Gegenwärtig ist angestrebt ein Beratungsangebot zum Thema Störgrößenmanagement aufzubauen. Dieses soll sich an Unternehmen richten, die einen zusätzlichen, individuellen Beratungsbedarf bzgl. des Aufbaus eines nachhaltigen Störgrößenmanagements haben. Ziel ist die zu beratenden Unternehmen durch die Implementierung eines effizienten Störgrößenmanagements bei der Entwicklung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit zu unterstützen. Basis des aufzubauenden Beratungsangebots wird das entwickelte Softwaretool sein.

Teilergebnisse des Projekts konnten bereits in das bestehende Auftragsforschungsprojekt „Entwicklung von Qualifizierungskonzepten“ der Fachgruppe Arbeitswissenschaft einfließen. Zu nennen sind insbesondere, die in Arbeitspaket 3 erarbeiteten Erkenntnisse zum Thema Ableitung von Mitarbeiterkompetenzprofilen und Verknüpfung mit Maßnahmen.

Das Ziel der Maßnahme wurde erreicht.

Nutzung der Ergebnisse für zukünftige FuE-Vorhaben:

Die erarbeiteten Ergebnisse sollen in weitere Forschungsvorhaben des IFA einfließen. So ist aktuell ein Forschungsprojekt zur Ausschreibung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung auf dem Gebiet „Erfahrbares Lernen“ geplant. In diesem Kontext ist angedacht, die Ergebnisse zum Thema Kompetenzmanagement zu nutzen und weiterzuentwickeln.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Prozess- und kompetenzorientierte Methodenauswahl in produzierenden KMU“ am IFA, das ebenfalls über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wird, wird gegenwärtig geprüft, inwiefern der entwickelte Maßnahmenkatalog genutzt werden kann.

Des Weiteren gibt es Überlegungen ein FuE-Vorhaben zur Verbesserung einer nachhaltigen Verankerung des Störgrößenmanagements im Unternehmen durch die Verknüpfung mit einem Anreizsystem zu starten.

Das Ziel der Maßnahme wird voraussichtlich erreicht.

Dissertationen (geplant):

Herr Dipl.-Ing. Konja Knüppel erstellt seine Dissertation im Themenfeld Störgrößenmanagement. Ebenso nutzt Herr Dipl.-Wirt.-Ing. Gerrit Meyer die Ergebnisse des Forschungsprojekts bei der Erstellung seiner Dissertation im Themenfeld Kompetenzmanagement.

Das Ziel der Maßnahme wird voraussichtlich erreicht.

Zusätzlich zu den im Antrag beschriebenen Maßnahmen zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft wurde folgende Maßnahme durchgeführt:

Einbeziehung von Multiplikatoren:

Um gezielt die Ergebnisse des Projekts in KMU zu transferieren und auf diese Weise den Kreis der von den Ergebnissen partizipierenden Unternehmen zu vergrößern, wurden Multiplikatoren einbezogen. Hierzu wurde ein mehrtägiger Forschungsaustausch mit dem Karlsruher Institut für Technologie am 14.-15.10.2014 durchgeführt. Im Rahmen des Treffens wurden u.a. das Projekt vorgestellt und das Vorgehen im Projekt diskutiert. Zudem erfolgte ein Wissensaustausch zu den Themen Kategorisierung von Störgrößen und Maßnahmen zur Störgrößenidentifikation und -behebung (AP 1, 2, 4) mit Frau Dipl.-Wi.-Ing. Nicole Stricker (Karlsruher Institut für Technologie, wbk Institut für Produktionstechnik, Bereich Produktionssysteme).

9. Durchführende Forschungsstelle

Das Forschungsprojekt „StöGröM - Nachhaltiges Störgrößenmanagement in produzierenden KMU“ wurde über die gesamte Laufzeit von der Forschungsstelle Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) bearbeitet. Verantwortlich für die Projektbearbeitung bei der Forschungsstelle waren die Fachgruppen Arbeitswissenschaft und Produktionsgestaltung. Die Einbindung der beiden IFA-Fachgruppen garantierte, dass sowohl Expertise zu dem Thema Kompetenzmanagement als auch zu dem Thema Shopfloor-Management in die Projektergebnisse einfließen.

Forschungsstelle:

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Leibniz Universität Hannover

Produktionstechnisches Zentrum Hannover (PZH)

An der Universität 2

D-30823 Garbsen

Tel.: +49 (0)511-762-2440

Fax: +49 (0)511-762-3814

E-Mail: office@ifa.uni-hannover.de

<http://www.ifa.uni-hannover.de>

Leiter der Forschungsstelle:

Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Geschäftsführender Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik

E-Mail: nyhuis@ifa.uni-hannover.de

Projektbearbeiter:

Dipl.-Wirt.-Ing. Gerrit Meyer (Projektleiter)

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der IFA-Fachgruppe Arbeitswissenschaft

Tel.: +49 (0)511-762-18127

E-Mail: meyer@ifa.uni-hannover.de

Dipl.-Ing. Konja Knüppel

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der IFA-Fachgruppe Produktionsgestaltung

Tel: +49 (0)511-762-18192

E-Mail: knueppel@ifa.uni-hannover.de

10. Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 17696 N der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e.V. – BVL, Schlachte 31, 28195 Bremen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Für die Förderung sei an dieser Stelle gedankt.

11. Literaturverzeichnis

- [Balzert 1996] Balzert, H. (1996): Lehrbuch der Software-Technik: Software-Entwicklung. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- [Balzert 2011] Balzert, H. (2011): Lehrbuch der Softwaretechnik: Entwurf, Implementierung, Installation und Betrieb. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- [Bamberger 1996] Bamberger, R. (1996): Entwicklung eines Werkzeuges zum Störungsmanagement in der Produktionsregelung. Dissertation Universität Stuttgart.
- [Belz 1993] Belz, R. (1993): Entscheidungsunterstützung auf Leitstandebene durch wissensbasierte Simulation. Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg.
- [Benes 2011] Benes, G.; Groh, P. (2011): Grundlagen des Qualitätsmanagements. Mit 45 Tabellen und 228 Lernerfolgskontrollen. München: Hanser.
- [Bergmann 2003] Bergmann, B. (2003): Selbstkonzept beruflicher Kompetenz. In: Rosentiel, L. (Hg.): Handbuch Kompetenzmessung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 229–260.
- [Bormann 1978] Bormann, D. (1978): Störungen von Fertigungsprozessen und die Abwehr von Störungen bei Ausfällen von Arbeitskräften durch Vorhaltung von Reservepersonal. Dissertation Universität Mainz.
- [Brunner 2008] Brunner, F.J.; Wagner, K.W. (2008): Taschenbuch Qualitätsmanagement. Leitfaden für Studium und Praxis. 4. Aufl. München: Hanser.
- [Denkena 2013] Denkena, B.; Nyhuis, P.; Charlin, F.; Meyer, G.; Winter, F. (2013): Kompetenzorientierte Produktionsplanung - Simulationsbasierte Produktionsplanung unter Berücksichtigung von Mitarbeiterkompetenzen, wt Werkstattstechnik online 103 (3), S. 216-220.
- [Dienstdorf 1970] Dienstdorf, B. (1970): Produktionsstörungen. Untersuchung über die Bedeutung von Störungen in der Einzel- und Kleinserienfertigung von Maschinenbaubetrieben. Berlin: Beuth.
- [DIN 9004] DIN EN ISO 9004:2009-12 Leiten und Lenken für den nachhaltigen Erfolg einer Organisation - Ein Qualitätsmanagementansatz. Berlin: Beuth.
- [DIN 69905] DIN 69905:1997-05: Projektwirtschaft Projektentwicklung: Begriffe. Berlin: Beuth.
- [Dreyfus 2005] Dreyfus, H. L.; Dreyfus, S. E. (2005): Expertise in Real World Contexts. Organization Studies 26 (5), S. 779–792.

- [Dyckhoff 07] Dyckhoff, H.; Spengler, T.S. (2007): Produktionswirtschaft. Eine Einführung für Wirtschaftsingenieure mit 10 Tabellen. Berlin: Springer.
- [Erlach 2013] Erlach, K. (2013): Value Stream Design: The Way Towards a Lean Factory. Berlin: Springer.
- [Erpenbeck 2003] Erpenbeck, J. (2003): KODE® - Kompetenz-Diagnostik und Entwicklung. In: Erpenbeck, J. & von Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 365-375.
- [Erpenbeck 2006] Erpenbeck, J.; Michel, L.P. (2006): Competency-Based Quality Securing of ELearning (CQ-E). In: Ehlers, U.-D.; Pawlowski, J.M. (Hrsg.): Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning. Berlin: Springer, S. 125-141.
- [Erpenbeck 2012] Erpenbeck, J.; Faix, W.; Keim, S. (2012): Der Poffenberger KODE®X – die Entwicklung des Kompetenzmessverfahrens KODE®X an der School of International Business and Entrepreneurship (SIBE). In: Erpenbeck, J. (Hrsg.): Der Königsweg zur Kompetenz. Grundlagen qualitativ-quantitativer Kompetenzerfassung. Münster: Waxmann, S. 113-140.
- [Eversheim 1992] Eversheim, W. (1992): Störungsmanagement in der Montage. Erfolgreiche Einzel- und Kleinserienproduktion. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- [Forrester 1972] Forrester, J.W. (1972): Industrial dynamics. Cambridge: M.I.T. Press.
- [Frei 1998] Frei, R. (1998): Entstörungsmanagement in Unternehmen der chemischen Industrie. Dissertation Universität Mainz.
- [Frey 2003] Frey, A.; Balzer, L. (2003): Beurteilungsbogen zu sozialen und methodischen Kompetenzen - smk99. In: Erpenbeck, J.; von Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 323-3336.
- [Frey 2013] Frey, A.; Ruppert, J.-J. (2013): Structuring and Detecting Competence. In: Beck, K.; Zlatkin-Troitschanskaia, O. (Hrsg.): From Diagnostics to Learning Success. Rotterdam: Sense, S. 185-198.
- [Frieling 2003] Frieling, E.; Kauffeld, S.; Grote, S. (2003): Das Kasseler-Kompetenz-Raster. In: von Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 261–282.

- [Grande 2011] Grande, M. (2011): 100 Minuten für Anforderungsmanagement - Kompaktes Wissen nicht nur für Projektleiter und Entwickler. Wiesbaden: Vieweg+Teubner
- [Greve 1970] Greve, J. (1970): Störungen im Industriebetrieb. Eine klassifizierende Untersuchung der Störungen und Analyse des Störverhaltens betrieblicher Systeme unter Anwendung kybernetischer Betrachtungsweise. Dissertation Technische Universität Darmstadt.
- [Hackstein 1884] Hackstein, R. (1984): Produktionsplanung und -steuerung. (PPS): ein Handbuch für die Betriebspraxis. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- [Heil 1994] Heil, M. (1994): Entstörung betrieblicher Abläufe. Dissertation Technische Universität München.
- [Heinen 2011] Heinen, T. (2011): Planung der soziotechnischen Wandlungsfähigkeit in Fabriken. Dissertation Universität Hannover.
- [Heins 2010] Heins, M. (2010): Anlauffähigkeit von Montagesystemen. Dissertation Universität Hannover.
- [Heyse 2003] Heyse, V. (2003): KODE@X-Kompetenz-Explorer. In: Erpenbeck, J.; von Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, S. 376-385.
- [Hirano 1992] Hirano, H. (1992): Poka-yoke – Verbesserung der Qualität durch Vermeiden von Fehlern. Landsberg: mi-Verlag.
- [Kamiske 2008] Kamiske, G.F.; Brauer, J.P. (2008): ABC des Qualitätsmanagements. München: Hanser.
- [Kauffeld 2003] Kauffeld, S.; Grote, S.; Frieling, E. (2003): Das Kasseler-Kompetenz-Raster (KKR). In: Erpenbeck, J.; von Rosenstiel, L. (Hrsg.): Handbuch Kompetenzmessung – Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 261-282.
- [Kauffeld 2006] Kauffeld, S. (2006): Kompetenzen messen, bewerten, entwickeln. Ein prozessanalytischer Ansatz für Gruppen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- [Kletti 2011] Kletti, J., Schumacher, J. (2011): Die perfekte Produktion: Manufacturing Excellence durch Short Interval Technology (SIT). Berlin: Springer.
- [Klemke 2012] Klemke, T.; Mersmann, T.; Nyhuis, P. (2012): Wandlungsfähige Produktionssysteme - Methodik zur Bewertung und Gestaltung der Wandlungsfähigkeit, wt Werkstattstechnik online 102 (4), S. 222-227.

- [Kock 2011] Kock, H.; Ellström, P.-E. (2010): Formal and Integrated Strategies for Competence Development in SMEs, *Journal of European Industrial Training* 35 (1), S. 71-88.
- [Konietzko 2004] Konietzko, C.; Schuh, M. (2004): Webbasierte Kompetenzanalyse am Beispiel BMW Bank GmbH. In: von Rosenstiel, L.; Pieler, D.; Glas, P. (Hrsg.): *Strategisches Kompetenzmanagement. Von der Strategie zur Kompetenzentwicklung in der Praxis*. Wiesbaden: Gabler, S. 207-216.
- [Leinweber 2013] Leinweber, S. (2013): Stage 3: Competence Management. In: Meifert, M.T. (Hrsg.): *Strategic Human Resource Development*. Dordrecht: Springer, S. 109-133.
- [Lödding 2013] H. Lödding (2013): *Handbook of Manufacturing Control: Fundamentals, Description, Configuration*. Berlin: Springer.
- [Masing 2007] Masing, W.; Pfeifer, T. (2007): *Handbuch Qualitätsmanagement*. 5. Aufl. München: Hanser.
- [Meyer 2013a] Meyer, G.; Knüppel, K.; Schepers, S.W.; Nyhuis, P.: Störgrößenmanagement in Produktionssystemen - Logistische Leistungsfähigkeit nachhaltig steigern, *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Jg. 108 (2013) 6, S. 410-414.
- [Meyer 2013b] Meyer, G.; Knüppel, K.; Busch, J.; Jakob, M.; Nyhuis, P. (2013): Effizientes Störgrößenmanagement - Ansatz zur Kategorisierung von Störgrößen in der Produktion, *Productivity Management* 18 (5), S. 49-52.
- [Meyer 2013c] Knüppel, K.; Meyer, G.; Nyhuis, P. (2014): A Universal Approach to Categorize Failures in Production. In *waset.org* (Hrsg.): *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering* Vol. 8 (2), Riverside, CT, USA: International Scientific Committee, S. 24-28.
- [Meyer 2014a] Meyer, G.; Knüppel, K.; Schmidt, M.; Nyhuis, P. (2014): Störgrößenmanagement-Systematik - Mitarbeiterkompetenzen im Störgrößenmanagement nutzen, *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 109 (10), S. 704-707.
- [Meyer 2014b] Meyer, G.; Knüppel, K.; Möhwald, H.; Nyhuis, P. (2014): Kompetenzorientiertes Störgrößenmanagement - Mitarbeiterkompetenzen sinnvoll in das Störgrößenmanagement integrieren, *Productivity Management* 19 (1), S. 15-18.

- [Morikawa 2007] Morikawa, K.; Takahashi, K. (2007): Analysis of the Human Role in Planning and Scheduling via System Dynamics. In: Olhager, J. ;Persson, F. (Hrsg.): Advances in Production Management Systems. IFIP TC 5, WG 5.7 Conference on Advances in Production Management Systems, 17-19 September 2007, Linköping, Sweden, Issue 246, Springer (IFIP), New York, S. 297-304.
- [Moraal 2009] Moraal, D., Lorig, B., Schreiber, D. Azeez, U. (2009): Ein Blick hinter die Kulissen der betrieblichen Weiterbildung in Deutschland. BIBB-Report. Forschungs- und Arbeitsergebnisse aus dem Bundesinstitut für Berufsbildung 7, S. 1-12.
- [North 2013] North, K.; Reinhardt, K.; Sieber-Suter, B. (2013): Kompetenzmanagement in der Praxis. Mitarbeiterkompetenzen systematisch identifizieren, nutzen und entwickeln. Wiesbaden: Springer Gabler.
- [Nyhuis 2008] Nyhuis, P.; Reinhart, G.; Abele, E. (Hrsg.) (2008): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Garbsen: PZH-Verlag.
- [Nyhuis 2012] Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P. (2012): Logistische Kennlinien. 3. Auflage. Berlin: Springer.
- [Polzin 2009] Polzin, B.; Weigl, H. (2009): Führung, Kommunikation und Teamentwicklung im Bauwesen. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- [Pfeifer 2001] Pfeifer, T. (2001): Qualitätsmanagement. Strategien, Methoden, Techniken. München: Hanser.
- [Rauner 2013] Rauner, F., Heinemann, L., Maurer, A., Haasler, B., Erdwien, B.; Martens, T. (2013): Measuring Professional Competence. In: Rauner, F.; Heinemann, L.; Maurer, A.; Haasler, B. (Hrsg.): Competence Development and Assessment in TVET (COMET). Dordrecht: Springer, S. 1-17.
- [REFA 1974] REFA (1974): Methodenlehre der Planung und Steuerung. München: Hanser.
- [Ruta 1999] Ruta, A. (1999): Fehlermöglichkeits- und Einflußanalyse FMEA für die Produktionslogistik. Dissertation Universität Hannover.
- [Ryschka 2011] Ryschka, J.; Tietze, K.O. (2011): Beratungs- und betreuungsorientierte Personalentwicklungsansätze. In: Ryschka, J.; Solga, M.; Mattenklott, A. (Hrsg.): Praxishandbuch Personalentwicklung: Instrumente, Konzepte, Beispiele. Wiesbaden: Gabler, S. 95-135.

- [Salazar 2013] Salazar, Y.; Regber, H.; Große-Heitmeyer, V.; Goßmann, D. (2013): Personal – Der Mensch als Wandlungsbefähiger. In: Nyhuis, P.; Deuse, J.; Rehwald, J. (Hrsg.): Wandlungsfähige Produktion. Heute für morgen gestalten. Garbsen: PZH Verlag, S. 152-185.
- [Schermuly 2012] Schermuly, C; Schröder, T. (2012): Personalentwicklung im Jahr 2020. wirtschaft + weiterbildung, Heft 09 (2012), S. 24-25.
- [Schneeweiß 1988] Schneeweiß, C. (1988): Bewältigung von Unsicherheiten in der Produktionsplanung und -steuerung. In: Lücke, W. (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Steuerungs- und Kontrollprobleme. Wissenschaftliche Tagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. an der Universität Göttingen, 1987. Wiesbaden: Gabler.
- [Schönsleben 2011] Schönsleben, P. (2011): Integrales Logistikmanagement: Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend. Berlin: Springer, S. 35-36.
- [Schuff 1984] Schuff, G. (1984): Bewältigung von Planabweichungen bei nachfrage- und lagergebundener Kleinserienfertigung durch eine dynamische Fertigungsplanung und -steuerung. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- [Schuler 2002] Schuler, H.; Frintrup, A. (2002): Der Wille zählt: Leistungsmotivation. PERSONAL Heft 01/2002, S.750-753.
- [Schwartz 2004] Schwartz, F. (2004): Störungsmanagement in Produktionssystemen. Dissertation Universität Hamburg.
- [Sokianos 1998] Sokianos, N.-P. (1998): Lexikon Produktionsmanagement. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie.
- [Steinbuch 1999] Steinbuch, P.A. (1999): Fertigungswirtschaft. 7. Aufl. Ludwigshafen: Kiehl.
- [Thun 2004] Thun, J.-H. (2004): The Dynamics of Maintenance. A System Thinking View of Implementing Total Productive Maintenance. In: Maier, F. (Hrsg.): Komplexität und Dynamik als Herausforderung für das Management. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- [VDI 2013] VDI Verband Deutscher Ingenieure (2013): VDI-Richtlinie 2870 Blatt 2: Ganzheitliche Produktionssysteme – Methoden-katalog. Berlin: Beuth.
- [Wagner 08] Wagner, K. W.; Käfer, R. (2008): PQM - Prozessorientiertes Qualitätsmanagement. Leitfaden zur Umsetzung der neuen ISO 9001. 4. Aufl. München: Hanser.
- [Wappis 2010] Wappis, J.; Jung, B. (2010): Taschenbuch Null-Fehler-Management. Umsetzung von Six Sigma. 3. Aufl. München, Wien: Hanser.

- [Warnecke 1991] Warnecke, H.-J. (Hrsg.) (1991): Produktionssicherung. Sichere Prozesse, zuverlässige Informationen, Qualifizierung, Zeit : Tagungsband 1991, [6. und 7. Juni 1991, Sindelfingen]. München: gfmt-Verlag.
- [Westkämper 2006] Westkämper, E. (2006): Einführung in die Organisation der Produktion. Berlin: Springer.
- [Wiendahl 1987] Wiendahl, H.-P.; Ullmann, W. (1987): Anforderungen an die Bereitstellungsplanung von Werkzeugen. In: Doege, E. (Hrsg.): 12. Umformtechnisches Kolloquium Hannover (UKH). 18./19. März 1987.
- [Wiendahl 2009] Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P. (2009): Handbuch Fabrikplanung: Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. München: Hanser.
- [Wildemann 1995] Wildemann, H. (1995): Entstörmanagement als PPS-Funktion. 2. Aufl. München: TCW.
- [Witzgall 2009] Witzgall, E. (2009): Kompetenzmanagement in der industriellen Produktion - Das Tool "CM ProWork". Renningen: Expert.
- [Zäpfel 1996] Zäpfel, G. (1996): Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement. 1. Aufl. Berlin: De Gruyter.