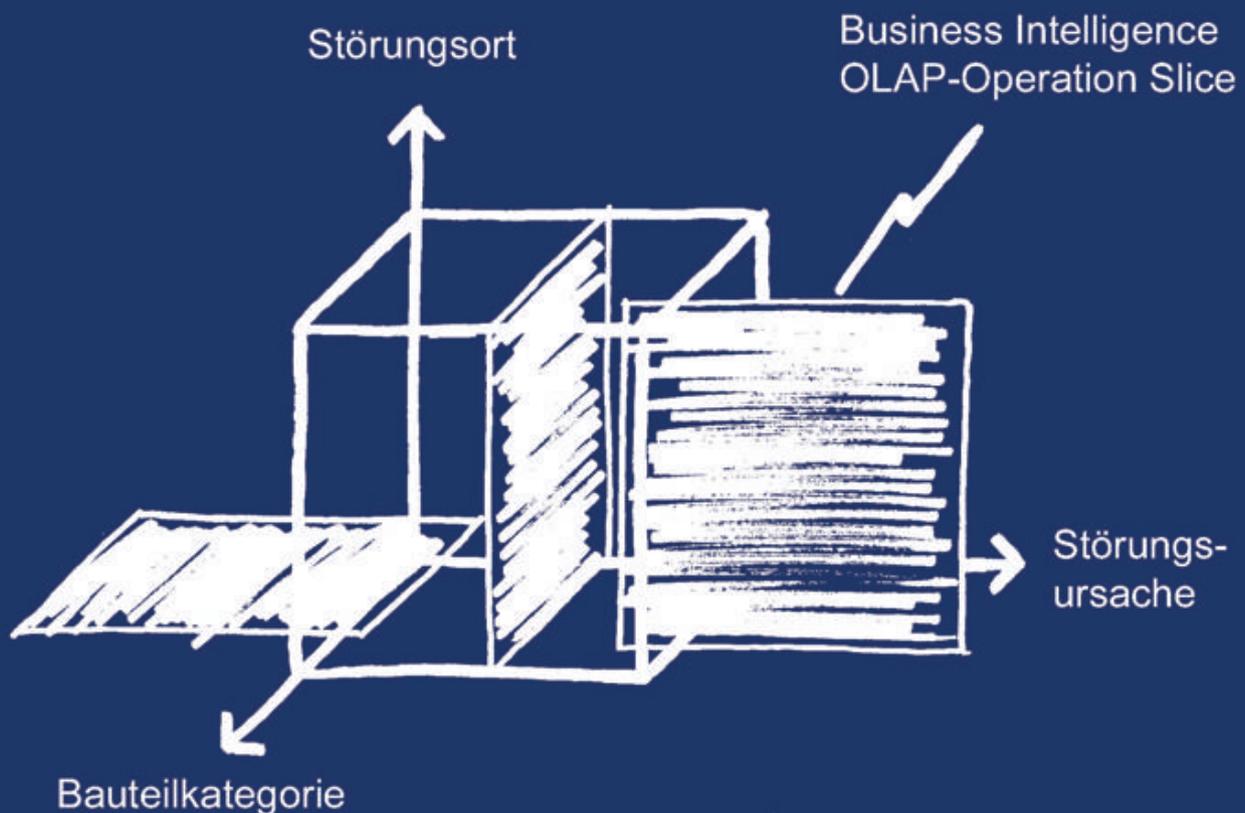


Thomas Wünscher

Störungsmanagement im Entwicklungs- und Herstellungsprozess komplexer, kundenindividueller Produkte



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

Störungsmanagement im Entwicklungs- und Herstellungsprozess komplexer, kundenindividueller Produkte

Vom Promotionsausschuss der
Technischen Universität Hamburg-Harburg

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von

Thomas Wünscher

aus

Hamburg

2009

1. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Dierk Götz Feldmann

2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Klaus Rall

3. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Dieter Krause

Tag der mündlichen Prüfung: 16.12.2009

**Störungsmanagement im
Entwicklungs- und Herstellungsprozess
komplexer, kundenindividueller Produkte**

Thomas Wünscher

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2010

Zugl.: TU Hamburg-Harburg, Univ., Diss., 2009

978-3-86955-331-3

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2010

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2010

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86955-331-3

Vorwort

Die vorliegende Dissertation ist während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik der Technischen Universität Hamburg-Harburg entstanden. Ich konnte sie nur erfolgreich fertigstellen, weil ich durch viele Personen fachlich und persönlich unterstützt wurde; diesen Menschen möchte ich danken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater und ehemaligen Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. Dierk Götz Feldmann für die Betreuung dieser Dissertation, das dabei entgegengebrachte Vertrauen und die förderlichen Diskussionen zum Forschungsthema. Durch seine konstruktiven Hinweise hat er die grundlegenden Impulse für diese Arbeit gegeben.

Außerdem gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Rall für die freundliche Übernahme des Zweitgutachtens und Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Krause, der diese Arbeit als heutiger Institutsleiter mitgetragen hat, wichtige Ideen beigesteuert hat und der als dritter Gutachter beteiligt war. Herrn Prof. Dr. Wolfgang Kersten danke ich sehr herzlich dafür, dass er den Vorsitz des Prüfungsausschusses übernommen hat.

Diese Arbeit basiert zu großen Teilen auf einem mehrjährigen Forschungsprojekt bei einem Flugzeughersteller; dies habe ich Herrn Dr.-Ing. Georg Mecke zu verdanken, der zur Zeit des Projekts Fertigungsleiter war. Durch seine herausragende Unterstützung hat er den Grundstein für den hohen Praxisbezug dieser Arbeit gelegt und es mir ermöglicht, wertvolle Erfahrungen im Prozessmanagement in einem komplexen Industrieunternehmen zu sammeln. Daneben danke ich allen Mitarbeitern, die auf operativer Ebene zu dem Erfolg des Projekts beigetragen haben. Herrn Markus Beyl möchte ich hierbei besonders hervorheben, da er mich über das Projekt hinausgehend fachlich und persönlich unterstützt hat.

Eine wichtige Basis dieser Arbeit sind eine Workshop-Reihe zum Thema Störungsmanagement und eine Unternehmensbefragung. Allen Mitarbeitern der teilnehmenden Unternehmen, die sich an diesen Projekten mit großem Engagement beteiligt haben, gilt mein Dank.

Bei meinen ehemaligen Kollegen bedanke ich mich für die spannende Zeit am Institut; allen voran möchte ich Dr.-Ing. Jens Schmidt und Christoph Blees nennen, die mir als wichtige Begleiter bei universitären und außeruniversitären Aufgaben zur Seite standen.

Frau Dr.-Ing. Christine Fehsenfeld danke ich, da sie viele Ideen und Anregungen in unsere regelmäßigen Forschungsfortschrittsgespräche (FFG) eingebracht hat und mir damit einen disziplinübergreifenden Erfahrungsaustausch ermöglicht hat.

Abschließend danke ich allen Verwandten, Freunden und Bekannten, die mich vor und während des Erstellungsprozesses unterstützt haben und die ich leider nicht einzeln nennen kann, da die Kapazität dieser Seite jetzt ausgeschöpft ist.

Thomas Wünscher

Für Lisa

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation.....	1
1.2 Betrachtungsgegenstand und Ziel	4
2 Begriffe und Konzepte	7
3 Stand der Forschung und Technik	16
3.1 Elementare Methoden und Methodiken	16
3.1.1 Analyse von Daten und Informationen über unerwünschte Ereignisse.....	16
3.1.2 Management von unerwünschten Ereignissen	21
3.2 Informationssysteme für das Störungsmanagement	23
3.2.1 Kommerzielle Informationssysteme	23
3.2.2 Forschungsprojekte.....	25
4 Stand des Störungsmanagements in der Industrie	31
4.1 Störungsmanagement bei einem Flugzeughersteller	31
4.1.1 Geschäftsprozesse	31
4.1.2 Störungsmanagement.....	36
4.2 Verbesserungspotenziale des Störungsmanagements bei einem Flugzeughersteller	38
4.3 Branchenübergreifende Betrachtung der Verbesserungspotenziale des Störungsmanagements.....	42
5 Konzept des Störungsmanagementsystems	53
5.1 Anforderungen an das Störungsmanagementsystem	54
5.1.1 Prozessübergreifende Anforderungen	54
5.1.2 Prozessspezifische Anforderungen.....	58
5.1.3 Implementierungsanforderungen	60
5.2 Basisservices der Störungsmanagementapplikation	62
5.2.1 Basisservice Störungsdatenmanagement.....	62
5.2.2 Basisservice Maßnahmenmanagement.....	71
5.2.3 Basisservice Prozessmanagement	76

5.3	Prozessspezifische Services der Störungsmanagementapplikation	79
5.3.1	Einzelstörungserfassung und -beseitigung	80
5.3.2	Störungsschwerpunkt-beseitigung	91
5.3.3	Störungsprävention	93
5.4	Implementierung des Störungsmanagementsystems.....	104
5.4.1	Technische Implementierung	104
5.4.2	Change Management.....	111
6	Prototyp des Störungsmanagementsystems <i>assist</i>^{IT}	114
6.1	Systemarchitektur und programmtechnische Umsetzung von <i>assist</i> ^{IT}	114
6.1.1	Eingabesystem.....	116
6.1.2	Analysesystem	117
6.1.3	Datenbanksystem	121
6.2	Datengrundlage für die prototypische Realisierung.....	122
6.2.1	Entwicklung eines Störungsdatenmodells.....	122
6.2.2	Aufbau einer Beispieldatenbasis.....	124
6.3	Beispielszenarien.....	125
6.3.1	Einzelstörungserfassung und -beseitigung	125
6.3.2	Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention	129
7	Zusammenfassung.....	142
 Anhang		
A	Informationen zur Ist-Situation im Störungsmanagement.....	145
B	Anforderungen an das Störungsmanagementsystem	168
C	Weiterführende Literaturstellen und Informationen.....	171
D	Handlungsfelder des Reifegradmodells.....	173
E	Prototyp der Störungsmanagementapplikation <i>assist</i> ^{IT}	174
	Literaturverzeichnis	188

1 Einleitung

Der Kunde ist König. Aufgrund der anhaltenden Globalisierung und der internationalen Finanzkrise befinden sich immer mehr Industrieunternehmen in einem Käufermarkt. Das bedeutet, dass der Kunde Produkte oder Dienstleistungen fordern kann, die seine Anforderungen maximal erfüllen. Um Marktanteile zu erhalten oder auszubauen, sind die Unternehmen gezwungen, kundenindividuelle Produkte zu entwickeln und herzustellen.

Eine Strategie, bei der ein Unternehmen Produkte nach kundenindividuellen Spezifikationen herstellt, wird als Engineer-to-order Strategie bezeichnet. Typische, auf diese Weise hergestellte Produkte sind Flugzeuge, Schienenfahrzeuge und Megayachten. Sie sind gekennzeichnet durch eine hohe Produkt- und Prozesskomplexität, lange Durchlaufzeiten sowie Fertigung und Montage in Einzel- und Kleinserien.

Um Kosten einzusparen, reduzieren Unternehmen ihre Wertschöpfungstiefe durch die Entwicklung und Herstellung in Netzwerken sowie die Verlagerung von Entwicklungs- und Produktionskapazitäten ins Ausland. Die Folge ist eine drastisch ansteigende Komplexität des Produkterstellungsprozesses. Aufgrund der Kundenmacht sind Unternehmen außerdem gefordert, die Produkterstellungszeiten zu verkürzen, um die Kundenbedürfnisse schneller zu befriedigen.

1.1 Problemstellung und Motivation

Mit der steigenden Individualisierung, der zunehmenden Komplexität sowie den kürzeren Entwicklungszeiten geht eine hohe **Störungshäufigkeit** und **Störungswirkung** im Entwicklungs- und Herstellungsprozess einher. Dies lässt sich wie folgt begründen.

Durch die steigende Individualisierung sinkt die Prozesshäufigkeit – das heißt die Häufigkeit der Anwendung eines bestimmten Prozesses in einem bestimmten Zeitraum – auf ein mittleres Niveau. Wie Abbildung 1 zeigt, haben Prozesse mit einer mittleren Prozesshäufigkeit eine maximale Störungswahrscheinlichkeit, da die Prozess Erfahrung und die Aufmerksamkeit der Prozessbeteiligten niedrig sind. Die Störungswahrscheinlichkeit wird zudem erhöht, da bei der Entwicklung und Herstellung kundenindividueller, komplexer Produkte häufig kurzfristige Änderungen der Kundenanforderungen auftreten.

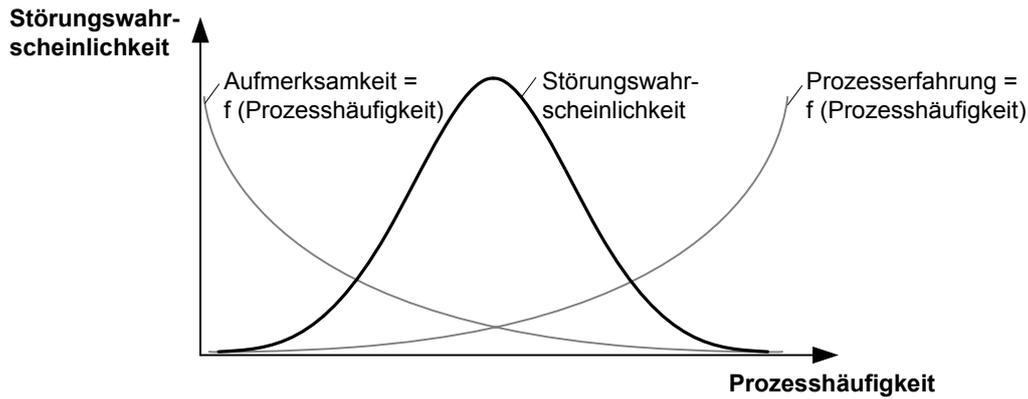


Abbildung 1: Störungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Prozesshäufigkeit (angelehnt an [1])

Eine hohe Störungswirkung ergibt sich aufgrund der Komplexität der Prozesse und der Verkürzung der Entwicklungs- und Herstellungszeiten. Das Produkt aus Störungshäufigkeit und Störungswirkung ist die **Störungsauswirkung** (Abbildung 2), die sich im Wesentlichen auf die Durchlaufzeit, die Fertigungskosten (durch Störungskosten) und die Produktivität auswirkt.

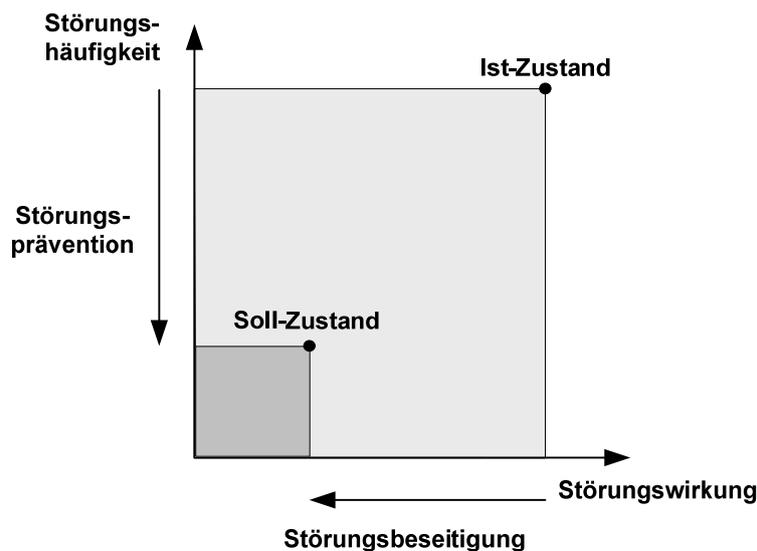


Abbildung 2: Störungsfrequenz und Störungswirkung

Die Störungsauswirkungen haben eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für die Unternehmen. Laut einer Untersuchung von Wildemann werden in 68% der Unternehmen mehr als 20% der Ressourcen für störungsbedingte Aktivitäten gebunden [1]. Eine andere Analyse besagt, dass die Störungskosten in 41% der Unternehmen 2% bis 5% des Umsatzes betragen; in 13% der Unternehmen beträgt der Anteil sogar 5% bis 10% [2].

Die Störungsauswirkung möglichst klein zu halten, indem die Störungswirkung und die Störungshäufigkeit reduziert werden, ist Aufgabe des Störungsmanagements. Im Rahmen des

Forschungsprojekts, einer strukturierten Unternehmensbefragung und einer Workshop-Reihe wurde das industriell praktizierte Störungsmanagement analysiert.

Es hat sich gezeigt, dass die Störungsmanagementsysteme angesichts der großen wirtschaftlichen Bedeutung noch verbesserungswürdig sind. Die Hauptprobleme sind

- eine hohe Störungswirkung, weil die Einzelstörungsbeseitigung einen verhältnismäßig hohen Zeitaufwand erfordert (ineffiziente Einzelstörungsbeseitigung),
- Störungen, die wiederholt auftreten, da sie nicht nachhaltig beseitigt werden; der Schwerpunkt liegt auf der Beseitigung einer Einzelstörung (Reparaturverhalten), und
- eine hohe Störungshäufigkeit, weil eine Störungsprävention gar nicht oder zu spät durchgeführt wird (ineffektive Störungsprävention).

Im Folgenden werden die Problemursachen im Überblick aufgezeigt; im vierten Kapitel werden sie detailliert beschrieben.

Die Störungsbeseitigung ist ineffektiv, weil die Verantwortlichkeiten unklar sind und die Mitarbeiter bei der Ermittlung der Störungsursachen unzureichend unterstützt werden. Zeitverzögerungen treten auf, wenn die Ressourcen im Störungsmanagement aufgrund einer falschen Einschätzung der Störungspriorität weniger bedeutsame Störungsfälle bearbeiten, während gravierende Störungsfälle nachrangig behandelt werden.

Es liegt ein Reparaturverhalten vor, da die wirtschaftliche Bedeutung von Störungen zu niedrig eingeschätzt wird und damit der Bedarf einer nachhaltigen Beseitigung nicht erkannt wird. In den untersuchten Unternehmen mit einer Einzel- und Kleinserienfertigung wird häufig davon ausgegangen, dass jede Störung einzigartig ist, so dass die Unternehmen in der Regel störungsvermeidende Aktivitäten als nicht sinnvoll erachten. Ein weiterer Grund für das Reparaturverhalten ist, dass Störungsschwerpunkte nicht erkennbar sind, da die etablierten, statistischen und wissensbasierten Methoden zur Störungsdatenanalyse nicht für Prozesse mit einer geringen Prozesshäufigkeit ausgelegt sind. Insbesondere kommerziell verfügbare Informationssysteme für das Störungsmanagement sind darauf ausgelegt, die Beseitigung der einzelnen Störungen zu unterstützen. Außerdem fehlen eine methodische Unterstützung der Mitarbeiter im Rahmen der Maßnahmenentwicklung und eine Kontrolle der Maßnahmenwirksamkeit.

Die Störungsprävention ist ineffektiv, weil nur bedingt Daten und Methoden verfügbar sind, anhand derer das Störungsrisiko, das von neuen Produkten oder Prozessen ausgeht, bewertet werden kann. Außerdem zeigt sich, dass Störungsinformationen nicht allen Mitarbeitern zugänglich sind und die Analysen zur Auswertung der Störungsdaten Expertenwissen erfordern.

Neben diesen drei Hauptgründen ist ermittelt worden, dass das gesamte Störungsmanagementsystem ineffizient ist, weil die Prozesse des Störungsmanagements (Einzelstörungserfas-

sung und -beseitigung, Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention) bezüglich der Daten und der Abläufe nicht immer aufeinander abgestimmt sind.

1.2 Betrachtungsgegenstand und Ziel

Ein Störungsmanagementsystem hilft, die Produkt- und Prozessqualität kontinuierlich zu verbessern und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Ausbau der Wettbewerbsposition eines Unternehmens. Hersteller von Flugzeugen, Megayachten und Schienenfahrzeugen sind typischerweise durch eine manuelle Einzel- und Kleinserienmontage, verbunden mit einer ausgeprägten Individualisierung bei hoher Prozess- und Produktkomplexität, gekennzeichnet. Wie gezeigt wurde, sind Störungsmanagementsysteme bei Vorliegen dieser Bedingungen verbesserungswürdig.

Im Rahmen dieser Arbeit wird daher ein Störungsmanagementsystem für Hersteller von komplexen, kundenindividuellen Produkten konzipiert und prototypisch realisiert. Der Zugang zu Informationen von Herstellern dieser Produkte und die Diskussion mit Mitarbeitern dieser Unternehmen über die Thematik war eine wesentliche Voraussetzung für einen hohen Realitätsbezug der im Rahmen der Arbeit erstellten Konzepte. Um die branchenübergreifende Anwendbarkeit der Konzepte zu erreichen, wurde zusätzlich ein Hersteller von Waschautomaten mit in die Analyse der Ist-Situation und der Ableitung von Anforderungen einbezogen.

Abbildung 3 zeigt die Gliederung der Arbeit. Im zweiten Kapitel werden die grundlegenden Begriffe und Konzepte dargestellt. In den beiden darauf folgenden Kapiteln wird die Ist-Situation des Störungsmanagements beschrieben – im dritten Kapitel der Stand der Forschung und Technik sowie im vierten Kapitel der Stand des Störungsmanagements in der Industrie. Die Erkenntnisse sind in die Anforderungen an das Störungsmanagementsystem eingeflossen, die in Abschnitt 5.1 dargestellt werden.

Eine zentrale Anforderung ist, dass ein bezüglich der Störungsmanagementprozesse und der Störungsdaten und -informationen harmonisiertes Störungsmanagementsystem entwickelt wird. Dazu zählen die Definition von Referenzprozessen für die Einzelstörungserfassung und -beseitigung, die Störungsschwerpunkt-beseitigung und die Störungsprävention sowie eine Störungsmanagementapplikation zur Unterstützung der Mitarbeiter.

Daraus lassen sich die folgenden, für alle Störungsmanagementprozesse geltenden Anforderungen ableiten:

- Unter besonderer Berücksichtigung der Betrachtung der Einzel- und Kleinserie ist ein **Störungsdatenmanagement** zu entwickeln, das eine objektive und umfassende Unterstützung der Mitarbeiter für die Entwicklung von Maßnahmen zur Störungsbeseitigung und Störungsprävention bietet. Dabei sind hauptsächlich die für die Beseitigung der Einzelstörungen erfassten, im Unternehmen bereits vorhandenen Daten zu nutzen

- Durch ein **Maßnahmenmanagement** sind die Mitarbeiter bei der Maßnahmenentwicklung methodisch zu unterstützen. Hierbei ist sicherzustellen, dass der Maßnahmenentwicklung eine detaillierte, systematische Störungsursachenanalyse vorausgeht.
- Das **Prozessmanagement** der Störungsmanagementapplikation soll die Störungsmanagementprozesse steuern und eine Störungsschwerpunkt-beseitigung auslösen, sobald Grenzwerte für die Störungshäufigkeit und die Störungsauswirkungen überschritten werden (Eskalation).

Aus Sicht der Störungsmanagementprozesse ergeben sich die folgenden Anforderungen:

- Für die **Einzelstörungserfassung und -beseitigung** ist ein Referenzprozess zu entwickeln, durch den die Störungsbeseitigung beschleunigt wird. Durch die Störungsmanagementapplikation müssen dabei Störungen anhand von objektiven Kriterien priorisiert werden. Zusätzlich müssen die Mitarbeiter bei der Störungsdiagnose auf Basis von Störungsdaten aus abgeschlossenen Aufträgen unterstützt werden.
- Im Prozess der **Störungsschwerpunkt-beseitigung** ist ergänzend zu den Funktionen des Maßnahmenmanagements die Priorität zu bewerten, mit der Störungsschwerpunkte analysiert und beseitigt werden.
- Die **Störungsprävention** soll effektiver werden, und zwar dadurch, dass in der Neuproduktentwicklung und in der Auftragsabwicklung frühzeitig das Störungsrisiko bewertet wird, das von den technischen Lösungen zur Umsetzung der Kundenanforderungen ausgeht. Zusätzlich soll der benutzerspezifische Zugang zu Störungsdaten während Entwicklung und Herstellung auf allen Hierarchieebenen sichergestellt werden, um eine hohe Störungstransparenz zu erreichen.

In den Abschnitten 5.2 und 5.3 wird das auf diesen Anforderungen aufbauende Störungsmanagementsystem dargestellt. Die Einführung eines solchen Störungsmanagementsystems in einem Unternehmen kann – bei einem niedrigen Reifegrad des bestehenden Störungsmanagementsystems – einen massiven Eingriff in die Arbeitsabläufe, Rollen und Verantwortlichkeiten der Mitarbeiter bedeuten und die Transparenz bezüglich des Störungsgeschehens in dem Unternehmen entscheidend erhöhen. Um die Organisation und die Mitarbeiter auf diese Änderungen vorzubereiten, sind für Einführung des Störungsmanagementsystems Ansätze aus dem organisatorischen Veränderungsmanagement (Change Management) zu nutzen. Ein Implementierungskonzept, das diese Anforderungen berücksichtigt, wird in Abschnitt 5.4 erläutert.

Die prototypische Realisierung des Störungsmanagementsystems wird im sechsten Kapitel beschrieben. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung.

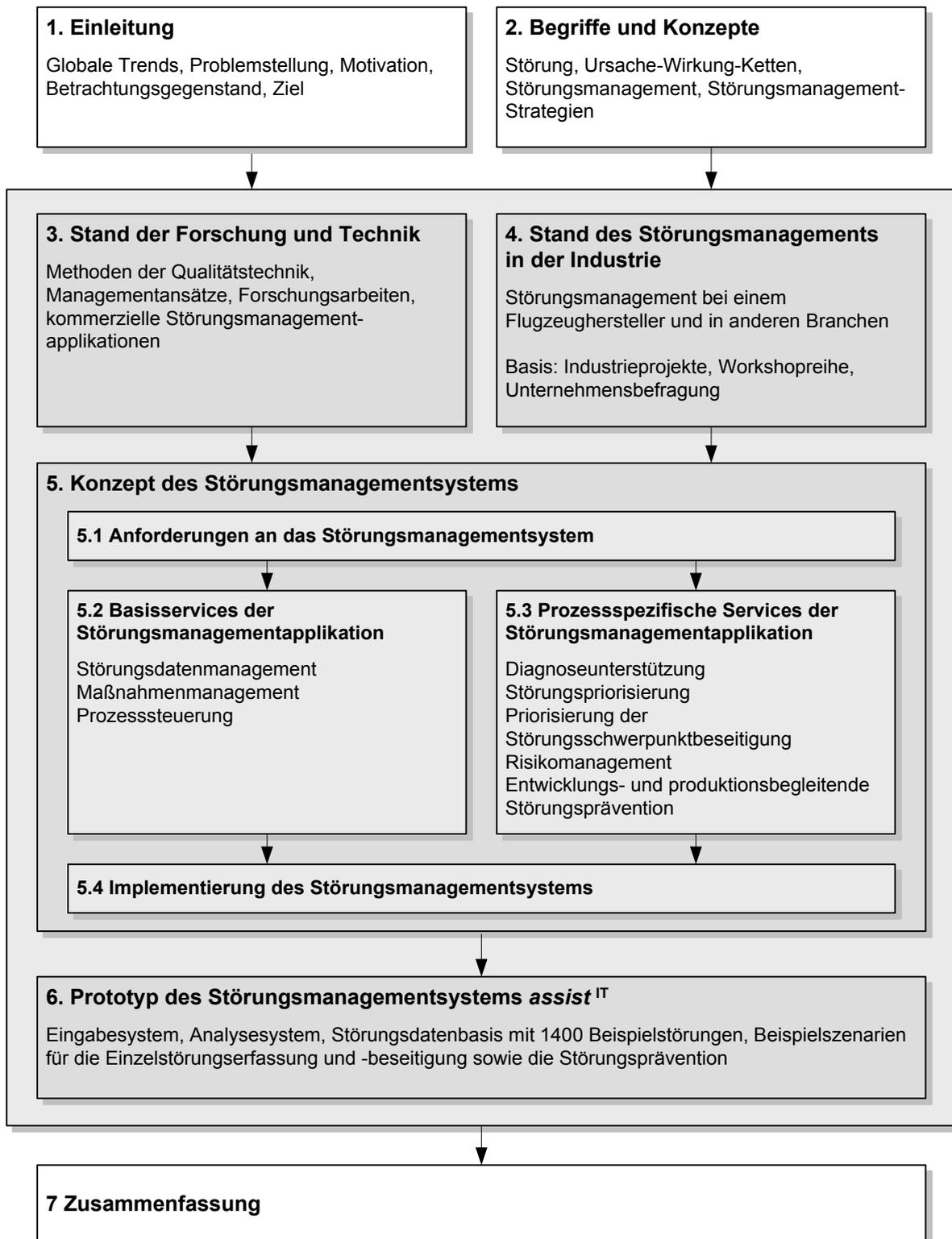


Abbildung 3: Grafischer Überblick über die Arbeit

2 Begriffe und Konzepte

In Theorie und Praxis werden Begriffe aus dem Bereich Fehler- und Störungsmanagement unterschiedlich und häufig undifferenziert verwendet. Für eine eindeutige Begriffsverwendung im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe erläutert und voneinander abgegrenzt. Einzelne dieser Begriffe, zum Beispiel Fehler und Störung, stehen zueinander in Beziehung, da beide sowohl Ursache als auch Wirkung sein können. Außerdem kann eine Ursache mehrere Wirkungen haben und umgekehrt. Das führt zu Ursache-Wirkung-Ketten, die ebenfalls in diesem Abschnitt beschrieben werden.

Des Weiteren werden der Begriff des Störungsmanagements und die Strategien in diesem Bereich dargestellt. Außerdem werden die Schnittstellen zum Qualitätsmanagement und Wissensmanagement gezeigt, um Ansätze für die Lösung der vorliegenden Aufgabenstellung zu identifizieren. Abschließend werden die für das Störungsmanagement relevanten Besonderheiten der manuellen Montage herausgearbeitet.

Nach DIN 40041 ist eine **Störung** die fehlende, fehlerhafte oder unvollständige Erfüllung einer geforderten Funktion durch eine Einheit, wobei unter einer Einheit die Ergebnisse von Tätigkeiten und Prozessen (materielle oder immaterielle Produkte) sowie die Tätigkeiten und Prozesse selbst zu verstehen sind [3]. In der DIN EN 60812:2006 werden unter einer Einheit Teile, Komponenten, Gerät, Subsysteme, Funktionseinheiten, Betriebsmittel und Systeme zusammengefasst [4].

Schwartz [5] zielt in seiner Definition auf die Funktion von Tätigkeiten und Prozessen ab: „Störungen stellen Abweichungen von einem vorgedachten, gewollten Vorgehen oder einer entsprechenden Funktionsausübung dar und haben Abweichungen von Ist-Größen gegenüber Soll-Größen zur Folge.“

Kim [6] nennt eine auf die Montage bezogene Definition, nach der eine Störung jede Art der unbeabsichtigten und unerwünschten Abweichung vom normalen Montageablauf ist. Dabei ist der normale Montageablauf die geplante oder erwartete Abfolge von Tätigkeiten, die im Ergebnis zum vollständig montierten Objekt führt.

In den Definitionen wird der Begriff der Abweichung verwendet, die auf quantifizierbare Merkmale wie etwa die Montagezeiten, und auf qualitative Merkmale wie die Montagereihenfolge anwendbar ist. Störungen haben einen Auslöser und Auswirkungen. Dabei werden Stö-

rungen durch Größen verursacht, die von außen (exogen) oder von der Einheit selbst (endogen) unabhängig von anderen Größen und damit zufällig und unvorhergesehen auf die Einheit einwirken (Störgrößen).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die folgende Definition verwendet: Eine Störung ist jede Art der unbeabsichtigten und unerwünschten Abweichung vom geplanten oder erwarteten Montageablauf, die durch endogene (eigenverursachte) oder exogene (fremdverursachte) Einwirkung entsteht.

Ein **Fehler** ist laut EN ISO 9000:2005 die „Nichterfüllung einer Anforderung“, wobei eine Anforderung als „Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“, verstanden [7]. In der DIN 40041 wird als Fehler eine „unzulässige Abweichung eines Merkmals von der Vorschrift“ bezeichnet [3]. Kennzeichnend ist, dass diese Abweichung durch einen Soll-Ist-Vergleich des vorgegebenen Merkmals quantifizierbar ist.

Die Begriffe Störung und Fehler lassen sich demnach wie folgt abgrenzen: Die Abweichung bezieht sich bei einer Störung auf die *Funktion* einer Einheit und bei einem Fehler auf ein quantifizierbares Merkmal der Einheit. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Abweichung eines Merkmals erst dann zu einem Fehler führt, wenn diese eine zulässige Toleranz überschreitet. Von einer Störung wird hingegen bei jeglicher Abweichung der Ist-Funktion von der Soll-Funktion gesprochen.

Störungen und Fehler sind miteinander verkettet und können jeweils weitere Störungen und Fehler verursachen, was durch sogenannten **Ursache-Wirkung-Ketten** berücksichtigt wird (Abbildung 4).

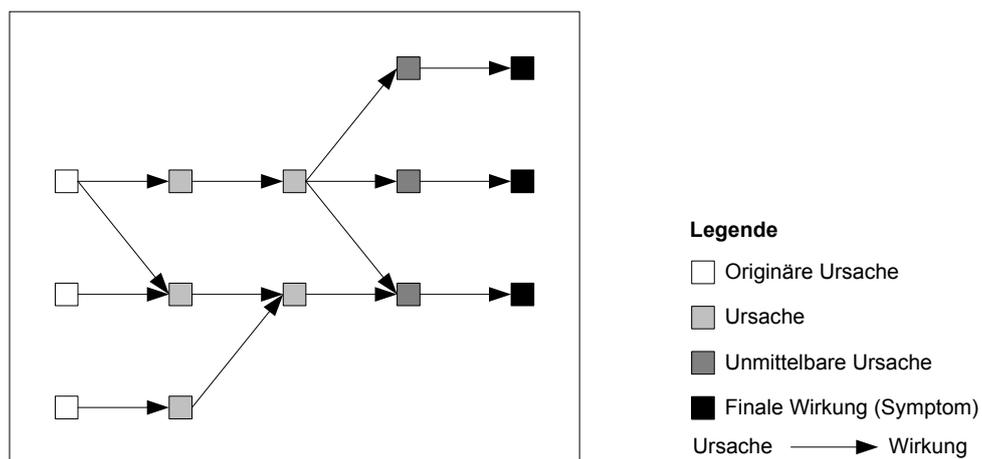


Abbildung 4: Ursache-Wirkung-Ketten

Innerhalb der Ursache-Wirkung-Ketten hat eine Ursache mehrere Wirkungen beziehungsweise eine Wirkung kann aus verschiedenen Ursachen resultieren [8]. Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten gelten die folgenden Begriffe:

- Eine Wirkung, die keine weitere Wirkung mehr hervorruft, ist eine finale Wirkung und wird als Symptom einer Störung bezeichnet.
- Ursachen, denen keine weiteren Ursachen mehr zugeordnet werden können, sind originäre Ursachen.
- In der Regel sind mehrere Stufen von einer originären Ursache bis zu einer finalen Wirkung vorhanden. Dabei werden die Ursachen, die eine direkte Verknüpfung zu den Symptomen haben, als unmittelbare Ursache bezeichnet.
- Ursachen, die weder originäre Ursachen noch unmittelbare Ursachen sind, werden kurz als Ursachen bezeichnet.

In diesem Zusammenhang ist der Begriff Wirkzusammenhang zu nennen, der auf dem Kausalitätsgesetz beruht. Nach diesem Gesetz muss jedem Ereignis mindestens *eine* Ursache zu Grunde liegen. Jedes Ereignis ist Folge einer Ursache oder mehrerer Ursachen.

Tabelle 1: Ursachenkategorien und -beispiele [5]

Ursache	Ausprägungen, in denen Störungen in Erscheinung treten	Beispiele für Störungsursachen
Betriebsmittelbedingt	Unterbrechung der Leistungserstellung auf Betriebsmitteln Inbetriebnahme von Betriebsmitteln nicht möglich Mängel an Betriebsmitteln, die zu Mehrarbeit führen	Technisches Versagen/Verschleiß Nachlässige Wartung Nicht beherrschte Fertigungsverfahren
Personalbedingt	Abwesenheit vom Arbeitsplatz Verminderte Leistungsfähigkeit Mangelhafte Arbeit, die zu Mehrarbeit oder Ausschuss führt	Krankheit/Unfall/Ermüdung Absentismus Nachlassender Leitungswille Ungeeignete Qualifikation
Materialbedingt	Material nicht verfügbar Material besitzt unzureichende Qualität	Fehler bei der Bereitstellung Werkstoff mangelhaft Nicht montagegerechte Konstruktion
Informationsbedingt	Fehlende oder fehlerhafte Planvorgaben für die Elementarfaktoren Betriebsmittel, Personal und Material	Fehler bei Informationsübermittlung Fehler bei der Planerstellung In den Plänen unberücksichtigtes Vorgehen in der Montage
Auftragsbedingt	Zusätzlich zu berücksichtigende Vorgaben Obsolet gewordene Vorgaben	Veränderung an einem Auftrag (terminlich, quantitativ, inhaltlich) Stornierung eines Auftrages

Die Aufgabe der Störungsbeseitigung ist die Analyse der Störungsursachen (Ursachenanalyse). Dies entspricht der Suche eines Pfads durch die Ursache-Wirkung-Kette entgegen der Pfeilrichtung (backward chaining). Die Kette wird in Pfeilrichtung durchsucht, um für eine gefundene Ursache weitere potenzielle Störungen zu ermitteln (forward chaining). Diese Suche ist in der Montage aufgrund der Ursachenvielfalt typischerweise aufwändig (Tabelle 1).

Als Primärstörungen werden Störungen bezeichnet, die nicht durch andere Störungen verursacht werden. Sekundärstörungen sind solche, die als Folge anderer Störungen auftreten. Sekundärstörungen breiten sich horizontal oder vertikal aus. Eine horizontale Ausbreitungsrichtung von Störungen bedeutet in einem Wertschöpfungsprozess, dass Störungen in vor- oder nachgelagerten Abteilungen verursacht werden. Bei einer vertikalen Ausbreitungsrichtung führen Störungen bei der Montage eines Einzelteils aufgrund der Stücklistenbeziehungen zu Störungen bei übergeordneten Baugruppen [5].

Aufgrund der Störungsausbreitung sind Ursache und Wirkung einer Störung häufig zeitlich und räumlich voneinander getrennt. Eversheim hat ermittelt, dass bei 86% der Störungen Ursachenort und Wirkungsort nicht identisch sind [9].

Begriffe, die häufig im Zusammenhang mit Störung und Fehler verwendet werden, sind **Reklamation**, **Beanstandung** und **Beschwerde**. Eine Reklamation ist laut DIN ISO 10002:2005-04 der „Ausdruck der Unzufriedenheit, die gegenüber einer Organisation in Bezug auf deren Produkte zum Ausdruck gebracht wird, oder der Prozess zur Bearbeitung von Reklamationen selbst, wenn eine Reaktion beziehungsweise Klärung explizit oder implizit erwartet wird“ [10]. Eine Reklamation wird von einer Person, Organisation oder deren Vertreter geltend gemacht (Reklamant). Aus dieser Definition wird nicht deutlich, ob es sich bei dem Reklamanten nur um externe Kunden handelt oder ob auch interne Kunden eingeschlossen sind. In der Praxis wird der Begriff Kunde sowohl für externe als interne Leistungsempfänger verwendet. Eine Reklamation wird verstanden als ein Kommunikationsmittel über eine potenziell fehlerhafte Ware oder Dienstleistung oder allgemeiner eine negative Äußerung von internen oder externen Kunden beziehungsweise Lieferanten. Der Begriff Beanstandung wird als synonym angesehen. Eine ähnliche Bedeutung hat der Begriff Beschwerde. Der Unterschied besteht darin, dass dieser Begriff für Meinungsäußerungen von externen Kunden (Endanwender, Konsumenten) zu verwenden ist. Dies wird daraus geschlossen, dass der Bereich Beschwerdemanagement dem Kundenservice zugeordnet ist. Sofern eine differenzierte Betrachtung nicht erforderlich ist, werden die genannten Begriffe dem Oberbegriff *unerwünschte Ereignisse* zugeordnet.

Eine vergleichbare Definitionsvielfalt wie für die Begriffe Fehler, Störung und Reklamation ist bei dem Begriff **Störungsmanagement** vorhanden. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Begriffsdefinitionen ist, inwieweit die Störungsvermeidung berücksichtigt wird.

Häufig verwendet wird die Definition von Lehmann: „Störungsmanagement beinhaltet die Tätigkeiten, die zum Reagieren auf eine akute oder sich abzeichnende Störung notwendig sind.“ [11]. Damit nennt Lehmann die präventiven Maßnahmen zur Störungsvermeidung nur indirekt. Umfassender ist die Definition von Eversheim: Störungsmanagement ist „die Aufbau- und Ablauforganisation aller aufeinander folgenden Maßnahmen [...], die von der Störungsbehebung (Entstörung, Störungsbeseitigung) über die Störungsfolgenminimierung bis zur Störungsvermeidung reichen.“ Er bezeichnet diese drei „zeitlichen Organisationseinheiten“ als kurz-, mittel- und langfristiges Störungsmanagement [12]. In dieser Definition ist die Störungsvermeidung ausdrücklich genannt.

Schwartz [5] fasst die Maßnahmen im Störungsmanagement unter vier übergeordneten Strategien zusammen (Abbildung 5).

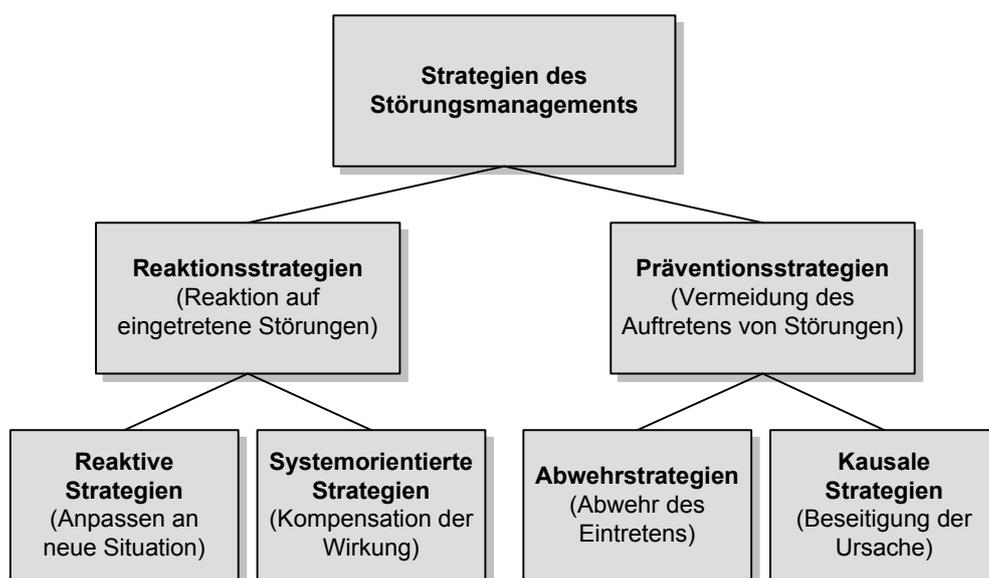


Abbildung 5: Strategien des Störungsmanagements

Kennzeichen der **Reaktionsstrategien** ist, dass grundsätzlich erst gehandelt wird, wenn eine Störung auftritt. Ziel ist die schnelle Beseitigung einer erkannten Störung; dazu müssen Korrekturmaßnahmen¹ entwickelt und umgesetzt werden. Einzelschritte sind die Störungserkennung, die Störungserfassung, die Störungsdiagnose und die Beseitigung der Störung. Weiter lassen sich die Reaktionsstrategien unterteilen in:

- Reaktive Strategien im engeren Sinn, die eine Anpassung an die neue Situation zum Ziel haben, indem in den laufenden Produktionsprozess eingegriffen wird und unter

¹ Unter einer Korrekturmaßnahme wird in Anlehnung an die EN ISO 9000:2005 eine Maßnahme zur Beseitigung der Ursachen einer erkannten Störung verstanden. Vergleiche dazu Vorbeugungsmaßnahme: Dies ist eine Maßnahme zur Beseitigung der Ursachen einer möglichen Störung.

Umständen Planänderungen initiiert werden. Hierzu wird im Rahmen dieser Arbeit die Beseitigung der unmittelbaren Ursache einer Störung gezählt. Beispiel: Veranlassen von Nacharbeit.

- Systemorientierte Strategien, die auf die Wirkungskompensation abzielen, entweder durch Vorhalten faktorbezogener sowie zeitbezogener Reserven oder durch Vorhalten flexibel einsetzbarer Faktoren. Beispiel: Berücksichtigung von Zeitpuffern bei der Planung oder Unterstützung der Ursachenanalyse durch Analysewerkzeuge.

Kennzeichen der **Präventionsstrategien** ist, dass das Auftreten von Störungen möglichst weitgehend vermieden werden soll. Dies wird dadurch erreicht, dass ein Störungsschwerpunkt behoben wird oder ähnliche Störungen bei der Auftragsabwicklung vermieden werden. Die Präventivstrategien werden gegliedert in:

- Abwehrstrategien (Abwehr des Eintretens), wobei mit hoher Wahrscheinlichkeit auftretende Störungen durch Umgehung der Situation verhindert werden. Sinnvoll ist dies bei Systemen/Prozessen, bei denen die Auftrittswahrscheinlichkeit über die Zeit zunimmt. Beispiel: Vorbeugende Instandhaltung von Betriebsmitteln.
- Kausale Strategien (Ursachenbezogene Strategien), welche die originären Ursachen beseitigen sollen. Eine weitere Unterscheidung erfolgt in Elimination (Ursache eines Störungsschwerpunkts beseitigen) und Evasion (Ausweichen gegenüber einer Störungssituation). Beispiel: Verringerung der Durchführungshäufigkeit eines störanfälligen Prozesses.

Die Umsetzung dieser Strategien erfolgt durch ein **Störungsmanagementsystem**. Unter einem Störungsmanagementsystem wird die Gesamtheit der Prozesse, Methoden und Werkzeuge verstanden, die für das Störungsmanagement eingesetzt werden. Die im Störungsmanagementsystem tätigen Mitarbeiter werden einer Rolle oder mehreren Rollen über ihre Funktion zugeordnet. Eine zentrale Aufgabe aller Rollen im Störungsmanagement ist es, aus einer umfassenden Zusammenstellung von störungsrelevanten Daten des Unternehmens und deren Auswertung im Zusammenhang diejenigen Maßnahmen zu finden, die zu einer unverzüglichen Störungsbeseitigung und einer nachhaltigen Störungsvermeidung führen.

Eine **Störungsmanagementapplikation** ist die informationstechnische Umsetzung der Methoden und Werkzeuge eines Störungsmanagementsystems. Ein spezifisches Störungsereignis, das in der Störungsmanagementapplikation erfasst und verwaltet wird, ist ein Störungsfall. Wendet ein Mitarbeiter diese Applikation an, wird er in der vorliegenden Arbeit als Benutzer bezeichnet.

Mit Hilfe des Störungsmanagementsystems werden störungsrelevante Daten, Informationen und Wissen verarbeitet. Dabei ist es das Ziel, das explizite, in Informationsressourcen gespei-

cherte Wissen zu formalisieren und zur Verfügung zu stellen. Dies entspricht dem sogenannten ressourcenorientierten Wissensmanagement, nach dem Wissen als höherwertige Information angesehen wird. Im Folgenden wird dieser Zusammenhang dargestellt.

Zeichen eines bestimmten Zeichenvorrats, welche anhand von Syntaxregeln aufgebaut sind, werden als Daten bezeichnet. Kann diesen Daten eine bestimmte Semantik zugeordnet werden und stehen diese in einem bestimmten Kontext, werden aus Daten Informationen. Laut EN ISO 9000:2005 werden Information als „Daten mit Bedeutung“ bezeichnet [7]. Durch eine zielgerichtete Verknüpfung wird aus Informationen Wissen erzeugt (Abbildung 6).

Typischerweise wird der Mensch als Wissensträger angesehen, wie in der Definition von Probst deutlich wird [13]: „Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkungszusammenhänge.“

Durch eine Differenzierung des Begriffs Wissen in implizites Wissen und explizites Wissen relativiert sich die Betrachtung, dass der Mensch der alleinige Wissensträger ist. Implizites Wissen ist nur schwer übertragbar, weil es nicht bildlich oder verbal darstellbar ist; es existiert nur in den Köpfen der Mitarbeiter. Explizites Wissen ist dagegen verbal oder durch bestimmte Medien in textueller oder visueller Form übertragbar.

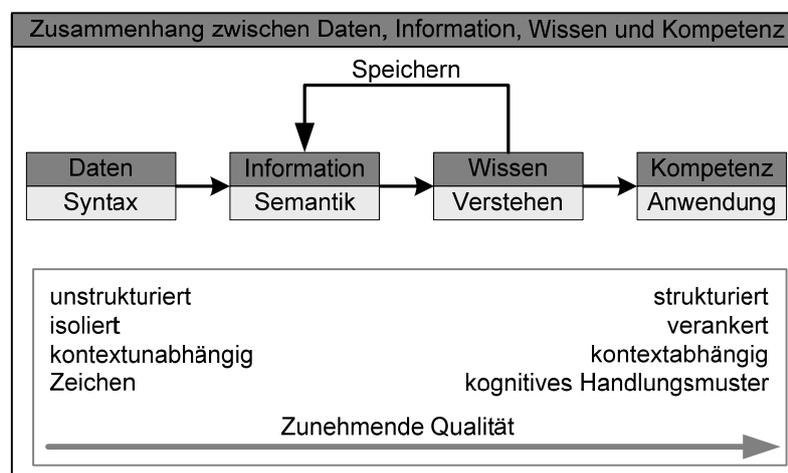


Abbildung 6: Abgrenzung der Begriffe Daten, Information, Wissen und Kompetenz [14]

Wissen wird entweder als vom Menschen interpretierte, durch Lernen und Anwendung entstehende Information oder als höherwertige Form von Informationen angesehen (Abbildung 6). Konzepte zum Management dieses Wissens werden unter dem Begriff **Wissensmanagement** zusammengefasst, wobei im Rahmen dieser Arbeit unter Wissensmanagement der Pro-

zess der kontinuierlichen Wissenserzeugung, seiner Verbreitung in einer Organisation, und dessen Einbindung in neue Produkte, Dienstleistungen und Systeme, zu verstehen ist [15]. Weiterführende Literaturstellen zum Thema Wissensmanagement sind der Tabelle 37 im Anhang zu entnehmen.

Entsprechend der Unterscheidung zwischen Wissen als vom Menschen interpretierte Information und Wissen als höherwertige Information werden die Wissensmanagement-Konzepte in prozessorientiertes Wissensmanagement und ressourcenorientiertes Wissensmanagement unterteilt (Tabelle 2).

Bei prozessorientiertem Wissensmanagement wird der Mensch als der wesentliche Wissensträger angesehen, und das Ziel besteht darin, das implizite Wissen zu explizieren und zu verteilen. Der erwartete Erfolg solcher Konzepte wurde aufgrund fehlender Transparenz der Abläufe, fehlenden Wissensbewusstseins, Unkenntnis des Wissensbedarfs, unorganisierten Wissensaustauschs und mangelnden Anreizes nicht erfüllt [16]. Des Weiteren lassen sich folgende Barrieren der Wissens(ver)teilung nennen [17]: Auf der Seite des Lieferanten von Wissen ein Mangel an Teilungsbereitschaft (Machtverlust, keine Kompensation), Teilungsfähigkeit (fehlende Kommunikations- und Interaktionsfähigkeit) oder Reputation sowie auf der Seite des Konsumenten von Wissen ein Mangel an Absorptionsbereitschaft (Ablehnung von Neuem), Absorptionsfähigkeit und Bewahrungsfähigkeit.

Tabelle 2: Prozessorientierte und ressourcenorientierte Wissensmanagement-Konzepte im Vergleich

Aspekte	Prozessorientierte Sicht	Ressourcenorientierte Sicht
Wissensverständnis	Wissen entsteht durch Lernen und Anwendung	Wissen ist höherwertige Information
Wissensträger, Wissensausprägung	Mitarbeiter Implizites Wissen Wissensorientierte Abläufe	Informationsressourcen Formalisiertes und explizites Wissen
Aufgaben	Vision entwickeln Wissensnetzwerke aufbauen Erfahrungen nutzen Wissen weitergeben Lernen	Wissen formalisieren Wissen verfügbar machen Wissensnutzung verbessern Wissensressourcen erschließen
Managementkonzept	Lernende Organisation, agiles Unternehmen	Erweiterung des Informationsmanagements

Das ressourcenorientierte Wissensmanagement wird als Weiterentwicklung des Informationsmanagements angesehen, bei dem die zahlreichen Informationsressourcen eines Unternehmens als Wissensträger gelten ([18]; [19]). Aufgrund der Barrieren des prozessorientierten Wissensmanagements werden für die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit nur Konzepte aus dem Bereich des ressourcenorientierten Wissensmanagements betrachtet. Das im Rahmen

der vorliegenden Arbeit zu entwickelnde Störungsmanagementsystem folgt daher einem ressourcenorientierten Wissensmanagement-Konzept, dessen Aufgabe es ist, das Wissen über Störungen zu formalisieren und verfügbar zu machen, die Wissensnutzung zu verbessern und Wissensressourcen zu erschließen.

Eine dem Störungsmanagement verwandte Disziplin ist das Qualitätsmanagement. Unter diesem Begriff werden nach EN ISO 9000:2005 „aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich der Qualität“ zusammengefasst [7]. Qualität wird dabei definiert als der „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllen“; eine Anforderung ist das „Erfordernis oder Erwartung, das oder die üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“. Diese Definitionen sind auf Produkte, Prozesse und Potenzialfaktoren im Unternehmen anwendbar.

Ziel der Implementierung eines Störungsmanagementsystems ist, eine kontinuierliche Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität zu erreichen. Dies entspricht dem Grundsatz des Qualitätsmanagements der ständigen Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität.

Die Aufgabenstellung dieser Arbeit besteht darin, ein Störungsmanagementsystem für die **manuelle Montage** zu entwickeln. Daher werden hier die Besonderheiten dieser Montageform herausgearbeitet: Die manuelle Montage ist die letzte Stufe der innerbetrieblichen Auftragsabwicklung. Sie besteht aus Fügeoperationen von Teilen und Baugruppen sowie den Nebentätigkeiten Lagern, Transportieren, Handhaben, Anpassen und Kontrollieren.

Für die manuelle Montage ergeben sich grundsätzlich andere Anforderungen an das Störungsmanagement als für die automatisierte Montage. Aufgrund der vernetzten Ablaufstrukturen und der Tatsache, dass der Mensch im Mittelpunkt steht wie in keinem anderen Produktionsprozess, treten mehr Störungen auf als in der automatisierten Montage.

Des Weiteren erschweren Wechselwirkungen hinsichtlich der Toleranzen und Funktionen die Störungsdiagnose. Beispielsweise ist bei einer gestörten Fügeoperation nicht immer eindeutig, welches von zwei Teilen eine Störung verursacht hat und welches dieser Teile zu ändern ist. Hinzu kommt, dass in der manuellen Montage die Störungsdaten manuell erfasst werden, während in der automatisierten Montage oder der Fertigung Störungsdaten automatisch von der Maschinensteuerung generiert werden. Aufgrund des prototypischen Charakters der manuellen Einzel- und Kleinserienmontage treten häufiger konstruktiv bedingte Störungen auf als in der automatisierten Montage, wo vor dem Serienstart umfangreiche Simulationen durchgeführt werden.

3 Stand der Forschung und Technik

In diesem Kapitel wird gezeigt, inwieweit die existierenden Methoden und Informationssysteme zur Lösung der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit beitragen können und in welchen Bereichen Forschungsbedarf besteht.

Besonders wichtig ist die Frage, inwieweit die existierenden Methoden und Informationssysteme die reaktiven und präventiven Störungsmanagement-Strategien unterstützen. Außerdem ist zu klären, wie das Wissen zur Störungsbeseitigung und -prävention akquiriert und gepflegt wird und ob die Methoden und Informationssysteme geeignet sind, das Wissen über unerwünschte Ereignisse einheitlich und unternehmensweit auf allen Hierarchieebenen bereitzustellen. Ferner sind die Störungsmanagement-Anforderungen zu analysieren, die sich aus der Betrachtung der manuellen Einzel- und Kleinserienmontage komplexer, kundenindividueller Produkte ergeben (siehe Abschnitt 2).

Im Qualitätsmanagement gibt es elementare Methoden, die im Störungsmanagement einsetzbar sind; diese werden im ersten Abschnitt dieses Kapitels dargestellt. Anschließend werden im zweiten Abschnitt kommerzielle Informationssysteme für das Management von unerwünschten Ereignissen und Forschungsprojekte in diesem Bereich beschrieben.

3.1 Elementare Methoden und Methodiken

Die elementaren Methoden zur Analyse und zum Management von unerwünschten Ereignissen werden im Qualitätsmanagement unter dem Begriff Qualitätstechnik zusammengefasst: Qualitätstechnik ist die „Gesamtheit der Methoden, die im Qualitätsmanagement angewendet werden“ [20]. Im Folgenden werden diese Methoden zur Analyse von Daten und Informationen über unerwünschte Ereignisse sowie die Managementansätze für deren Handhabung dargestellt.

3.1.1 Analyse von Daten und Informationen über unerwünschte Ereignisse

Methoden zur Analyse von Daten und Informationen werden angewendet, um unerwünschte Ereignisse zu erkennen, deren Ursachen zu analysieren sowie Maßnahmen zur Beseitigung und Vermeidung abzuleiten. In Tabelle 3 wird aufgezeigt, inwieweit die wichtigsten Methoden Aufgaben im Störungsmanagement unterstützen, welcher Störungsmanagementstrategie ihnen zugrunde liegt, für welche Seriengrößen sie anwendbar sind und wie das Wissen über Störungen gespeichert wird. Weiterführende Literaturstellen sind in Tabelle 37 im Anhang

aufgeführt. Eine Klasse der Methoden wird als **statistische Methoden** bezeichnet. Diese haben zum Ziel, aus den Daten über Abweichungen, Störungen und Fehler statistische Kennwerte zu ermitteln, die den Zustand und das Verhalten von Produkten und Prozessen beschreiben. Sie basieren auf quantitativen Prüfmerkmalen und dem expliziten Wissen. Diese Methoden werden zur Prozessüberwachung, das heißt zur Erkennung von Prozessabweichungen und -störungen, Dokumentation des Prozessverlaufs und Prozessmanagement (Störungsursachen aufzeigen und Gegenmaßnahmen festlegen) eingesetzt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Analysemethoden für Informationen über unerwünschte Ereignisse

Methoden	Aufgaben			Strategie		Seriengröße		Wissensbasis	
	Abweichungserkennung	Ursachenanalyse	Maßnahmenentwicklung	Reaktiv	Präventiv	Einzel- und Kleinserie	Großserie	Explizites Wissen	Implizites Wissen
Statistische Versuchsmethodik	+	-	-	+	-	-	+	+	-
Statistische Prozessregelung	+	o	-	+	-	o	+	+	-
Fähigkeitsuntersuchungen	+	o	-	+	-	-	+	+	-
Six Sigma, Null-Fehler-Prinzip	+	+	+	+	+	o	+	+	-
Statistische Werkzeuge des Qualitätsmanagements	+	+	-	+	+	-	+	+	-
Ishikawa-Methode	-	+	-	+	-	+	+	-	+
Fehlerbaumanalyse (DIN 25424)	-	+	-	+	-	+	+	-	+
Störfallablaufanalyse (DIN 25419)	-	+	-	+	-	+	+	-	+
FMEA (DIN EN 60812)	-	+	o	-	+	o	+	o	+
Regelbasierte Systeme	-	-	-	+	+	-	+	o	+
Design Review	+	-	o	-	+	+	+	+	+
Qualitätsbewertung	+	-	o	-	+	o	+	+	+

Legende: + erfüllt o bedingt erfüllt - nicht erfüllt

Beispiele für diese Methoden sind die **statistische Prozessregelung** und die **sieben statistischen Werkzeuge des Qualitätsmanagements** [21]. Zu den letztgenannten zählt die Pareto-Analyse, mit der aus einer Vielzahl von Ursachen diejenigen ermittelt werden, die die größten Auswirkungen haben. Dazu werden beispielsweise die Störungsarten anhand der Störungshäufigkeit in eine Rangfolge gebracht. Zusätzlich wird für jede Störungsart deren kumulati-

ver, prozentualer Anteil der Störungshäufigkeit ermittelt. Damit ist erkennbar, welche (wenigen) Störungsarten den Haupteinfluss auf die Gesamtstörungshäufigkeit haben.

Statistische Methoden erfordern quantitative Prüfmerkmale und eine ausreichend große Grundgesamtheit, um statistisch abgesicherte Ergebnisse zu erzielen. Diese Voraussetzungen sind nur in der Serienherstellung vorhanden. Damit diese Methoden in der Einzel- und Kleinserienherstellung anwendbar sind, muss die Grundgesamtheit dadurch erhöht werden, dass ähnliche Attribute eines Produkts oder Prozesses zusammengefasst werden; beispielsweise, indem Störungen auf Einzelteilebene erfasst und durch die übergeordneten Baugruppenbeziehungen gruppiert werden. Schwerpunktmäßig werden diese Methoden eingesetzt, um Abweichungen zu erkennen und damit das Auftreten von unerwünschten Ereignissen aufzuzeigen. Eine Ursachenanalyse wird nur bedingt unterstützt, da diese Methoden keine Ursache-Wirkung-Ketten abbilden.

Eine weitere Klasse von Methoden im Qualitätsmanagement sind die wissensbasierten Methoden. Diese haben zum Ziel, das implizite Wissen der Mitarbeiter bezüglich der kausalen Zusammenhänge von unerwünschten Ereignissen (Ursache-Wirkung-Ketten) zu analysieren und explizit abzubilden. Diese Methoden werden als Kausalitätsmethoden bezeichnet, da sie dazu dienen, aufgrund von „Erfahrungen und mittels systematischen logischen Denkens die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung zu hinterfragen, um damit die Wirkzusammenhänge klarer darzustellen“ [22].

Eine Methode aus dieser Klasse ist die **Ishikawa-Methode**; sie besteht aus einem Diagramm, in dem die Ursachen für *einen* Fehler anhand der sogenannten 5M (Mensch, Maschine, Methode, Material, Mitwelt) dargestellt werden. Anschließend werden schrittweise die Ursachen der Ursachen analysiert und hinzugefügt.

Die **Fehlerbaumanalyse** nach DIN 25424 dient dazu, ausgehend von *einem* unerwünschten Ereignis (Abweichung, Fehler, Störung) in einem Prozess oder Produkt alle potenziellen Ursachen dafür zu ermitteln. Die Besonderheit gegenüber der Ishikawa-Methode ist, dass der Fehlerbaum eine quantitative Bewertung enthält, da ausgehend vom betrachteten Ereignis mögliche Ursachen mit den Elementen UND, ODER und GLEICH verknüpft und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten ermittelt werden. Darauf aufbauend wird die Eintrittswahrscheinlichkeit des betrachteten Ereignisses berechnet. Bei dieser Methode werden neben dem impliziten Wissen der Mitarbeiter explizite Fehlerinformationen genutzt, um die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Ursachen zu bewerten [23].

Mit der Ishikawa-Methode und der Fehlerbaumanalyse werden Ursache-Wirkung-Ketten für *ein* Ereignis betrachtet. Problematisch ist dabei, dass Wechselbeziehungen zwischen Ursachen und Wirkungen nicht darstellbar sind. Des Weiteren lassen sich die Informationen aus durchgeführten Analysen nicht systematisch wiederverwenden. Trotz dieser Einschränkungen

ist insbesondere die Ishikawa-Methode im Rahmen der Ursachenanalyse anwendbar, wenn es gilt, eine einzelne Störungsursache systematisch zu eruieren.

Die Ishikawa-Methode und die Fehlerbaumanalyse betrachten *ein* unerwünschtes Ereignis und leiten mögliche Ursachen für das Auftreten dieses Ereignisses ab. Die **Fehlzustandsart- und Einflussanalyse**² (FMEA) nach DIN EN 60812 geht darüber hinaus. Mit der Anwendung der FMEA wird das Ziel verfolgt, jedes potenziell auftretende unerwünschte Ereignis zu ermitteln, das in einem System auftreten kann: Die FMEA ist ein „systematisches Vorgehen bei der Analyse eines Systems, um mögliche Fehlzustandsarten, ihre Ursachen und ihre Auswirkungen auf das Systemverhalten [...]“ einer übergeordneten Baugruppe, eines Gesamtsystems oder eines Prozesses zu ermitteln [4].

Der Ablauf einer FMEA ist iterativ; für jede Komponente des Systems werden die möglichen Ausfallarten für die betrachtete Komponente ermittelt. Anschließend werden für jede Ausfallart die unmittelbaren Auswirkungen, die End-Auswirkungen und deren Schwere sowie die möglichen Ursachen und deren Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelt. Bei erheblicher Schwere oder hoher Eintrittswahrscheinlichkeit werden Gegenmaßnahmen geplant. Dieser Ablauf wird für alle Ausfallarten der Komponente wiederholt.

Die FMEA ist eine etablierte Methode, mit der das implizite Wissen der Mitarbeiter über funktionale und kausale Zusammenhänge von Abweichungen, Störungen und Fehlern erfasst und dargestellt wird. Sie ist dabei ein wesentliches Hilfsmittel, um während der Entwurfs- und Entwicklungsphase insbesondere katastrophale und kritische Endauswirkungen von Ausfällen zu bewerten und Gegenmaßnahmen zu entwickeln.

Wird die FMEA auf komplexe Produkte und Prozesse angewendet, kann der Aufwand „beträchtlich“ [24] sein, da für jede Komponente viele mögliche Ausfallarten untersucht werden müssen. Daher wird die FMEA im Rahmen des Störungsmanagementsystems für die Analyse eines Teilsystems, einer einzelnen Baugruppe oder eines Teilprozesses, nicht aber als die alleinige Methode für das Störungsmanagement genutzt.

Bei einer Kategorie der wissensbasierten Methoden wird das implizite Wissen der Mitarbeiter in Form von Regeln explizit in einem wissensbasierten System abgelegt (regelbasierte Methoden). Diese regelbasierten Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass sie nicht nur Daten speichern, sondern auch Wissen aus einem abgegrenzten Gebiet durch Verknüpfung von Daten repräsentieren und aufgabenorientiert bearbeiten [25].

² Die DIN EN 60812:2006 (Fehlzustandsart- und Einflussanalyse) ersetzt die DIN 25448:1990-05 Ausfalleffektanalyse (Fehler-Möglichkeits- und -Einfluss-Analyse). Laut DIN EN 60812:2006 ist der Fehlzustand der „Zustand einer Einheit, in dem sie unfähig ist, eine geforderte Funktion zu erfüllen [...]“

Aufgrund der Barrieren der Wissensteilung (siehe Kapitel 2) besteht das wesentliche Problem der regelbasierten Systeme in der Akquisition des impliziten Wissens. Des Weiteren treten bei der Wissensakquisition Informationsverluste auf und die Pflege des in der Wissensbasis gespeicherten Wissens ist aufwändig. Das letztgenannte Problem ist für den Bereich Störungsmanagement von Bedeutung, da sich die Daten über Abweichungen, Störungen und Fehler kontinuierlich ändern. Aufgrund dieser Kennzeichen werden die regelbasierten Systeme als Lösungsansatz für die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit ausgeschlossen.

Zwei weitere wissensbasierte Methoden, die im Bereich der Störungsvermeidung eingesetzt werden, sind der Design Review und die Qualitätsbewertung. Obwohl für die Serienfertigung entwickelt, lassen sich Teile dieser Methoden auf die Montage von Einzel- und Kleinserienprodukten anwenden. Ein **Design Review** wird vor der Produktherstellung bei Erreichen von vorgegebenen Meilensteinen durchgeführt. Dabei werden in einem Team von Mitarbeitern aus verschiedenen Abteilungen die Entwicklungsergebnisse mit den Anforderungen verglichen, um Abweichungen frühzeitig zu erkennen. Ein Beispiel dafür ist die Untersuchung, ob das Produkt montagegerecht gestaltet ist. Das Ergebnis des Design Reviews wird dokumentiert und es werden gegebenenfalls Änderungen veranlasst [21].

Die **Qualitätsbewertung** dient der Ermittlung von Schwachstellen eines Produkts. Sie wird bei der Entwicklung neuer Produkte, dem Einsatz neuer Materialien oder Fertigungstechnologien angewendet. Dabei wird ein Produkt in drei Stufen mittels erzeugnisspezifischer Checklisten bezüglich des zu erwartenden Schwierigkeitsgrads bei der Realisierung klassifiziert. Das Endergebnis der Qualitätsbewertung ist die Qualitätsvorschau, in der die Ausfallrate eines Produkts im Feld prognostiziert wird [21].

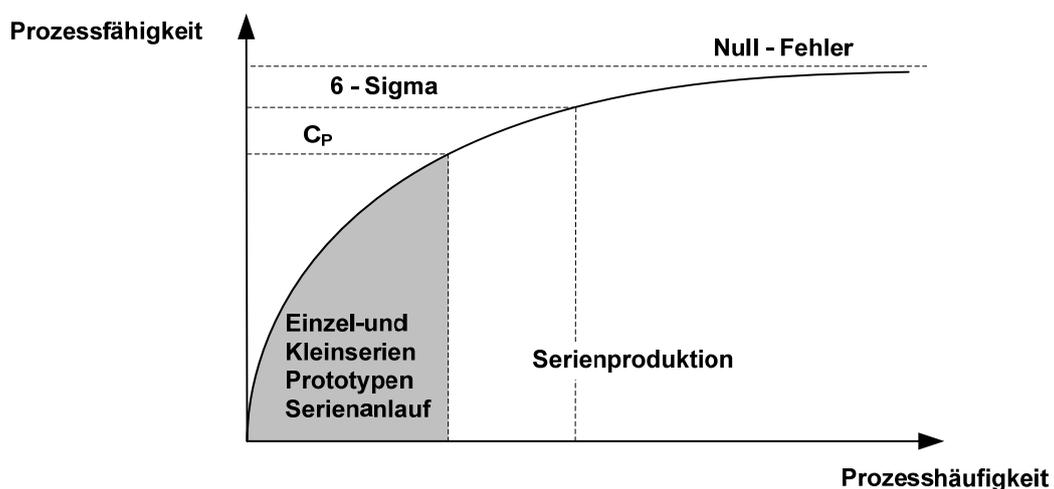


Abbildung 7: Konzepte und Methoden zur Sicherung der Prozessfähigkeit [26]

Wesentliche Erkenntnis aus der Analyse des Stands der Technik und Forschung ist, dass die statistischen Methoden für Prozesse mit einer hohen Wiederholhäufigkeit (Serienproduktion) entwickelt wurden (Abbildung 7). Kennzeichen dieser Prozesse ist, dass eine statistisch gesicherte Datenbasis, bestehend aus quantitativen Prüfmerkmalen, vorliegt. Es fehlen hingegen Methoden, die geeignet sind, die Abweichungen, Fehler und Störungen bei Prozessen mit einer geringen Prozesshäufigkeit (Einzel- und Kleinserienproduktion, Prototypen, Serienanlauf) zu vermeiden.

Kennzeichen der wissensbasierten Methoden (Ishikawa-Methode, Fehlerbaumanalyse oder FMEA) ist, dass sie für einzelne Aufgaben im Störungsmanagement einsetzbar sind, beispielsweise für die Analyse einzelner Störungsschwerpunkte und -ursachen.

3.1.2 Management von unerwünschten Ereignissen

Die beschriebenen Methoden dienen der Analyse von Daten und Informationen über unerwünschte Ereignisse. Sie unterstützen dabei einzelne Phasen der Störungsvermeidung und -beseitigung wie die Erkennung von unerwünschten Ereignissen, die Ursachenanalyse und die Maßnahmenentwicklung.

Neben diesen Analysemethoden gibt es sogenannte Problemlösungsprozesse, durch die der Ablauf der Beseitigung von unerwünschten Ereignissen gesteuert wird. Innerhalb dieser Problemlösungsprozesse werden die beschriebenen Analysemethoden angewendet.

Der **Deming-Kreis**, auch unter dem Namen Plan-Do-Check-Act-Zyklus bekannt, ist einer der bekanntesten Problemlösungsprozesse ([21], [27]). Ausgelöst von einem unerwünschten Ereignis, wird zunächst die Phase *Plan* durchlaufen: In dieser Phase wird der Ist-Zustand dargestellt und die Problemursachen werden ermittelt. Anschließend werden Lösungsansätze erarbeitet und priorisiert sowie die Maßnahmen geplant. Des Weiteren werden das Ziel der Verbesserung festgelegt und Prüfpunkte definiert, an denen die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen gemessen wird. In der darauf folgenden Phase *Do* werden die Maßnahmen umgesetzt. Anschließend wird in der Phase *Check* der erreichte Zustand mit dem Zielzustand verglichen. Sofern die Differenz zwischen Soll-Zustand und Ist-Zustand außerhalb der vorgegebenen Toleranz liegt, ist eine Nachbesserung erforderlich. Anderenfalls wird in der Phase *Act* der Inhalt der Maßnahme standardisiert. Der Zyklus beginnt erneut mit der Phase *Plan*, um den standardisierten Ablauf weiter zu verbessern.

Ein ähnlicher Ablauf erfolgt in der sogenannten **8D-Methode** (8 Disziplinen-Methode). Die 8D-Methode wird angewendet, um die originären Ursachen eines unerwünschten Ereignisses zu ermitteln und diese zu beseitigen. Die Erkenntnisse aus den Einzelschritten werden im 8D-Report dokumentiert. Weitere Problemlösungsmethoden sind die Root-Cause-Analysis und die Problemlösungsmethodik nach Kepner und Tregoe. Für eine Beschreibung dieser Methoden wird auf die einschlägige Literatur verwiesen [28], [29].

Diese Problemlösungsprozesse sind allgemeingültig und daher im zu entwickelnden Störungsmanagementsystem anwendbar. Für eine optimale Mitarbeiterunterstützung bei der Problemlösung sind die in den einzelnen Phasen anzuwendenden Methoden anzugeben.

Im Rahmen des Vorgehens bei unerwünschten Ereignissen ist die Festlegung der Rollen und Verantwortlichkeiten notwendig. Insbesondere, wenn die Lösung zur Beseitigung der Folgen eines unerwünschten Ereignisses nicht erfolgreich war, ist eine sogenannte Eskalation notwendig: Eine Eskalation ist die Weitergabe eines Störungs- und Fehlerfalls an organisatorisch höher gestellte Einheiten anhand von definierten Kriterien, falls ein Fall erfolglos bearbeitet wurde. Pfeifer, Grob et. al. unterscheiden zwischen der Mikrologik und der Makrologik [30].

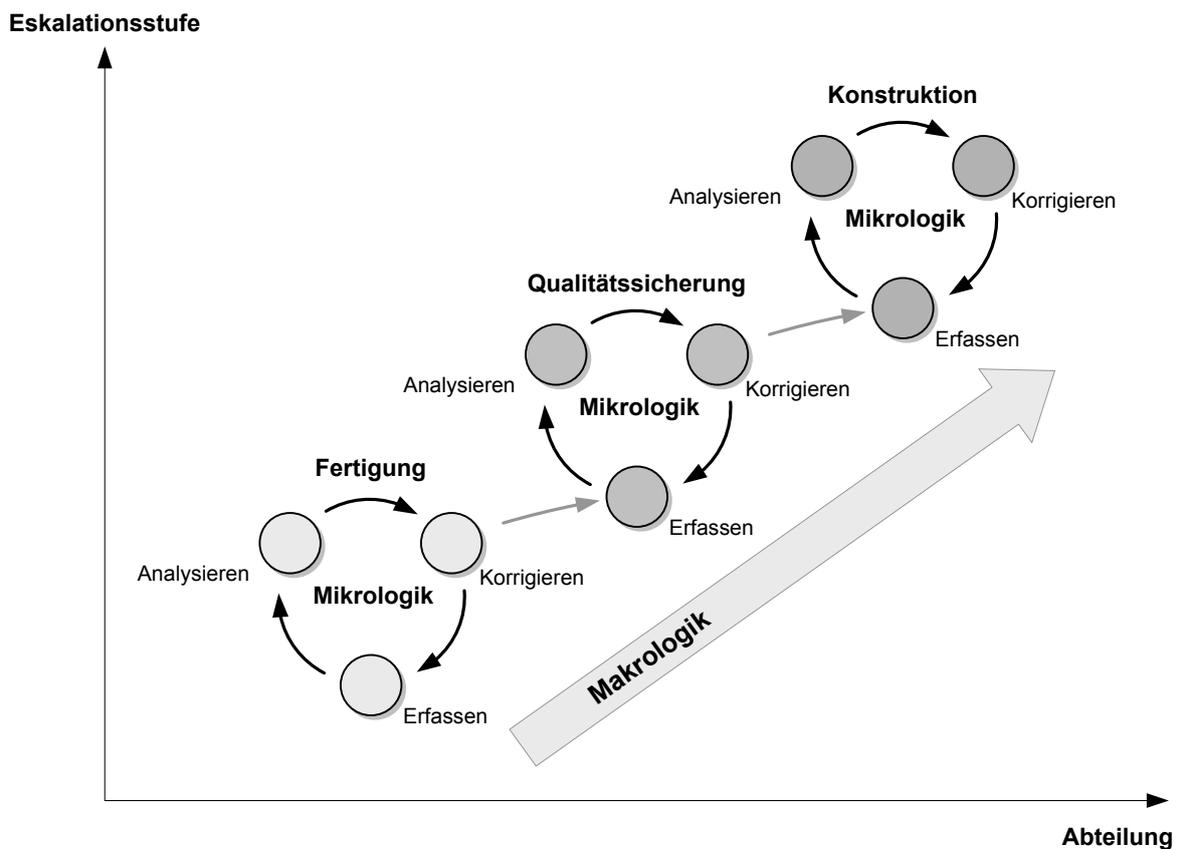


Abbildung 8: Mikrologik und Makrologik des Eskalationsprinzips [30]

In Abbildung 8 ist der Ablauf der Eskalation dargestellt: Die Mikrologik beschreibt das Vorgehen innerhalb eines Bearbeitungsbereichs, der die Schritte Erfassen, Analysieren und Korrigieren umfasst. In der Makrologik ist jeder Bearbeitungsbereich eine Eskalationsstufe. Im Eskalationsfall werden der Störungs- oder Fehlerfall, die Verantwortung und die Berechtigung an die nächste Stufe weitergegeben. Die Entscheidung für eine Weitergabe erfolgt anhand von vordefinierten Kriterien (Regelfall) oder wird zwischen dem gegenwärtigen und zukünftigen Verantwortlichen ausgehandelt (Ausnahmefall).

Treten schwerwiegende Störungs- und Fehlerfälle auf, werden diese an eine aus Experten zusammengesetzte Organisationseinheit weitergeleitet. Dort wird versucht, den Fehler- und Störfall zu klären. Ist dies erfolglos, initiiert die Zentralstelle ein Projekt zur Störungs- und Fehlerbeseitigung, an dem Experten aus allen betroffenen Unternehmenseinheiten beteiligt sind [30].

Die elementaren Methoden zum Management von unerwünschten Ereignissen (Problemlösungsprozesse) müssen für die Verwendung im Störungsmanagementsystem modifiziert werden: Die Analysemethoden müssen dem jeweiligen Problemlösungsschritt zugeordnet werden und für das Eskalationsprinzip sind objektive, auf Fakten basierende Kriterien für den Übergang von der Mikrologik zur Makrologik zu entwickeln.

3.2 Informationssysteme für das Störungsmanagement

Die gezeigten Methoden bilden die Grundlage für ein Management von unerwünschten Ereignissen. Für die konkrete Durchführung von Aufgaben wie die Umplanung des Produktionsprogramm im Störfall werden diese Methoden typischerweise in Informationssystemen implementiert.

In einer selbst durchgeführten Marktrecherche wurde der Stand der Technik der Informationssysteme zum Reklamations-, Fehler- und Störungsmanagement analysiert. Zunächst wird die Leistungsfähigkeit dieser Informationssysteme beschrieben und bewertet. Anschließend werden Forschungsprojekte in diesem Bereich dargestellt, deren Erkenntnisse noch nicht in die kommerziellen Informationssysteme eingeflossen sind.

3.2.1 Kommerzielle Informationssysteme

Kommerzielle Informationssysteme zum Management von Störungen, Fehlern und Reklamationen werden am häufigsten als Reklamationsmanagement-Systeme bezeichnet. Typischerweise basieren diese Systeme auf einem Workflow-System mit vordefinierten Workflows und sie unterstützen die Reklamationserfassung und -bearbeitung (Maßnahmenmanagement).

Die Erfassung der Reklamationsdaten (Tabelle 28 im Anhang) erfolgt dezentral in einem standardisierten Erfassungsformular, das über eine Webschnittstelle oder ein mobiles Erfassungssystem bereitgestellt wird.

Mit Hilfe des Maßnahmenmanagements (Tabelle 29 im Anhang) werden die erfassten Reklamationsdaten an die relevanten Organisationseinheiten verteilt, damit dort Maßnahmen entwickelt und verfolgt werden. Typischerweise werden Verbesserungsprojekte auf Basis der 8D-Methode bearbeitet und der Fortschritt der Maßnahmenbearbeitung sowie dazugehörige Termine werden überwacht.

Analysen wie die Reklamationshäufigkeitsanalysen und Trendanalysen werden im System durchgeführt. Diese Analysen (Tabelle 30 im Anhang) basieren auf den in Abschnitt 3.1.1

gezeigten statistischen Methoden wie zum Beispiel der Pareto-Analyse oder Histogrammen. Für die weitergehende Analyse werden die Reklamationsdaten in eine separate Anwendung wie Microsoft Excel exportiert. Die Ergebnisse der Analysen werden in Form von Reports an einen definierten Empfängerkreis versendet (Push Prinzip).

Die enthaltenen Analysemethoden beschränken sich auf Häufigkeitsverteilungen und Pareto-Analysen, die für die Analyse von Reklamationsdaten aus Prozessen mit einer hohen Wiederholhäufigkeit geeignet sind. Die Softwarehersteller geben an, dass mit Hilfe dieser Systeme auf die Erkenntnisse und Erfahrungen bereits beseitigter Reklamationen zugegriffen werden kann. Die Erkenntnisse und Erfahrungen nutzen Auswertungen zum Beispiel von Reklamationshäufigkeiten je Bauteil, Prototyp, Kunde oder Projekt und sind nicht detailliert. Die Systeme sind nicht darauf ausgelegt, von einer Vielzahl von Anwendern im gesamten Entwicklungs-, Fertigungs- und Montageprozess auf allen Hierarchieebenen als Informationsquelle genutzt zu werden. Daher ist beispielsweise die Verwendung von Reklamationsdaten im Rahmen der Entwicklung von neuen Produkten und Prozessen nur bedingt möglich. Über die kommerziellen Reklamationsmanagement-Systeme werden einzelne Reklamationen erfasst und bearbeitet – Reklamationsschwerpunkte systematisch zu erkennen und zu beseitigen, ist nicht vorgesehen.

Stauss und Schöler kommen in einer Studie aus dem Bereich Beschwerdemanagement zu dem gleichen Ergebnis. Laut ihrer Studie fällt das direkte Beschwerdemanagement, das die Bearbeitung einzelner Beschwerden zur Aufgabe hat, weitaus professioneller aus als das indirekte Beschwerdemanagement, zu dem Beschwerdeauswertung, Beschwerdecontrolling, Beschwerdereporting und Beschwerdeinformationsnutzung zählen. Des Weiteren erfolge die quantitative Beschwerdeauswertung auf niedrigem Niveau. Stauss und Schöler haben ermittelt, dass die konsequente Ursachenanalyse zwar als sehr bedeutsam eingeschätzt wird, dass in den Unternehmen diesbezüglich aber noch erhebliche Defizite bestehen [31].

Die Defizite lassen sich daraus ableiten, dass sich die Ziele im Management von unerwünschten Ereignissen erweitert haben, die Funktionalitäten der Informationssysteme diesen geänderten Anforderungen jedoch nicht angepasst wurden. Crostack et. al. haben im Rahmen des Projekts *SAFE* die Ziele des Fehlermanagements analysiert und mit der FOQUS-Studie verglichen [27]. Abbildung 9 zeigt, dass in den neunziger Jahren die Beseitigung eines einzelnen Fehlers im Vordergrund stand. Beispiele sind die Ermittlung der Fehlerursachen sowie von Abstell- und Verbesserungsmaßnahmen und die Verhinderung der Weitergabe fehlerhafter Teile.

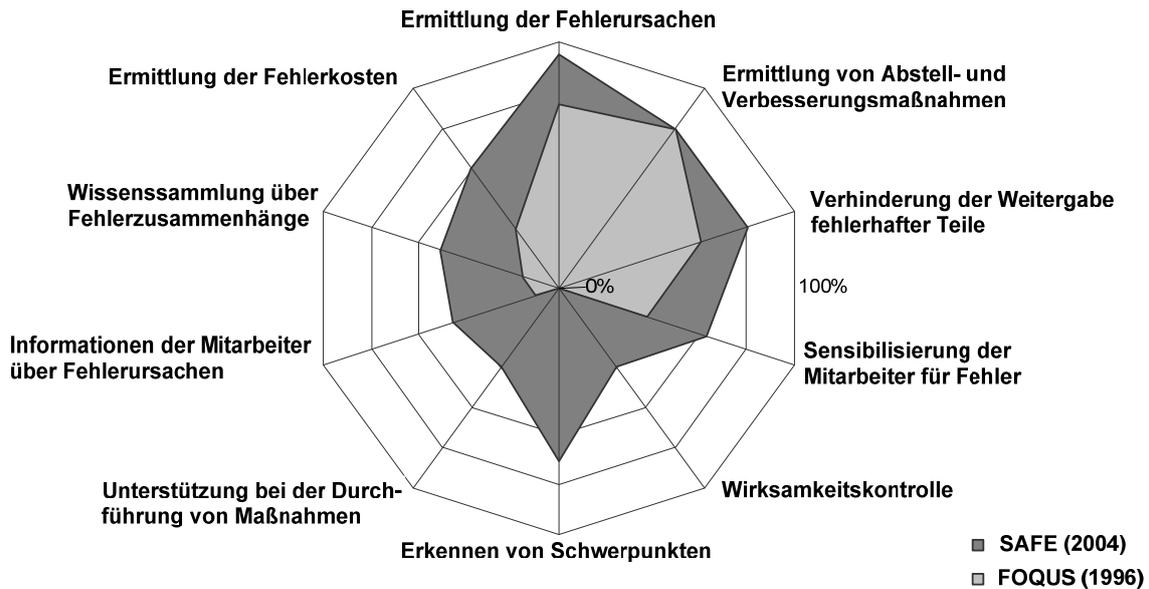


Abbildung 9: Ziele des Fehlermanagements im Vergleich [27]

Im Vergleich dazu haben Ziele mit präventivem Charakter stark an Bedeutung gewonnen: Wissenssammlung über Fehlerzusammenhänge mit einer Zunahme um mehr als zwei Drittel und die Sensibilisierung der Mitarbeiter für Fehler mit einer Zunahme um ein Drittel. Ziele wie die Wirksamkeitskontrolle, die Unterstützung bei der Durchführung von Maßnahmen und Erkennen von Schwerpunkten wurden 1996 nicht genannt. Diese übergreifenden Ziele sind absolut betrachtet von einer hohen Bedeutung.

3.2.2 Forschungsprojekte

Die Forschungsprojekte im Bereich der Informationssysteme zum Management von Störungen, Fehlern und Reklamationen betrachten Informationssysteme für ein reaktives, präventives oder ein umfassendes Störungsmanagement.

Inhalt der Arbeiten aus dem Bereich des **reaktiven Störungsmanagements** ist die Systemunterstützung von Einzelaufgaben des Störungsmanagements wie die Umplanung im Störfall oder die Unterstützung der Störungsdiagnose. Im Folgenden werden Beispiele für diese Arbeiten genannt.

Hofmann [8] stellt fest, dass im Fehlerfall ein manueller Eingriff zur Fehlerbeseitigung erforderlich sei und Fertigungssysteme nicht fehlertolerant seien. Daher entwickelt er ein Konzept für die automatisierte Fehlerbeseitigung, wobei der Schwerpunkt auf einem Phasenmodell zur Einzelfehlerbeseitigung liegt; eine Fehlervermeidung wird nicht berücksichtigt. Das gleiche Ziel verfolgt Lehmann [11] und entwickelt ein Modul, das ein PPS-System um Störungsma-

nagement-Funktionen erweitert. Gleiches gilt für Bamberger [32], der ein System zur automatischen oder manuellen Umplanung im Störfall konzipiert hat.

Die Arbeiten beziehen sich auf die (automatisierte) Fertigung und Montage von Baugruppen, die aus wenigen Bauteilen bestehen, bei der weniger Störungsarten auftreten und die Ursachenermittlung übersichtlich ist. Außerdem ist die Nutzung der Störungsdaten in der Entwicklung und Konstruktion nicht vorgesehen.

In anderen Arbeiten wird schwerpunktmäßig die Unterstützung der Mitarbeiter bei der Störungsdiagnose in der Fertigung behandelt. Beispielsweise hat Kim [6] ein Konzept für ein rechnerunterstütztes Störungsmanagementsystem entwickelt, bei dem die gleichzeitige Betrachtung der technischen und organisatorischen Aspekte der Störungsbeseitigung ein Unterscheidungsmerkmal gegenüber den bisher dargestellten Konzepten ist. Kim bezieht sich aufgrund der „Entscheidungskomplexität von bereichsübergreifenden langfristigen Maßnahmen“ auf das kurz- und mittelfristige Störungsmanagement im Bereich der Instandhaltung von Betriebsmitteln in der Fertigung. Ein Kennzeichen des Konzepts ist, dass das Fehlersuchwissen und ein Prozessmodell vor Nutzung des Systems explizit erfasst werden müssen.

Hummels [33] stellt fest, dass den existierenden Konzepten zur Unterstützung der Fehlerbehandlung die Absicht zugrunde liegt, die intellektuellen Problemlösungsfähigkeiten des Menschen zu ersetzen. Da sich diese Konzepte in der Praxis nicht durchgesetzt hätten, entwickelt er ein wissensbasiertes Fehlerbehandlungssystem für automatisierte Fertigungsanlagen, das dem Benutzer die Schlussfolgerungen bei der Fehlerbehandlung überlässt. Die Informationen werden manuell im System als Hypertext abgelegt. Mit Hypertext werden textbezogene Daten nicht-linear strukturiert und präsentiert; nicht-linear bedeutet, dass der Text Verknüpfungen (Hyperlinks) zu anderen Dokumenten enthält.

Der Schwerpunkt der Betrachtung von Heller [34] ist die Diagnoseunterstützung für Störungen von hoch automatisierten Montagesystemen. Das konzipierte Informationssystem verfolgt das Ziel, das diagnosespezifische Fach- und Erfahrungswissen verfügbar zu halten und es für die wissensbasierte Störungsbeseitigung sowie für analytische Auswertungen zur Störungsvermeidung zu nutzen.

Die Konzepte von Kim, Hummels und Heller zeichnen sich durch eine manuelle Pflege der Informations- und Wissensbasis aus, die für die (automatisierte) Fertigung aufgrund einer geringeren Anzahl unterschiedlicher Störungs- und Fehlerarten angemessen ist. Für die manuelle Montage von komplexen Einzel- und Kleinserienprodukten, in der viele unterschiedliche Störungs- und Fehlerarten auftreten, ist eine manuelle Pflege des Wissens zu aufwändig. Ferner wird die Einbindung der Störungsdaten und -informationen in die Entwicklung und Konstruktion nicht vorgesehen.

In einem Projekt des Instituts für Integrierte Produktion in Hannover wurde ein Wissensmanagement-System entwickelt, bei dem der Aufwand für die Erstellung, Pflege und Nutzung der Datenbasis im Vordergrund steht [35]. Mit Methoden aus dem Bereich des Information Retrieval werden im Rahmen der Fehlerdiagnose ähnliche Fehler gefunden. Diese Technologie wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit in modifizierter Form eingesetzt (siehe Abschnitt 5.3.3.2).

Ein weiteres Forschungsprojekt aus dem Bereich des reaktiven Störungsmanagements ist das bereits genannte Projekt SAFE (Umfassendes Fehlermanagement für ein schnelles und gesichertes Handeln bei Ausnahmesituationen) [36]. Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Referenzmodell des Fehlermanagements entwickelt, das auf einem Workflow-Management-System mit einem aus acht Hauptprozessen (8D-Methode) bestehenden Referenzprozess und vordefinierten Prozessen für unterschiedliche Fehlerfälle besteht. Die Referenzprozesse dienen als Vorlage für die Gestaltung eines Fehlermanagement-Systems in einem Unternehmen und sollen eine schnelle und sichere Reaktion im Fall von unerwünschten Ereignissen unterstützen.

Der Schwerpunkt liegt darauf, die Mitarbeiter bei ihren Tätigkeiten im Rahmen des reaktiven Managements von unerwünschten Ereignissen anzuleiten und von Routinetätigkeiten wie die Weiterleitung von Dokumenten und Einhaltung von Fristen zu entlasten. Zusätzlich wird die Durchführung der Workflows dokumentiert, um bei neuen unerwünschten Ereignissen auf bekannte Abläufe zurückgreifen zu können.

In anderen Forschungsarbeiten steht das **präventive Störungsmanagement** im Vordergrund. Inhalte dieser Arbeiten sind die Erfassung und Speicherung von Daten, Informationen und Wissen über die Fehler- und Störungszusammenhänge.

Orendi [37] stellt ein Konzept zur bereichsneutralen Erfassung und Verarbeitung von Fehlern als Grundlage für präventive Qualitätssicherungsverfahren wie die FMEA vor. Er entwickelt dazu eine Beschreibungsstruktur für Fehler, Fehlerursache und Fehlerbeseitigungsmaßnahme. In diesem Konzept werden explizit die Wirkzusammenhänge in der Fehleranalyse berücksichtigt sowie die Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung, Fehlerursachenbeseitigung und Fehlervermeidung vereinheitlicht. Das Konzept von Orendi verfolgt das Ziel, Fehlerdaten flexibel auszuwerten und sie nicht nur den produzierenden Bereichen zur Verfügung zu stellen, sondern auch an die planenden Bereiche zurückzuführen. Für diese Rückführung der Fehlerdaten werden von Orendi mehrere Methoden gezeigt und für die FMEA aufgearbeitet.

Borrmann [38] hat untersucht, inwieweit Fehlerwissen im Rahmen des methodischen Konstruierens – insbesondere in der Produktkonzeption – genutzt wird und festgestellt, dass es in dieser Phase keine expliziten Hilfsmittel zur Berücksichtigung von Fehlerwissen gibt. Auch die FMEA sei ungeeignet, da sie erst ansetzt, wenn die Produktkonzeption schon abgeschlos-

sen ist. Um dieses Defizit auszugleichen, entwickelt Borrmann ein Konzept zur Dokumentation und Bereitstellung von Fehlerwissen. Dieses Wissen wird über einen morphologischen Kasten funktionsorientiert in der Produktkonstruktion bereitgestellt.

Thie [25] beschreibt, dass die Kenntnis der Fehler-/Maßnahmenzusammenhänge eine Voraussetzung für die Ableitung wirksamer Maßnahmen sei. Um dabei die möglichen Fehlerursachen effektiv einzugrenzen, sei die Ermittlung des betroffenen Prozesses eine der wichtigsten Aufgaben. Er stellt fest, dass die bestehenden Methoden fast ausschließlich Qualitätsdaten, zum Beispiel aus der statistischen Prozesskontrolle, nutzen. Zu wenig werden zusätzliche Informationen über den Prozess, das Produkt sowie das Erfahrungswissen über Fehlerzusammenhänge genutzt.

Jacob [39] entwickelt ein Konzept, mit dem nicht nur aus Störungen und Fehlern gelernt wird, sondern auch aus Erfolgen. Er beschäftigt sich daher mit der Rückführung von Informationen aus Fertigung, Montage und Service in die Produktentwicklung. Die größte Herausforderung sei die Menge der anfallenden Daten. Daher konzipiert Jacob ein Expertensystem, das bei der Suche nach Lösungsprinzipien in der Konstruktion unterstützt: „Expertensysteme sind Programme, mit denen das Spezialwissen und die Schlussfolgerungsfähigkeit von Experten auf eng begrenztem Aufgabengebieten rekonstruiert werden soll“ [39]. Die prototypische Realisierung behandelt die Fertigung eines Spritzgusswerkzeugs.

Die Konzepte von Borrmann, Thie und Jacob zeichnen sich dadurch aus, dass eine umfangreiche Wissensbasis aufgebaut werden muss, in der das Erfahrungswissen sowie Informationen über die Produkte und die Prozesse abgelegt sind. Der Aufwand für die Einrichtung und Pflege dieser Wissensbasis und der Regeln ist zu hoch, um diese für komplexe, kundenindividuelle Produkte anzuwenden.

Czechowski und Franzke [40] stellen ein Konzept vor, durch das der unternehmensübergreifende Fehlerinformationsfluss verbessert werden soll. Ziel sei es, den Aufwand für das Fehlermanagement und die Wirkung von Fehlern zu reduzieren sowie Fehler langfristig zu vermeiden. Dies soll durch eine einheitlich strukturierte Fehlerbeschreibung, eine unternehmensübergreifende Datenübertragung sowie die Sammlung und Archivierung der strukturierten Fehlerinformationen erreicht werden. Ein wichtiges Element ist dabei das produktunabhängige Fehlermodell zur einheitlichen, eindeutigen und universellen Klassifizierung und Beschreibung von Fehlern.

Grundlagen für ein **umfassendes Störungsmanagement** wurden in den BMBF Projekten WibQuS und FOQUS gelegt. Während im Projekt WibQuS (Wissensbasierte Systeme in der Qualitätssicherung) die effektive, informationstechnische Unterstützung des Qualitätsregelkreises erarbeitet wurde [41], zielte das Projekt FOQUS (Fehlermanagement mit objektorientierten Technologien in der qualitätsorientierten Produktion) auf die prototypische Realisie-

nung und praktische Erprobung konkreter Systeme zum Produkt- und Prozessverbesserungsmanagement in der Produktion ab [30].

In Tabelle 4 sind die untersuchten Forschungsarbeiten gegenübergestellt. Die Tabelle zeigt, dass in der überwiegenden Anzahl der Forschungsarbeiten Konzepte und Systeme für ein reaktives Störungsmanagement entwickelt wurden. Schwerpunkte sind beispielsweise die Maßnahmenfindung auf operativer Ebene ([11], [32]) oder die Unterstützung der Störungsdiagnose ([6], [33], [34], [35]). Diese Konzepte und Systeme beziehen sich im Wesentlichen auf die Fertigung in großen Serien und weniger die Montage in kleinen Serien. Nur in drei Forschungsarbeiten werden die Mitarbeiter in der Entwicklung/Konstruktion als Nutzer der Störungsinformationen vorgesehen.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Forschungsprojekte im Bereich Störungsmanagement

Bewertungskriterien	Hofmann [8]	Lehmann [11]	Bormann [38]	Orendi [37]	Kim [6]	Bamberger [32]	Hummels [33]	Thie [25]	Jacob [39]	Heller [34]
Einzel- und Kleinserie	-	+	o	+	-	+	-	+	-	-
Großserie	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
Entwicklung/Konstruktion	-	-	o	+	-	-	-	-	+	-
Fertigung	+	-	o	+	+	+	+	+	+	-
Montage	-	+	-	o	-	-	-	+	o	+
Service	-	-	-	o	-	-	-	-	o	-
Reaktive Strategie (Anpassung an neue Situation)	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
Systemorientierte Strategie (Wirkungskompensation)	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+
Abwehrstrategie (Abwehr des Eintretens)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Kausale Strategie (Ursachenbeseitigung)	-	-	+	+	-	-	-	o	o	-
Aufwand für Wissensakquisition und -pflege	o	+	+	o	+	+	+	+	o	-

Legende: + erfüllt o bedingt erfüllt - nicht erfüllt

Im Rahmen der Konzepte und Systeme für ein präventives Störungsmanagement werden Möglichkeiten zum Aufbau und zur Speicherung von Fehlerwissen gezeigt ([37], [25], [40]).

Die Bereitstellung des Fehlerwissens erfolgt dabei ausschließlich in einzelnen Phasen der Produktherstellung beziehungsweise mit Hilfe einzelner Methoden: FMEA-orientiert [37], während der Produktkonzeption [38] oder bei der Suche nach Lösungsprinzipien [39].

Eine Nutzung der in der Montage erfassten Störungsdaten in allen Störungsmanagementprozessen und auf allen Hierarchieebenen wird in den untersuchten Forschungsarbeiten nicht beschrieben. In der überwiegenden Anzahl der Konzepte und Systeme ist dabei der Aufwand für die Wissensakquisition und -pflege als hoch einzustufen. Dieser Aufwand ist vertretbar, wenn spezifische Aufgabenstellungen im Störungsmanagement unterstützt werden, insgesamt wenige unterschiedliche Störungsarten auftreten und die Störungsdaten wenigen Änderungen unterliegen. Allerdings gelten diese Voraussetzungen in der manuellen Einzel- und Kleinserienmontage komplexer Produkte nicht.

4 Stand des Störungsmanagements in der Industrie

Nachdem im letzten Kapitel der Stand des Störungsmanagements in Forschung und Technik beschrieben wurde, wird in diesem Kapitel das in der Industrie praktizierte Störungsmanagement dargestellt.

Die Erkenntnisse basieren auf einem zweijährigen Forschungsprojekt bei einem bedeutenden europäischen Flugzeughersteller. Im Abschnitt 4.1 wird das Störungsmanagementsystem dieses Unternehmens behandelt und im Abschnitt 4.2 werden die dort ermittelten Verbesserungspotenziale aufgezeigt.

Um das Konzept eines Störungsmanagementsystems branchenübergreifend anwenden zu können, wurden ein Forschungsprojekt bei einem Megayachthersteller, eine Workshop-Reihe zum Thema Störungsmanagement und eine Unternehmensbefragung durchgeführt. Die im Rahmen dieser Forschungsaktivitäten gewonnenen Erkenntnisse werden im Abschnitt 4.3 erläutert.

4.1 Störungsmanagement bei einem Flugzeughersteller

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über den Entwicklungsprozess eines neuen Flugzeugprogramms und die kundenspezifische, technische Auftragsabwicklung gegeben. Anschließend wird das praktizierte Störungsmanagement beschrieben.

4.1.1 Geschäftsprozesse

Die Entwicklung und Herstellung eines Flugzeugprogramms und einer Flugzeugversion werden in zwei Geschäftsprozessen abgewickelt (Abbildung 10).

Der Geschäftsprozess **Flugzeugprogrammentwicklung** besteht aus den Phasen Machbarkeitsanalyse, Konzeptentwicklung, Definition und Entwicklung. Zu Beginn wird das Programm auf Basis einer Marktanalyse bezüglich der Kriterien Flügelspannweite, Flugzeughöhe und Rumpfquerschnitt festgelegt. Wird dieses Grobkonzept als machbar eingestuft, beginnt die Konzeptentwicklung, in der grundlegende Konstruktionsprinzipien festgelegt werden sowie die Entwicklung neuer Materialien und neuer Fertigungstechnologien angestoßen wird. Anschließend werden die Arbeitsanteile der internationalen Partner definiert, der Projektplan und die Zielkosten fixiert sowie über den Einkauf oder die Eigenproduktion von Teilen entschieden.

Daraufhin werden das Flugzeug konstruiert, Flugzeugteile prototypisch hergestellt sowie die Produktionsprozesse entwickelt und verbessert. Dazu zählen die Entwicklung und Herstellung von Vorrichtungen und Werkzeugen für die Sektions- und Endmontage. Einzelteile werden hergestellt beziehungsweise beschafft sowie die Sektionen montiert, ausgerüstet und an die Endmontage geliefert. Einzelne Sektionen oder Prototypen des gesamten Flugzeugs werden Funktionstests unterzogen und als Grundvoraussetzung für die Zertifizierung des Flugzeugprogramms werden Testflüge durchgeführt.

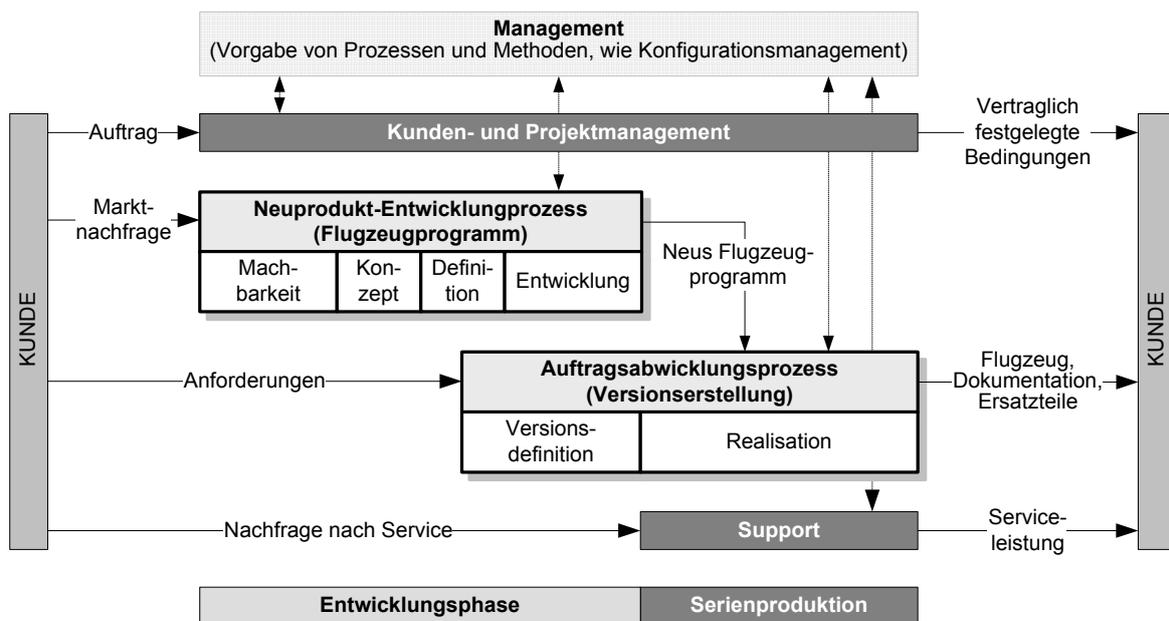


Abbildung 10: Geschäftsprozesse des Flugzeugherstellers

Ein Flugzeug muss während des gesamten Lebenszyklus eindeutig identifizierbar sein. Dazu werden die hierarchisch gegliederten Attribute Flugzeugprogramm, Flugzeugstandard, Flugzeugversion und Seriennummer genutzt (Tabelle 5).

Die ATA-Spezifikation enthält Richtlinien für die Formatierung und den Inhalt von technischen Unterlagen, die von Flugzeugherstellern und deren Lieferanten erstellt werden. Relevant für die vorliegende Arbeit sind die sogenannten ATA-Kapitel, die der Nummerierung der Systeme eines Flugzeugs dienen. Die ATA-Kapitel sind hierarchisch strukturiert und entsprechen einer konzeptionellen Produktstruktur – einem Ordnungsrahmen, um variantenreiche Produkte einheitlich zu strukturieren.

Im Geschäftsprozess **Versionserstellung** wird eine Kundenversion basierend auf einem Standard innerhalb eines Programms entwickelt. Wesentlich ist dabei die kundenspezifische Anpassung des Kabinenlayouts, durch das die Anordnung von Küchen, Waschräumen und Sitzen festgelegt werden. Die Versionserstellung besteht aus einer Definitionsphase und einer Realisationsphase (Abbildung 10).

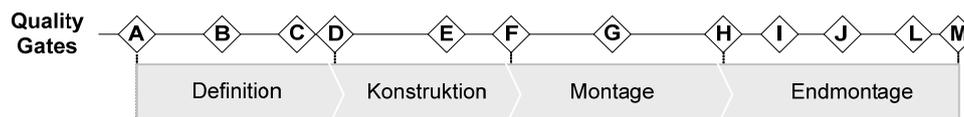


Abbildung 11: Quality Gates im Auftragsabwicklungsprozess

Der Prozess wird über Quality Gates (QG), das heißt zeitlich und inhaltlich festgelegte Synchronisationspunkte, zu denen alle Anforderungen der jeweiligen Projektphase erfüllt sein müssen, gesteuert (Abbildung 11).

Tabelle 5: Attribute eines Flugzeugs und der Systeme eines Flugzeugs

Attribut	Beschreibung	Abgrenzung
Flugzeugprogramm	Entspricht einer Produktfamilie eines Flugzeugherstellers	Sitzanzahlbereich, Reichweitenbereich
Flugzeugstandard	Ausprägung eines Flugzeugs innerhalb eines Programms ohne kundenspezifische Anpassungen	Abfluggewicht, Anzahl der Triebwerke
Flugzeugversion	Ein Standard, der an kundenspezifische Anforderungen angepasst wurde	Kabinenausstattung und -gestaltung; Systeme
Seriennummer	Ein spezifisches Flugzeug einer Version. Unterscheidung zwischen dem ersten Flugzeug einer Version (Head of Version) und den nachfolgenden Flugzeugen einer Version (Rebuilds)	Alle Flugzeuge einer Version sind identisch
ATA-Kapitel	Industrieweiter Standard für die Nummerierung der Systeme eines Flugzeugs; herausgegeben von der amerikanischen Air Transport Association; hierarchisch gegliedert	ATA 21 (Klimasystem) <ul style="list-style-type: none"> • ATA 21-20 (Verteilung) • ATA 21-50 (Luftkühlung) ATA 53 (Rumpf)

In der Definitionsphase (QG A – QG D) wird die Kundenversion konfiguriert und vertraglich festgelegt. Bei der Angebotserstellung und der vertraglichen Flugzeugdefinition wird das sogenannte EPAC-TDU-Konzept genutzt, welches analog zu den ATA-Kapiteln eine konzeptionelle Produktstruktur darstellt. Ein EPAC (Entity Per Aircraft Change) ist ein Satz von realisierten Funktionen und eine TDU (Technical Description Unit) beschreibt, wie diese Funktionen jeweils realisiert werden können. Dabei kommen die folgenden Lösungen in Frage:

- Vom Flugzeughersteller neu entwickelte Lösung. Beispiel: Kundenspezifische Kabinenbeleuchtung

- Vom Flugzeughersteller bereitgestellte, vorkonfigurierte Systeme (Seller Furnished Equipment) sowie in Konfigurationskatalogen beschriebene, technisch abgestimmte Lösungen. Beispiel: Kabinenmonumente wie die Küche
- Vom Auftraggeber bereitgestellte Lösung (Buyer Furnished Equipment) wie die Sitze

Alle Änderungen am Flugzeugstandard zur Umsetzung einer Flugzeugversion, Verbesserungsvorschläge aus der Produktion und Erkenntnisse aus dem Flugbetrieb werden als Modifikationen durchgeführt. Ein Beispiel für eine kundenspezifische Modifikation ist die Ausrüstung des Flugzeugs mit medizinischen Geräten.

Im Rahmen des Modifikationsprozesses werden die Machbarkeit, das Erfordernis der Änderung, der mögliche Einführungszeitpunkt und die Kosten überprüft. Dabei ist zu klären, ob eine Kundenanforderung mit bestehenden Lösungen erfüllt werden kann oder eine neue Lösung zu entwickeln ist. Abbildung 12 zeigt die im Modifikationsprozess erzeugten Dokumente. Ausgelöst werden die kundenspezifischen Modifikationen durch einen Änderungsantrag (Request for Change, RFC). Anschließend wird ein Vorschlag für eine Modifikation (Modification Proposal, MP) erstellt, in dem organisatorische Informationen zur Steuerung der Einführung der Modifikation enthalten sind. Die zu diesem frühen Zeitpunkt angenommenen technischen Auswirkungen einer Modifikation werden in einem Auswirkungsblatt beschrieben (Technical Repercussion Sheet, TRS). Dieses enthält Informationen über die geplante Modifikation wie zum Beispiel die betroffenen ATA-Kapitel, die Gewichtsauswirkungen, die Anwendbarkeit auf bestimmte Flugzeugversionen, die Auswirkungen auf Zertifizierungsdokumente sowie die Beschreibung der konstruktiven Änderungen.

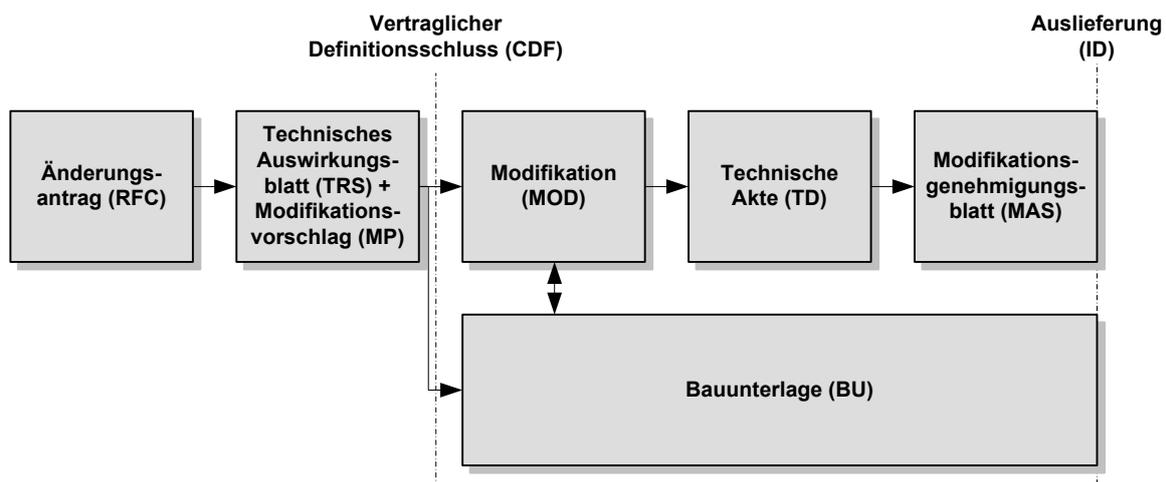


Abbildung 12: Erzeugte Dokumente im Rahmen des Modifikationsprozesses

Soll das MP umgesetzt werden, wird die Modifikation eröffnet und an die Fachabteilungen übergeben (Version Hand Over). Die Genehmigung erfolgt dabei unter anderem durch den

System- oder Strukturverantwortlichen, die Flugzeugprogrammleitung und die interne Luftfahrtbehörde.

Mit dem Version Hand Over wird der Konstruktionsprozess (QG D – QG F) angestoßen, in dem die im TRS beschriebene technische Lösung in eine Bauunterlage (BU) umgesetzt wird. Zunächst werden die Systeme wie zum Beispiel das Klimasystem entwickelt und konstruiert. Anschließend wird die Anbindung der Systeme an die Struktur konstruiert. Während dieser Bauunterlagenerstellung findet die Konstruktionsberatung statt. Dabei werden über die Arbeitsvorbereitung Erfahrungen aus der Fertigung und Montage in die Konstruktion eingebunden. Nach Freigabe der Bauunterlagen erfolgen die Fertigung und Montage (QG F - QG H). In der Planungsphase werden die Arbeitspläne erstellt und angepasst sowie die Montageaufträge erstellt. In der Ausführungsphase werden die Einzelteile gefertigt, zu Baugruppen montiert und die Endmontage des Flugzeugs durchgeführt.

Parallel zu diesem Prozess werden in der technischen Akte (Technical Dossier, TD) die tatsächlichen technischen Auswirkungen beschrieben. Im letzten Schritt wird in dem Modifikationsgenehmigungsblatt (Modification Approval Sheet, MAS) auf die zertifizierungsrelevanten Dokumente, in denen beispielsweise die Ergebnisse von Belastungstest und Laboranalysen zu dokumentieren sind, verwiesen. Erst wenn alle im MAS aufgeführten Dokumente vorhanden sind, kann die Modifikation geschlossen werden. Die Aktivitäten im Modifikationsprozess werden durch den Konfigurationsmanager gesteuert.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Ausrüstungsmontage betrachtet, in der die Sektionen – dies sind die tonnenförmigen Abschnitte des Rumpfs – mit den folgenden Baugruppen und Systemen ausgerüstet werden:

- Isolierung
- Klimasystem und Küchenkühlung
- Frachtladesystem
- Personen- und Cargotüren
- Feuerlöschsystem
- Frischwasser und Abwasser
- Sauerstoffsystem und Abluftsysteme
- Hydraulikleitungen und -systeme
- Elektrische Leitungen und Systeme
- Fußbodenplatten
- Halterung

4.1.2 Störungsmanagement

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die Geschäftsprozesse der Neuproduktentwicklung und Auftragsentwicklung beschrieben. Inhalt dieses Abschnitts sind die Prozesse Störungsbehebung und Störungsschwerpunktbehebung. Außerdem wird das Softwaresystem dargestellt, mit dem die Prozesse gesteuert und die Prozessergebnisse dokumentiert werden.

Im Rahmen der **Störungsbehebung** werden die Mitarbeiter durch eine Störungsmanagementsoftware unterstützt. Durch diese Software werden die Ergebnisse der Störungsbearbeitung dokumentiert. Sie dient außerdem als Kommunikationsmittel während des Störungsbehebungsprozesses. Im Folgenden werden der Ablauf der Störungsbehebung und die Unterstützung durch die Störungsmanagementsoftware beschrieben (siehe Abbildung 13).

Tritt eine Störung im Montageablauf auf, wird durch den Montagemitarbeiter eine Störungsmeldung im Störungsmanagementprogramm angelegt. In der Eingabemaske werden Freitextfelder für die Störungsbeschreibung, den Störungsort und die betroffene Bauunterlage ausgefüllt. Die Störungsbeschreibung soll dadurch erleichtert werden, dass auf alle bereits durchgeführten Störungsbeschreibungen zugegriffen werden kann.

Zusätzlich sind Datenfelder für eine Störungspriorisierung und für die Störungsart wie zum Beispiel Montagefehler, fehlendes Teil oder Beschädigung enthalten.

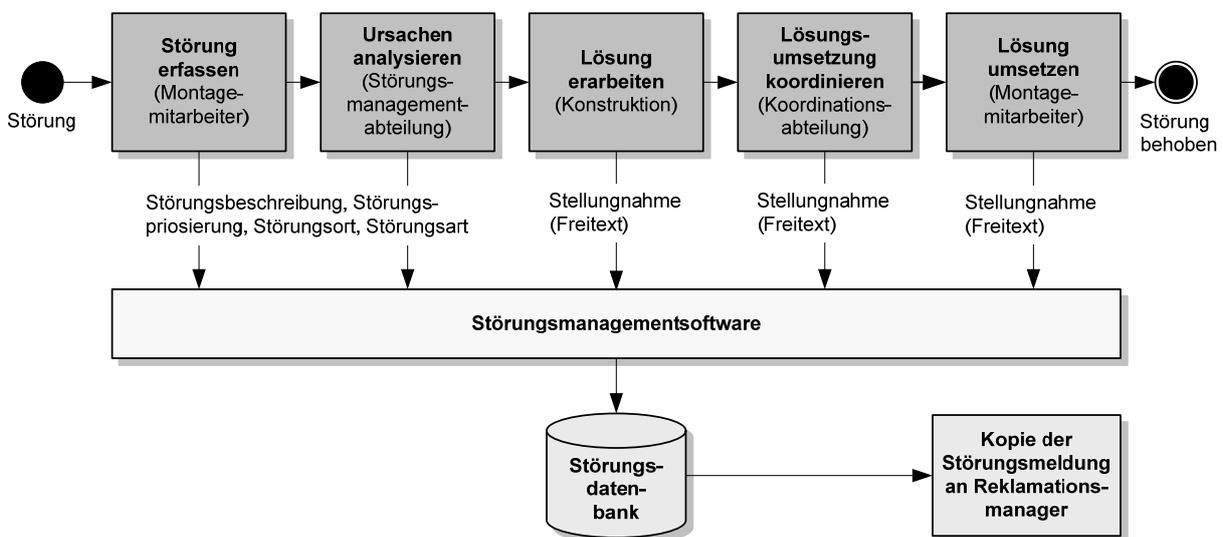


Abbildung 13: Typisches Szenario der Störungsbehebung im betrachteten Unternehmen

Im Anschluss wird die Störungsmeldung an die nächste Abteilung weitergeleitet. Dabei muss der Bearbeiter bei jedem Bearbeitungsschritt entscheiden, an wen die Störungsmeldung weitergeleitet wird. Typischerweise wird nach der Störungserfassung am Montageort die Störungsmanagementabteilung in die Bearbeitung eingebunden, in der anhand von Bauunterlagen und Arbeitsplänen versucht wird, die Störungsursache zu ermitteln. Dabei wird bei-

spielsweise überprüft, ob die betroffene Bauunterlage bereits in andere Störungsfälle involviert ist und sich eine Störung gegebenenfalls wiederholt hat. Wie zuvor gezeigt wurde, wird in der Ausrüstungsmontage eine Vielzahl an Systemen montiert. Eine wesentliche Aufgabe der Störungsmanagementabteilung besteht darin, zu überprüfen, ob die Systeme konstruktiv aufeinander abgestimmt sind. Die Analyseergebnisse werden in einem Freitextfeld für Stellungnahmen beschrieben und der Störungsfall wird an die nächste Abteilung weitergeleitet.

Für die weitere Bearbeitung der Störungsmeldung ist die Unterscheidung zwischen einem Fertigungs- und einem Konstruktionsfehler wesentlich. Liegt ein Fertigungsfehler vor (Beispiele: Halter um 180° verdreht montiert; falscher Bohrungsdurchmesser), ist zu prüfen, ob die Abweichung innerhalb einer Toleranzgrenze liegt. Ist dies der Fall, wird der Fehler durch Nacharbeit beseitigt. Anderenfalls wird zunächst durch die Qualitätssicherungsabteilung ein Bauabweichungsdokument angelegt, in dem anschließend die durch Konstruktionsabteilung entwickelte Reparaturlösung beschrieben wird.

Liegt der Störung ein Konstruktionsfehler zugrunde (Beispiele: Halter wurde in einer Bauunterlage nicht aufgeführt; falsche Bauunterlage freigegeben; Kollision zwischen zwei Systemen), wird in der Störungsmeldung durch die Störungsmanagementabteilung der Ist-Zustand im Flugzeug beschrieben. Außerdem werden die gültige Bauunterlage und die betroffene Modifikation ermittelt. Anschließend wird in der Konstruktionsabteilung die konstruktive Lösung erarbeitet und ein Bereitstellungstermin für die geänderten Bauunterlagen genannt. Um die Einhaltung dieses Termins sicherzustellen, wird eine Kopie der Störungsmeldung an eine Abteilung geschickt, die die von der Konstruktionsabteilung genannten Termine überwacht.

Unabhängig davon, ob es sich um einen Fertigungs- oder Konstruktionsfehler handelt, wird in der Störungsmeldung die Störungslösung in einem Freitextfeld „Stellungnahme“ dokumentiert. Die Störungsmeldung wird an die Abteilung geschickt, in der die Umsetzung der Störungslösung koordiniert wird. Dazu gehört die Beteiligung der Arbeitsvorbereitung zwecks Anpassung der Arbeitspläne und Stücklisten sowie der Dispositionsabteilung zwecks Teilebeschaffung. Es kommt vor, dass die betroffene Flugzeugsektion bereits an die Endmontagelinie übergeben wurde und die Störungslösung nicht mehr im ursprünglichen Montageprozess umsetzbar ist. In diesen Fall wird ein sogenannter Restarbeitspunkt angelegt, durch den die Störungsbeseitigung zu einem späteren Zeitpunkt angestoßen wird. Nachdem die Lösung eingearbeitet worden ist, wird der ordnungsgemäße Einbau durch die Qualitätssicherungsabteilung in der Störungsmeldung bestätigt.

Sobald einem Mitarbeiter auffällt, dass eine identische Störung wiederholt auftritt, sendet er eine Kopie der Störungsmeldung an einen sogenannten Reklamationsmanager (siehe Abbildung 13). Tritt eine Störung zum dritten Mal auf, wird der Prozess der **Störungsschwerpunkt-beseitigung** ausgelöst. Das Vorgehen für die Beseitigung von Störungsschwer-

punkten ist nicht vorgegeben, sondern wird vom Reklamationsmanager individuell und abhängig vom Fachgebiet gewählt:

- Bei Störungsschwerpunkten im Bereich der Konstruktion weist der Reklamationsmanager entweder die Arbeitsvorbereitung auf Störungsschwerpunkte hin, so dass die Erkenntnisse über die Störungsschwerpunkte in die Konstruktionsberatung einfließen können, oder er kontaktiert die Konstruktion direkt.
- Bei Störungsschwerpunkten, die durch Zulieferer verursacht werden, wird der Störungsschwerpunkt unter Mitwirkung des Verursachers analysiert und es werden Lösungsmöglichkeiten erarbeitet.
- Bei Störungsschwerpunkten im Montageprozess wie zum Beispiel Beschädigungen oder eine fehlerhafte Montage werden die originären Ursachen ermittelt und Gegenmaßnahmen in Zusammenarbeit zwischen dem Reklamationsmanager und der Montageabteilung erarbeitet.

Falls die getroffenen Maßnahmen nicht erfolgreich sind, wird ein Projekt mit den Verursachern initiiert, um die originären Ursachen erneut zu ermitteln und Maßnahmen zur nachhaltigen Störungsschwerpunkt-beseitigung zu erarbeiten.

Neben den dargestellten Prozessen zur Beseitigung einer einzelnen Störung oder eines Störungsschwerpunkts (Reklamationsmanagement) finden Aktivitäten zur **Störungsvermeidung** statt. Kennzeichnend ist, dass diese hauptsächlich auf Basis der Erfahrungen der Montagemitarbeiter erfolgen und nicht auf Basis der Störungsdaten im Störungsmanagementsystem. Bei der Entwicklung eines neuen Flugzeugprogramms werden beispielsweise Montageexperten beauftragt, die Anforderungen an das zu entwickelnde Flugzeugprogramm aus Sicht der Montage zu definieren. Außerdem fließt die Erfahrung der Montagemitarbeiter durch deren Beteiligung an den frühen Phasen des Versionsentwicklungsprozesses und durch die Konstruktionsberatung (vergleiche Abschnitt 4.1.1) in die Entwicklung und Konstruktion neuer Flugzeugversionen ein.

4.2 Verbesserungspotenziale des Störungsmanagements bei einem Flugzeughersteller

Die Verbesserungspotenziale des Störungsmanagements werden gegliedert in die Bereiche Störungsdatenmanagement, Prozess und Organisation des Störungsmanagements, Methoden und Werkzeuge des Störungsmanagements sowie Führung und Anreize.

Zunächst werden die Verbesserungspotenziale im Bereich **Störungsdatenmanagement** beschrieben. Im Rahmen der Störungsbeseitigung werden Daten über die Störungsart, die Störungsursache, den Störungsort und das betroffene Bauteil erfasst und Wissen über den Wirkzusammenhang (siehe Abschnitt 2) erarbeitet. Bisher wird dieses im Informationssystem ge-

speicherte Wissen nicht zielgerichtet genutzt, um Störungsschwerpunkte zu ermitteln, Lösungen zur Störungsvermeidung zu entwickeln und die Störungsursachen zu eruieren.

Dies lässt sich mit konzeptionellen Schwächen im Störungsdatenmodell des eingesetzten Störungsmanagementsystems begründen:

- Für die Erfassung des Störungsorts ist ein Freitextfeld vorgesehen, so dass der Störungsort in einem nicht-standardisierten Datenformat eingetragen wird. Daher müssen die Daten über den Störungsort zunächst in ein einheitliches Datenformat überführt werden, bevor sie mit IT-Werkzeugen analysiert werden können.
- Die Störungsart, die Störungsursache und die Lösung zur Störungsbeseitigung werden in einem einzigen Freitextfeld (Stellungnahme) beschrieben. Bei einer nachträglichen Einsicht in eine Störungsdokumentation ist beispielsweise nicht immer sofort ersichtlich, welche Störungsursache einer Störung zugrunde lag.
- Die Anzahl der vorgegebenen Störungsklassen für die Störungsart ist gering, so dass nur eine wenig detaillierte Störungsklassifikation möglich ist.

Aufgrund der gegebenen Umstände wird in der betrieblichen Praxis im wesentlichen die Bearbeitungszeit von Störungsmeldungen analysiert und ermittelt, wie häufig, welche Systeme von Störungen betroffen sind. Der Detaillierungsgrad der letztgenannten Analyse beschränkt sich auf das ATA-Kapitel der Systeme.

Die ermittelte Störungshäufigkeit (Beispiel: Störungshäufigkeit pro störungsverursachendes System) ist nicht immer korrekt, was sich wie folgt begründen lässt:

- In den Störungsmeldungen wird das ATA-Kapitel des zu montierenden Systems erfasst und als Analysekriterium in der Störungshäufigkeitsanalyse verwendet; das zu montierende System ist aber nicht zwangsläufig Verursacher der Störung.
- Gleiches gilt für die in den Störungsmeldungen aufgeführten, zu ändernden Bauunterlagen. Diese werden in der Störungshäufigkeitsanalyse als Verursacher angenommen, obwohl das in der zu ändernden Bauunterlage genannte Bauteil nicht zwangsläufig die Störung verursacht hat.
- Die Anzahl der tatsächlich aufgetretenen Störungen kann nicht immer exakt ermittelt werden, da nicht eindeutig regelbar ist, in welchen Fällen eine Störung im Störungsmanagementsystem zu erfassen ist. Die Folge ist, dass weniger gravierende Störungen nicht dokumentiert oder mehrere Störungen in einer einzigen Störungsmeldung beschrieben werden.
- Die Störungsklassen sind nicht überschneidungsfrei definiert, so dass die Störungsklassifikation von der Einschätzung des Bearbeiters der Störung abhängt.

Weiter ist festzustellen, dass das aus den Störungsdaten zu gewinnende Störungswissen für eine Störungsprävention nicht umfassend und nicht für alle am Störungsmanagement beteiligten Mitarbeiter im Unternehmen zugänglich ist; das hat folgende Gründe:

- Die Störungsauswirkung auf die Kosten und Durchlaufzeiten im Montageprozess sind nur bedingt bestimmbar, da diese Größen für eine einzelne Störung nicht erfasst werden. Eine Störung, in deren Folge sämtliche Fußbodenplatten auszutauschen sind, wird mit der Störungshäufigkeit eins berücksichtigt, genauso wie eine Störung, die die Umpositionierung eines einzelnen Halters zur Folge hat.
- In mehreren Abteilungen werden unabhängig voneinander Störungsdaten analysiert. Dabei kommt es vor, dass zu derselben Frage unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden, weil unterschiedliche Filter und Analysemethoden angewendet werden.
- Störungsinformationen wie zum Beispiel Berichte über die Störungshäufigkeiten in der Montage werden nach dem Push-Prinzip an einen großen Empfängerkreis verteilt. Der Empfänger muss die für ihn relevanten Informationen selektieren; damit kann ein hoher Aufwand verbunden sein.
- Die Störungsinformationen liegen nur in einer verdichteten Form vor. Für die operative Ebene erforderliche Details müssen erneut ermittelt werden.

Im Bereich **Prozess und Organisation des Störungsmanagements** gibt es weiteres Verbesserungspotenzial, da beispielsweise eine weniger exakte Beschreibung zeitaufwändige Rückfragen erfordert, um den genauen Sachverhalt einer Störung zu klären. Der Grund liegt darin, dass jeder Mitarbeiter in der Montage berechtigt ist, eine Störung zu erfassen und die Qualität der Störungsbeschreibung damit im hohen Maße von der Mitarbeiterqualifikation abhängt.

Die Einstufung einer Störung in eine Störungspriorität ist nicht für alle Beteiligten nachvollziehbar und verliert dadurch an Bedeutung. Der Grund liegt darin, dass Störungen nicht anhand von objektiven Kriterien priorisiert werden, sondern die Mitarbeiter im Störungsmanagement nach subjektiver Einschätzung über die Störungspriorität entscheiden.

Hinzu kommt, dass nach der Störungsbeseitigung nicht immer überprüft wird, ob die ursprünglich erstellte Störungsbeschreibung in vollem Umfang den letzten Kenntnisstand widerspiegelt.

Im Gegensatz zu den im Abschnitt 3.2.1 dargestellten Reklamationsmanagement-Systemen wird der Ablauf der Störungsbeseitigung nicht mit Hilfe von Workflows gesteuert, sondern mit Hilfe eines sogenannten Postkorbsystems. Der Bearbeiter einer Störung entscheidet, an welche organisatorische Einheit ein Störungsfall weitergeleitet wird. Die Folgen sind ein erhöhter Koordinationsaufwand und eine potenziell falsche Empfängerauswahl.

Im Bereich **Methoden und Werkzeuge des Störungsmanagements** sind ebenfalls Verbesserungspotenziale festgestellt worden. Die zur Störungsschwerpunkt-beseitigung entwickelten Maßnahmen sind ineffektiv, wenn die originären Störungsursachen nicht beseitigt werden (Reparaturverhalten). Gründe dafür sind, dass

- Maßnahmen tendenziell intuitiv, das heißt nur bedingt mit methodischer Unterstützung bei der Ursachenanalyse und auf detaillierten Daten basierend, erarbeitet werden,
- eine tiefgehende Störungsursachenanalyse nicht immer vorgesehen ist und
- eine Methode fehlt, mit deren Hilfe mögliche Störungszusammenhänge systemtechnisch ermittelt werden können.

Ein zweiter Punkt betrifft die nicht oder nicht konsequent umgesetzten Maßnahmen zur Störungsvermeidung. Als Gründe sind zu sehen:

- Die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Störungsschwerpunkt-beseitigung wird mitunter falsch eingeschätzt, da die Störungsfolgen (Kosten und Zeiten) nicht quantifiziert werden.
- Informationen über bereits durchgeführte Maßnahmen werden nicht immer systematisch gespeichert, so dass die Maßnahmenwirksamkeit nicht abgeschätzt werden kann.

Bei der Neuproduktentwicklung und Anpassungskonstruktion (im Einzelnen der Anforderungsklä rung, der Bauunterlagenerstellung und der Konstruktionsberatung) ist eine verbesserungswürdige Nutzung von Störungsinformationen aus abgeschlossenen Aufträgen festzustellen. Beispielsweise erfolgt ein programmübergreifender Erfahrungsaustausch bezüglich neuer Produkttechnologien und Prozesse nur in begrenztem Umfang. Dies ist der Fall, weil

- die Komplexität der Unternehmensorganisation die Nutzung von Kenntnissen erschwert, da viele Fachbereiche zusammenwirken und die Zuständigkeiten vielfältig sind,
- die Störungsmanagementsysteme in den Flugzeugprogrammen uneinheitlich sind und daher die Daten in unterschiedlichen Datenformaten vorliegen, wodurch eine Störungsdatenanalyse erschwert wird, und
- die Erkenntnisse aus einem Programm nicht unmittelbar verallgemeinerbar und nicht auf neue Konstruktionen übertragbar sind.

Eine wichtige Bedeutung für die Effizienz und Effektivität des Störungsmanagements haben die Managementwerkzeuge **Führung und Anreize**. Der wesentliche Punkt auf der Managementebene ist, dass bei der Konzeption von Entwicklungs- und Montageprozessen angenommen wird, dass Störungen Ausnahmefälle sind und die Abläufe daher nicht immer auf ein

höheres Störungsaufkommen ausgelegt sind und die Bedeutung eines präventiven Störungsmanagements zu gering eingeschätzt wird. Begründen lässt sich dies wie folgt:

- Die Störungsfolgen werden nicht quantifiziert, so dass der Nutzen eines präventiven Störungsmanagements nur begrenzt nachweisbar ist.
- Die Störungsfolgen werden tendenziell optimistisch geschätzt, da die Zielvorgaben bei der Einführung von neuen Unternehmens- und Montageprozessen niedrig sind.
- Ökonomische Chancen, die in einem aktiven Umgang mit Störungen liegen, werden nicht erkannt.
- Auf der operativen Mitarbeiterenebene werden die originären Ursachen von Störungen nicht immer systematisch eliminiert, weil die Mitarbeiter die Vermeidung der Störung zu unrecht aufwändiger einschätzen als die nachträgliche Störungsbeseitigung.

4.3 Branchenübergreifende Betrachtung der Verbesserungspotenziale des Störungsmanagements

Damit das Konzept für ein Störungsmanagementsystem branchenübergreifend anwendbar ist, wurden der Stand und die Verbesserungspotenziale des Störungsmanagements in anderen Branchen mit einem komplexen Entwicklungs- und Herstellungsprozess ermittelt.

Die Erkenntnisse basieren auf einer Untersuchung bei einem Megayachthersteller, einer Workshop-Reihe zum Thema Störungsmanagement mit Unternehmen aus den Branchen Fahrzeugbau (Flugzeugbau, Yachtschiffbau, Schienenfahrzeugbau) und Haushaltsgerätebau sowie einer strukturierten Befragung von zwölf Unternehmen.

Die Produkt- und Prozesscharakteristika dieser Unternehmen sind weitgehend identisch. Zu nennen ist hier bei den Unternehmen des Fahrzeugbaus eine hohe Produkt- und Prozesskomplexität sowie eine hohe Kundenindividualität. Der Haushaltsgerätehersteller ist ein Serienhersteller und die Produkte sind weniger kundenindividuell. Durch eine zunehmende Individualisierung der Produkte wird dieses Unternehmen mit den Folgen einer abnehmenden Seriengröße konfrontiert. Alle Unternehmen sind Änderungseinflüssen durch den Kunden nach Produktionsstart ausgeliefert und es tritt eine dreistellige Störungsanzahl bei der Produktion einer neuen Variante auf. Im Folgenden werden die Störungsmanagementsysteme der Unternehmen gegenübergestellt und die jeweiligen Verbesserungspotenziale herausgestellt.

Kennzeichnend für das Störungsmanagementsystem des **Megayachtherstellers** ist, dass der Informationsaustausch über Störungen überwiegend durch persönliche Kommunikation erfolgt. Eine tägliche Abstimmungsrunde, in der die Verantwortlichen direkt am Montageort kurzfristige Lösungen für Störungen erarbeiten, stellt ein Beispiel dafür dar.

Die ermittelten Montagestörungen werden in einem Informationssystem erfasst. Daneben gibt es noch Informationssysteme für Reklamationen gegenüber Lieferanten und Unterauftragnehmern sowie die Abnahmeergebnisse der Megayachten.

Im untersuchten Unternehmen wurden in folgenden Bereichen Verbesserungspotenziale für das Störungsmanagement ermittelt:

- Die Störungserfassung und -beseitigung dauert im Verhältnis zu der verfügbaren Zeit zu lange. Dies lässt sich damit begründen, dass die Rollen und Verantwortlichkeiten nicht eindeutig definiert sind sowie nicht immer unverzüglich der richtige Ansprechpartner zur Beseitigung einer Störung gefunden wird.
- Die Art der Störungserfassung beziehungsweise die Recherchefunktionalitäten der Informationssysteme ermöglichen es nicht, auf Erfahrungswissen bereits abgeschlossener Störungsfälle zurückzugreifen.
- Die Kenntnisse über die Störungsschwerpunkte sind vage, da die Störungen nicht systematisch erfasst werden. Eine Ursache dafür ist, dass das Informationssystem aufgrund einer verbesserungsbedürftigen Bedienbarkeit eine geringe Akzeptanz seitens der Mitarbeiter hat.
- Es herrscht ein Reparaturverhalten (siehe Abschnitt 4.2) vor, da davon ausgegangen wird, dass jedes Produkt einzigartig ist und daher aus Störungen für kommende Produkte nicht gelernt werden kann. Störungsdaten werden daher entweder gar nicht erfasst oder in einem Umfang, der ausschließlich der Einzelstörungsbeseitigung dient.

Ein Alleinstellungsmerkmal des Störungsmanagementsystems des **Schienefahrzeugherstellers** ist, dass alle Störungen den gleichen Störungsmanagementprozess durchlaufen. In diesen Prozess sind alle potenziell betroffenen Abteilungen eingebunden. Die Erkenntnisse über aufgetretene Störungen und Störungsschwerpunkte werden in einer zentralen Datenbank abgelegt, was eine weitere Besonderheit des untersuchten Störungsmanagementsystems darstellt.

Im Rahmen der Unternehmensanalyse wurden zu folgenden Themen Verbesserungspotenziale ermittelt:

- Der im Workflow-Management-System hinterlegte Störungsmanagementprozess ist zu detailliert und zu unflexibel; es sind viele Einzelschritte enthalten, die nicht unmittelbar zur Störungsbeseitigung führen, sondern nur der Dokumentation dienen. Schnell zu beseitigende Störungen werden zunächst nicht im System erfasst, so dass das Workflow-Management-System nicht immer zur Prozesssteuerung genutzt wird.

- Jede Störung durchläuft unabhängig von ihrer Art und ihrer Auswirkung den gleichen Workflow. Dadurch kommt es zu kapazitiven Engpässen in einzelnen Abteilungen, da die Mitarbeiter Störungsmeldungen erhalten, die sie nicht betreffen, aber lesen müssen, um das zu erkennen.

Eine Besonderheit des Störungsmanagementsystems des **Haushaltsgeräteherstellers** liegt darin, dass jeweils autonome Prozesse zur Störungsbeseitigung in den Unternehmensprozessen Produktentwicklung, Nullserienproduktion und Serienproduktion definiert sind. In der Serienproduktion sind dabei drei Eskalationsstufen vorgesehen. Tritt eine Störung auf, wird diese im Idealfall direkt am Montageort beseitigt. In Rahmen der Störungsursachenanalyse wird dabei angenommen, dass der vorgelagerte Montageprozess oder Zulieferer der Störungsverursacher ist. Wird beispielsweise in der Endmontage eine Beschädigung der Gehäuseoberfläche festgestellt, wird angenommen, dass der interne oder externe Zulieferer die Gehäusebauteile fehlerhaft angeliefert hat. Ergibt die Analyse, dass dieser sogenannte Lieferant erster Stufe nicht der Störungsverursacher ist oder wiederholt sich eine Störung, wird der Störungsfall an den sogenannten Arbeitskreis Serienpflege übergeben. In diesem täglich stattfindenden Arbeitskreis werden weitergehende Analysen veranlasst und abteilungsübergreifend ein Vorgehen zur Störungsbeseitigung abgestimmt.

Liegen konstruktive Störungsursachen vor, wird der Störungsfall vom Arbeitskreis Serienpflege an den sogenannten Steuerungskreis weitergeleitet, welcher konstruktive Änderungen veranlasst. In diesem Steuerungskreis werden nicht nur Störungen aus der Produktion behandelt, sondern auch gravierende Störungen, die von Servicetechnikern aus der Produkthanwendung gemeldet werden.

Obwohl jeder einzelne Störungsbeseitigungsprozess klar strukturiert ist, gibt es noch Verbesserungspotenzial, da festgestellt wurde, dass sich bekannte Störungen wiederholen. Dies lässt sich hauptsächlich darauf zurückführen, dass die Störungsmanagementsysteme der einzelnen Prozesse zur Störungsbeseitigung in der Produktentwicklung, Nullserienproduktion und Serienproduktion nicht aufeinander abgestimmt sind und daher Wissen über Störungen (Funktionsstörungen aus dem Prototypenbau und der Produkthanwendung sowie Montagestörungen) nicht zusammengefasst dargestellt werden kann. Störungen wiederholen sich außerdem, da Maßnahmen nicht immer auf die Beseitigung der originären Ursachen abzielen.

Ein Mitarbeiter in der Produktentwicklung erhält neben den Informationen über Störungen aus der Produktmontage und -anwendung noch Informationen über Funktionsstörungen von Prototypen neuer Produktserien. Dabei kommen vielfältige Informationsmedien zum Einsatz, aus denen sich der Mitarbeiter die relevanten Informationen mit einem hohen Aufwand herausfiltern muss.

Die in den untersuchten Unternehmen ermittelten Stärken und Schwächen der Störungsmanagementsysteme sind in Tabelle 6 zusammengefasst; diese werden bei der Ableitung der Anforderungen an das Störungsmanagementsystem in Abschnitt 5.1 berücksichtigt.

Tabelle 6: Stärken und Schwächen von Störungsmanagementsystemen

Branche	Megayachthersteller	Schienefahrzeughersteller	Haushaltsgerätehersteller
Stärken	<ul style="list-style-type: none"> + Hohe Flexibilität der Störungsmanagementabläufe + Schnelle Störungsbeseitigung durch direkten Informationsaustausch am Montageort 	<ul style="list-style-type: none"> + Ein einheitliches System für alle störungsrelevanten Informationen + Zentrale Datenbank mit Erkenntnissen über Störungsschwerpunkte 	<ul style="list-style-type: none"> + Mehrstufiges Eskalationsprinzip + Hohe Entscheidungskompetenz, da im Arbeits- und Steuerungskreis alle notwendigen Abteilungen zusammenarbeiten + Etablierte Systeme in den einzelnen Prozessen, Änderungen an den Störungsmanagementsystemen nach deren Einführung wurden vermieden
Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> - Unklare Verantwortlichkeiten und Abläufe in der Störungsbeseitigung - Wissen über das Störungsmanagementsystem uneinheitlich - Bedienbarkeit des IT-Systems verbesserungsbedürftig - Zuständigkeitsvielfalt bei der Störungsprävention - IT unterstützte Ursachenanalyse nicht vorgesehen 	<ul style="list-style-type: none"> - Workflow zur Störungsbeseitigung zu detailliert - Keine störungsartabhängige Kanalisierung von Störungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Kausaler Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung aus den Störungsdaten nicht automatisch ableitbar - Informationen über Funktionsstörungen und Montagestörungen in unterschiedlichen Systemen gespeichert - Maßnahmen zielen nicht immer auf die Beseitigung der originären Störungursachen ab

Ergänzend zur Workshop-Reihe wurde mit Hilfe eines Fragebogens eine Unternehmensbefragung durchgeführt, um die gewonnenen Erkenntnisse quantitativ zu belegen und branchenübergreifend geltende Verbesserungspotenziale im Störungsmanagement zu ermitteln.

An dieser Befragung haben 26 Mitarbeiter aus 12 Unternehmen teilgenommen (Tabelle 7). Die Rückläuferquote beträgt 64%. Die Unternehmen stammen aus den Branchen Fahrzeugbau (60%), Maschinenbau (28%) und Anlagenbau (12%). Die überwiegende Anzahl der Unternehmen hat mehr als 5000 Mitarbeitern, fertigt und montiert in Einzel- und Kleinserien und unterliegt Änderungseinflüssen in größerem Umfang während der Produktion (Abbildung 14).

Tabelle 7: Teilnehmer der Unternehmensbefragung

Unternehmen	Produkte	Mitarbeiteranzahl	Befragte
1	Flugzeuge	> 50.000	8
2	Schienefahrzeuge	> 20.000	4
3	Hebezeuge und Fördermittel	> 10.000	1
4	Haushaltsgeräte	>10.000	3
5	Werkzeugmaschinen	< 5.000	1
6	Mobilhydraulik	< 5.000	1
7	Megayachten	> 1000	3
8	Anlagenbau (Umformtechnik)	< 500	1
9	Fluidtechnik	< 500	1
10	Werkzeugmaschinen	< 500	1
11	Flugzeuginnenausstattung	< 500	1
12	Anlagenbau	> 100	1

Der Fragebogen (Anhang A.2.1) ist in die Abschnitte Ist-Situation im Störungsmanagement, Erwartungen an das Störungsmanagement und Randbedingungen für das Störungsmanagement gegliedert.

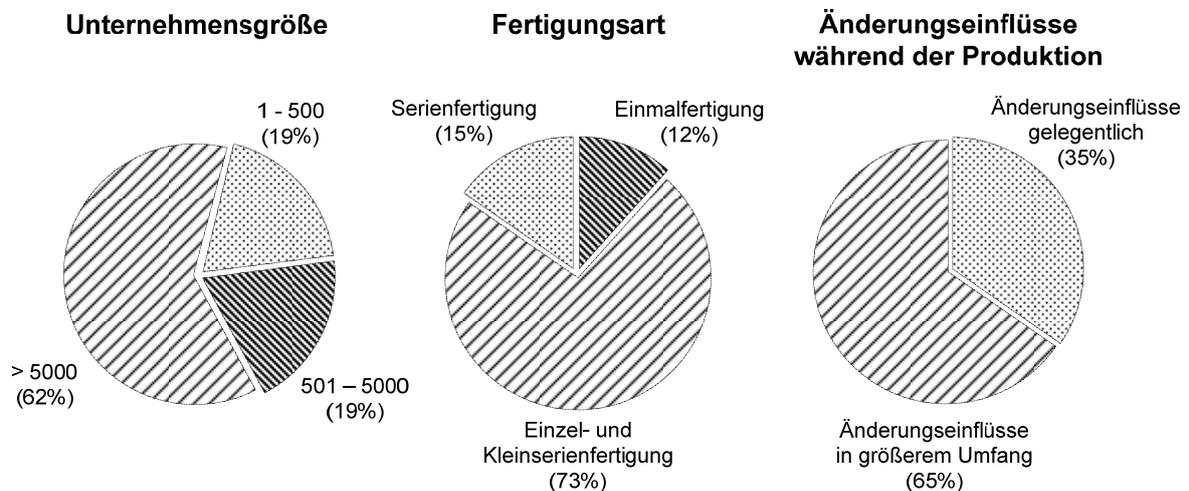


Abbildung 14: Beteiligte Unternehmen nach Unternehmensgröße, Fertigungsart und dem Grad der Änderungseinflüsse während der Produktion

Durch die Befragung wurde ermittelt, dass wesentliches Verbesserungspotenzial in den Möglichkeiten zur Analyse der Fehler- und Störungsdaten liegt. Es hat sich gezeigt, dass die fehler- und störungsbezogenen Daten und Informationen wie Konstruktionsänderungen, interne und externe Reklamationen in voneinander isolierten Systemen gespeichert werden; dies führt dazu, dass eine Analyse dieser Daten im Zusammenhang erschwert ist.

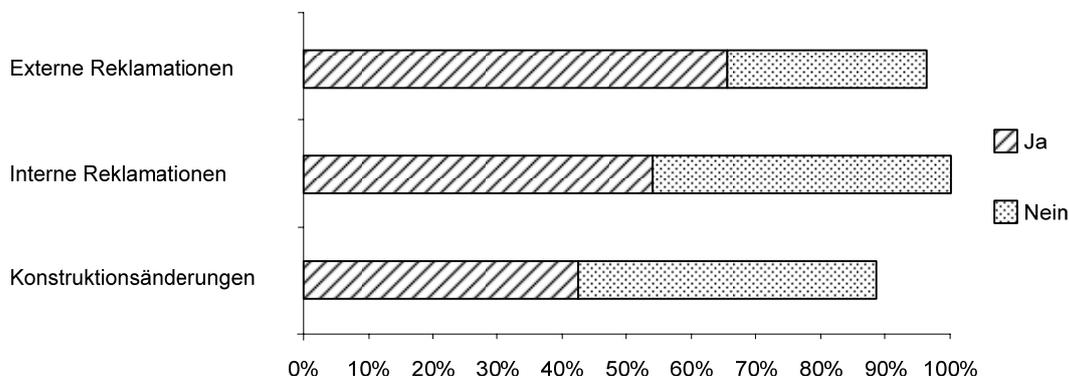


Abbildung 15: Verwaltung von Störungsdaten in jeweils voneinander isolierten Systemen (Frage 4)

Insbesondere die potenziellen und tatsächlichen Störungsursachen sowie die getroffenen Maßnahmen werden entweder gar nicht oder nur als Freitext erfasst (Abbildung 16 und Abbildung 17), wodurch eine automatische Analyse nur eingeschränkt möglich ist.

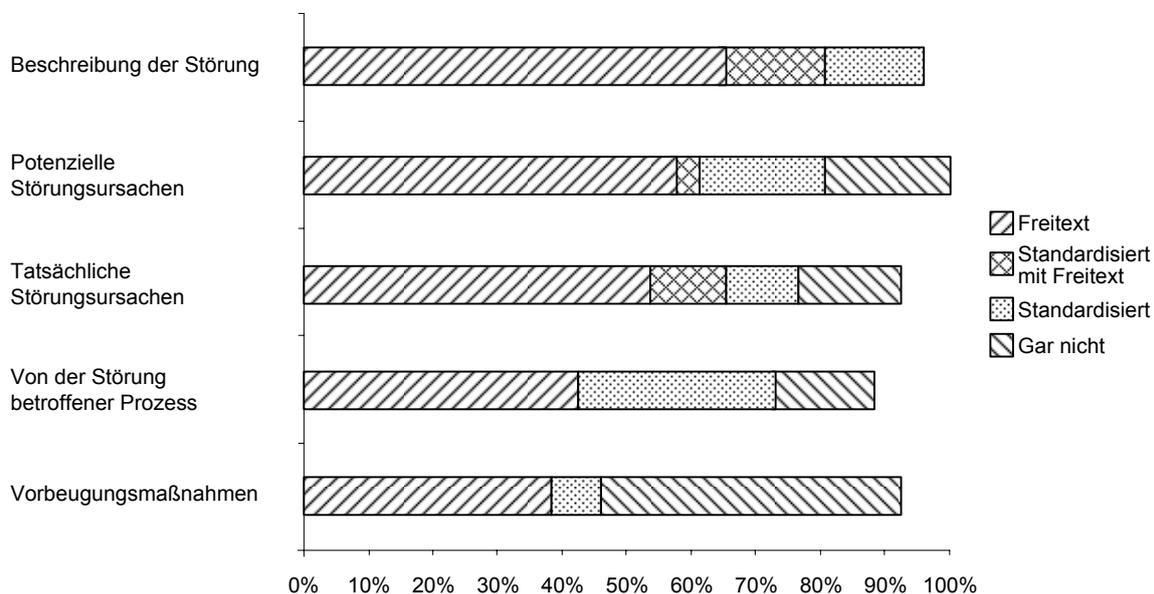


Abbildung 16: Art der Störungsdatenerfassung, Teil 1 (Frage 7)

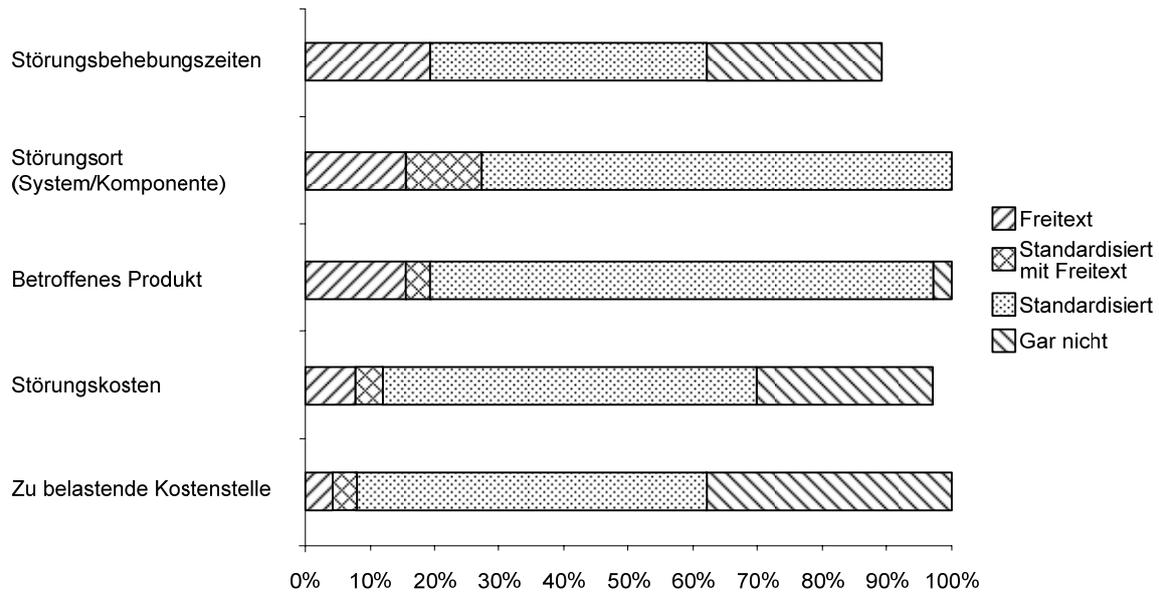


Abbildung 17: Art der Störungsdatenerfassung, Teil 2 (Frage 7)

Die Befragten geben an, dass die erfassten Störungsdaten das reale Störungsgeschehen zum Teil unvollständig und nicht immer sofort nachvollziehbar wiedergeben (Abbildung 18).

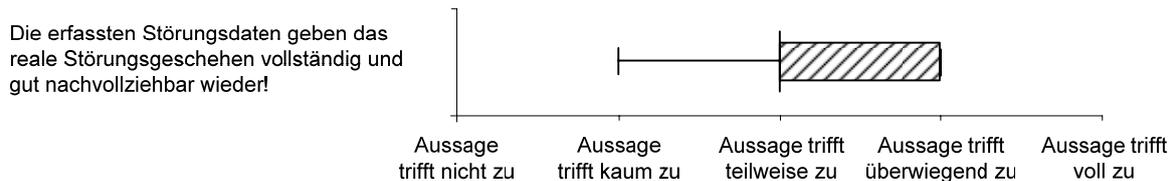


Abbildung 18: Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit der erfassten Störungsdaten (Frage 10)

Die Aussagen der Befragten bestätigen die bereits beschriebenen konzeptionellen Schwächen der Störungsbeschreibung:

- Die Störungsdaten geben nicht die Ursachen der Störungen an, sondern nur deren Symptome.
- Die Störungsfolgen werden nicht beschrieben.
- Durch fehlende Standardisierung und umfangreiche Freitexteingabe ist es aufwändig, die Störung anhand der Störungsdokumentation genau zu verstehen.
- Analysewerkzeuge unterstützen die Mitarbeiter nur unzureichend.

Eine Störungsursachenanalyse zur langfristigen Störungsvermeidung wird von den Befragten als erforderlich angesehen, jedoch werden die dafür notwendigen Informationen nur ungenügend im Rahmen der Einzelstörungserfassung und -beseitigung erfasst. Dies wird dadurch bestätigt, dass die am weitesten verbreiteten Analysemethoden wie die gesonderte Datenerhe-

bung und Brainstorming Methoden zur nachträglichen Analyse von Störungsursachen im Störungsmanagement sind (Abbildung 19). In der Abbildung bedeutet „Momentan“, dass eine bestimmte Methode im Unternehmen aktuell und in Zukunft eingesetzt wird. „Zukünftig“ heißt, dass eine Methode im Unternehmen nicht eingesetzt wird, aber der zukünftige Einsatz geplant ist.

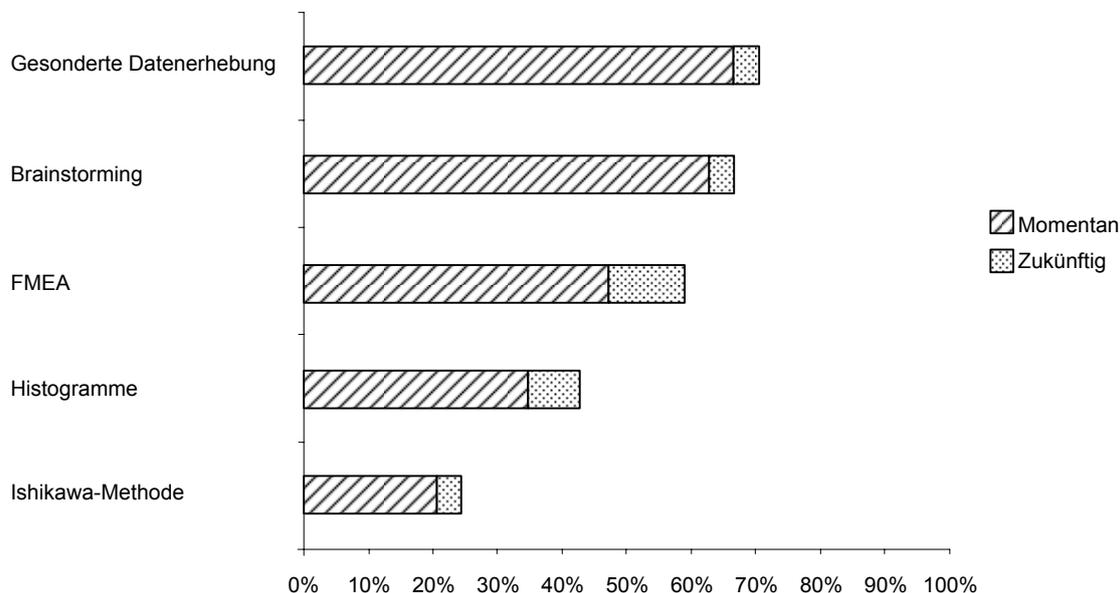


Abbildung 19: Verfahren zur Störungsursachenanalyse (Frage 14)

Die Störungspriorisierung mit Hilfe von objektiven Regeln wird als sehr wichtig angesehen (Abbildung 20). Allerdings existieren diese Regeln in der betrieblichen Praxis nur für wenige Ausnahmefälle (Abbildung 21).

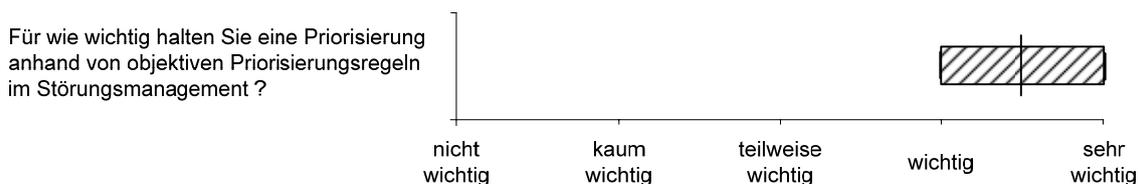


Abbildung 20: Regeln für die Störungspriorisierung, Teil 1 (Frage 9)

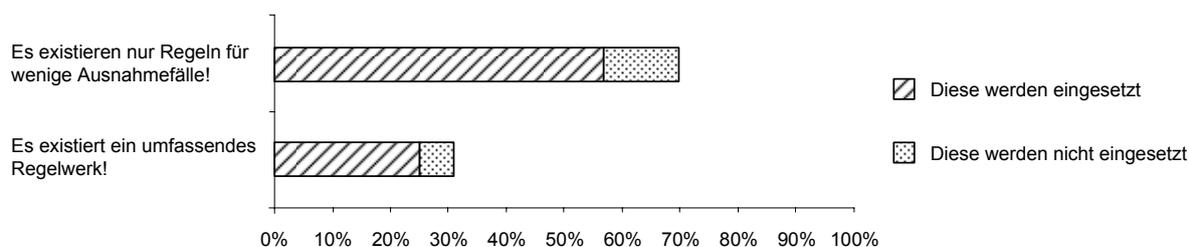


Abbildung 21: Regeln für die Störungspriorisierung, Teil 2 (Frage 9)

Bezüglich der Eskalation von Störungsfällen wurde ermittelt, dass diese in den Unternehmen überwiegend Ermessenssache ist und eine eindeutige Regelung fehlt oder die existierenden Regeln im Unternehmen häufig nicht konsequent eingehalten werden (Abbildung 22).

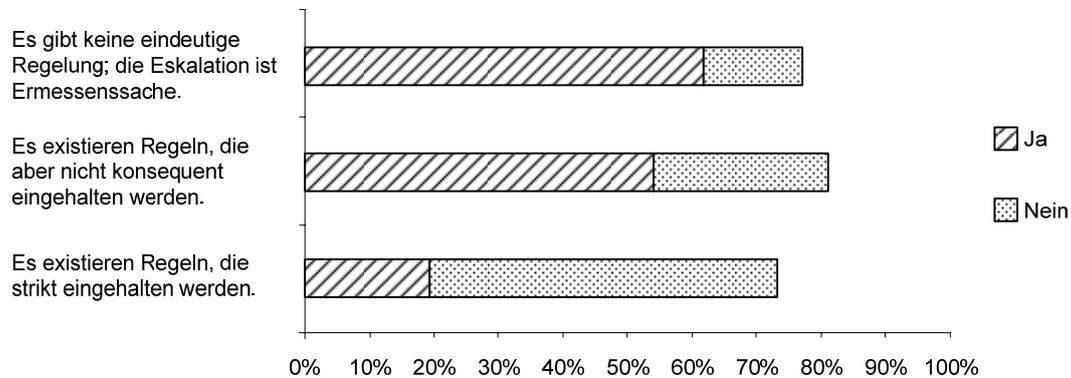


Abbildung 22: Regeln zur Eskalation (Frage 23)

Annähernd 40% der Befragten geben an, dass momentan keine übergreifende Analyse der Störungsdaten durchgeführt wird (Abbildung 23). Falls diese doch durchgeführt werden, dann überwiegend dezentral. Der Trend (+70%) geht eindeutig hin zu einer zentralisierten Störungsdatenauswertung.

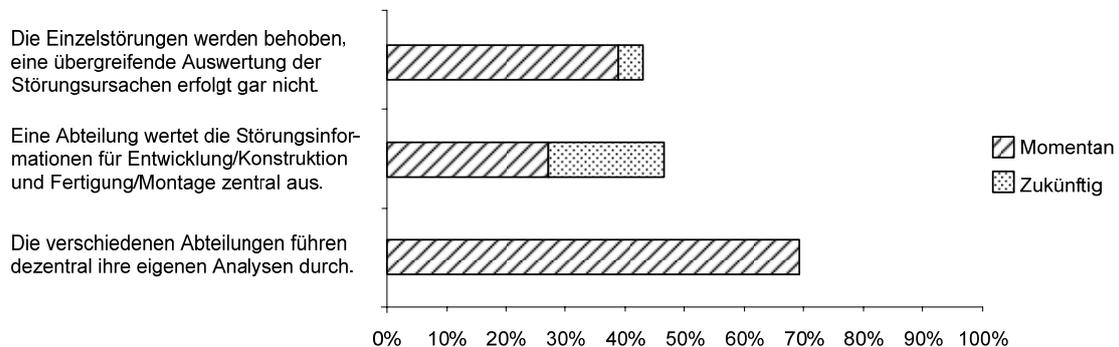


Abbildung 23: Organisation der übergreifenden Auswertung von Störungsinformationen (Frage 16)

Bei Auswertungen von Störungsdaten wird am häufigsten die Störungshäufigkeit betrachtet. Zukünftig ist geplant, den Maßnahmenerfolg (+85,7%) und die Fehlerkosten (+54,3%) stärker in die Betrachtung einzubeziehen (Abbildung 24). Berücksichtigt man dabei, dass insbesondere Vorbeugungsmaßnahmen oft gar nicht erfasst werden (vergleiche Abbildung 16), zeigt sich ein entsprechender Handlungsbedarf.

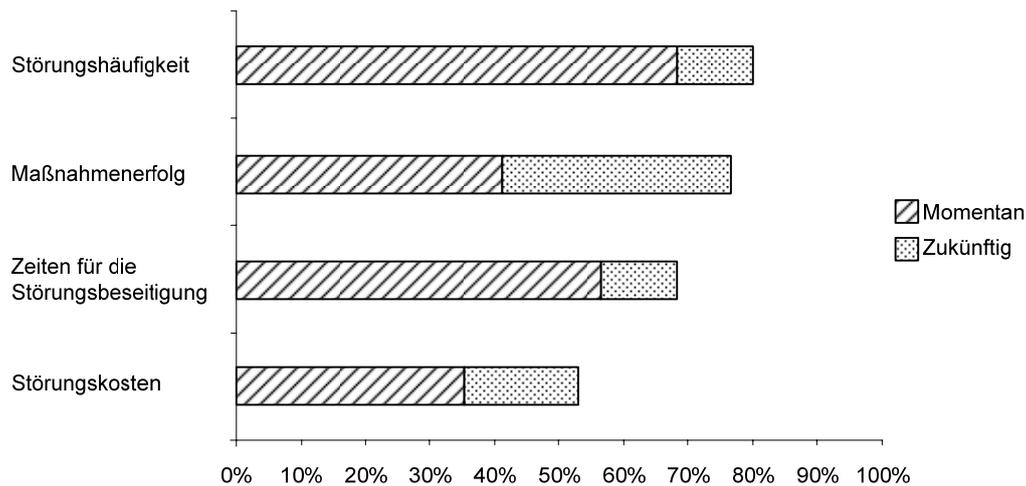


Abbildung 24: Betrachtete Kenngrößen im Störungsmanagement (Frage 12)

Die industriell eingesetzten Systeme haben ein Verbesserungspotenzial bezüglich der Mitarbeiterunterstützung bei der Ursachenanalyse und der automatischen Verdichtung aller störungsbezogenen Informationen. Die Durchführung der Analysen erfordert heute viel Expertenwissen, so dass eine Anforderung zur Vereinfachung der Analyseverfahren besteht (Abbildung 25).

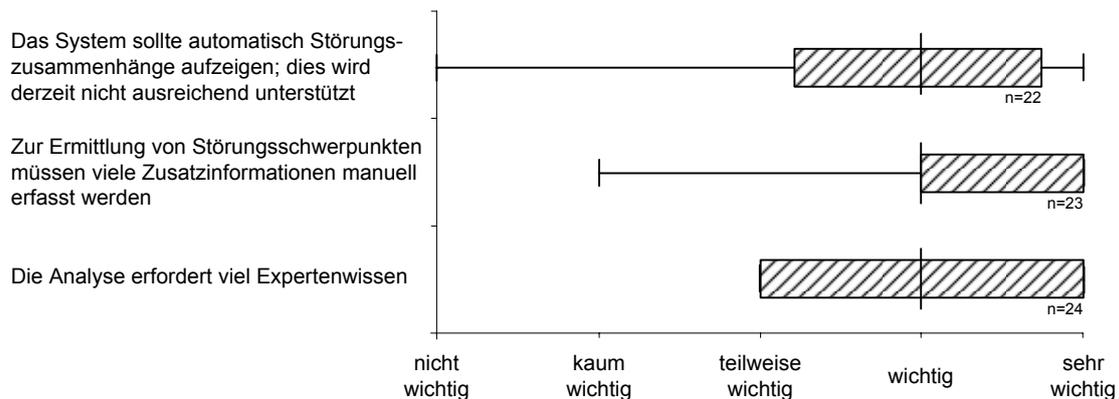


Abbildung 25: Bewertung der Informationssysteme zum Störungsmanagement (Frage 20)

Die Befragten stellen fest, dass die Ursachenanalyse wenig systematisch erfolge und halten die Einführung von „intelligenten“ Analysemethoden für wichtig. Insbesondere die Anzeige möglicher Fehler- und Störungszusammenhänge wird dabei genannt.

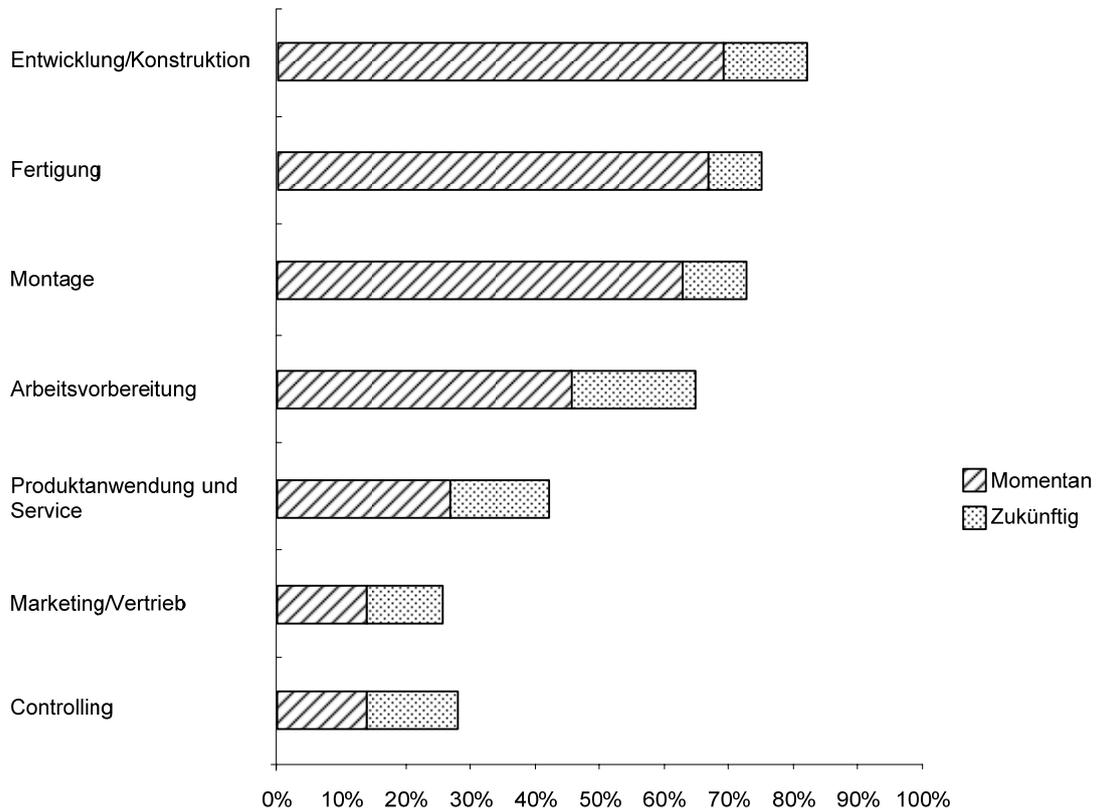


Abbildung 26: Abteilungen, die die Kenntnisse über Störungszusammenhänge nutzen (Frage 17)

Erwartungsgemäß werden die Kenntnisse über Störungszusammenhänge in der Entwicklung/Konstruktion, Fertigung und Montage eingesetzt. Große Zuwächse werden in der Arbeitsvorbereitung, der Produkthanwendung und Service sowie dem Controlling gesehen (Abbildung 26).

Auswertungen für die übrigen Fragen des Fragebogens sind im Anhang A.2 aufgeführt.

5 Konzept des Störungsmanagementsystems

Die Analyse der Ist-Situation des industriellen Störungsmanagements hat gezeigt, dass es Verbesserungspotenziale in den Bereichen Störungsdatenmanagement, Prozesse und Organisation des Störungsmanagements sowie Führung und Anreize gibt. Eine wesentliche Erkenntnis ist, dass die erfassten Störungsdaten nur unzureichend für systematische Analysen genutzt werden. Es fehlt an einer Systemunterstützung für die Störungsdiagnose, für die Störungspriorisierung und für die systematische Entwicklung und Verfolgung von Maßnahmen. Bei der Entwicklung von Unternehmensprozessen wird häufig davon ausgegangen, dass in diesen Prozessen nur in Ausnahmefällen Störungen auftreten werden. Folglich ist das praktizierte Störungsmanagement in vielen Unternehmen nicht an die auftretende große Anzahl von Störungen und deren Vielfalt angepasst.

In Forschung und Technik bekannte Methoden im Bereich Störungsmanagement sind im Wesentlichen nur dann anwendbar, wenn eine statistisch abgesicherte Störungsdatenbasis vorliegt. Diese liegt in Prozessen mit einer geringen Wiederholhäufigkeit, die bei Herstellern von kundenindividuellen Produkten typisch sind, nicht vor. Die Methoden unterstützen jeweils nur einzelne Teilaufgaben im Störungsmanagement wie zum Beispiel die Ursachenanalyse. Informationssysteme decken ein breiteres Aufgabenspektrum ab, haben aber entweder nur das reaktive oder nur das präventive Störungsmanagement zum Ziel.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde ein Störungsmanagementsystem konzipiert und prototypisch realisiert, das die drei Störungsmanagementprozesse Einzelstörungserfassung und -beseitigung, Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention im Sinne einer vorausschauenden Störungsvermeidung durchgängig unterstützt (Abbildung 27). Einen zentralen Bestandteil stellt eine Störungsmanagementapplikation dar, die zur Unterstützung der Mitarbeiter bei der Durchführung ihrer Aufgaben sogenannte Services bereitstellt. Im Zusammenhang mit dem Störungsmanagementsystem wird unter einem Service eine von der Störungsmanagementapplikation bereitgestellte Funktion verstanden. Dabei wird zwischen Basisservices, die prozessübergreifend notwendig sind, und Services, über die prozessspezifische Funktionen bereitgestellt werden, unterschieden. Als Beispiel ist der Basisservice Störungsdatenmanagement zu nennen, durch den sichergestellt wird, dass auf allen Hierarchieebenen und im gesamten Produkterstellungsprozess konsistente Daten und Informationen in der richtigen Granularität vorliegen.

Zusätzlich wurde ein Konzept zur Implementierung des Störungsmanagementsystems entwickelt, das neben der Betrachtung von Daten, Prozessen und Methoden erforderlich ist, um ein Umdenken bezüglich der Bedeutung und der Handhabung von Störungen auf allen Hierarchieebenen eines Unternehmens zu bewirken.

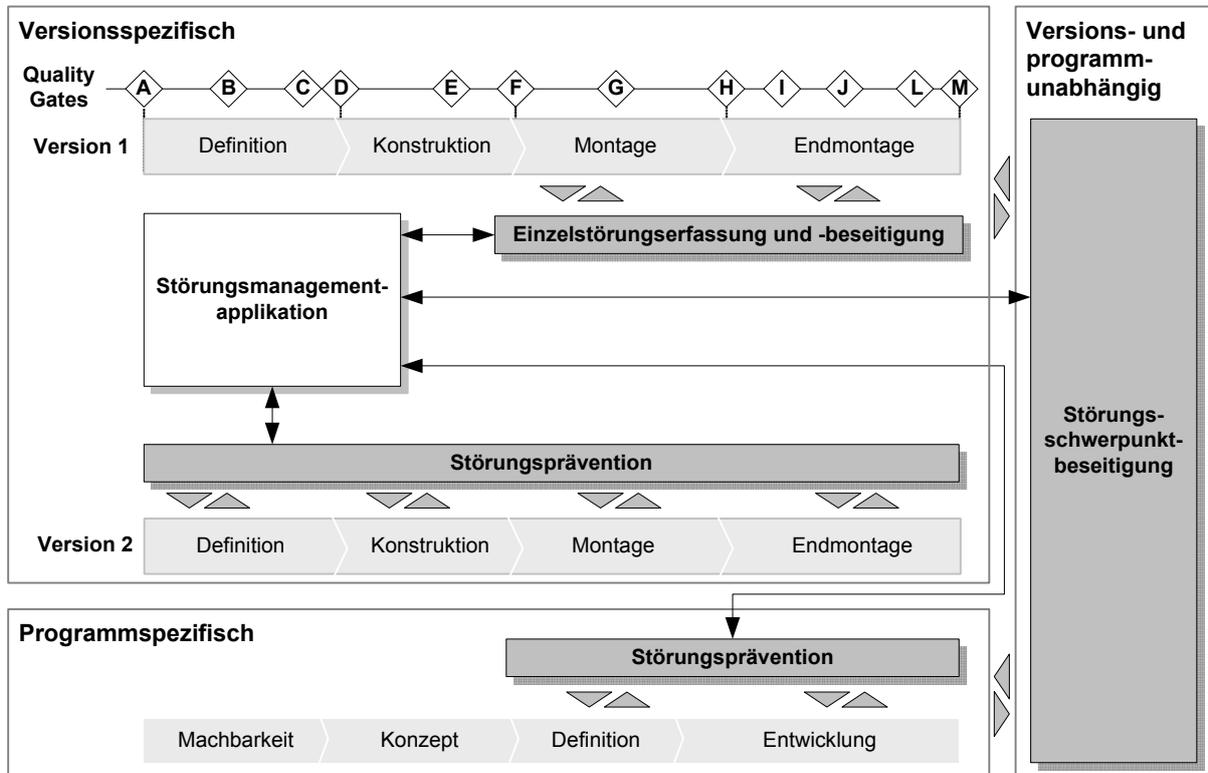


Abbildung 27: Das Störungsmanagementapplikation und die Störungsmanagementprozesse

Im ersten Abschnitt dieses fünften Kapitels werden die funktionalen Anforderungen an das Störungsmanagementsystem beschrieben; nicht-funktionale Anforderungen, beispielsweise bezüglich der Bedienbarkeit und der Systemverfügbarkeit, werden nicht behandelt. Neben den funktionalen Anforderungen werden die Anforderungen an das Einführungskonzept dargestellt.

Anschließend werden die Basisservices und die prozessspezifischen Services der Störungsmanagementapplikation beschrieben. Das Kapitel schließt mit der Darstellung des Implementierungskonzepts.

5.1 Anforderungen an das Störungsmanagementsystem

5.1.1 Prozessübergreifende Anforderungen

Mitarbeiter bei der Entscheidungsfindung im Rahmen des Störungsmanagements objektiv, das heißt auf Fakten basierend, und umfassend zu unterstützen, ist eine wesentliche Aufgabe

des Störungsmanagementsystems. Beispiele für Fragestellungen, für die Entscheidungen gefordert werden, sind:

- Welche Maßnahmen sollen zur Einzelstörungsbeseitigung entwickelt werden?
- Welche Maßnahmen führen zu einer Reduzierung der im Montageprozess auftretenden Störungen?
- Welche Maßnahmen tragen dazu bei, spezifische Störungen im Rahmen der Abwicklung von neuen Kundenaufträgen zu vermeiden?

Mit Hilfe der Störungsmanagementapplikation müssen beispielsweise Antworten auf die folgenden Fragen gefunden werden:

- Welche Ursachen hat eine Störung?
- Welche Störungsschwerpunkte gibt es im Montageprozess?
- Welche Störungen sind bei ähnlichen Kundenaufträgen bereits aufgetreten?

Das **Störungsdatenmanagement** ist grundlegend für diese objektive und umfassende Entscheidungsunterstützung im Störungsmanagement. Folgende Anforderungen sind zu erfüllen:

- Die zu entwickelnden Analysemethoden müssen für Prozesse mit einer geringen Wiederholhäufigkeit ausgelegt sein (vergleiche Abschnitt 1.1).
- Die Störungsdaten müssen übergreifend in den Störungsmanagementprozessen Einzelstörungserfassung und -beseitigung, Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention verfügbar und analysierbar sein (vergleiche Abschnitt 4.3, Haushaltsgerätehersteller).
- Die Störungsdaten müssen projekt-, abteilungs-, werks- und unternehmensübergreifend verfügbar und analysierbar sein, auch wenn die Störungsdaten in verteilten und heterogenen Datenquellen abgelegt sind.
- Es muss eine Analyse bezüglich des örtlichen Störungsauftretens möglich sein. Dazu muss der Ort einer Störung standardisiert erfasst werden (vergleiche Abschnitte 4.2 und 4.3, Unternehmensbefragung).
- Die Durchführung von Störungsdatenanalysen muss ohne Expertenwissen möglich sein (vergleiche Abschnitt 4.3, Unternehmensbefragung).
- Die Daten für übergreifende Störungsdatenanalysen müssen über mehrere Jahre verfügbar sein, da die Entwicklungsprojekte entsprechend lange Laufzeit haben.
- Störungshäufigkeitsanalysen im Rahmen der Störungsschwerpunkt-beseitigung und der Störungsprävention müssen möglich sein, ohne dass im Rahmen der Einzelstörungs-

beseitigung Daten zu erfassen sind, die nicht unmittelbar für die Störungsbeseitigung erforderlich sind (vergleiche Abschnitt 4.3, Unternehmensbefragung).

- Durch eine Störungsdatenanalyse soll aufzeigbar sein, dass eine Störung wiederholt aufgetreten ist (vergleiche Abschnitt 4.3, Schienenfahrzeughersteller).
- Durch das Störungsdatenmanagement ist eine zentrale Informationsquelle für alle Rollen im Störungsmanagement bereitzustellen. Die Störungsdaten müssen für die Mitarbeiter auf der Managementebene verdichtet werden können. Für Mitarbeiter auf der operativen Ebene müssen die operativen Störungsdaten zur Verfügung stehen. Die auf beiden Ebenen bereitgestellten Daten müssen konsistent zueinander sein.
- Das System muss geeignet sein, neben fehler- und störungsbezogenen Daten auch Informationen, über Konstruktionsänderungen, interne und externe Reklamationen zu speichern, um übergreifende Analysen zu ermöglichen.
- Mit einer Erfassung von wenigen Zusatzdaten muss eine Analyse der zeitlichen und monetären Störungsfolgen möglich sein, da eine Störungsdatenanalyse auf Basis der Störungshäufigkeit unter Umständen eine verfälschte Aussage bezüglich der Störungsschwerpunkte liefert (vergleiche Abschnitt 4.2 und Abschnitt 4.3, Unternehmensbefragung).
- Standardisierte Störungsdatenanalysen müssen von einer zentralen Organisationseinheit in der Störungsmanagementapplikation erstellt und abgelegt werden können. Die Ergebnisse der Analysen müssen automatisch in einem regelmäßigen Abstand an einen vorgegebenen Personenkreis verteilt werden.
- Personalisierte Störungsdatenanalysen müssen in der Störungsmanagementapplikation zur Wiederverwendung durch jeden Benutzer abgelegt werden können.
- Überschreitet ein Störungsschwerpunkt eine Warngrenze, soll eine Warnmeldung durch das Störungsmanagementsystem erfolgen.
- Durch das Störungsdatenmanagement sollen mögliche Fehler- und Störungszusammenhänge automatisch gezeigt werden (vergleiche Abschnitt 4.3, Unternehmensbefragung).

Aufbauend auf den objektiven und umfassenden Störungsdatenanalysen muss sichergestellt werden, dass Maßnahmen zur Beseitigung einer einzelnen Störung, zur Beseitigung eines Störungsschwerpunkts und zur Störungsprävention entwickelt werden. Funktionalitäten, die in diesem Zusammenhang für alle Störungsmanagementprozesse notwendig sind, werden im **Maßnahmenmanagement** zusammengefasst. Folgende Anforderungen sind zu erfüllen:

- Die Mitarbeiter sind bei der Durchführung von Aufgaben im Maßnahmenmanagement wie zum Beispiel der Ermittlung der Ursachen eines Störungsschwerpunkts methodisch zu unterstützen.
- Im Rahmen der Maßnahmenentwicklung sind die Mitarbeiter dadurch zu unterstützen, dass Informationen über bereits durchgeführte Maßnahmen angezeigt werden.
- Durch das Maßnahmenmanagement muss sichergestellt werden, dass die originären Ursachen eines Störungsschwerpunkts ermittelt und beseitigt werden, um Störungsschwerpunkte nachhaltig zu eliminieren (vergleiche Abschnitt 4.2).
- Die Wirksamkeit von umgesetzten Maßnahmen muss durch die Störungsmanagementapplikation bewertet werden. Falls erforderlich, muss die Entwicklung von weiteren Maßnahmen veranlasst werden (vergleiche Abschnitt 4.3, Unternehmensbefragung).

Neben dem Störungsdatenmanagement und dem Maßnahmenmanagement ist ein **Prozessmanagement** erforderlich, an das folgende Anforderungen gestellt werden:

- Die Prozesse der Einzelstörungserfassung und -beseitigung, Störungsschwerpunktbehebung sowie Störungsprävention müssen gesteuert werden.
- Die Abarbeitung von Einzelaufgaben im Störungsmanagement wie zum Beispiel die Umsetzung einer Maßnahme zur Störungsbeseitigung muss überwacht werden.
- Der Übergang vom Prozess der Einzelstörungserfassung und -beseitigung zur Störungsschwerpunktbehebung muss automatisch, auf Fakten basierend, erfolgen.

Das Prozessmanagement muss für Prozesse einer geringen Strukturiertheit geeignet und bei Änderungen von Rahmenbedingungen anpassbar sein (vergleiche Abschnitt 4.3, Schienenfahrzeughersteller).

Alle Störungsinformationen und Systemfunktionalitäten müssen unternehmensintern und unternehmensextern über eine webbasierte **Applikation und Benutzungsschnittstelle** zugänglich sein. Folgende Anforderungen sind im Einzelnen zu erfüllen:

- Über die Benutzungsschnittstelle müssen den Benutzern kontextspezifische Informationen zur Verfügung gestellt werden.
- Die Applikation muss für eine mindestens dreistellige Benutzeranzahl nutzbar sein. Um den Administrationsaufwand gering zu halten, muss dies ohne eine lokale Installation auf den Rechnern der Benutzer möglich sein.
- Die Applikation muss nicht nur Informationen bereitstellen, sondern auch mit dem Benutzer interagieren.

- Die Applikation muss plattformübergreifend, das heißt auf einem Standardrechner und auf mobilen Endgeräten, nutzbar sein.
- Die Störungsmanagementapplikation muss den Mitarbeiter bei der Datenerfassung am Montageort unterstützen, indem sie Eingabewerte vorschlägt und Informationen aus anderen Informationssystemen bereitstellt.
- Bei der Störungsbearbeitung muss der Anwender jederzeit erkennen, in welchem Prozessschritt er sich befindet.

5.1.2 Prozessspezifische Anforderungen

Neben den prozessübergreifenden Anforderungen ergeben sich Anforderungen aus den einzelnen Störungsmanagementprozessen, die in diesem Abschnitt beschrieben werden.

Es ist jeweils ein Referenzprozess für die Einzelstörungserfassung und -beseitigung, die Störungsschwerpunkt-beseitigung sowie die Störungsprävention zu entwickeln. Die Rollen und Verantwortlichkeiten innerhalb dieser Prozesse sind zu bestimmen und zu beschreiben.

Für die **Einzelstörungserfassung und -beseitigung** sind die folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- Es muss geregelt werden, durch wen die Störungen am Montageort zu erfassen sind und welche Aufgaben im Einzelnen durch diese Rolle zu erfüllen sind. Damit soll eine gleichbleibend hohe Qualität der erfassten Störungsdaten erreicht werden (vergleiche Abschnitt 4.2).
- Durch die Bereitstellung von Informationen über Störungsursachen und -lösungen von ähnlichen Störungen aus anderen Kundenaufträgen sollen die Mitarbeiter bei der Ursachenanalyse von Einzelstörungen und der Entwicklung von Maßnahmen zur Einzelstörungsbeseitigung unterstützt werden. Insbesondere Mitarbeiter mit einer weniger ausgeprägten Erfahrung in der Störungsdiagnose sollen bei der Analyse möglicher Störungsursachen unterstützt werden.
- Nach Beseitigung der Einzelstörung müssen die erfassten Störungsdaten überprüft werden, um eine hohe Datenqualität zu erhalten. Insbesondere ist darauf zu achten, dass die Störungsursachen korrekt beschrieben sind (vergleiche Abschnitt 4.3, Unternehmensbefragung).
- Der Ablauf der Störungsbeseitigung muss in Abhängigkeit von der Störungsart gesteuert werden können (vergleiche Abschnitt 4.3, Schienenfahrzeugehersteller).

Die Vielfalt und die große Anzahl der auftretenden Störungen (Mengenproblem) sowie das zeitlich gehäufte Störungsaufreten (Störungshäufigkeitsspitzen) sind eine organisatorische Herausforderung im Störungsmanagement. Es ist davon auszugehen, dass bei einem Mitarbei-

ter im Störungsmanagement wie zum Beispiel dem Störungserfasser mehrere zu bearbeitende Störungen gleichzeitig auflaufen. Folglich ist eine Lösung zur Festlegung der Bearbeitungsreihenfolge von Störungen (Störungspriorisierung) zu entwickeln, da es nicht wirtschaftlich ist, die Mitarbeiterkapazität an den Störungsspitzen auszurichten. An die Störungspriorisierung werden folgenden Anforderungen gestellt:

- Damit die jeweils gewählte Störungsprioritätsstufe von allen Beteiligten auf der operativen Ebene und der Managementebene akzeptiert wird, muss die Bestimmung der Störungspriorität im gesamten Störungsbeseitigungsprozess anhand von einheitlichen Kriterien erfolgen.
- Diese Kriterien müssen unternehmensspezifisch definierbar sein.
- Zum Zeitpunkt der Störungserfassung muss eine manuelle, vorläufige Festlegung der Störungsprioritätsstufe möglich sein, da in der Regel nur wenige Erkenntnisse für eine objektive Bestimmung vorliegen.
- Eine manuelle Festlegung einer Störungsprioritätsstufe abweichend von den Ergebnissen der objektiven Bestimmung soll nur in eindeutig beschriebenen Ausnahmefällen möglich sein.

Hauptziel des Prozesses der **Störungsschwerpunktbeseitigung** ist die Analyse der Störungsursachen und die Entwicklung von Maßnahmen zu deren Beseitigung. Ergänzend zu den Anforderungen an das Maßnahmenmanagement (siehe Abschnitt 5.1.1) besteht die Anforderung, die Störungsschwerpunktbeseitigung manuell oder automatisch auslösen zu können. Eine automatische Auslösung soll erfolgen, wenn in einer Störungskategorie, das heißt beispielsweise in einer Kombination aus Störungsart und Störungsort, ein Eingriffsgrenzwert überschritten wurde.

Auch in der Störungsschwerpunktbeseitigung ist eine Priorisierung erforderlich. Im Gegensatz zur Störungspriorisierung in der Einzelstörungserfassung und -beseitigung soll die Priorisierung der Störungsschwerpunktbeseitigung zweistufig sein: Priorität, mit der die Störungsschwerpunkte, die einen Eingriffsgrenzwert überschritten haben, analysiert werden sollen und Priorität zur Umsetzung von Maßnahmen zur Störungsschwerpunktbeseitigung. Die letztgenannte Priorität ist von Bedeutung, da es wirtschaftlicher sein kann, die originären Störungsursachen nicht zu beseitigen und ein erneutes Auftreten einer identischen oder ähnlichen Störung zu akzeptieren.

Von technischen Lösungen, die zur Realisierung der Anforderungen an das Produkt entwickelt werden, geht ein Risiko des Störungsauftretens in der Produktion (kurz: Störungsrisiko) aus. Um eine **Störungsprävention** in der Neuproduktentwicklung und der kundenspezifischen Auftragsabwicklung zu realisieren, sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Das Störungsrisiko soll mit Hilfe der Störungsmanagementapplikation in den frühen Phasen der Neuproduktentwicklung und der kundenspezifischen Auftragsabwicklung bewertet werden können.
- Die Bewertung des Störungsrisikos soll auf Basis der tatsächlich aufgetretenen Störungen, die bei der Montage von gleichen oder ähnlichen technischen Lösungen aufgetreten sind, durchgeführt werden.
- Nicht alle Störungen lassen sich durch eine Störungsrisikoanalyse in den frühen Phasen vermeiden. Daher sollen allen Mitarbeitern, die an der Neuproduktentwicklung und Auftragsabwicklung beteiligt sind, kontextspezifisch – das heißt passend zu ihren durchgeführten Aufgaben – Störungsinformationen bereitgestellt werden, um die Möglichkeit einer Störungsprävention zu schaffen.
- Diese kontextspezifische Bereitstellung von Störungsinformationen muss auf allen Hierarchieebenen und produktprogrammübergreifend erfolgen.

Bei einem hohen Störungsrisiko und im Rahmen der prozessbegleitenden Störungsprävention müssen störungsvermeidende Maßnahmen entwickelt werden. Dazu ist das Maßnahmenmanagement (siehe Abschnitt 5.1.1) zu nutzen.

5.1.3 Implementierungsanforderungen

Bei der Implementierung eines Störungsmanagementsystems in einem Unternehmen müssen die folgenden Anforderungen berücksichtigt werden:

- Das Störungsmanagementsystem muss technisch eingeführt werden. Dazu zählen die kundenspezifische Anpassung der Datenmodelle, der prozessspezifischen Services und der Referenzprozesse sowie die Anbindung des Systems an die vorhandene IT-Infrastruktur.
- Die persönlichen Kapazitäten für die Umsetzung der technischen Anforderungen und der notwendig werdenden Verbesserungsmaßnahmen müssen vorhanden sein.

Die Implementierung eines Störungsmanagementsystems hat nicht nur Auswirkungen auf die Prozesse und die Technologie, sondern auch auf die Organisation (Rollen und Verantwortlichkeiten der Mitarbeiter). Häufig scheitern Implementierungsprojekte aufgrund von menschlichen Faktoren³ wie zum Beispiel eine ungenügende Qualifikation und Schulung der Mitarbeiter oder Widerstand durch die Mitarbeiter. Daher muss mit Hilfe eines organisatorischen

³ Siehe Becker et. al.: Studien belegen, dass nur 15% der Fehler in Reengineeringprojekten im betriebswirtschaftlichen oder technisch-organisatorischen Bereich liegen, 75% dagegen als Hauptursache mangelnde Information und Integration der Mitarbeiter aufweisen.

Veränderungsmanagements (Change Management) sichergestellt werden, dass Mitarbeiter bei der Implementierung mitwirken, sie das Störungsmanagementsystem verstehen und akzeptieren sowie schnell in die Lage versetzt werden, mit dem neuen System zu arbeiten (vergleiche Abschnitt 4.3, Megayachthersteller).

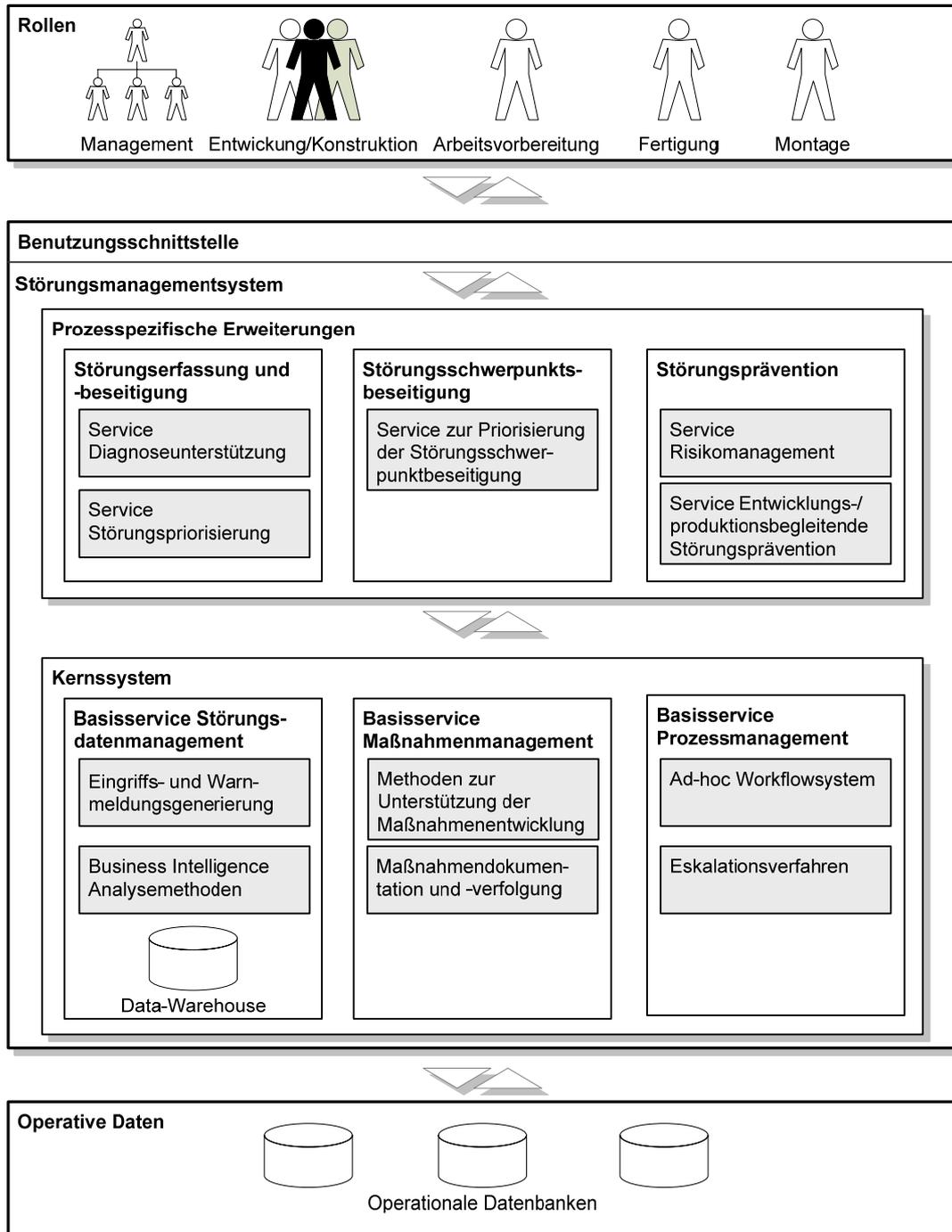


Abbildung 28: Architektur der Störungsmanagementapplikation

Außerdem muss das Management ein einheitliches Verständnis über die Bedeutung von Störungen herstellen und dafür sorgen, dass die Unternehmensprozesse auf das Eintreten von Störungen (Störungen als Regelfall) ausgelegt werden. Für die Mitarbeiter auf der operativen Ebene müssen Anreize für die Störungsentdeckung und -erfassung entwickelt und eindeutige Verantwortlichkeiten für die Störungsbearbeitung und -vermeidung geschaffen werden.

5.2 Basisservices der Störungsmanagementapplikation

Im letzten Abschnitt wurden die Anforderungen an das Störungsmanagementsystem beschrieben. Dabei wurde zwischen prozessübergreifenden und prozessspezifischen Anforderungen unterschieden. Entsprechend dieser Aufteilung besteht die Störungsmanagementapplikation aus einem Kernsystem, das die prozessübergreifenden Basisservices bereitstellt und aus prozessspezifischen Erweiterungen für die Störungsmanagementprozesse (Abbildung 28). In diesem Abschnitt werden die Basisservices beschrieben, die zur Erfüllung der im Abschnitt 5.1.1 genannten Anforderungen entwickelt wurden; dies sind die Basisservices Störungsdatenmanagement, Prozessmanagement und Maßnahmenmanagement sowie die Benutzungsschnittstelle. In Tabelle 34 im Anhang werden die Zusammenhänge zwischen den Anforderungen an das Störungsmanagementsystem und deren Umsetzung mittels der Basisservices und der prozessspezifischen Services aufgezeigt.

5.2.1 Basisservice Störungsdatenmanagement

Mit dem Basisservice Störungsdatenmanagement werden die operativen Störungsdaten aus dem Prozess der Einzelstörungserfassung und -beseitigung gespeichert und Methoden für deren Analyse im Rahmen der Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention bereitgestellt. In diesem Abschnitt wird dargestellt, wie diese Funktionen mit Hilfe des Basisservice erfüllt werden. Wie der Prozess der Störungsdatenerfassung und Störungsdatenanalyse abläuft, wird im Abschnitt 5.3 verdeutlicht.

5.2.1.1 Operationale Datenbanken und Data-Warehouse

Zur Erfüllung der Anforderungen an das Störungsmanagementsystem werden zwei unterschiedliche Datenhaltungssysteme eingesetzt, die in Tabelle 8 gegenübergestellt sind: Operationale Datenbanken werden für die Speicherung und Bereitstellung derjenigen Störungsdaten eingesetzt, die für die Einzelstörungsbeseitigung notwendig sind. Diese sogenannten operativen Störungsdaten spiegeln den jeweils aktuellen Zustand der Störungsbearbeitung wider; diese Daten werden nicht historisiert, sondern kontinuierlich entsprechend dem aktuellen Kenntnisstand überschrieben.

Ein Data-Warehouse wird als Grundlage für eine umfassende und objektive Störungsdatenanalyse im Rahmen der Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention verwendet.

Im Folgenden werden die wesentlichen Kennzeichen eines Data-Warehouses aufgezeigt; weiterführende Literaturstellen sind der Tabelle 37 im Anhang aufgeführt.

Tabelle 8: Gegenüberstellung von operationalen Datenbanken und Data-Warehouse

Kriterien	Operationale Datenbank	Data-Warehouse
Einsatzgebiet	Speicherung und Bereitstellung der operativen Störungsdaten	Bereitstellung der Daten für die Störungsdatenanalyse im Rahmen der Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention
Schwerpunkt	Schnelle Speicherung und Suche von einzelnen Datensätzen	Durchführung von komplexen Abfragen, dabei Verarbeitung einer hohen Anzahl von zusammengefassten Datensätzen Integration von verteilten Datenquellen
Daten	Sehr detailliert auf Transaktionsebene, geben den jeweils aktuellen Stand wieder	Zusammengefasst, historisiert
Zugriff	Lesen und schreiben	Lesen
Datenmodell	Entity Relationship Modell	Star-Schema

Ein Data-Warehouse ist darauf ausgelegt, die entscheidungsrelevanten Daten aus unterschiedlichen operationalen und heterogenen Störungsdatenquellen zu integrieren. Die aus den operativen Datenquellen stammenden Daten sind häufig redundant, inkonsistent und enthalten semantische Widersprüche. Mit Hilfe eines Data-Warehouses können diese Daten nach einem einheitlichen Schema abgelegt werden. Dies ist eine Voraussetzung für die Konsolidierung der operativen Störungsdatenbestände von unterschiedlichen Standorten, wie in den Anforderungen genannt wurde.

Die Aggregation der Daten wird über ein **multidimensionales Datenmodell** eines Data-Warehouses erreicht, das aus Fakten, Dimensionen und Dimensionshierarchien besteht:

- Fakten sind numerische Werte wie die Störungskosten oder -häufigkeit.
- Dimensionen dienen dazu, unterschiedliche Sichten auf die Fakten zu erhalten. Beispiele für Dimensionen sind die Störungsursache oder der Störungsort. Durch die Verwendung von Dimensionen kann beispielsweise analysiert werden, welche Anteile der gesamten Störungskosten (Fakten) durch welche Störungsursachen (Dimension) verursacht wurden.

- Dimensionshierarchien beschreiben Dimensionen, bei denen eine vertikale Abhängigkeit zwischen den Einzelementen besteht. Das Beispiel einer Dimensionshierarchie zeigt die Abbildung 40. Durch die Verwendung von Dimensionshierarchien lassen sich ähnliche Störungen zusammenfassen und die Grundgesamtheit der Störungen für die Anwendung von statistischen Methoden zur Analyse von Störungsschwerpunkten erhöhen (vergleiche Abschnitt 3.1.1)

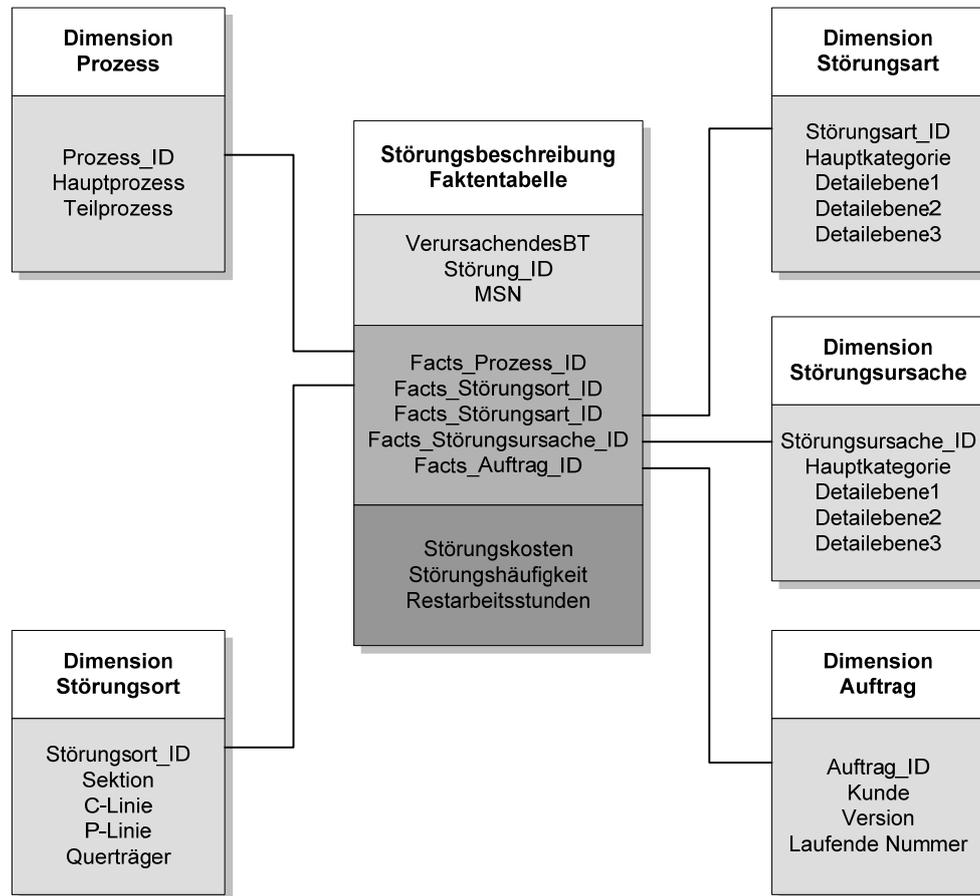


Abbildung 29: Störungsdatenmodell als Sternschema

Multidimensionale Datenmodelle werden hier nach einem sogenannten Sternschema gespeichert; ein Beispiel aus dem Bereich Störungsmanagement ist in Abbildung 29 dargestellt.

Wie zu erkennen ist, wird als verbindendes Element eine Faktentabelle angelegt, die als Attribute die Fakten, die Beschreibung der Fakten und Fremdschlüssel auf die Dimensionen und Dimensionshierarchien enthält. In dem Beispiel dienen die Restarbeitsstunden sowie die Störungshäufigkeit und -kosten als Fakten. Außerdem sind die Dimensionen Prozess, Störungsart, -ort und -ursache sowie der Auftrag und die betroffenen Bauteile in jeweils einer Tabelle dargestellt.

Die Daten in einem Data-Warehouse haben einen Bezug zu einem Zeitraum und sind daher langfristig für Störungsdatenanalysen verfügbar. Dies ist möglich, weil die Daten nicht wie in den operationalen Datenbanken transaktionsorientiert abgelegt werden (Zeitpunktbezug), sondern historisiert werden. Dabei werden nur entscheidungsrelevante Daten gespeichert, um die erforderliche Speicherkapazität gering zu halten. Operative Daten, beispielsweise über Bestellvorgänge von Ersatzteilen, die für die spätere Analyse irrelevant sind, werden nicht gespeichert.

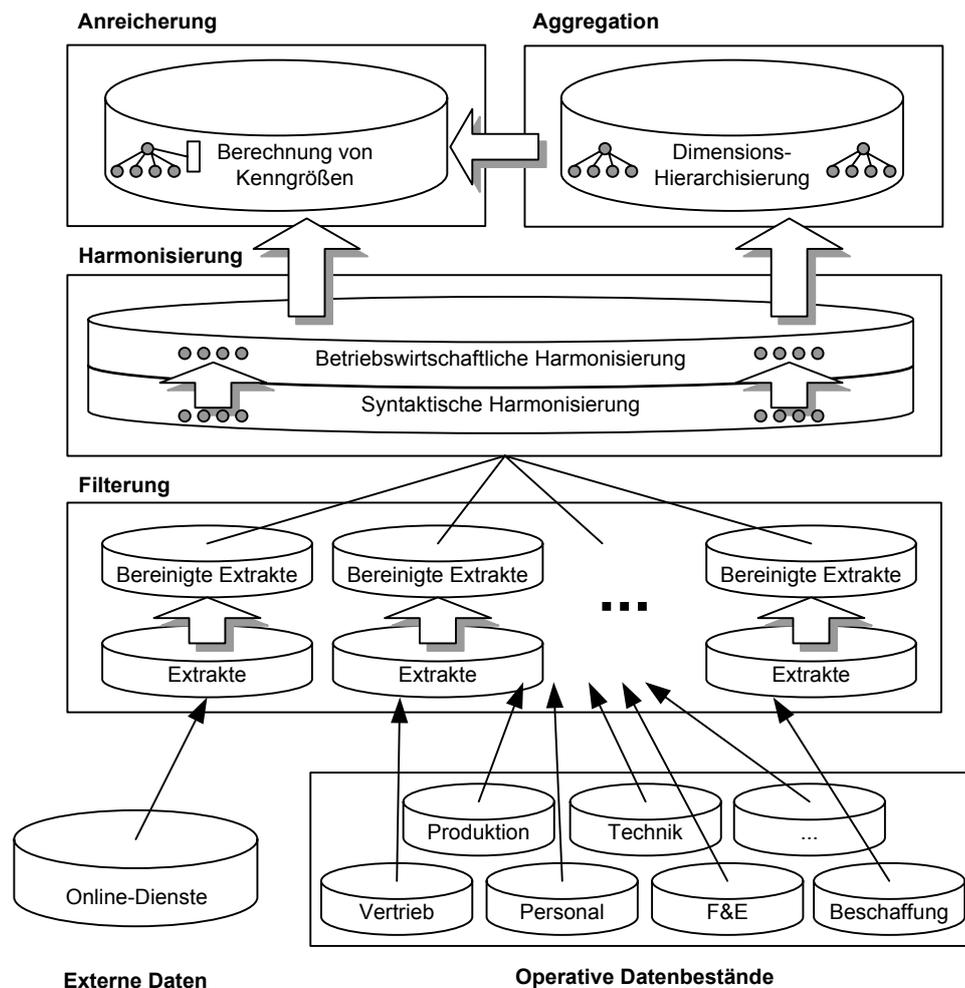


Abbildung 30: Data-Warehouse Prozess [42]

Um übergreifende Analysen durchzuführen, ist ein Transformationsprozess erforderlich, in dem operationale Daten in betriebswirtschaftlich interpretierbare Daten umgewandelt werden. Der Transformationsprozess gliedert sich in die Aktivitäten Filterung, Harmonisierung, Aggregation und Anreicherung (Abbildung 30). Er wird häufig als **Extraction-Transaction-Loading-Prozess** (ETL) bezeichnet. In diesem Prozess werden zuerst die interessierenden Daten aus den operativen Daten extrahiert sowie syntaktische und inhaltliche Defekte entfernt (Filterung). Anschließend werden die gefilterten Daten betriebswirtschaftlich abgestimmt

(Harmonisierung) und verdichtet (Aggregation). Zuletzt werden aus den gefilterten und harmonisierten Daten Kennzahlen gebildet und gespeichert (Anreicherung).

5.2.1.2 Business Intelligence Analysemethoden

Auf Basis der im Data-Warehouse gespeicherten Störungsdaten sind Analysen durchzuführen, um Störungsschwerpunkte zu ermitteln. Für diese Aufgabenstellung werden sogenannte Business Intelligence Analysemethoden eingesetzt. Diese Methoden wurden ursprünglich entwickelt, um auf der Basis von internen Kosten- und Leistungsdaten sowie externer Marktdaten betriebswirtschaftliche Zusammenhänge zu erkennen und damit das Management in seiner planerischen, steuernden und koordinierenden Tätigkeit zu unterstützen [43]. Laut einer Studie von Chamoni und Gluchowski werden Business Intelligence Methoden hauptsächlich in der Finanzanalyse (85%), Kundenbeziehungsmanagement (66%), Risikomanagement (41%) und Vertrieb (31%) genutzt [44]. Die Unterstützung der Analyse von technischen Informationen wie zum Beispiel von Störungsinformationen wurde in dieser Studie nicht genannt.

Business Intelligence Analysemethoden werden in hypothesebasierte oder hypothesefreie Analysemethoden gegliedert. Eine Hypothese entspricht einer Frage, die der Anwender an die Datenbasis stellt. Bei den **hypothesebasierten Analysemethoden**, den sogenannten Online Analytical Processing Methoden, erstellt der Benutzer eine Analyse entsprechend einer konkreten Fragestellung wie zum Beispiel: Wie oft war die Bauteilkategorie Halter im Unterflurbereich einer Rumpfsektion im letzten Monat von Störungen betroffen?

In der Literatur hat sich die Definition des Begriffs Online Analytical Processing (OLAP) über fünf Kriterien durchgesetzt, die in dem Akronym FASMI (Fast Analysis of Shared Multidimensional Information) enthalten sind [42]. Ziel ist es, große Datenmengen, die nach einem multidimensionalen Datenmodell aufgebaut sind, in einer akzeptablen Antwortzeit mit mehreren Anwendern gleichzeitig und intuitiv zu analysieren.

Im Folgenden werden die sogenannten Online Analytical Processing Operationen, die im Rahmen der Störungsdatenanalyse eingesetzt werden, beschrieben. Weiterführende Literaturstellen zum Thema Business Intelligence sind in Tabelle 37 im Anhang genannt.

Roll-Up und Drill-Down sind OLAP-Operationen, um in Dimensionshierarchien zu navigieren. Mit der Roll-Up Operation wird die Granularität einer Dimension reduziert, indem Werte einer Hierarchieebene auf die darüber liegende Hierarchieebene verdichtet werden. Mit der Drill-Down Operation werden die Werte einer Hierarchieebene in deren Teilwerte zerlegt.

Die OLAP-Operation Slice dient der Filterung von multidimensionalen Datenräumen. Abbildung 31 zeigt dies exemplarisch für einen dreidimensionalen Datenraum, bei dem die Slice-Operation eine Dimension auf einen Wert fixiert und die zwei übrigen Dimensionen als Zeilen und Spalten einer Tabelle genutzt werden. Auf diese Weise lässt sich beispielsweise

eine Tabelle erzeugen, die für eine Bauteilkategorie angibt, an welchen Störungsorten welche Störungsursachen vorlagen.

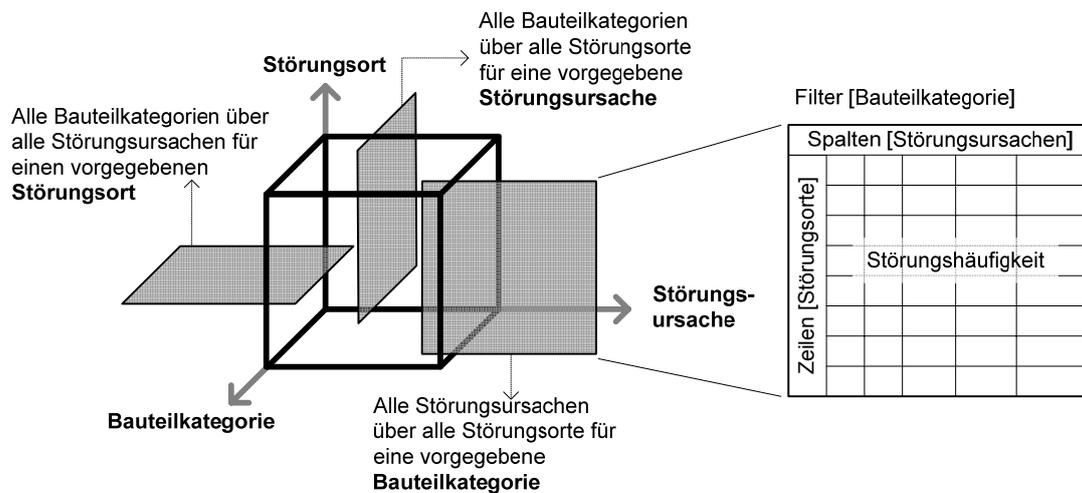


Abbildung 31: Slice-Operation des Online Analytical Processing [42]

Eine weitere OLAP-Operation ist die Drill-Through Operation, mit der bei entsprechender Definition des ETL-Prozesses (siehe Abschnitt 5.2.1.1) die verdichteten Störungsdaten auf die operativen Störungsdaten zurückgeführt werden. Durch diese Operation wird erreicht, dass ausgehend von einer übergreifenden Analyse eines Störungsschwerpunkts alle Daten zu einer einzelnen Störung (Transaktionsdaten) angezeigt werden.

Bei den hypothesebasierten Analysemethoden hat der Anwender zu entscheiden, welche Dimensionen und Fakten in die Analyse einbezogen werden sollen. Bei den hypothesefreien Analysemethoden ist dies nicht erforderlich, da unbekannt, potenziell nützliche Muster in großen Datenmengen durch ein Informationssystem weitgehend autonom ermittelt werden; der Benutzer hat dabei die Aufgabe, die gefundenen Muster auf Richtigkeit und Plausibilität zu untersuchen [45]. Die Muster stellen Beziehungen dar, welche für die Daten in der aktuellen Datenbasis und für neue Datensätze gelten sollten [46], [47]. Diese Methoden werden als Data Mining Methoden bezeichnet.

Im Rahmen eines eigenen Forschungsprojekts [48] wurde die Eignung einer verbreiteten Data Mining Methode, der Assoziationsanalyse, für die Störungsdatenanalyse untersucht. Mit der Assoziationsanalyse werden Assoziationsregeln in großen Datenmengen abgeleitet, die zeigen, welche Kombinationen von Attributwerten häufig vorkommen. Ein typisches Anwendungsgebiet ist die Warenkorbanalyse, mit der ermittelt wird, welche Artikel eine Person häufig zusammen erwirbt. Im Störungsmanagement gibt es analog zur Warenkorbanalyse Fragestellungen wie zum Beispiel: Welche Bauteilkategorien sind bei Störungen besonders häufig gemeinsam betroffen?

An einem Beispiel werden die Ableitung und die Bewertung von Assoziationsregeln gezeigt. In Tabelle 9 ist eine exemplarische Grundgesamtheit mit Störungen und den jeweils betroffenen Bauteilkategorien aufgeführt.

Tabelle 9: Exemplarische Grundgesamtheit mit Störungen und den betroffenen Bauteilkategorien

Störung	Betroffene Bauteilkategorien
1	Elektrik, Halter, Klimasystem, Primärstruktur
2	Halter, Klimasystem, Primärstruktur
3	Elektrik, Hydraulik, Halter, Primärstruktur
4	Klimasystem, Primärstruktur
5	Elektrik, Primärstruktur
6	Elektrik

Bei der Durchführung der Assoziationsanalyse werden mit Hilfe eines Informationssystems automatisch Regeln wie die folgende ermittelt:

Bauteilkategorie (Halter, Primärstruktur) \Rightarrow Bauteilkategorie (Klimasystem) [50%, 67%]

Prämisse

Konsequenz

Diese Regel besagt, dass bei Störungen bezüglich der Bauteilkategorien *Halter* und *Primärstruktur* (Prämisse) auch die Bauteilkategorie *Klimasystem* involviert ist (Konsequenz). Da typischerweise viele Regeln ermittelt werden, ist die Aussagekraft der Regeln im Hinblick auf die Beantwortung der Fragestellung zu bewerten. Dazu werden für jede Regel die Kriterien *Support* und *Confidence* berechnet.

Der *Support* einer Regel beschreibt die relative Häufigkeit des Auftretens der Prämisse einer Regel in der Grundgesamtheit. Für die Beispielregel ist die Anzahl der Störungen, in denen die Bauteilkategorien *Halter* und *Primärstruktur* gleichzeitig betroffen sind, ins Verhältnis zur Gesamtanzahl der Störungen zu setzen:

$$\text{Support von [Halter, Primärstruktur]: } \frac{3}{6} = 50 \%$$

Die *Confidence* einer Regel beschreibt die relative Häufigkeit des Auftretens aller Bauteilkategorien in der Menge der Störungen, in denen die Prämisse vorliegt. Eine *Confidence* von 67% besagt, dass in 67% der Störungsfälle, bei denen die Bauteilkategorien *Halter* und *Primärstruktur* betroffen sind, auch die Bauteilkategorie *Klimasystem* betroffen ist.

Confidence von [Halter, Primärstruktur ⇒ Klimasystem]:

$$\frac{\text{[Support von [Halter, Primärstruktur, Klimasystem]]}}{\text{Support von [Halter, Primärstruktur]}} = \frac{2}{3} \sim 67\%$$

Eine wesentliche Erkenntnis aus dem genannten Forschungsprojekt zeigt, dass die Assoziationsanalyse sehr gute Hinweise auf mögliche Störungszusammenhänge liefert. Um im Rahmen einer Assoziationsanalyse die korrekte Analyseeinstellung zu wählen und die erzielten Ergebnisse richtig zu interpretieren, ist ein ausgeprägtes Expertenwissen erforderlich; die Methoden-anwendung sollte auf einen ausgewählten Personenkreis beschränkt werden.

5.2.1.3 Erzeugung von Eingriffs- und Warnmeldungen

Um Anforderungen bezüglich der automatischen Erzeugung von Warnmeldungen und der Auslösung eines Maßnahmenentwicklungsprozesses zu erfüllen, sind die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Analysemethoden zu ergänzen.

Warnmeldungen und Eingriffsmeldungen sollen jeweils generiert werden, wenn ein quantitatives Attribut einen Grenzwert in einem Störungsbereich überschreitet. Abbildung 32 zeigt ein Beispiel, bei dem eine Warnmeldung erzeugt wird, weil die Störungshäufigkeit (quantitatives Attribut) für die Störungsursache *Bauteil selbst fehlerhaft* in Kombination mit der Bauteilkategorie *Sekundärstruktur* den Warnmeldungsgrenzwert überschreitet.

Für die Definition von Eingriffs- und Warnmeldungen sind Benutzereinstellungen vorzunehmen, die in Tabelle 10 dargestellt sind. Die grau schraffierten Ausprägungen entsprechen dabei dem Beispiel in Abbildung 32.

Die Granularität ist für jede Dimensionshierarchie einzustellen. Sie legt fest, auf welcher Ebene die Störungsdaten konsolidiert werden. Wird die höchste Granularitätsstufe gewählt, können die Detaildaten wie beispielsweise eine einzelne Bauunterlage als Kriterium genutzt werden und eine Warnmeldung bei Überschreiten der Warngrenze erzeugt werden.

Eine weitere Einstellung betrifft die Ausführungsart der Bewertung. Hier besteht die Möglichkeit, die Überprüfung auf Grenzwertüberschreitung in einem vorgegebenen Zeitintervall durchzuführen. Alternativ ist eine ereignisgesteuerte Bewertung wählbar, so dass beispielsweise bei der Erstellung einer neuen Bauunterlage überprüft wird, ob bestimmte Grenzwerte überschritten wurden. Kennzeichen der Warn- und Eingriffsmeldungen ist, dass diese automatisch innerhalb der Störungsmanagementapplikation erzeugt werden, sobald ein Grenzwert überschritten wird. Außerdem enthalten diese Meldungen keine grafische oder tabellarische Darstellung der Analyseergebnisse.

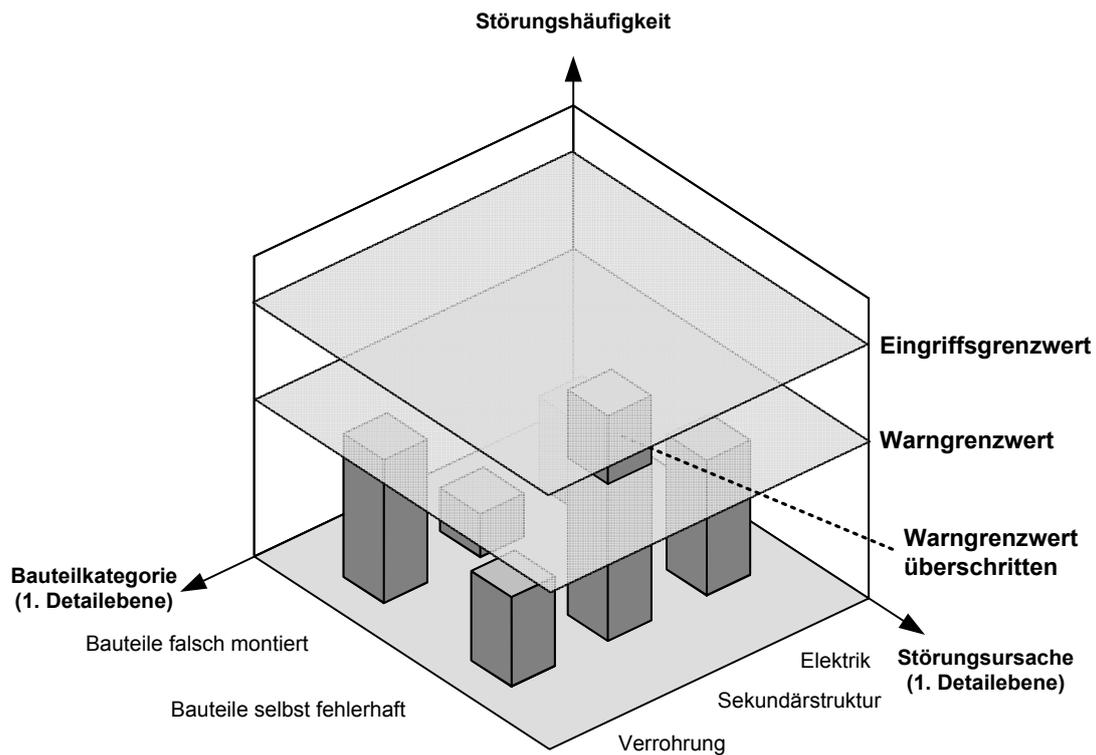


Abbildung 32: Zusammenhänge zur Erzeugung von Warnmeldungen und Eingriffsmeldungen

Eine weitere Anforderung an die Störungsmanagementapplikation besteht darin, Analysen inklusive einer grafischen oder tabellarischen Darstellung aufbauend auf den Standardanalysemethoden (siehe Abschnitt 5.2.1.2) vordefinieren zu können. Dabei wird zwischen standardisierten oder personalisierten Analysen unterschieden:

- Standardisierte Analysen werden durch eine übergeordnete Rolle oder Organisationseinheit für eine Gruppe von Rollen oder Benutzern erstellt.
- Personalisierte Analysen werden individuell durch eine Einzelperson erstellt und zur Wiederverwendung abgelegt.

Die Attribute der standardisierten und personalisierten Analysen sind identisch mit den in Tabelle 10 genannten Attribute der Warn- und Eingriffsmeldungen. Hinzu kommt für die standardisierten Analysen, dass diese entweder in einem vorgegebenen Abstand an einen ausgewählten Empfängerkreis verteilt (Push-Prinzip) oder durch die Anwender individuell abgerufen werden (Pull-Prinzip).

Tabelle 10: Benutzereinstellungen für die Erzeugung von Warn- und Eingriffsmeldungen

Attribute	Ausprägungen				
Bewertungsart	Absolut			Relativ	
Quantitatives Attribut	Störungshäufigkeit			Störungskosten	
Zeitraum (optional)	Jahr	Quartal	Monat	Woche	
Warngrenzwert	Anzahl Störungen				
Eingriffsgrenzwert	Anzahl Störungen				
Betrachtete Dimensionshierarchie(n)	Störungsart	Störungsursache	Störungsort	Bauteil-kategorie	Gestörter Prozess
Granularität jeder betrachteter Dimensionshierarchie	Hauptebene	1. Detailebene	2. Detailebene	Detaildaten	
Ausführungsart (Durchführung) der Bewertung	Zeitgesteuert	Ereignis-gesteuert	Workflow-gesteuert	Manuell	
Ersteller einer Warnmeldungregel	Person			Übergeordnete Rolle	
Ersteller einer Eingriffsregel	Person			Übergeordnete Rolle	
Empfänger der Warnmeldung	Verteilerliste	Rolle		Öffentlich	
Empfänger der Eingriffsmeldung	Verteilerliste	Rolle		Öffentlich	

5.2.2 Basisservice Maßnahmenmanagement

Aufbauend auf den mit dem Basisservice Störungsdatenmanagement gewonnenen Erkenntnisse müssen Maßnahmen zur Störungsbeseitigung und -vermeidung entwickelt werden. Mit dem Basisservice Maßnahmenmanagement werden die Mitarbeiter bei der Entwicklung von Maßnahmen methodisch unterstützt, die Maßnahmen dokumentiert und die Umsetzung der Maßnahmen überwacht (Maßnahmenwirksamkeit).

Der Maßnahmenentwicklungsprozess lässt sich, wie in Abbildung 33 dargestellt, in Aufgaben gliedern: Störungssituation darstellen, unmittelbare und originäre Ursachen ermitteln sowie Maßnahmen entwickeln. Im unteren Bereich der Abbildung ist die Maßnahmenentwicklung beispielhaft für das Symptom *Fußbodenplatten zerkratzt* dargestellt. Innerhalb des Maßnahmenentwicklungsprozesses lassen sich wiederkehrende Elementaraufgaben identifizieren (weiße Pfeile): Ergebnisse strukturieren und dokumentieren, Vertiefen von einzelnen Aspekten, Verbreitern des Analyseergebnisses und Bewerten von Ergebnissen.

Im Folgenden werden die Aufgaben beschrieben und aufgezeigt, wie die Mitarbeiter bei der Bearbeitung der Elementaraufgaben durch den Basisservice Maßnahmenmanagement unterstützt werden.

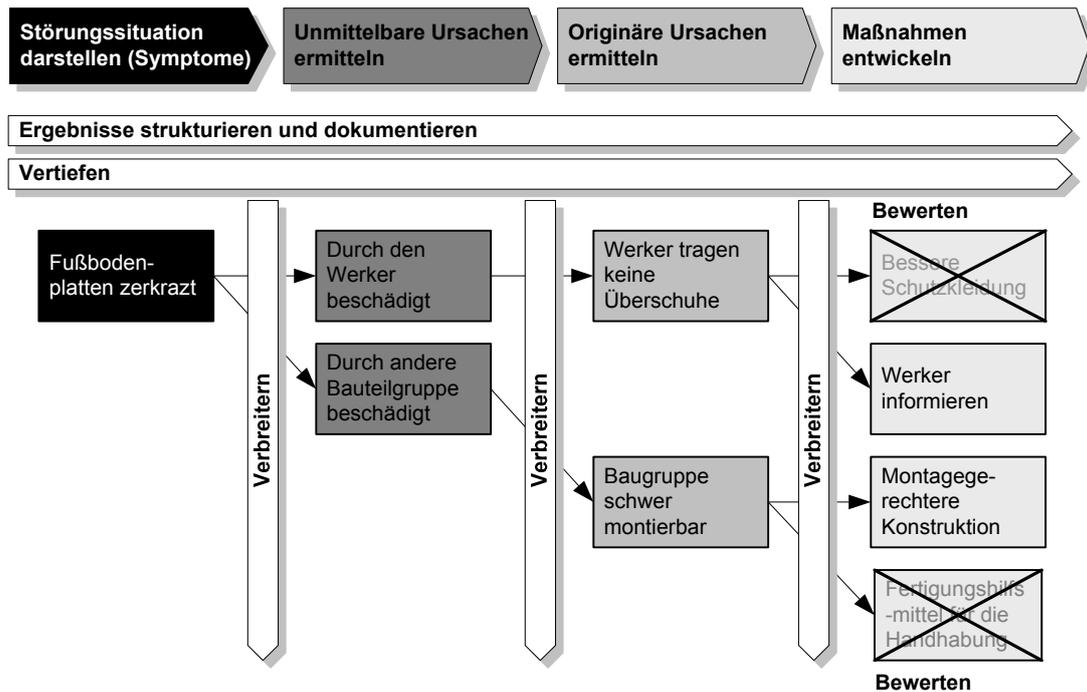


Abbildung 33: Maßnahmenentwicklungsprozess mit Aufgaben und Elementaraufgaben

Die **Darstellung der Störungssituation** hat das Ziel, die Symptome einer Störung oder eines Störungsschwerpunkts zu ermitteln. Dazu müssen Anforderungsdokumente, Bauunterlagen, Arbeitspläne und Fertigungsanweisungen analysiert sowie an der Einzelstörungsbeseitigung beteiligte Mitarbeiter befragt werden. Zu beachten ist, dass die Symptome der Störung oder des Störungsschwerpunkts beschrieben werden. Häufig wird eine Störungsschwerpunktanalyse ausgehend von den unmittelbaren Störungsursachen durchgeführt, was dazu führen kann, dass im Rahmen der Ursachenanalyse nicht alle originären Ursachen ermittelt werden. Dabei sollten alle Symptome des Störungsschwerpunkts ermittelt werden, um die Suche nach potenziellen Ursachen im weiteren Verlauf der Störungsschwerpunkt-beseitigung nicht von vornherein einzuschränken.

In der **Ursachenanalyse** werden die unmittelbaren Ursachen beschrieben, Hypothesen für die vermuteten originären Ursachen des Störungsschwerpunkts aufgestellt und die Kausalität zwischen Ursachen und Symptomen validiert. Dies wird an einem Beispiel verdeutlicht (Abbildung 33): Ausgehend vom Symptom *Fußbodenplatten beschädigt* sind zunächst die unmittelbaren Ursachen zu analysieren und zu beschreiben (Elementaraufgaben: Vertiefen, Verbreitern und Ergebnisse dokumentieren).

Diese Elementaraufgaben sind in Tabelle 11 genannt, und es wird gezeigt, wie diese Aufgaben durch die Störungsmanagementapplikation unterstützt werden. Im Maßnahmenentwicklungsprozess sind daraufhin die originären Ursachen zu eruiieren und deren Einfluss auf die

Entstehung der Symptome zu analysieren. Anschließend ist zu entscheiden, welche originären Ursachen beseitigt werden sollen (Elementaraufgabe Bewerten).

Tabelle 11: Elementaraufgaben und unterstützende Methoden

Elementar-aufgabe	Ziele	Methode
Verbreitern	Ermitteln potenzieller Ursachen Entwickeln potenzieller Maßnahmen	Auflisten der Ursachen von anderen Störungen (Basisservice Störungsdatenmanagement) Kreativitätstechniken (Brainstorming, Brainwriting, Methode 6-3-5)
Verbreitern	Vermeiden, dass einzelne Ursachen ohne Begründung ausgeschlossen werden Sicherstellen, dass alle bekannten Ursachen in der Analyse berücksichtigt werden	Ausschlussmethode (siehe Abschnitt 5.2.2)
Verbreitern	Finden möglicher Ursachen, die nicht in Datenbanken dokumentiert wurden	Kreativitätstechniken (Brainstorming, Brainwriting, Methode 6-3-5)
Verbreitern	Finden neuer Lösungen für die Störungsbeseitigung durch eine systematische Abstraktion und Veränderung der Perspektive	Kreativitätstechnik (Progressive Abstraktion)
Vertiefen	Sicherstellen, dass die originären Ursachen nachhaltig beseitigt werden	Fünf-Warum-Methode (siehe Abschnitt 5.2.2)
Vertiefen	Gliedern in Teilursachen und bewerten	Fehlerbaumanalyse (siehe Abschnitt 3.1.1)
Strukturieren	Gliedern in Teilprobleme	Ishikawa Diagramm (siehe Abschnitt 3.1.1)
Bewerten	Ermitteln derjenigen Ursachen, die den größten Einfluss auf die Störung haben aus einer Menge bekannter Ursachen	Pareto Analyse (Ordnen der Ursachen nach ihrem relativen Auftreten auf Basis der bekannten Ursachen) (siehe Abschnitt 3.1.1)
Bewerten	Plausibilität und Vollständigkeit der Analyseergebnisse untersuchen	Basisservice Störungsdatenmanagement (Ad-hoc-Analyse der Störungsursachen) Analyse am Montageort
Ergebnisse dokumentieren	Dokumentieren des Entscheidungsprozesses und der Ergebnisse	Basisservice Störungsdatenmanagement

Ein Teil der tabellarisch aufgeführten Methoden wurden bereits erläutert. Im Folgenden werden die Ausschlussmethode und die Fünf-Warum-Methode dargestellt.

Eine im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Methode zur Unterstützung der Ursachenanalyse (Verbreitern) ist die sogenannte Ausschlussmethode. Hierbei werden zunächst

mit Hilfe des Basisservice Störungsdatenmanagement alle bekannten Ursachen ermittelt und als Ursachen für eine neue Störung oder einen neuen Störungsschwerpunkt angenommen.

Anschließend müssen durch die an der Störungsanalyse beteiligten Mitarbeiter nicht in Frage kommende Ursachen ausgeschlossen werden. Dieser Vorgang ist zweistufig, da zunächst die erste Detailebene der Störungsursachenkategorien betrachtet wird und anschließend die zweite Detailebene (Abbildung 34).

Durch die Ausschlussmethode wird erreicht, dass alle potenziellen Ursachenkategorien in der Analyse als potenzielle Ursachen berücksichtigt werden; es wird vermieden, dass die Nutzer zu einem frühen Zeitpunkt einzelne potenzielle Störungsursachen ohne konkrete Hinweise als wahrscheinlich annehmen und andere potenzielle Ursachen nicht weiter analysieren.

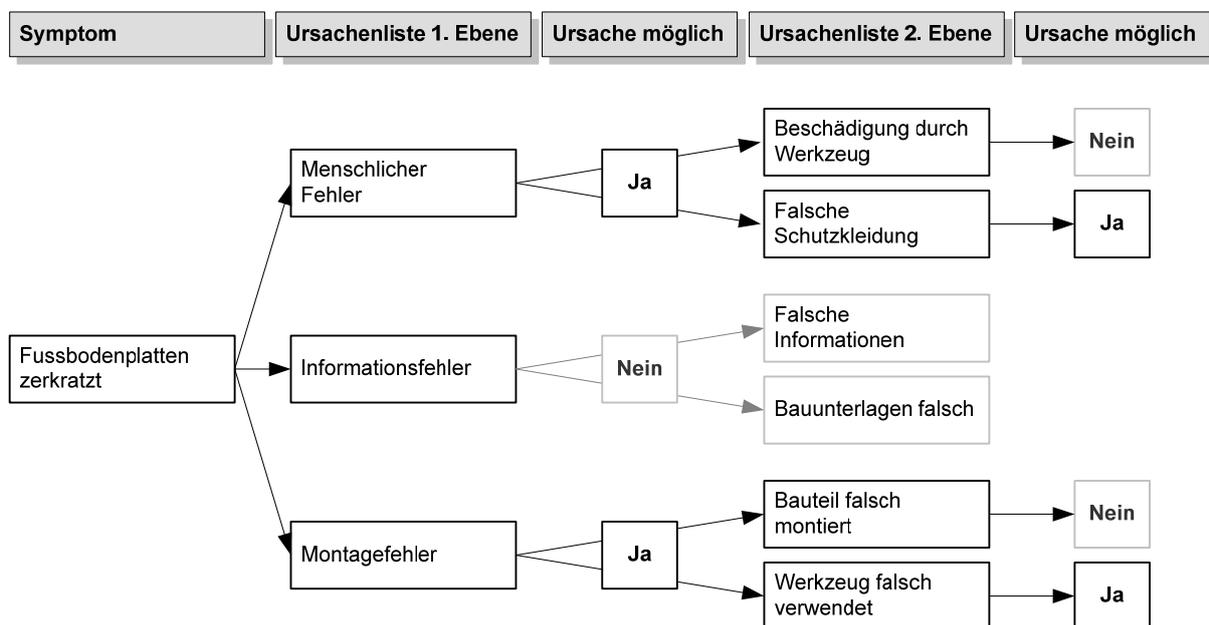


Abbildung 34: Ausschlussmethode

Durch die Methode werden zunächst nur solche Ursachen berücksichtigt, die mit Hilfe des Basisservice Störungsdatenmanagement dokumentiert wurden. Um weitere mögliche Störungsursachen zu finden, werden Kreativitätstechniken eingesetzt. Nähere Informationen zur Anwendung der Kreativitätstechniken sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen.

Die Vertiefung ist eine weitere Elementaraufgabe im Maßnahmenentwicklungsprozess (Abbildung 33). Ziel ist es dabei, eine unmittelbare Ursache auf eine oder mehrere originäre Ursachen zurückzuführen (siehe Ursache-Wirkung-Ketten in Abbildung 4).

Eine bekannte Methode ist die sogenannte Fünf-Warum-Methode, bei der ein Expertenteam in fünf Iterationen die Ursachen der Ursachen ermittelt. Der Methode liegt die Annahme zugrunde, dass nach der fünften Iteration die originären Ursachen ermittelt werden. Bei der Fünf-Warum-Methode ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse nicht reproduzierbar sind,

da Ergebnisse von der Erfahrung, der Kreativität und der persönlichen Einschätzung der Teammitglieder abhängig sind.

Eine weitere Elementaraufgabe ist die Validierung, ob die identifizierten, originären Ursachen in einem kausalen Zusammenhang mit den Symptomen stehen. Darauf folgend ist zu entscheiden, für welche identifizierten und validierten Ursachen Maßnahmen für deren Beseitigung zu entwickeln sind. Für diese Untersuchung kommen eine Analyse am Montageort und die Ad-hoc-Analyse mit dem Basisservice Störungsdatenmanagement in Frage.

Tabelle 12: Dokumentation von Störungsschwerpunkten und Beseitigungsmaßnahmen

Kategorie	Daten (Datenformat)	Quelle
Symptome	Störungsart (Dimensionshierarchie)	Störungsbeschreibung in der Störungsmanagementapplikation Ergänzung nach Abstraktion der Ursachen auf die Symptome Ergänzung während der Maßnahmenentwicklung
	Betroffenes Bauteil (Dimensionshierarchie)	
	Störungsort (Bereich)	
	Produkt (Vordefinierte Werte)	
	Montageprozess	
	Symptommhäufigkeit	
	Symptomauswirkungen	
Unmittelbare Ursachen	Unmittelbare Ursache Kategorie	Störungsdatenbank (im Rahmen der Einzelstörungsbeseitigung ermittelt)
	Unmittelbare Ursache Kommentare	
	Originäre Ursache Kategorie	
Originäre Ursachen	Originäre Ursache Kommentare	Wird vom Team ermittelt
	Maßnahmenbeschreibung	
Maßnahmen	Maßnahmenbeschreibung	Wird vom Team erarbeitet
	Zu ändernde Produkte und Bauteile	
	Verantwortlichkeiten	
	Umsetzungsfristen	
	Kosten	

Sind die originären Ursachen bekannt, ist die nächste Aufgabe die **Maßnahmenentwicklung** zu deren Beseitigung. Um Vorschläge für die Entwicklung der neuen Maßnahmen zu erhalten, werden mit Hilfe des Basisservice Störungsdatenmanagement Informationen über bereits entwickelte und gegebenenfalls umgesetzte Maßnahmen angezeigt. Dabei werden Suchkriterien wie die Störungsart, die Störungsursache und der Störungsort verwendet. Im Übrigen ist der Prozess der Maßnahmenentwicklung wenig standardisierbar, so dass hier im Wesentlichen Kreativitätstechniken eingesetzt werden.

Die Maßnahmen müssen in einer Form dokumentiert werden, die eine effektive Umsetzung und die Bewertung der Maßnahmenwirksamkeit ermöglicht. Dazu werden im Rahmen des Maßnahmenentwicklungsprozesses Daten und Informationen erzeugt, die in die Kategorien *Symptome*, *unmittelbare* und *originäre Ursachen* sowie *Maßnahmen* eingeteilt werden (Tabelle 12).

Um die Wirksamkeit der Maßnahmen zu überprüfen, müssen die Symptommhäufigkeit und -auswirkungen vor und nach der Maßnahmenumsetzung verglichen werden. Dazu werden diese Größen nach einer definierbaren Zeit nach der Maßnahmenumsetzung erneut ermittelt und mit den historisierten Werten verglichen. Sind die Maßnahmen nicht wirksam gewesen, wird der Prozess der Maßnahmenentwicklung erneut ausgelöst.

5.2.3 Basisservice Prozessmanagement

Neben dem Störungsdatenmanagement sowie dem Maßnahmenmanagement ist die Steuerung der Störungsmanagementprozesse eine zentrale Aufgabe, die durch das Kernsystem zu erfüllen ist. Diese Funktionalität wird mit einem eingebetteten Ad-hoc-Workflow-System realisiert, das im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

Um den Übergang von der Einzelstörungsbeseitigung und der Störungsprävention sicherzustellen, wurde das sogenannte Eskalationsverfahren entwickelt. Dieses ist eine spezifische Ausprägung des Workflow-Managements und wird im übernächsten Abschnitt erläutert.

5.2.3.1 Eingebettetes Ad-hoc-Workflow-System

Der Begriff Workflow ist in der Literatur uneinheitlich definiert. Die für diese Arbeit zutreffende Definition lautet: „Ein Workflow ist ein formal beschriebener, ganz oder teilweise automatisierter Geschäftsprozess. Er beinhaltet die zeitlichen, fachlichen und ressourcenbezogenen Spezifikationen, die für eine automatisierte Steuerung des Arbeitsablaufes auf der operativen Ebene erforderlich sind“ [49].

Systeme zur Verarbeitung und Abbildung der Workflows werden als Workflow-Systeme bezeichnet, deren Kernaufgabe „die Unterstützung betrieblicher Prozessabläufe durch die Koordination von Aktivitäten, Anwendungen, Daten und prozessbeteiligten Personen ist“ [50].

Die Workflows im Störungsmanagement haben in der Regel einen geringen Strukturierungsgrad und sie müssen während der Laufzeit anpassbar sein. Diese Workflows werden als Ad-hoc-Workflows bezeichnet und Systeme zu deren Management als Ad-hoc-Workflow-Systeme. In die Störungsmanagementapplikation wird ein solches Ad-hoc-Workflowsystem als Funktionsbaustein integriert.

Im Folgenden wird dargestellt, in welchen Schritten Störungsmanagementprozesse in das Workflow-System implementiert und wie die Workflows gesteuert werden (Abbildung 35). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Referenzprozesse für das Störungsmanagement

definiert (siehe Abschnitt 5.3). Führt ein Unternehmen das Störungsmanagementsystem ein, sind zunächst auf Basis dieser Referenzprozesse unternehmensspezifische Störungsmanagementprozesse zu modellieren (Schritt 1). Diese Modellierung erfolgt unabhängig von der Nutzung eines Workflow-Systems.

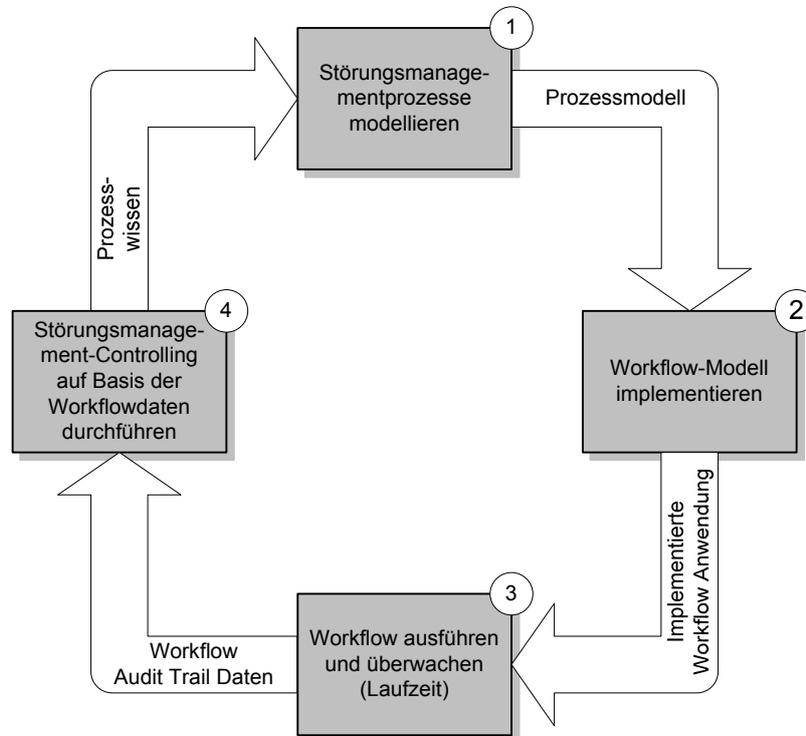


Abbildung 35: Lebenszyklus eines Workflows

Anschließend werden die Teilprozesse identifiziert, die als Workflow abgebildet werden sollen. Diese werden mit Hilfe einer sogenannten Entwicklungsumgebung in das Workflow-Management-System überführt und es werden workflowspezifische Informationen wie die Zuordnung von Rollen (Benutzer) zu Aufgaben ergänzt (Schritt 2). Für die Rollen-Aufgaben-Zuordnung sind die in einem Organisationsmodell abgelegten Systembenutzer, Rollen und Abteilungen maßgeblich. Über diese Zuordnung im Workflow-Management-System wird die Vertreterregelung realisiert und die zu bearbeitenden Störungen auf die Mitarbeiter verteilt.

In der Entwicklungsumgebung werden Workflows so definiert, dass sie jeweils für bestimmte Störungsarten und -ursachen gelten und von der Störungspriorität abhängig sind. Zum Beispiel wird für Störungen mit einer hohen Priorität ein Workflow definiert, bei dem Personen mit speziellen Qualifikationen und Kompetenzen eingebunden werden.

Während der Laufzeit (Schritt 3) wird für jeden Workflowvorgang (Störfall) eine Workflowinstanz erstellt und die Rollen als abstrakte Aufgabenträger werden durch reale Systembenutzer ersetzt, die entsprechend den Anforderungen der Aufgabe qualifiziert sind (Rollenauflösung). Die Störfälle werden in den Arbeitsvorrat der Mitarbeiter übertragen und

je nach Bedarf wird der betroffene Mitarbeiter zusätzlich per E-Mail über die durch ihn zu bearbeitenden Störungsfälle informiert. Auf der Ebene der Workflowinstanzen kann zusätzlich eine Störungspriorisierung vorgenommen werden, da Workflowinstanzen als priorisiert gekennzeichnet und damit bevorzugt behandelt werden können.

Mittels eines sogenannten Audit Trails im Workflowmanagement-System wird der Ablauf jeder Workflowinstanz überwacht und dokumentiert (Schritt 4). Dies wird genutzt, um bei Unklarheiten den aktuellen Bearbeiter eines Vorgangs zu ermitteln und zu kontaktieren. Außerdem werden die erfassten Daten für einzelprozessübergreifende Analysen genutzt wie beispielsweise die durchschnittliche Bearbeitungszeit der Störungsfälle [51].

5.2.3.2 Eskalationsverfahren

Das Störungsmanagementsystem soll die drei Störungsmanagementprozesse durch eine einheitliche Informationsbereitstellung unterstützen. Diese Prozesse haben jedoch gegensätzliche Informationsanforderungen:

- Primäres Ziel der Einzelstörungserfassung und -beseitigung ist die schnelle Ermittlung der unmittelbaren Ursachen und deren Beseitigung. Dabei sollten nur so viele Informationen erfasst werden, wie für die Zielerreichung erforderlich sind.
- Für eine effektive Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention ist es notwendig, möglichst viele Informationen über die Störungen zu sammeln, um die Wichtigkeit der Störungsschwerpunkt-beseitigung zu bewerten oder die originären Störungsursachen zu ermitteln. Aus Sicht der Störungsprävention ist es sinnvoll, diese Informationen bereits im Rahmen der Einzelstörungsbeseitigung zu erfassen, soweit sie zu diesem Zeitpunkt bereits verfügbar sind.

Um die gegensätzlichen Informationsanforderungen auszugleichen, wurde der Eskalationsservice entwickelt. Dem Eskalationsservice liegt das Eskalationsverfahren zugrunde, das in Abbildung 36 in Form eines Zustandsübergangsdiagramms dargestellt ist.

Ausgangspunkt ist der Zustand *Keine Störung*. Tritt eine Störung auf, wird der Teilprozess Einzelstörungserfassung und -beseitigung durchlaufen. In diesem Teilprozess wird die Störung beschrieben, die unmittelbare Störungsursache ermittelt und die unmittelbare Lösung erarbeitet. Abschließend wird in diesem Teilprozess die Lösung zur Störungsbeseitigung umgesetzt und deren Umsetzung dokumentiert. Im Prozess der Einzelstörungserfassung und -beseitigung werden zunächst nur die Störungsinformationen erfasst, die für die Beseitigung der einzelnen Störung notwendig sind.

Analog zu den im Abschnitt 5.2.1.3 definierten Warnmeldungsregeln werden Grenzwerte (S_G) für die Störungshäufigkeit S_H definiert. Überschreitet die Störungshäufigkeit (S_H) diesen Grenzwert (S_G), wird der Teilprozess Störungsfolgenbewertung ausgelöst. Darin werden die

5.3.1 Einzelstörungserfassung und -beseitigung

Durch diesen Referenzprozess wird sichergestellt, dass eine einzelne Störung effektiv beseitigt wird. Um dies zu erreichen, sind die Mitarbeiter bei der Störungsursachenanalyse, der Entwicklung von störungsbeseitigenden Maßnahmen sowie der Priorisierung der Störungen zur Festlegung einer Bearbeitungsreihenfolge durch die Störungsmanagementapplikation zu unterstützen. Im folgenden Abschnitt wird der Prozess beschrieben und anschließend werden die Services Diagnoseunterstützung und Störungspriorisierung dargestellt.

5.3.1.1 Referenzprozess der Einzelstörungserfassung und -beseitigung

Der Referenzprozess der Einzelstörungserfassung und -beseitigung gliedert sich in die Teilprozesse *Störung am Montageort analysieren und erfassen*, *Störungsursachen ermitteln* und *Maßnahmen zur Störungsbeseitigung entwickeln*.

Nach dem Auftreten einer Störung wird der Werker versuchen, die Störung eigenständig zu beseitigen. Ist er erfolglos, nutzt er die Störungsmanagementapplikation für die Bearbeitung des Störfalles. Dazu erfasst er die Nummer des betroffenen Montageauftrags in der Störungsmanagementapplikation. Mit Hilfe des Service Diagnoseunterstützung werden ihm dann potenziell ähnliche Störfälle angezeigt; wie dies erfolgt, wird im Abschnitts 5.3.1.2. dargestellt.

Bei der Verwendung des Service Störungsdiagnose wird entweder ein identischer oder ein ähnlicher Störfall gefunden; im Einzelfall lässt sich gar kein Störfall ermitteln:

- Ist ein identischer Störfall bereits bekannt, vermerkt der Werker das erneute Auftreten des Störfalles. Ein Störfall gilt als identisch, wenn jeweils die Montageauftragsnummer, das betroffene Bauteil und die Störungsart der neuen Störung und des bestehenden Störfalles übereinstimmen.
- Wurde ein ähnlicher Störfall gefunden, dokumentiert der Werker den neuen Störfall, indem er den ähnlichen Störfall kopiert und an den aktuellen Störfall anpasst.
- Findet der Werker keinen ähnlichen Störfall, informiert er den sogenannten First-level Support. Dieser hat die Aufgabe, einen neuen Störfall zu dokumentieren, zu beschreiben und zu klassifizieren.

Die Störungsklassen für die Klassifikation des Störfalles werden bei der Einführung des Störungsmanagementsystems von einem bereichsübergreifenden Team definiert (siehe Abschnitt 5.4.1).

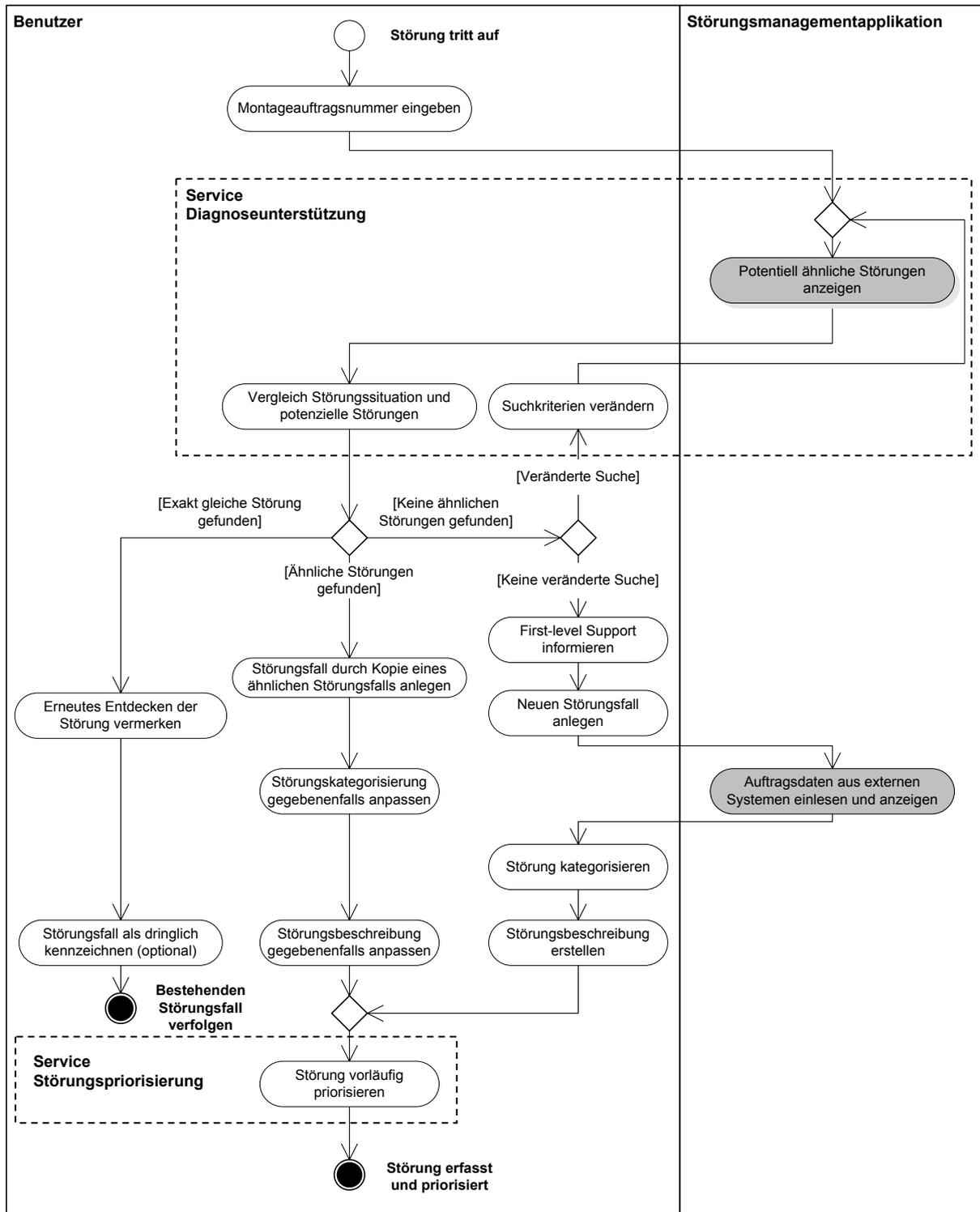


Abbildung 37: Prozess der Störungserfassung

Es ist davon auszugehen, dass die überwiegende Anzahl der Störungen kategorisiert werden kann. Falls die neue Störung in keine der vorhandenen Störungskategorien eingeordnet werden kann, ist der Mitarbeiter aus dem First-level-Support berechtigt, eine neue Störungskategorie anzulegen.

Der Prozess der Störungserfassung endet mit der Festlegung einer vorläufigen Störungspriorität durch den Werker oder den Mitarbeiter aus dem First-level Support. Dabei wird der Service Störungspriorität genutzt, der im Abschnitt 5.3.1.3 beschrieben wird.

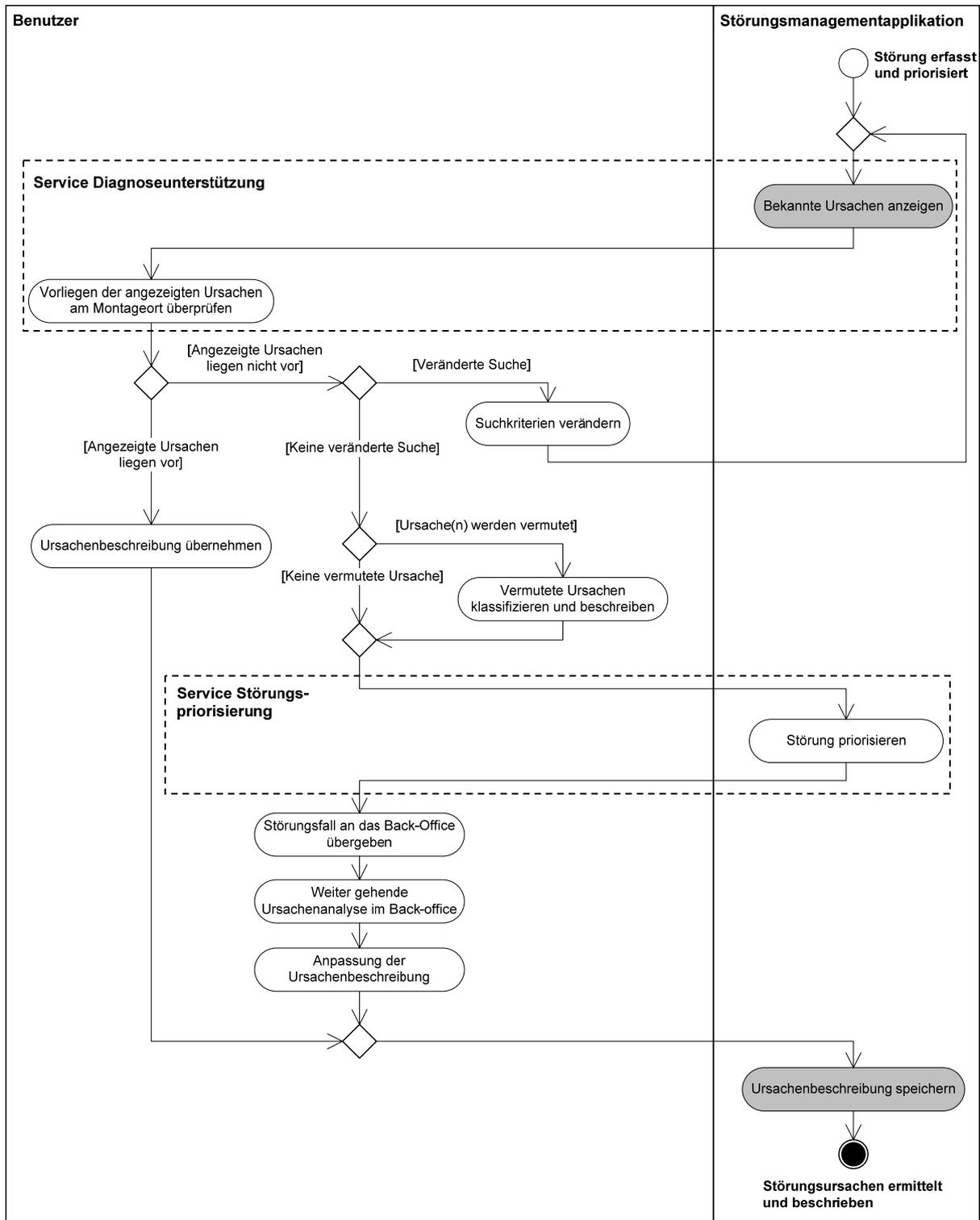


Abbildung 38: Referenzprozess der Störungsursachenermittlung

Im Teilprozess *Störungsursachen ermitteln* nutzt der Mitarbeiter aus dem First-level Support den Service Diagnoseunterstützung, um sich anhand der erfassten Störungsdaten potenzielle Störungsursachen anzeigen zu lassen (Abbildung 38).

Damit kann der Mitarbeiter überprüfen, ob eine der Störungsursachen von bereits beseitigten Störungen ursächlich für die neue Störung ist. Trifft dies zu, kann die Ursachenbeschreibung übernommen und gegebenenfalls angepasst werden. Ist keine der angezeigten Störungsursachen als Ursache für die neue Störung zutreffend, gibt der Mitarbeiter aus dem First-level Support eine vermutete Ursache an und bewertet die Priorität der Störung (siehe Abschnitt 5.3.1.3). Darauf folgend leitet er den Störungsfall an den Second-level-Support weiter, wo die Störungsursachen abschließend analysiert werden.

Der Teilprozess *Maßnahme zur Störungsbeseitigung entwickeln* wird ausgelöst, sobald die Störungsursache ermittelt worden ist. Als Ergebnis der Analyse dieses Teilprozesses wird es als nicht sinnvoll erachtet, diesen Teilprozess zu standardisieren und durch die Störungsmanagementapplikation zu unterstützen.

Die Unterstützung der Maßnahmenentwicklung beschränkt sich daher auf folgende Punkte:

- Der Service Diagnoseunterstützung wird eingesetzt, um im Rahmen der Maßnahmenentwicklung Informationen über durchgeführte Maßnahmen bei ähnlichen Störungen zu erhalten.
- Der Basisservice Prozessmanagement wird genutzt, um die Umsetzung der Maßnahme zur Störungsbeseitigung zu steuern.

Der Referenzprozess der Einzelstörungserfassung und -beseitigung schließt mit einer Kontrolle, ob der Störungsfall der Wirklichkeit entsprechend dokumentiert wurde; insbesondere werden dabei die Beschreibung von Störungsart und -ursachen sowie der betroffenen und verursachenden Bauteile überprüft. Dieser Schritt ist zwingend erforderlich, wenn die Störungsdaten für die Entwicklung von störungsvermeidenden Maßnahmen genutzt werden sollen.

5.3.1.2 Service Diagnoseunterstützung

Wie die Prozessbeschreibung im vorhergehenden Abschnitt gezeigt hat, ist die Ermittlung der Störungsursache eine wesentliche Aufgabe im Rahmen der Störungsbeseitigung. Wie deutlich geworden ist, läuft die Störungsursachenanalyse mehrstufig ab: Zunächst versucht der Werker eigenständig die Störungsursache zu ermitteln. Ist dies nicht möglich, wird der Störungsfall an den First-level-Support beziehungsweise Second-level-Support übergeben.

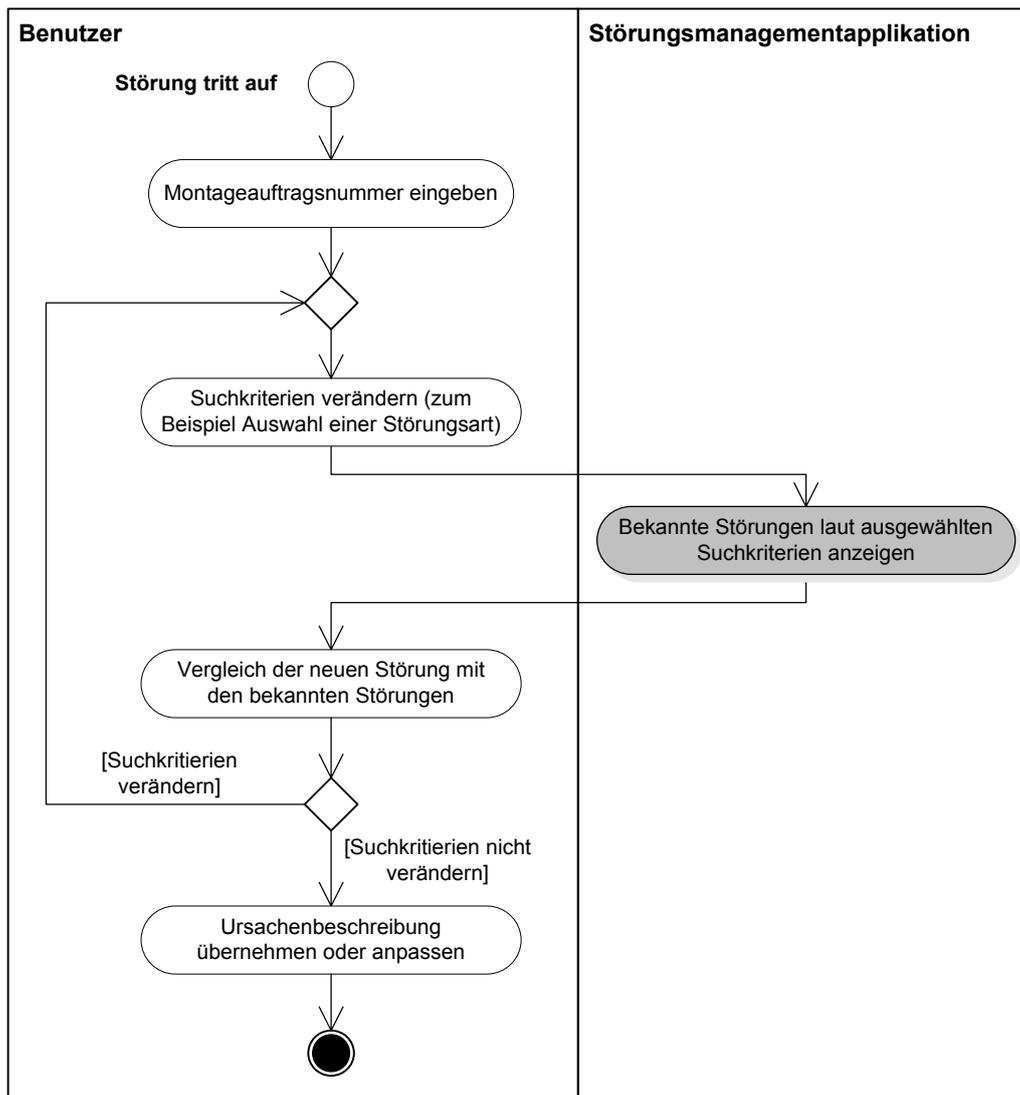


Abbildung 39: Ablauf der Störungsdiagnose

Der Service Diagnoseunterstützung wurde entwickelt, um die Störungsdiagnose am Montageort zu systematisieren und zu beschleunigen. Wie in Abbildung 39 dargestellt, besteht die Systemunterstützung darin, dem Mitarbeiter zu einem neuen Störfall identische oder ähnliche Störfälle anzuzeigen. Dazu werden unterschiedliche Suchkriterien verwendet:

- Störungen, die sich auf denselben Montageauftrag beziehen, haben die höchste Ähnlichkeit. Daher wird im ersten Schritt die Montageauftragsnummer als Suchkriterium verwendet. Anschließend wird überprüft, ob die Störungsursachen der neuen Störung mit den angezeigten Störungsursachen einer älteren Störung übereinstimmen.
- Anschließend werden Attribute, die mit der Montageauftragsnummer verknüpft sind, als Suchkriterien verwendet; dies sind beispielsweise die Attribute Flugzeugversion, ATA-Kapitel und Störungsort.

- Ist keine der angezeigten Störungsursachen zutreffend, kann auftragsübergreifend gesucht werden. Dazu werden Kriterien genutzt, die sich frühzeitig nach dem Auftreten einer Störung ermitteln lassen: Die Störungsart, die betroffenen Bauteile oder der Störungsort (Dimensionshierarchien).

Die Suche wird zunächst mit Suchkriterien hohen Konkretisierungsgrads durchgeführt. Werden keine ähnlichen Störungen gefunden oder führt der Vergleich des neuen Störungsfalls mit den Störungsursachen des ähnlichen Störungsfalls nicht zur Störungsursachenermittlung, kann der Konkretisierungsgrad der Dimensionshierarchien verringert werden, um ähnliche Störungen zu finden (Abbildung 40).

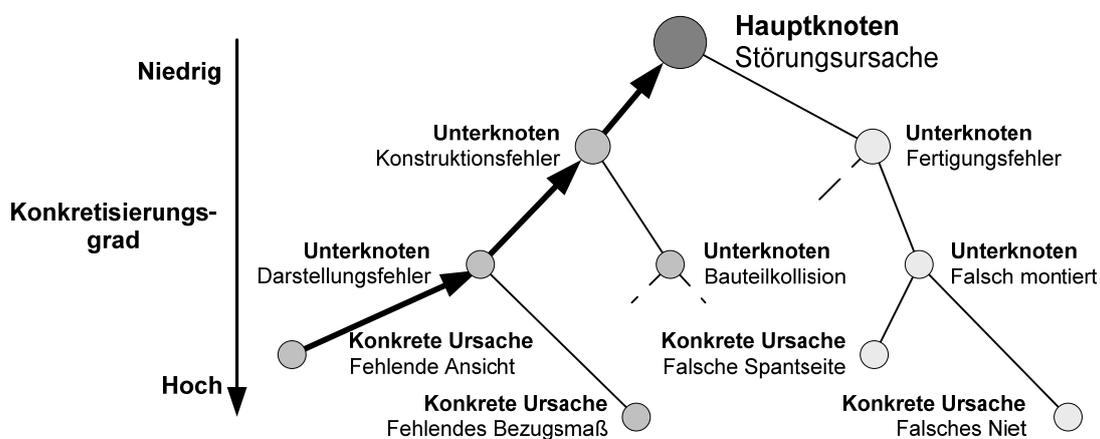


Abbildung 40: Abstraktion der Störungsursache mit Hilfe von Dimensionshierarchien

In Abbildung 41 ist die Benutzeroberfläche des Service Diagnoseunterstützung schematisch dargestellt. Im oberen Bereich sind die Eingabefelder für die Störungsdaten zu erkennen, die als Suchkriterien verwendet werden. Der Konkretisierungsgrad (Granularität) der Dimensionshierarchien wird über die Pfeiltasten eingestellt. Im unteren Bereich sind die Störungsbeschreibungen zu finden, die mit absteigender Störungshäufigkeit sortiert sind und als Hilfen für die Ermittlung der Ursachen des neuen Störungsfalls dienen.

Anhand der für den Störungsfall vorliegenden Störungsart, des betroffenen Bauteils sowie der Querschnitts- und Längsschnittzone (Störungsort) wird die Störungsdatenbasis nach Störungen durchsucht und es werden die Kommentare zur Störungsursache von ähnlichen Störungen angezeigt (Abbildung 41). Am Montageort überprüft der für die Störungsdiagnose verantwortliche Mitarbeiter, ob eine dieser angezeigten Störungsursachen der abgeschlossenen Störungsfälle auch die Ursache für den neuen Störungsfall ist. Ist dies der Fall, kann die Störungsbeschreibung übernommen und angepasst werden. Anderenfalls wird die Störungsursache in einem Kommentarfeld beschrieben.

Störungsdiagnoseunterstützung			
Allgemeine Suchkriterien	Störungsart	Betroffenes Bauteil	Störungsort
Auftrags- übergreifend <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>	Hauptebene <input type="text"/>	<input type="text"/>
Produktprogramm übergreifend <input checked="" type="checkbox"/>	Hauptebene	Detailebene 1	Zone
	Detailebene 1	Detailebene 2	Position
Störungs- anzahl	Störungsbeschreibung		Verwerfen Übernehmen
Störungs- anzahl	Störungsbeschreibung		Verwerfen Übernehmen
Störungs- anzahl	Störungsbeschreibung		Verwerfen Übernehmen

Abbildung 41: Darstellung der Benutzeroberfläche des Service Diagnoseunterstützung

5.3.1.3 Service Störungspriorisierung

Im Rahmen der Einzelstörungserfassung und -beseitigung treten Störungen zeitlich gehäuft auf. Da nicht alle Störungen gleichzeitig bearbeitet werden können, wird mittels des Services Störungspriorisierung die Bearbeitungsreihenfolge der Störungsfälle festgelegt.

Die Störungspriorität P wird durch eine multiplikative Verknüpfung eines Dringlichkeitsfaktors Z und eines Wichtigkeitsfaktors F ermittelt:

$$\text{Störungspriorität } P = \text{Dringlichkeitsfaktor } Z * \text{Wichtigkeitsfaktor } F$$

Die Priorisierung soll die zeitlichen Auswirkungen der gesamten Störungen unter Berücksichtigung von Restriktionen wie einer begrenzten Personalkapazität gering halten. Daher wurde der **Dringlichkeitsfaktor** Z entwickelt, der durch die verfügbare Beseitigungszeit t_p und die erforderliche Beseitigungszeit t_E bestimmt wird. Zusätzlich zu diesen Größen wird noch ein Soll-Bearbeitungspuffer B_s in die Berechnung des Dringlichkeitsfaktor Z mit einbezogen, durch den die Berechnung der Störungspriorität unternehmensspezifisch anpassbar ist (Tabelle 13).

Tabelle 13: Einstufung des Dringlichkeitsfaktors Z

Dringlichkeitsfaktor Z	Bewertung	Kriterium
1	Niedrig	$B_i \geq B_s$
3	Mittel	$0 \leq B_i < B_s$
9	Hoch	$B_i < 0$

mit Zeitpuffer $B_i =$ verfügbare Beseitigungszeit t_p – erforderliche Beseitigungszeit t_E

Zum Beispiel ergibt sich ein Dringlichkeitsfaktor von 3, wenn die Differenz aus verfügbarer Beseitigungszeit t_p und der erwarteten Beseitigungszeit t_E kleiner als der Ist-Bearbeitungspuffer, aber größer oder gleich Null ist.

Tabelle 14: Einzelfaktoren auf den Dringlichkeitsfaktor Z

Einzelfaktor	Auswirkung	Daten zur Bewertung	Datenquelle
Zeitpuffer des gestörten Auftrags	Verfügbare Beseitigungszeit t_p	Planmäßiger Zeitpuffer	Automatisch
Komplexität (Wechselwirkung mit anderen Systemen und Organisationseinheiten)	Erforderliche Beseitigungszeit t_E	Störungsart	Automatisch
		Störungsort	Automatisch
		Störungsursache	Automatisch
Komplexität des Montageauftrags	Erforderliche Beseitigungszeit t_E	Auftragsnummer	Automatisch
Störungsbeseitigungskompetenzen, -fähigkeiten, -kapazitäten vorhanden	Erforderliche Beseitigungszeit t_E	ja/nein	Einschätzung durch Mitarbeiter
Klarheit der Problemstellung (organisatorisch/technisch)	Erforderliche Beseitigungszeit t_E	hoch/mittel/gering	Einschätzung durch Mitarbeiter
Ersatzteile zu beschaffen oder zu fertigen	Erforderliche Beseitigungszeit t_E	ja/nein	Einschätzung durch Mitarbeiter

In Tabelle 14 sind beispielhaft Einzelfaktoren aufgeführt, die einen Einfluss auf die verfügbare Beseitigungszeit t_p oder die erwartete Beseitigungszeit t_E haben. Bei Implementierung des Service Störungspriorisierung sind unternehmensspezifische Einzelfaktoren zu berücksichtigen. Die Kennzeichen *Daten zur Bewertung* und *Datenquelle* sind für die Umsetzung im Störungsmanagementsystem (Benutzeroberfläche, Datenmodell) relevant. Im Folgenden wird erläutert, wie die aufgeführten Einzelfaktoren bewertet werden.

Die verfügbare Beseitigungszeit t_p entspricht dem zeitlichen Puffer, der für die Montage einer von einer Störung betroffenen Baugruppe zusätzlich zur ursprünglich geplanten Montagezeit

vorhanden ist. Der zeitliche Puffer lässt sich automatisch aus einem Montageablaufplan berechnen. Befindet sich die Montage auf dem kritischen Pfad des Montageablaufs, ist kein zeitlicher Puffer vorhanden und damit die verfügbare Beseitigungszeit gleich null.

Tabelle 15: Einzelfaktoren des Wichtigkeitsfaktors F

Einzelfaktor	Auswirkung	Ausprägungen
Beseitigung zwingend erforderlich (Einhaltung von Vorschriften)	Monetäre Störungsauswirkungen	ja/nein
Störung verhindert Prozessfortführung	Zeitverzögerung	Liste mit Störungursachen
Aufwand für die nachträgliche Störungsbeseitigung	Monetäre Störungsauswirkungen	hoch/mittel/gering
Störungsauswirkung auf andere Teilprozesse und -systeme	Monetäre und zeitliche Störungsauswirkungen	hoch/mittel/gering
Außenwirkung (Kundenwahrnehmung)	Finanzielle Störungsauswirkungen	Imageverlust zu erwarten: ja/nein
Sonstige wirtschaftliche Auswirkungen	Potenzielle Störungsauswirkung	Störungsfolgekosten: hoch/mittel/gering

Die erforderliche Beseitigungszeit t_E wird durch qualitative Faktoren beeinflusst und muss mit Hilfe von Erfahrungswerten abgeschätzt werden. Es besteht die Anforderung, frühzeitig im Störungsmanagementprozess eine vorläufige Priorisierung vornehmen zu können. Im Regelfall sind nur die Faktoren *Störungsart*, *Störungsort* und *Auftragsnummer* direkt nach dem Störungsauftreten bekannt und für die Bewertung der vorläufigen Störungspriorität nutzbar. Daher wird die erforderliche Bearbeitungszeit wie folgt berechnet:

1. Festlegung eines Standardwerts für die erwartete Beseitigungszeit ($t_{E,0}$), der anhand des Mittelwerts über alle Störungen ermittelt wird.
2. Korrektur dieses Wertes anhand des Durchschnittswerts der Beseitigungszeit von ähnlichen Störungen, der über die Störungsart, den Störungsort und die Auftragsnummer ($t_{E,1}$) ermittelt werden kann.
3. Endgültige Festlegung der zu erwartenden Beseitigungszeit durch Berücksichtigung von weiteren Einzelfaktoren wie zum Beispiel dem Vorhandensein von Störungsbeseitigungskompetenzen, -fähigkeiten, -kapazitäten ($t_{E,2}$).

Eine ausschließlich zeitlich-quantitative Bewertung einer Störung ist nicht zielführend. Daher wird der **Wichtigkeitsfaktor F** eingeführt, in den die in Tabelle 16 genannten Einzelfaktoren einfließen. Dieser Faktor ist von Bedeutung, da der Zeitpuffer zwar gering sein kann, der Montageablauf durch die Störung aber nur gering beeinflusst wird.

Tabelle 16: Quantifizierung des Wichtigkeitsfaktor F

Wichtigkeitsfaktor F	Bewertung	Prozent
1	Niedrig	<20 %
3	Mittel	>20 % und <70 %
9	Hoch	>70 %

Diese Einzelfaktoren werden auf der Basis der Beantwortung eines Fragenkatalogs durch einen Mitarbeiter bewertet. Dabei werden die Fragen gewichtet und jeder Antwortmöglichkeit ein Wert zwischen 0 und 100 zugeordnet. Das System ermittelt daraus die prozentuale Wichtigkeit und einen zugehörigen Wichtigkeitsfaktor von 1, 3 oder 9 (Tabelle 16).

Der Fragenkatalog hat folgende Merkmale:

- Entwicklung im Team und Abstimmung zwischen allen Beteiligten vorgesehen
- Berücksichtigung von subjektiven Einflussfaktoren wie die Störungskomplexität
- Realisierung von unternehmensspezifischen Faktoren. Wird beispielsweise ein Prozess betrachtet, in den ein externer Kunde involviert ist, kann die Imagewirkung als Störungsauswirkung im Fragenkatalog einen wichtigen Faktor darstellen.

Titelleiste			
Fortschrittsbalken		Störungspriorität P	
Einzelfaktoren	Dringlichkeitsfaktor Z	Wichtigkeitsfaktor F	Manuelle Anpassung
Fragenkatalog			
Ist zu erwarten, dass die Disposition zusätzlicher Baugruppen und Teile aufwändig ist?		<input checked="" type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein
Wird der Montageprozess unterbrochen, falls die Störungsursache nicht beseitigt wird?		<input type="radio"/> Ja	<input checked="" type="radio"/> Nein
Handelt es sich bei der Störungsursache nicht um eine suboptimale zeichnerische Darstellung?		<input checked="" type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein
Wird der Aufwand für die nachträgliche Störungsbeseitigung als hoch eingestuft?		<input type="radio"/> Ja	<input checked="" type="radio"/> Nein
		<input type="button" value="Abbrechen"/>	<input type="button" value="Übernehmen"/>

Abbildung 42: Schematische Darstellung der Benutzeroberfläche des Service Störungspriorisierung

Die Benutzeroberfläche des Service Störungspriorisierung ist in Abbildung 42 dargestellt. Im oberen Bereich wird der Fortschritt der Störungspriorisierung angezeigt (Fortschrittsbalken). Der Benutzer beantwortet die Fragen des Fragenkatalogs in der Registerkarte *Einzelfaktoren*. Die auf Basis der beantworteten Fragen berechnete Störungspriorität ist in den Registerkarten *Dringlichkeitsfaktor Z* und *Wichtigkeitsfaktor F* nachvollziehbar.

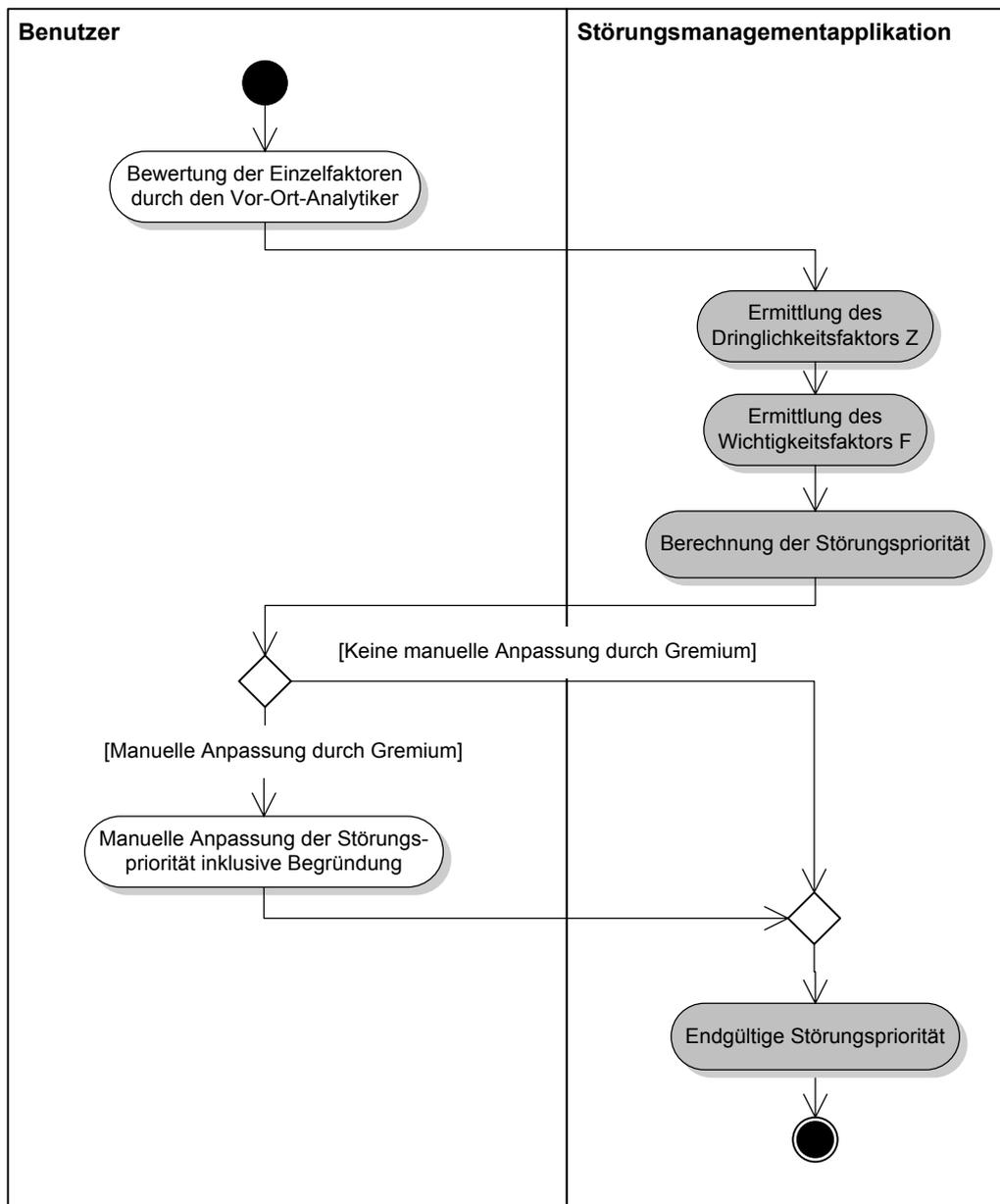


Abbildung 43: Ablauf der Störungspriorisierung

Zusammenfassend ist der Ablauf der Störungspriorisierung in Abbildung 43 dargestellt. Da die Zeitbetrachtung und der Fragenkatalog zwischen allen Beteiligten abgestimmt sind, wird erwartet, dass mit diesem Vorgehen alle potenziell auftretenden Störungsarten abgedeckt sind. Im Einzelfall kann die manuelle Anpassung der automatisch ermittelten Störungspriorität er-

forderlich sein; in einem Gremium wird darüber entschieden und das Ergebnis in der Registerkarte *Manuelle Anpassung* festgehalten.

5.3.2 Störungsschwerpunktbehebung

Durch den Prozess der Einzelstörungserfassung und -beseitigung ist sichergestellt, dass jede Einzelstörung beseitigt wird. Ergänzend ist ein Prozess zu implementieren, der bei einem wiederholten Auftreten von identischen oder ähnlichen Störungen initiiert wird und eine weitere Wiederholung verhindert. Im nächsten Abschnitt wird der Referenzprozess zu dieser Störungsschwerpunktbehebung beschrieben. Inhalt des übernächsten Abschnitts ist der prozessspezifische Service zur Priorisierung der Störungsschwerpunktbehebung.

5.3.2.1 Referenzprozess der Störungsschwerpunktbehebung

Der Prozess der Störungsschwerpunktbehebung ist Abbildung 44 in dargestellt. Er wird manuell ausgelöst, wenn in einer Ad-hoc-Analyse ein Störungsschwerpunkt erkannt wird oder automatisch angestoßen, wenn ein Störungsschwerpunkt einen Grenzwert überschreitet.

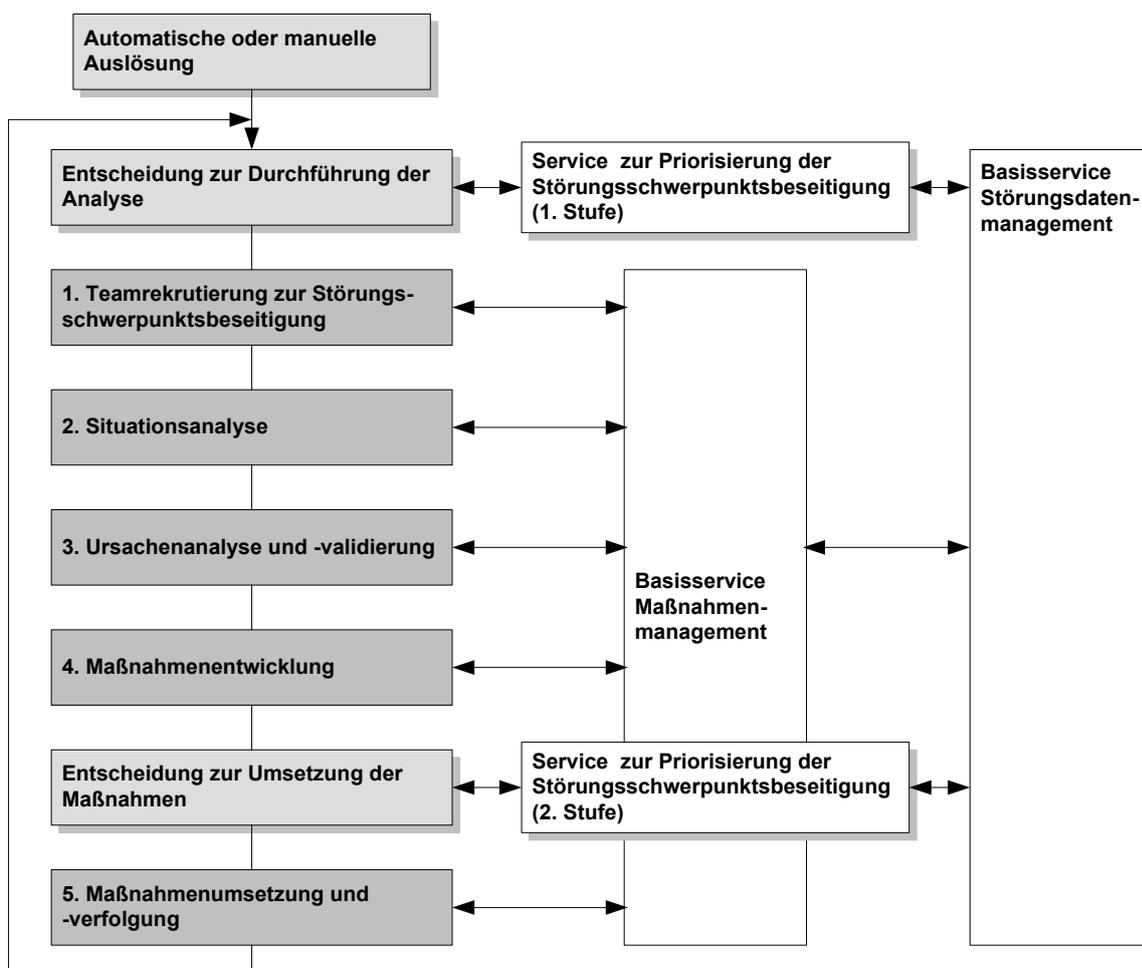


Abbildung 44: Überblick über die Störungsschwerpunktbehebung (Prozess und Services)

In einem Herstellungsprozess gibt es in der Regel mehrere Störungsschwerpunkte. Da die Ressourcen zur Analyse und Beseitigung von Störungsschwerpunkten begrenzt sind, ist nach Auslösung des Prozesses zur Störungsschwerpunkt-beseitigung zu entscheiden, in welcher Reihenfolge die Störungsschwerpunkte detailliert zu analysieren sind. Diese Aufgabe wird mit Hilfe des Service zur Priorisierung der Störungsschwerpunkt-beseitigung bearbeitet, der im Abschnitt 5.3.2.2 beschrieben wird.

Der Ablauf der darauf folgenden Störungsschwerpunkt-beseitigung wird durch den Basis-service Prozesssteuerung (siehe Abschnitt 5.2.2) geregelt und durch die Basisservices Maßnahmenmanagement und Störungsdatenmanagement unterstützt (Abbildung 44):

- Schritt 1: Der sogenannte Störungsschwerpunktsmanager stellt ein Team zusammen, das die Störungsschwerpunkte zu analysieren und zu beseitigen hat. Es besteht aus Mitarbeitern, die Erfahrungen in der Einzelstörungsbeseitigung haben.
- Schritt 2: Vom Team werden im Rahmen der Situationsanalyse die Symptome und unmittelbaren Ursachen ermittelt und beschrieben.
- Schritt 3: Die Störungsursachen werden analysiert und validiert. Unterstützend werden dabei beispielsweise die Ausschlussmethode, Kreativitätstechniken, Fünf-Warum-Methode, Fehlerbaumanalyse und Ishikawa-Methode eingesetzt.
- Schritt 4: Die Abstellmaßnahmen werden entwickelt und mit Hilfe des Basis-service Maßnahmenmanagement dokumentiert. Die Kosten und die zu erwartenden Einsparungen werden ermittelt, damit die Priorität zur Umsetzung dieser Maßnahmen mit Hilfe des Service zur Priorisierung der Störungsschwerpunkt-beseitigung (siehe Abschnitt 5.3.2.2) bewertet werden kann.
- Schritt 5: Die Abstellmaßnahmen werden unmittelbar umgesetzt, wenn deren Priorität als hoch eingestuft wird. Mit Hilfe des Basisservice Maßnahmenmanagement werden die Abstellmaßnahmen dokumentiert und deren Wirksamkeit verfolgt. Sind die Maßnahmen unwirksam, erfolgt ein Rücksprung auf Schritt 1.

5.3.2.2 Service zur Priorisierung der Störungsschwerpunkt-beseitigung

Im Prozess der Störungsschwerpunkt-beseitigung muss die Notwendigkeit einen erkannten Störungsschwerpunkt zu analysieren und gegebenenfalls Maßnahmen zu dessen Beseitigung zu entwickeln, bewertet werden. Wie in Abbildung 44 zu erkennen ist, wird dies durch den Service zur Priorisierung der Störungsschwerpunkt-beseitigung in zwei Stufen unterstützt: In der ersten Stufe wird anhand der vom Störungsschwerpunkt tatsächlich verursachten Kosten festgelegt, in welcher Reihenfolge die Störungsschwerpunkte in einem Montageprozess analysiert werden (Analysepriorität).

Im Rahmen der Maßnahmenentwicklung werden die Kosten der Maßnahmenumsetzung und die zu erwartenden Einsparungen bewertet. Anhand dieser Faktoren wird festgelegt, ob Maßnahmen umgesetzt werden sollen und wenn ja, in welcher Reihenfolge dies erfolgt (Maßnahmenumsetzungspriorität).

Die zu erwartenden Kosten der Maßnahmenumsetzung lassen sich gliedern in Kosten für:

- Störungsanalysen
- Konstruktionsänderungen und Neukonstruktionen
- Änderungen der Dokumentation wie Bauunterlagen, Stücklisten, Arbeitspläne, Fertigungshinweise
- Änderungen von Fertigungsmethoden und Umstrukturierungen in der Produktion
- Durchführung von Schulungen

Die Einsparungen sind die nach Durchführung und Wirksamkeit der Maßnahme zukünftig vermiedenen Störungskosten. Diese sind abhängig von der erwarteten Störungshäufigkeit und den durchschnittlich von einer Störung verursachten Kosten (Einzelstörungsbeseitigungskosten und Störungsfolgekosten), die aus Vergangheitswerten bestimmt werden.

Dieser Service wird analog zum Service Störungspriorisierung umgesetzt (Abschnitt 5.3.1.3).

5.3.3 Störungsprävention

Bei der zuvor beschriebenen Beseitigung von Störungsschwerpunkten wird eine Störungsprävention unabhängig von Produktentwicklungsprojekten und Kundenaufträgen erreicht. In den folgenden Abschnitten wird eine Störungsprävention beschrieben, die im Rahmen der Abwicklung von Entwicklungsprojekten und Kundenaufträgen angewendet wird.

5.3.3.1 Referenzprozess der Störungsprävention

Zur Erfüllung der Kundenanforderungen werden in den Geschäftsprozessen der Produktentwicklung und der Auftragsabwicklung neue technische Lösungen entwickelt oder auf bestehende technische Lösungen eingesetzt. Um in den genannten Geschäftsprozessen eine Störungsprävention zu erzielen, ist zu betrachten, die geplanten technischen Lösungen Störungen verursachen könnten.

Je früher Maßnahmen zur Störungsprävention wie die Anpassung einer geplanten technischen Lösung oder die Berücksichtigung einer alternativen technischen Lösung durchgeführt werden, desto wirksamer sind diese. Dem steht entgegen, dass in den frühen Phasen der Neuproduktentwicklung nur wenige Informationen über die technischen Lösungen vorliegen, die zur Ermittlung von gleichen oder ähnlichen technischen Lösungen genutzt werden könnten.

Mit Hilfe des **Service Risikomanagement** lässt sich trotz dieser Rahmenbedingungen eine Bewertung des Störungsrisikos in den frühen Phasen der Neuproduktentwicklung und der Auftragsabwicklung vornehmen (Abbildung 45). Diese bezieht sich typischerweise nicht auf das Gesamtprodukt, sondern auf einzelne Teilsysteme wie die Elektrik und die Sekundärstruktur und Baugruppen dieser Teilsysteme. Ausgangspunkt der Beurteilung sind dabei die Kundenanforderungen und die technischen Lösungen, die zu deren Realisierung entwickelt werden. Die Hauptaufgabe des Service Risikomanagement besteht darin, zu einer geplanten technischen Lösung gleiche oder ähnliche technische Lösungen zu ermitteln, für die Störungsdaten vorliegen.

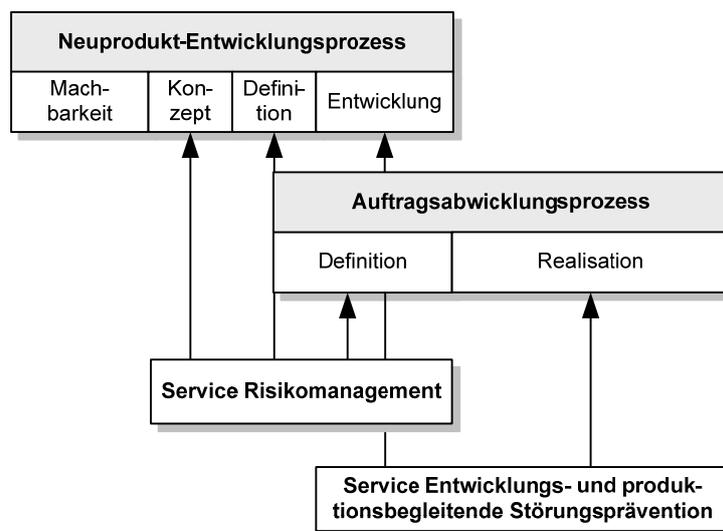


Abbildung 45: Geschäftsprozesse und Services zur Störungsprävention

Der **Service Entwicklungs- und produktionsbegleitende Störungsprävention** ist darauf ausgelegt, in den späteren Phasen eines Entwicklungsprojekts oder der Auftragsabwicklung eine Störungsprävention zu erzielen. Typischerweise wird dieser Service auf eine technische Lösung angewendet, die in einer Modifikation oder einer Bauunterlage beschrieben wird. Dieser Service kann genutzt werden, um störungsbezogene Erfahrungen mit Materialien, Konstruktionsvorgaben und -lösungen und Fertigungstechnologien zu ermitteln und für eine Störungsvermeidung zu nutzen.

5.3.3.2 Service Risikomanagement

Die Ist-Analyse in den Unternehmen hat gezeigt, dass Störungen, die mit einer technischen Lösung in Zusammenhang stehen, bei erneutem Einsatz der gleichen oder ähnlichen technischen Lösung wiederholt auftreten. Mit dem Service Risikomanagement wird das von technischen Lösungen ausgehende Störungsrisiko in der Produktion bewertet und die Entwicklung von störungsvermeidenden Maßnahmen ausgelöst.

Zunächst werden für jede technische Lösung, die zur Umsetzung der Kundenanforderungen vorgesehen ist, gleiche oder ähnliche technische Lösungen ermittelt. Anschließend wird für die als gleich oder ähnlich eingestuft technischen Lösungen mittels des Basisservice Störungsdatenmanagement das Störungsaufkommen ermittelt. Daraufhin wird das Störungsrisiko anhand der durchschnittlichen Höhe und des Trends der wirtschaftlichen Störungsfolgen beurteilt (Risikoklassifikation). Abschließend wird mittels des Basisservice Maßnahmenmanagement werden Maßnahmen zur Störungsprävention entwickelt und verfolgt.

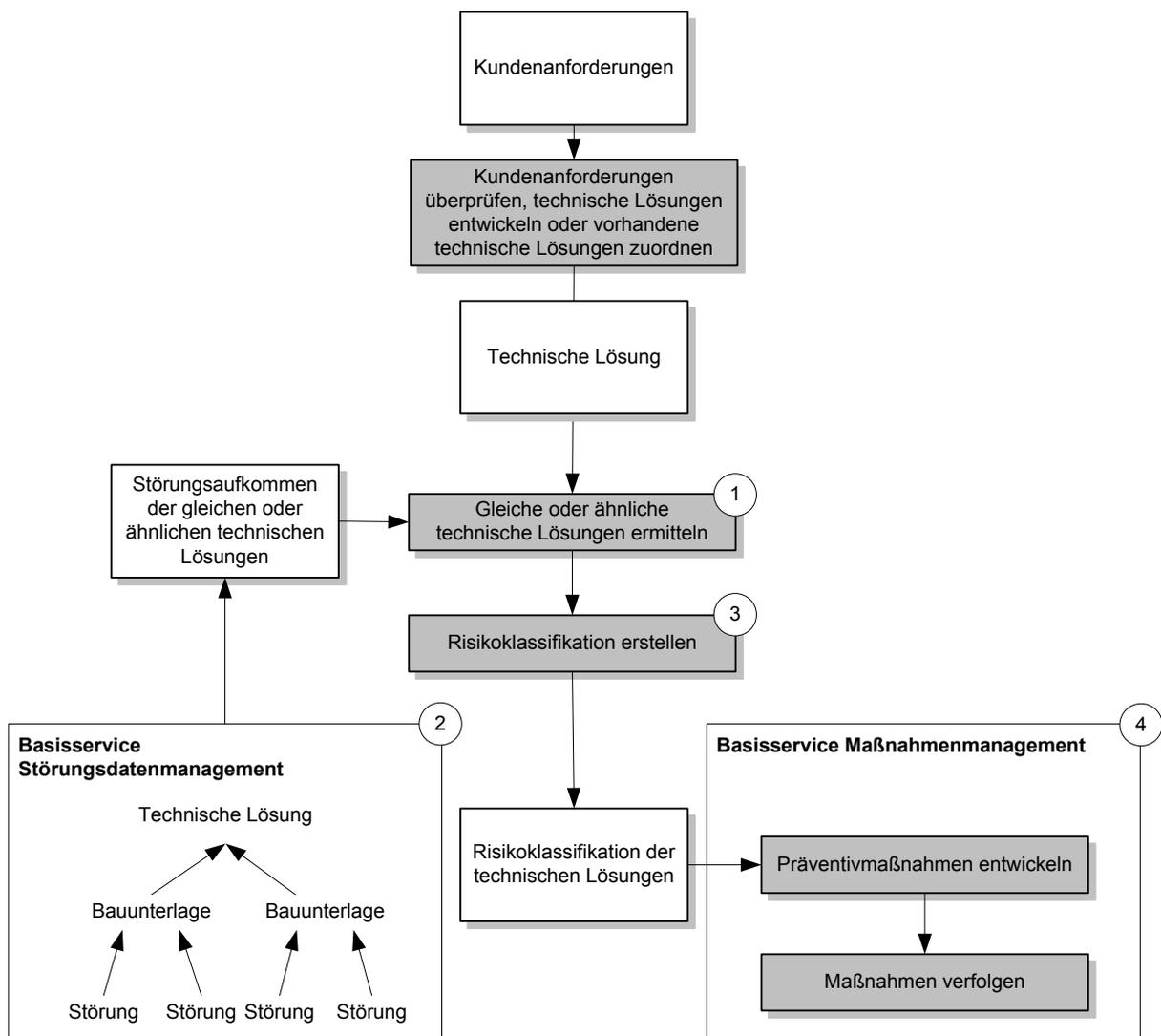


Abbildung 46: Struktur des Service Risikomanagement

Die vier Schritte der Risikobewertung sind in Abbildung 46 dargestellt und sie werden im Folgenden detailliert beschrieben.

Schritt 1 (Abbildung 46): Eine technische Lösung wird über Modelle (CAD), Zeichnungen, technische und wirtschaftliche Spezifikationen und bildliche Darstellungen beschrieben. Metainformationen sind die Nummerierung und klassifizierende Merkmale wie die Zuordnung

zu einer konzeptionellen Produktstruktur. Beispiele für eine konzeptionelle Produktstruktur sind die EPAC-TDU und das ATA-Kapitel (siehe Abschnitt 4.1.1). Beschreibende Merkmale sind die Bezeichnung oder die Beschreibung der technischen Lösung.

Anhand dieser Informationen werden diejenigen bestehenden Lösungen ermittelt, die den angedachten technischen Lösungen ähnlich sind. Hervorzuheben ist, dass es hierbei nicht das Ziel ist, die Ähnlichkeit zweier technischer Lösungen aus konstruktiver Sicht zu quantifizieren. Folgende Annahmen werden getroffen (Abbildung 47):

- Zwei technische Lösungen werden als identisch eingestuft, wenn sie die gleiche Nummerierung haben; sie gelten als ähnlich, wenn der Nummernstamm identisch ist und die Variantenbezeichnung unterschiedlich ist (Fall a).
- Werden die technischen Lösungen klassifiziert und sind zwei technische Lösungen derselben Klasse zugeordnet, werden sie als ähnlich angesehen (Fall b).
- Sind zwei technische Lösungen unterschiedlich nummeriert und sind sie nicht derselben Kategorie zugeordnet, sind potenziell ähnliche technische Lösungen über den Vergleich der weiteren Metadaten zu ermitteln (Fall c). Für diesen Vergleich wird die Funktionalität eines sogenannten Information Retrieval Systems (IRS) genutzt.

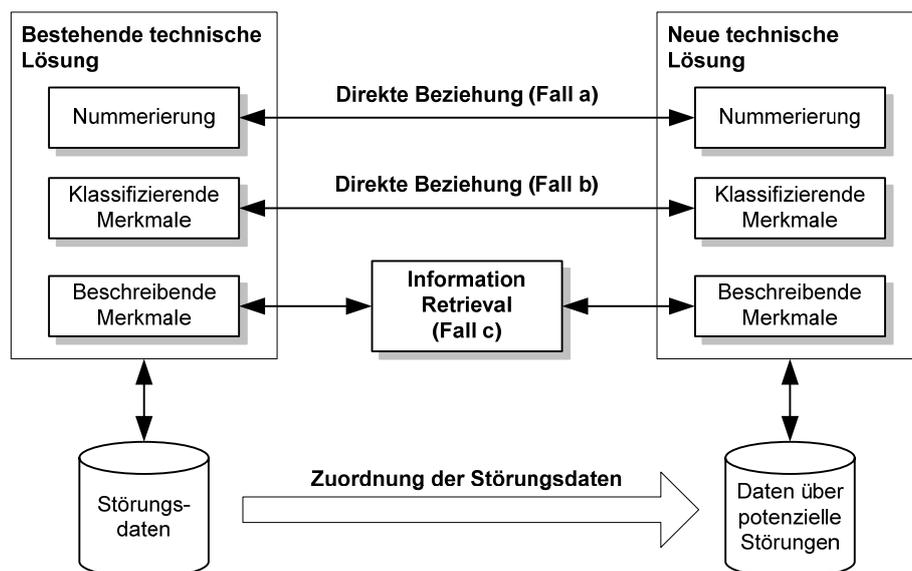


Abbildung 47: Möglichkeiten zur Ähnlichkeitsbewertung von zwei technischen Lösungen

Information Retrieval erfolgt in zwei Schritten: Zunächst werden die beschreibenden Metadaten der technischen Lösungen vorverarbeitet (linguistic preprocessing). Stoppwörter wie „ein“, „das“ oder „für“ werden entfernt und die verbleibenden Wörter auf den Wortstamm zurückgeführt. Zusätzlich werden die Reihenfolge der Wörter und die syntaktische Struktur entfernt. Im Ergebnis liegt für jede technische Lösung eine Ansammlung von Begriffen (Bag-

of-words Representation) vor. Dies wird für die bekannten technischen Lösungen und die neuen technischen Lösungen durchgeführt, damit anschließend die Ähnlichkeit der technischen Lösungen bewertet werden kann.

Zur Ähnlichkeitsbewertung wird auf Basis der Bag-of-words Representation ein Vektorraummodell aufgebaut, in dem jede technische Lösung als multidimensionaler Vektor dargestellt wird (Abbildung 48):

- Das Vokabular besteht aus allen nach dem linguistic preprocessing in der Datenbank enthaltenen t Begriffen. Die Begriffe spannen den t -dimensionalen Vektorraum auf.
- Jeder dieser Begriffe i enthält bezüglich der technischen Lösung j ein bestimmtes Gewicht w_{ij} . Das Gewicht w_{ij} gibt Auskunft darüber, wie oft der Begriff i in der Beschreibung der technischen Lösung j vorkommt und berücksichtigt dabei, wie oft der Begriff i in Zusammenhang mit allen anderen technischen Lösungen vorkommt. Begriffe erhalten demnach ein hohes Gewicht, wenn sie in der Beschreibung einer technischen Lösung häufig vorkommen, aber ansonsten selten vorkommen.
- Alle technischen Lösungen werden als t -dimensionaler Vektor $d_j = (w_{ij})$ dargestellt.

Abschließend werden die neuen und die bekannten technischen Lösungen mit Hilfe verschiedener Text-Ähnlichkeitsmessgrößen wie dem cosine-measure, das über den Winkel zwischen zwei Vektoren ermittelt wird, in eine Ähnlichkeitsrangfolge gebracht. Weiterführende Informationen sind im Anhang C zu finden.

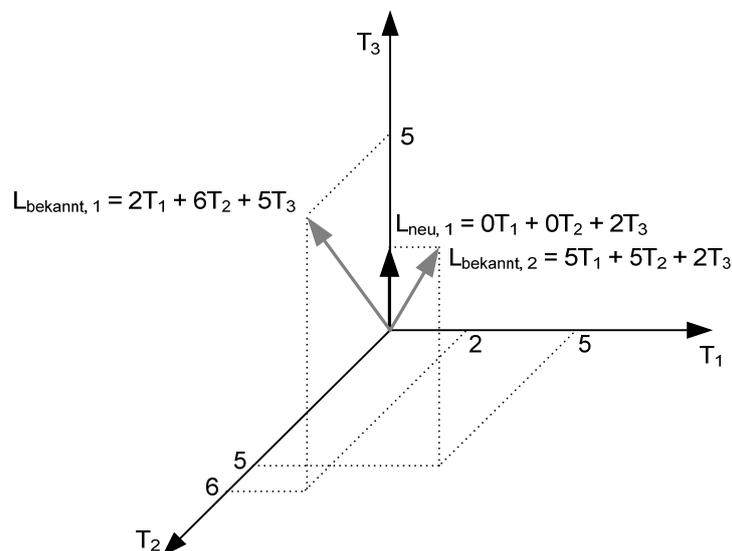


Abbildung 48: Beispielhafter Vektorraum mit den Begriffen T und den technischen Lösungen L (in Anlehnung an [52])

Schritt 2 (Abbildung 46): Nach Schritt 1 ist für jede neue technische Lösung bekannt, welche technischen Lösungen als gleich oder ähnlich eingestuft werden. Falls gleiche technische Lö-

sungen ermittelt wurden, werden die durchschnittlich aufgetretenen Störungsfolgen und deren Trend des wöchentlich kumulierten Störungsaufkommens berechnet (Abbildung 49). Dazu wird der Basisservice Störungsdatenmanagement eingesetzt. Falls ausschließlich technische Lösungen gefunden wurden, die der neuen technischen Lösung ähnlich sind, werden für diese der durchschnittlichen Störungsfolgen und der Trend kalkuliert.

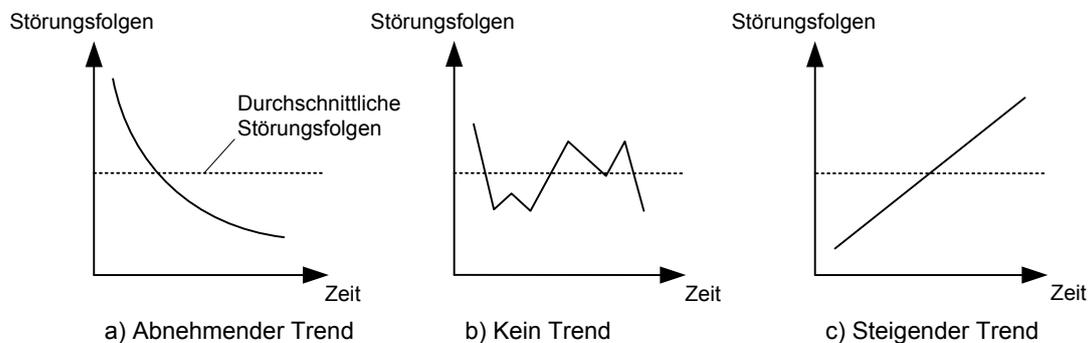


Abbildung 49: Verlauf und Trend der Störungsfolgen einer technischen Lösung

Schritt 3 (Abbildung 46): Die Risikoklassifikation erfolgt anhand der in Schritt 2 berechneten durchschnittlichen Störungsfolgen und des Trends der Störungsfolgen (Abbildung 50). Der Grenzwert bei der Einstufung in hohe und niedrige Störungsfolgen ist dabei unternehmensspezifisch durch die Qualitätssicherungsabteilung oder die Geschäftsleitung festzulegen. Es wird angenommen, dass technische Lösungen, deren Störungsfolgen abnehmend sind (Fall a), ein geringeres Störungsrisiko haben als solche, bei denen die Höhe der Störungsfolgen schwankt (Fall b) oder ansteigend ist (Fall c).

Trend der Störungsfolgen	Kein Trend (b) Steigender Trend (c)	Risikoklasse 2 (Kann-Maßnahmen)	Risikoklasse 3 (Muss-Maßnahmen)
	Abnehmender Trend (a)	Risikoklasse 1 (Keine Maßnahmen)	Risikoklasse 2 (Kann-Maßnahmen)
		niedrig	hoch
Durchschnittliche Störungsfolgen			

Abbildung 50: Risikoklassifikation der technischen Lösung

Schritt 4 (Abbildung 46): Bei einer mittleren und einer hohen Risikoklasse wird die Entwicklung von Kann- beziehungsweise Muss-Maßnahmen mit Hilfe des Basisservice Maßnahmenmanagement ausgelöst (siehe Abschnitt 5.2.2.).

Wurden keine gleichen oder ähnlichen technischen Lösungen gefunden, führen Experten eine Bewertung ohne Systemunterstützung durch.

5.3.3.3 Service Entwicklungs- und produktionsbegleitende Störungsprävention

Alle an der Auftragsabwicklung beteiligten Rollen auf allen Hierarchieebenen können zu einer Störungsprävention beitragen (Abbildung 51). Für eine effektive und effiziente Störungsprävention müssen die Rollen mit Störungsinformationen versorgt werden, die zu ihrem Tätigkeitsbereich passen (kontextspezifische Störungsdatenbereitstellung).

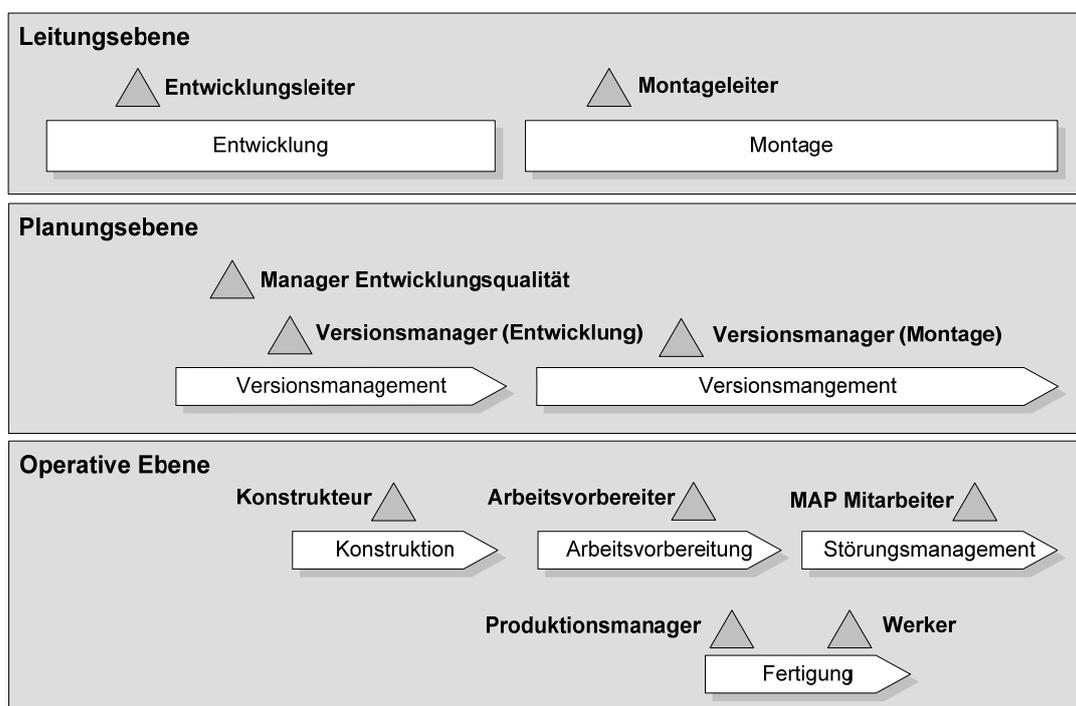


Abbildung 51: Rollen und Hierarchieebenen in der Auftragsabwicklung

Im Folgenden werden die Technologien zur Informationsbereitstellung aufgezeigt. Anschließend wird dargestellt, wie diese für die Durchführung der Analysen eingesetzt werden.

Mit Hilfe des Service Entwicklungs- und produktionsbegleitende Störungsprävention werden die Störungsdaten über ein sogenanntes Störungsmanagement-Dashboard bereitgestellt. Dieses ermöglicht eine durch den Benutzer anpassbare Darstellung der Störungsinformationen (Abbildung 52). Kennzeichnend für das Dashboard sind die rollen- oder benutzerspezifischen Registerkarten, in denen die Analysen zusammengefasst dargestellt werden.

In Tabelle 17 sind die Technologien zur Bereitstellung von Störungsinformationen geordnet nach den Hierarchieebenen zusammengefasst. Die einzelnen Technologien werden im Folgenden in der Übersicht beschrieben. Anhand von Beispielen und Rollen werden diese Technologien im Abschnitt 6.3 erörtert.

Die Ad-hoc-Analyse und die Drill-through Operation werden durch den Basisservice Störungsdatenmanagement bereitgestellt (Abschnitt 5.2.1.2). In einer Ad-hoc-Analyse der Störungsdaten werden die Analysekriterien, Filterfunktionen und Darstellungsformen durch den Benutzer ausgewählt; sie wird für speziell geschulte Mitarbeiter auf der Planungsebene angeboten. Die Drill-through Operation ermöglicht es, für einen ausgewählten Störungsbereich auf die operativen Störungsdaten zurückzugreifen; dies ist insbesondere für die operative Ebene erforderlich. Die Definition von Eingriffs- und Warngrenzen (siehe Abschnitt 5.2.1.3) wird genutzt, um beispielsweise auf der Managementebene eine Warnmeldung anzuzeigen, sobald in einer Störungskategorie ein Grenzwert überschritten wurde. Auf operativer Ebene wird diese Technologie eingesetzt, um das Störungsaufkommen im Zusammenhang mit ausgewählten Objekten (Bauunterlagen, Arbeitspläne) zu verfolgen.

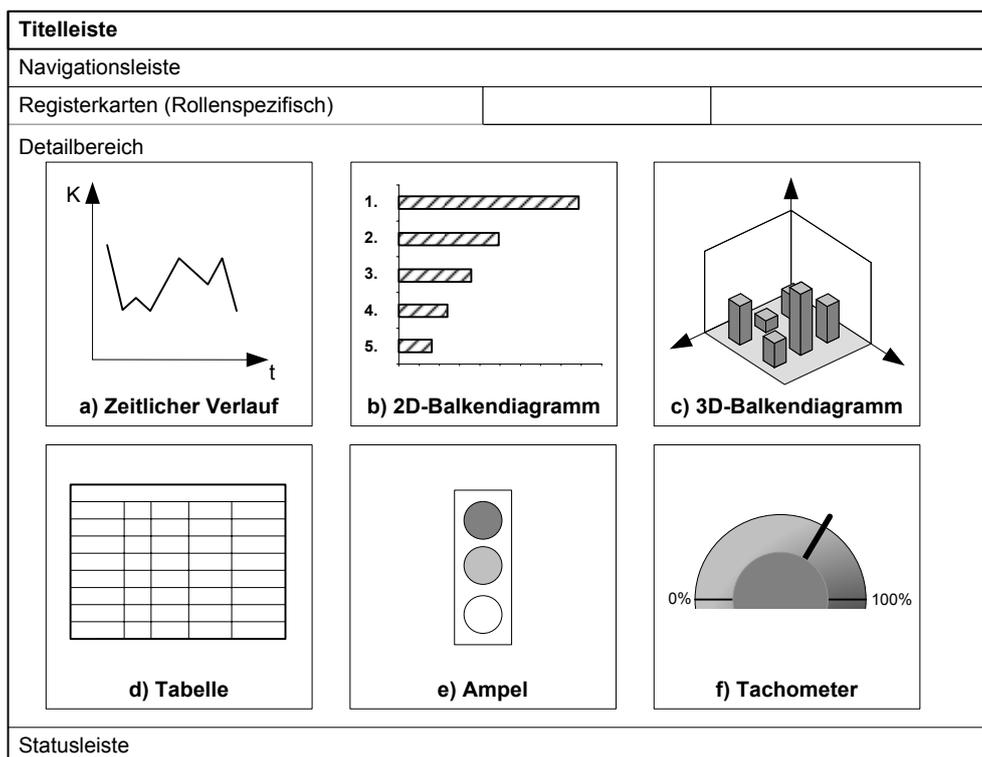


Abbildung 52: Darstellung der Benutzeroberfläche eines Störungsmanagement-Dashboards

Analysen können durch eine zentrale Rolle aus der Planungsebene für andere Rollen vordefiniert werden. Andere Rollen wählen die für sie interessantesten Analysen aus und nutzen sie für die Befriedigung der eigenen Informationsbedürfnisse. Ebenso ist es möglich, nach dem

Push-Prinzip eine Rolle automatisch über geänderte Informationsstände zu informieren (siehe Abschnitt 5.2.1.3). Alle Benutzer können auf die vordefinierten Analysen zurückgreifen und der Aufwand für die individuelle Erstellung von Analysen wird reduziert. Zusätzlich wird sichergestellt, dass jeder Benutzer auf dem gleichen Stand der Information ist. Lässt sich der Informationsbedarf durch die Analysen vollständig decken, reduziert sich außerdem der Schulungsaufwand.

Durch Befragung von Mitarbeitern, die die in Abbildung 51 genannten Rollen haben, wurden typische Maßnahmen zur Störungsprävention ermittelt. Anschließend wurde der in der Maßnahmenentwicklung vorhandene Informationsbedarf abgeleitet und festgelegt, wie dieser mit Hilfe des Basisservice Störungsdatenmanagement gedeckt wird (Analysen).

In den folgenden drei Tabellen sind Beispiele für Maßnahmen und die zugehörigen Analysen gegliedert nach Hierarchieebene dargestellt. Sofern die Analysen prototypisch umgesetzt wurden, ist ein entsprechender Verweis zu finden.

Tabelle 17: Technologien zur Bereitstellung und Analyse von Störungsdaten

Technologie	Managementebene	Planungsebene	Operative Ebene
Störungsmanagement Dashboard	●	●	●
Ad-hoc-Analyse	○	●	●
Standardisierte Analyse (3D- oder 2D-Balkendiagramm)	●	●	●
Standardisierte Analyse (Tabellarisch)	●	●	●
Standardisierte Analyse (Zeitlicher Verlauf)	●	●	●
Personalisierbare Analysen nach dem Pull-Prinzip	○	●	●
Abonnieren von vordefinierten Analysen (Push-Prinzip)	●	●	●
Definition von Eingriffs- und Warngrenzen (Ampel- oder Tachometerdarstellung)	●	●	●
Drill-through Operation	○	●	●

Legende: ● geeignet ● bedingt geeignet ○ ungeeignet

In Tabelle 18 sind typische Maßnahmen aufgeführt, die auf der Leitungsebene durchgeführt werden. Die aufgeführten Analysen werden im Störungsmanagement-Dashboard dargestellt und lassen sich mit Eingriffs- und Warngrenzen versehen.

Tabelle 18: Typische präventive Maßnahmen auf der Leitungsebene

Rollen	Entwicklungs- und Fertigungsleiter, Qualitätsmanager
Maßnahmen	<p>Eingriff, wenn die auf der operativen Ebene und der Planungsebene getroffenen Maßnahmen unwirksam sind</p> <p>Sensibilisieren der Mitarbeiter für die Bedeutung des präventiven Störungsmanagements</p> <p>Förderung eines programmübergreifenden Informationsaustauschs bezüglich bestimmter Technologien und Prozesse</p> <p>Initiierung von Qualifizierungsmaßnahmen</p>
Analysen	<p>Anzeige der Störungskategorien mit den größten Auswirkungen (2D-Balkendiagramm; siehe Abbildung 65)</p> <p>Trend der Restarbeitsstunden (siehe Abbildung 64) und des Störungsaufkommens</p> <p>Analyse der Maßnahmenwirksamkeit für eine bestimmte Störungskategorie (Zeitlicher Verlauf; siehe Abbildung 66)</p> <p>Head of Version/Rebuild-Vergleich (2D-Balkendiagramm)</p>

Die auf der Planungsebene durchgeführten Maßnahmen sind spezifischer und erfordern einen höheren Detaillierungsgrad der Analysen (Tabelle 19). Die ortsbezogene Störungsursachenanalyse ist ein typisches Beispiel für eine personalisierte Analyse, da diese bis auf den zu betrachtenden Störungsort vordefiniert ist.

Tabelle 19: Typische präventive Maßnahmen auf der Planungsebene

Rollen	Versionsmanager (Entwicklung und Montage)
Maßnahmen	<p>Sicherstellen, dass alle von einer Modifikation betroffenen Fachabteilungen eingebunden sind</p> <p>Durchführung von Abstimmungsrunden mit Fachabteilungen, die von Störungen potenziell betroffen sind</p> <p>Faktenbasierte Sensibilisierung der Mitarbeiter bezüglich der Probleme, die bei einer ausgewählten Version oder bei der Umsetzung von technischen Lösungen auftraten</p> <p>Intensivierung der Abstimmung der Abteilungen untereinander.</p> <p>Fördern des Erfahrungstransfers</p> <ul style="list-style-type: none"> • zwischen den Mitarbeitern, die für ähnliche technische Lösungen verantwortlich sind, und • zwischen den Programmen <p>Durchführung einer Planungsanpassung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empfehlungen für die Anpassung der Zeit- und Budgetplanung geben • Nachfolgende Abteilungen bezüglich potentieller Mehraufwände und Risiken warnen
Analysen	<p>Ad-hoc-Analyse, um Vermutungen zu verifizieren oder zu falsifizieren</p> <p>Orts- oder modifikationsbezogene Störungsursachenanalyse (3D-Balkendiagramm; siehe Abbildung 67 und Abbildung 69)</p> <p>Ermittlung der Fachabteilungen, die an einer Modifikation beteiligt sind (Tabelle)</p> <p>Vergleichende Betrachtung von Versionen, die als ähnlich komplex eingeschätzt werden oder für den gleichen Kunden sind (3D-Balkendiagramm)</p> <p>Ermittlung von Störungshäufungen einer Konfiguration (2D-Balkendiagramm)</p> <p>Analyse des zeitlichen Verlaufs der durch eine technische Lösung verursachten Störungen</p>

Der höchste Detaillierungsgrad der Analysen ist auf der operativen Ebene erforderlich (Tabelle 20). Eine typische Analyse ist hierbei, zu einer einzelnen Bauunterlage Detaildaten über die Störungen aufzurufen (Drill-through Operation).

Eine weitere wichtige Methode ist die personalisierte Analyse, mit der ein Konstrukteur beispielsweise die typischen Störungsursachen ermitteln kann, die durch Bauunterlagen in seinem Verantwortungsbereich verursacht wurden.

Unabhängig von der betrachteten Hierarchieebene werden aufbauend auf der Analyse der Störungsinformationen die Maßnahmenentwicklung mit Hilfe des Basisservice Maßnahmenmanagement initiiert (siehe Abschnitt 5.2.2).

Tabelle 20: Typische präventive Maßnahmen auf der operativen Ebene

Rollen	Fachabteilungsleiter (E), Konstrukteur
Maßnahmen	Anpassung von Bauunterlagen zur fertigungsgerechteren Darstellung Verbesserung der Bauunterlagenabstimmung mit anderen Fachabteilungen Erfahrungen mit Technologien aus anderen Programmen einholen und in die Bauunterlagenerstellung einfließen lassen
Analysen	Orts- und systembezogene Störungsursachenanalyse (3D-Balkendiagramm). Häufung bestimmter Störungsursachen gewichtet nach den Störungsfolgen. Beispiel: Bauunterlagen mit Störungsursache <i>Zeichnerische Darstellung</i> mit Störungsfolge <i>Bauabweichung</i> (3D-Balkendiagramm) Störungsursachenanalyse für den eigenen Verantwortungsbereich (ATA und Sektion) für bestimmte Themen, zum Beispiel Klimasystem (2D-Balkendiagramm) Ermittlung der Systeme (ATA), die in Verbindung mit einer ausgewählten Störungsursache auftreten wie zum Beispiel: Störungsursache <i>Kollision</i> über ATA-Kapitel (2D-Balkendiagramm) Analyse, welche Probleme zwischen dem eigenen Organisationsbereich in Verbindung mit einem anderen Organisationsbereich auftreten wie zum Beispiel: Primär- mit Sekundärstruktur (Tabelle) Analyse, für welche Bereiche eine Konstruktion oder eine Beauftragung fehlte (Tabelle) Für eine bestimmte Bauunterlage überprüfen, welche Störungen durch sie verursacht worden sind (Tabelle; siehe Abbildung 72) Programmunabhängige Analyse der Störungen in Verbindung mit einer ausgewählten Technologie (2D-Balkendiagramm)

In den vorangegangenen Abschnitten wurde das Konzept des Störungsmanagementsystems, das heißt die Referenzprozesse des Störungsmanagements und die Services zur Unterstützung der Mitarbeiter, beschrieben. Im folgenden Abschnitt wird ein Konzept zur Implementierung dieses Störungsmanagementsystems dargestellt.

5.4 Implementierung des Störungsmanagementsystems

Neben der technischen Implementierung des Störungsmanagementsystems muss sichergestellt werden, dass die Mitarbeiter und die Organisation auf die sich ergebenden Änderungen vorbereitet werden. In diesem Abschnitt wird dazu eine Vorgehensweise zur Softwareentwicklung und -implementierung beschrieben, die die technische Implementierung und das organisatorische Veränderungsmanagement berücksichtigt. Dabei werden Methoden und Vorgehensmodelle aus den Bereichen Projektmanagement, Softwaretechnik und Veränderungsmanagement (Change Management) angewendet.

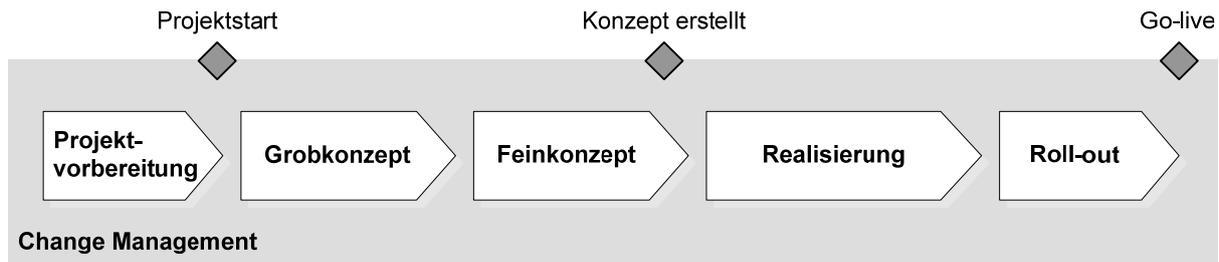


Abbildung 53: Phasen der Implementierung

Ein Implementierungsprojekt gliedert sich typischerweise in die Phasen Projektvorbereitung, Grobkonzeptentwicklung, Feinkonzeptentwicklung, Realisierung und Roll-out (Abbildung 53). Meilensteine sind der Projektstart, die Fertigstellung des Konzepts und der Start der Nutzung des neuen Störungsmanagementsystems (Go-live).

Während der gesamten Laufzeit des Implementierungsprojekts werden die technische Implementierung und das Change Management parallel behandelt (Tabelle 21). In den nächsten beiden Abschnitten werden die Aufgaben der technischen Implementierung und des Change Managements in den fünf Phasen eines Implementierungsprojekts beschrieben.

5.4.1 Technische Implementierung

Die Implementierung der Störungsmanagementapplikation beginnt mit der **Projektvorbereitung**, in deren Verlauf in einer Projektspezifikation das Projektziel und der Projektzeitplan beschrieben werden. In diesem Dokument werden ebenfalls die Projektmeilensteine mit den jeweils zu erreichenden Ergebnissen beschrieben.

Anschließend wird eine Projektorganisation aufgebaut; dazu zählen die Beschreibung der Projektrollen, die Bildung eines Lenkungsausschusses sowie die Teamzusammenstellung.

Zur Unterstützung der Mitarbeiter bei der Abwicklung eines Implementierungsprojekts dient das Reifegradmodell, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt wurde. Im Reifegradmodell sind die in den branchenübergreifenden Industrieprojekten und der Workshop-

Reihe (siehe Abschnitt 4.3) gesammelten Erkenntnisse im Bereich Störungsmanagement standardisiert zusammengefasst.

Tabelle 21: Aufgaben in den Phasen eines typischen Implementierungsprojekts

Phase	Aufgaben der technischen Implementierung	Change Management-Aufgaben
Projektvorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> Projektspezifikation erstellen Projektorganisation aufbauen, Team zusammenstellen, Lenkungsausschuss bilden Handlungsbedarf im Störungsmanagement (Reifegradmodell) bewerten Business Case (Nutzen, Risiko) erarbeiten 	<ul style="list-style-type: none"> Change Management Strategie entwickeln Stakeholder-Gruppen ermitteln Kommunikationsform planen Regeln zur Entscheidungsfindung und Eskalation bei Problemen aufstellen
Grobkonzeptentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> Soll-Konzept mit Hilfe des Reifegradmodells entwickeln Systemarchitektur definieren <ul style="list-style-type: none"> • Systemfunktionen und Services • Anbindung an bestehende Systeme (Schnittstellen) • Datenmodell Soll-Prozesse entwickeln Roll-out Strategie festlegen und Datenmigration planen 	<ul style="list-style-type: none"> Change Management Plan aufstellen Struktur der zukünftigen Aufbauorganisation beschreiben
Feinkonzeptentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> Soll-Konzept verfeinern Funktionsbeschreibung erstellen Rollen- und Berechtigungskonzept entwickeln 	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkungen der Veränderungen analysieren Bestehende Prozesse mit den neuen Prozessen und Organisationseinheiten abstimmen Vorgehensweise beim Übergang von der alten zur neuen Vorgehensweise festlegen
Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> Standardservices anpassen Kundenspezifische Services programmieren Bestehende Systeme anbinden Daten migrieren Applikation testen Rollen- und Stellenbeschreibungen erstellen 	<ul style="list-style-type: none"> Schulungskonzept entwickeln Aktivitäten aus den Aktionsbereichen <i>Führung und Förderung</i> und <i>Kommunikation</i> ausführen (siehe Abschnitt 5.4.2)
Roll-out	<ul style="list-style-type: none"> Roll-out ausführen Schulungen durchführen Fehler erfassen und beseitigen 	<ul style="list-style-type: none"> Produktivität und Leistungsfähigkeit des neuen Systems bewerten Erfahrungen mit den neuen Systemen/Prozessen erfassen

Das Reifegradmodell besteht aus vier Handlungsbereichen und zwölf Handlungsfeldern (Tabelle 22). Für jedes Handlungsfeld wurden Bewertungskriterien definiert und mögliche Ausprägungen formuliert, die den jeweiligen Reifegrad widerspiegeln. Die Bedeutung der Handlungsfelder ist in Tabelle 38 im Anhang dargestellt.

Tabelle 22: Handlungsbereiche und Handlungsfelder des Reifegradmodells

Handlungsbereiche	Handlungsfelder		
1. Störungsdatenmanagement	1.1 Störungsdatenerfassung	1.2 Störungsdatenanalyse	1.2 Verfügbarkeit von Störungswissen
2. Prozess und Organisation	2.1 Rollen und Verantwortlichkeiten	2.2 Workflow und Eskalation	2.3 Maßnahmenmanagement
3. Methoden und Werkzeuge	3.1 Störungsbeseitigung	3.2 Störungsschwerpunktbeseitigung	3.3 Störungsprävention
4. Führung und Anreize	4.1 Relevanz des Störungsmanagements	4.2 Mitarbeiter- und Organisationsentwicklung	4.3 Anreize auf Mitarbeiterenebene

Der Reifegrad 1 wird im jeweiligen Handlungsfeld erreicht, wenn erste Schritte im Bereich Störungsmanagement unternommen wurden. Sind im betrachteten Störungsmanagementsystem systematische beziehungsweise rechnerunterstützte Ansätze im Handlungsfeld erkennbar, wird der Reifegrad 2 gewählt. Entspricht das Handlungsfeld dem Stand der Technik oder enthält innovative Ansätze, wird das Störungsmanagementsystem mit dem Reifegrad 3 eingestuft. Die Gesamtbewertung eines Handlungsbereichs wird mit Hilfe des Mittelwerts der erreichten Punktzahlen für die Bewertungskriterien ermittelt. Die Reifegraddefinition ist in Tabelle 23 für den Handlungsbereich Störungsdatenanalyse dargestellt.

Das Reifegradmodell dient dazu,

- den Handlungsbedarf im Bereich Störungsmanagement zu beurteilen und festzulegen, welche Bereiche des Störungsmanagements aufgrund eines hohen Verbesserungspotenzials mit hoher Priorität zu verbessern sind,
- einen unternehmensübergreifenden Vergleich von Störungsmanagementsystemen durchzuführen (Benchmark) und

- im Rahmen der Konzeptentwicklung sicherzustellen, dass alle Bereiche des Störungsmanagements betrachtet werden. Zusätzlich werden Hinweise für die Gestaltung eines neuen Störungsmanagementsystems gegeben, da die jeweils höheren Reifegrade mögliche Verbesserungen aufzeigen.

Tabelle 23: Definition der Reifegrade für den Handlungsbereich 1.2 Störungsdatenanalyse

Bewertungskriterien	Reifegrad 1 (10 Punkte)	Reifegrad 2 (50 Punkte)	Reifegrad 3 (100 Punkte)
Methoden zur Störungsdatenanalyse	Keine (übergreifende) Auswertung von Störungsdaten	Nutzung von Tabellenkalkulationsprogrammen	Data-Warehouse und Business Intelligence Analysemethoden
Art der Störungsdatenanalyse	Die Störungsdaten werden nicht systematisch erfasst	Die Störungsdaten lassen sich mit Expertenwissen auswerten	Vordefinierte Analysen, die standardisiert und ohne Expertenwissen ausführbar sind
Verfügbarkeit der Störungsdaten	Die Störungsdaten sind nur einzelnen Mitarbeitern zugänglich (Verwendung von lokalen Datenträgern)	Die Störungsdaten werden in abteilungsbezogenen Datenspeichern abgelegt	Die Störungsdaten sind übergreifend verfügbar und analysierbar, das heißt projekt-, abteilungs-, werks-, hierarchieebenen- und unternehmensübergreifend
Nutzung der Störungsdaten	Die Störungsdaten werden <u>nur</u> für die Einzelstörungsbeseitigung genutzt	Die Störungsdaten werden zusätzlich für die Störungsschwerpunkt-beseitigung <u>oder</u> die Störungsprävention genutzt	Systematisch in <u>beiden</u> im Reifegrad 2 genannten Prozessen
Störungswiederholung	Die Wiederholung von Störungen lässt sich mit den gespeicherten Daten nicht aufzeigen	Die Wiederholung von Störungen ist ermittelbar, aber die Analyse wird nicht durch ein System unterstützt	Die Störungsdatenanalyse zeigt automatisch auf, dass eine Störung wiederholt aufgetreten ist (Warnmeldung)
Störungsfolgen	Störungsfolgen lassen sich nicht auswerten	Störungsfolgen können über eine separate Analyse ermittelt werden	Störungsfolgen sind durch die Störungsmanagementapplikation analysierbar

Nach der Festlegung der Entwicklungsschwerpunkte des Störungsmanagementsystems wird ein sogenannter Business Case erstellt, der folgende Informationen enthält: erwartete inhaltliche Ergebnisse, qualitative Vorteile des neuen Störungsmanagementsystems im Vergleich zum bestehenden, erwartete quantitative Projektergebnisse und Risikobetrachtung (Risiko des Projektabbruchs und Risiko des Nichteintretens des finanziellen Nutzens).

In der folgenden Phase der **Grobkonzeptentwicklung** wird ein Soll-Konzept des Störungsmanagements entwickelt. Zur Festlegung der Entwicklungsschwerpunkte des neuen Störungsmanagementsystems wird das Reifegradmodell genutzt, da der Reifegrad 2 und 3 für das

jeweilige Handlungsfeld einen erstrebenswerten Soll-Zustand des Störungsmanagements in einem Unternehmen beschreibt. Die anhand des Reifegradmodells festgelegten Entwicklungsschwerpunkte haben Auswirkungen auf die Systemarchitektur: Insbesondere sind dabei die Systemfunktionen und Services (siehe Abschnitte 5.2 und 5.3), die Schnittstellen zu bestehenden Systemen sowie das Datenmodell und der Data-Warehouse Prozess (siehe Abschnitt 5.2.1.1) zu berücksichtigen.

Tabelle 24: Gegenüberstellung der Roll-out-Strategien

Bereich	Strategie der übergangslosen Einführung	Strategie der sukzessiven Einführung
Systemeinführung	<ul style="list-style-type: none"> + Nutzen der Einführung des neuen Störungsmanagementsystems wirkt sich sofort aus - großes Risiko und hohe Komplexität des Projektmanagements - intensive Testphase erforderlich - es fehlt eine Übergangsphase, in der das bestehende und das neue System parallel vorhanden sind, um Erfahrungen mit dem neuen System zu sammeln, bei Problemen aber auf das bestehende System zurückgreifen zu können 	<ul style="list-style-type: none"> + geringes Risiko und Komplexität für das Projektmanagement + Aufwand für die Schulung der Benutzer zeitlich verteilbar - längere Projektlaufzeit - temporäre Schnittstellen zu anderen Systemen - Interdependenzen zwischen den Services beschränken die Einführungsreihenfolge
Prozesseinführung	<ul style="list-style-type: none"> + kürzerer Einführungszeitraum - hohes Einführungsrisiko - starke Beanspruchung der Prozessorganisatoren 	<ul style="list-style-type: none"> + sukzessives Kennenlernen der neuen Prozesse + Erfahrungen aus ersten Einführungen nutzbar für nachfolgende Teileinführungen + Betreuungsaufwand durch die Prozessorganisatoren gering + Mitarbeiter können bei einer regionalen Aufteilung des Roll-outs ihren Mitarbeitern in anderen Regionen bei der Einarbeitung helfen

Durch eine sogenannte Roll-out-Strategie wird festgelegt, in welcher Reihenfolge bestehende Systeme und Prozesse durch neue ersetzt werden und wie diese in den unterschiedlichen Standorten implementiert werden. Dies sind die

- Strategie der sukzessiven Einführung, bei der die neuen Systeme und Prozesse zeitlich versetzt in ausgewählten Regionen oder Unternehmensfunktionen eingeführt werden, und die
- Strategie der übergangslosen Einführung, bei der bestehende Systeme und Prozesse zu einem festen Termin vollständig durch die neuen Systeme und Prozesse ersetzt werden.

Die Pilotierung ist eine Mischung aus beiden genannten Roll-out Strategien, bei der ein Prototyp der neuen Software zunächst nur in einem solchen Unternehmensbereich eingeführt wird. Beispielsweise könnte ein einzelner Produktionsstandort als Pilotbereich dienen [50].

Die Vor- und Nachteile der Strategie der sukzessiven Einführung und der Strategie der übergangslosen Einführung sind in Tabelle 24 gegenübergestellt; dabei wird zwischen einer Prozesseinführung und einer Systemeinführung unterschieden [49].

Für die Einführung des Störungsmanagementsystems sollte eine Strategie zur sukzessiven Einführung gewählt werden: Als erstes wird das Kernsystem mit den Basisservices und den prozessspezifischen Services für die Einzelstörungserfassung und -beseitigung in einem Werk/ Standort eingeführt. Anschließend werden die prozessspezifischen Services für die Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention implementiert; der gesamte Ablauf wiederholt sich in jedem Werk. Dabei werden die Störungen ab einem Stichtag in dem neuen System erfasst. Die Altsysteme bleiben aktiv, bis alle im Altsystem erfassten Störungen beseitigt sind.

In der **Feinkonzeptentwicklung** wird das Soll-Konzept detailliert. Dabei werden die Soll-Prozesse basierend auf den Referenzprozessen für die Einzelstörungserfassung und -beseitigung (siehe Abschnitt 5.3.1.1), die Störungsschwerpunkt-beseitigung (siehe Abschnitt 5.3.2.1) und die Störungsprävention (siehe Abschnitt 5.3.3.1) entwickelt. Des Weiteren werden in dieser Phase die Basisservices und die prozessspezifischen Services an die Unternehmensanforderungen angepasst (Tabelle 25). Hinzu kommt die Festlegung der Rollen im Störungsmanagement und deren Benutzerrechte.

Anschließend müssen die Altsysteme an das neue System angebunden werden. Falls nach der Einführung des neuen Systems Altsysteme im Betrieb bleiben sollen, sind diese gegebenenfalls technisch anzupassen. Außerdem sind in der Feinkonzeptentwicklung übergangsweise geltende Prozesse, Systeme und Schnittstellen zu definieren, falls eine Roll-out Strategie der sukzessiven Einführung gewählt worden ist.

Ziel der Phase der **Realisierung** ist, das Soll-Konzept auf Grundlage der Funktionsbeschreibung, der Datenmodellspezifikation, der Schnittstellendefinition, des Rollen- und Berechtigungskonzepts und der vorgesehenen Systemarchitektur umzusetzen und zu testen. Im Idealfall werden alle unternehmensspezifischen Anforderungen durch eine Anpassung des im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten Störungsmanagementkonzepts erfüllt (Tabelle 25).

Tabelle 25: Anpassungen der Basisservices und der prozessspezifischen Services

Bereich	Erforderliche Anpassungen
Basisservices	Definition des Datenmodells (Abschnitt 5.2.1.1) Definition der Analysefunktionen (Abschnitt 5.2.1.2) Festlegung der Warnmeldungsregeln sowie der standardisierten und personalisierten Analysen (Abschnitt 5.2.1.3) Anpassung des Maßnahmenentwicklungsprozesses und Festlegung der zu verwendenden Methoden (Abschnitt 5.2.2) Anpassung der Eskalationsregeln (Abschnitt 5.2.3.2)
Einzelstörungserfassung und -beseitigung	Definition der Dimensionshierarchien, die für die Störungsdiagnose zu verwenden sind (Abschnitt 5.3.1.2 und 6.2.2) Festlegung der Einzelfaktoren zur Bewertung der Störungspriorität und der Fragen zur Bestimmung des Wichtigkeitsfaktors (5.3.1.3)
Störungsschwerpunktsbeseitigung	Bestimmung der Bewertungskriterien für die Analysepriorität und Maßnahmenumsetzungspriorität (Abschnitt 5.3.2.2)
Störungsprävention	Anpassung des Service Risikomanagement (Abschnitt 5.3.3.2) Spezifizierung und Umsetzung der Technologien für die entwicklungs- und produktionsbegleitende Störungsprävention (Abschnitt 5.3.3.3)

Für den Fall, dass Teile der Störungsmanagementapplikation neu programmiert werden müssen, stehen dafür verschiedene Vorgehensmodelle zur Softwareentwicklung und -einführung zur Verfügung:

- Software-Entwicklungsprozesse wie das Wasserfallmodell, das Spiralmodell oder das V-Modell, die die Entwicklung der Software von der Konzeption bis zum Einsatz steuern [53].
- Software-Lebenszyklusmanagement, das den gesamten Lebenszyklus der Software betrachtet. Ein Beispiel aus dieser Gruppe ist das Capability Maturity Model Integration (CMMI). Siehe hierzu [54], [55] oder [56].
- Softwareentwicklungs-Philosophien wie das Software Prototyping, die keine konkreten Handlungsanweisungen liefern, sondern nur das grundsätzliche Vorgehen beschreiben. Siehe hierzu beispielsweise [57].

Nach der Realisierung der Software werden die neuen Prozesse und das neue System entsprechend der Roll-out Strategie implementiert. Eine wesentliche Aufgabe in der Phase **Roll-out** ist die Schulungsdurchführung. Je nach Anzahl der zukünftigen Benutzer werden diese entweder direkt geschult oder nur ausgewählte Hauptbenutzer, die dann ihr Wissen an andere Benutzer weitergeben.

Das neu eingeführte Störungsmanagementsystem wird trotz aufwändiger Systemtests nicht fehlerfrei laufen; diese Fehler zu erfassen und zu beheben, ist ein wesentlicher Inhalt der Roll-out Phase.

5.4.2 Change Management

Das Change Management verfolgt das Ziel, die Unternehmensorganisation an die Änderungen von Arbeitsmethoden, Prozessen und Informationssystemen anzupassen beziehungsweise bei der Umsetzung von Änderungen zu begleiten. Durch das Change Management soll ein Umdenken bezüglich des Umgangs mit Störungen erreicht werden. Um die Mitarbeiter für die Bedeutung von Fehlern und Störungen langfristig zu sensibilisieren, werden die Change-Management-Aktivitäten nach der Inbetriebnahme des neuen Störungsmanagementsystems weiter durchgeführt.

Im Folgenden wird ein Überblick über die Change Management Aktivitäten in einem typischen Implementierungsprojekt gegeben. Weiterführende Literaturstellen sind der Tabelle 37 im Anhang zu entnehmen.

Die wichtigsten Aktionsbereiche des Change Managements sind Führung und Förderung, Kommunikation und Information, Qualifikation und Kompetenzaufbau sowie die Aufbauorganisation:

- **Führung und Förderung:** In jedem Unternehmen sind Interessenvertreter (Stakeholder) vorhanden, die offiziell oder inoffiziell Einfluss auf das Implementierungsprojekt nehmen. Diese Personen sind zu identifizieren und es ist ein positives Meinungsbild bezüglich der Einführung des Störungsmanagementsystems zu schaffen.
- **Kommunikation und Information:** Die Kommunikation der Auswirkungen des neuen Störungsmanagementsystems auf die bestehenden Prozesse, Rollen und Verantwortlichkeiten sowie deren Vorteile ist eine wichtige Aufgabe in einem Implementierungsprojekt. Eine klare, verständliche und regelmäßige Kommunikation soll die Akzeptanz erhöhen, den Widerstand verringern und die Unterstützung der Stakeholder sichern. Über die regelmäßige Kommunikation wird die Relevanz des Störungsmanagements verdeutlicht und die Mitarbeiter werden sukzessiv zu einem aktiven Umgang mit dem Thema Störungen motiviert.
- **Qualifikation und Kompetenzaufbau:** Die Einführung eines neuen Störungsmanagementsystems in einem Unternehmen hat Auswirkungen auf die erforderlichen Qualifikationen und Kompetenzen; die potenziellen Defizite der Mitarbeiter in diesem Bereich sind zu identifizieren und zu beseitigen. Falls kurzfristige Maßnahmen nicht ausreichen, sind langfristig Umschulungsmaßnahmen in Betracht zu ziehen oder die Einstellungskriterien für neue Mitarbeiter zu ändern.

- **Aufbauorganisation:** Es ist zu überprüfen, ob die Aufbauorganisation des Unternehmens geeignet für die neuen Störungsmanagementprozesse und -methoden ist. Insbesondere ist sicherzustellen, dass die Anforderungen der geänderten Prozesse und Methoden mit den Managementstrukturen, den Rollen und den Verantwortlichkeiten abgestimmt sind. Es ist sinnvoll, den Grad der Änderung für jede Rolle zu bewerten und zu ermitteln, inwieweit die betroffenen Rollen die Änderungen mittragen können.

Im Folgenden wird gezeigt, wie die Aktionsfelder in den Phasen des Einführungsprojekts für das Störungsmanagementsystem angewendet werden.

In der Phase der **Projektvorbereitung** ist eine Change-Management-Strategie aufzubauen. Dabei sind die Stakeholder zu identifizieren und zu beurteilen, in welchem Umfang diese von der Einführung betroffen sind.

Für das Einführungsprojekt sind Regelungen, Rollen und Verantwortlichkeiten bezüglich der Entscheidungsfindung und Eskalation bei Problemen erforderlich. Typischerweise wird ein Störungsmanagementsystem auf der Arbeitsebene konzipiert und entwickelt. Um im Konfliktfall eine abschließende Entscheidung zu fällen, muss zusätzlich eine übergeordnete Instanz festgelegt werden.

Ziel der Phase **Grob- und Feinkonzeptentwicklung** aus Sicht des Change Managements ist, ein gemeinsames Verständnis der Auswirkungen des neuen Störungsmanagementsystems auf die organisatorischen Einheiten, Rollen und Verantwortlichkeiten, Prozesse und bestehende Softwaresysteme herzustellen. Um alle Organisationseinheiten auf die bevorstehenden Änderungen vorzubereiten, wird in einer Auswirkungsanalyse (Work-Impact-Analysis) ermittelt, was sich ändert und welche Ausprägungen diese Änderungen haben. Die Ergebnisse der Auswirkungsanalyse dienen als Eingangsgröße für die organisatorischen Änderungen und den Aufbau von Qualifikationen und Kompetenzen.

Um die Akzeptanz bei allen Stakeholdern zu erreichen, müssen die Vorteile des neuen Störungsmanagementsystems gegenüber den bestehenden Systemen bekannt sein und die Stakeholder in wichtige Entscheidungen eingebunden werden.

Ein Übergangsplan dient dazu, die bevorstehenden Änderungen aufzuzeigen und zu kommunizieren. Es werden Empfehlungen abgegeben, wie jede Rolle, jede Organisationseinheit und jedes Werk mit den Änderungen umgehen muss, um den Übergang zum neuen System zu beschleunigen. In die Erstellung dieses Übergangsplans sollten möglichst alle Personen eingebunden werden, die Prozessverantwortung tragen.

In der Phase der **Realisierung** werden die gezeigten Change-Management-Aktivitäten weiterhin ausgeführt. Hinzu kommen die Erstellung und Abstimmung der Schulungsaktivitäten für die Benutzer. Die Führungs- und Förderaktivitäten werden auf alle lokalen Ebenen aus-

geweitet. Dabei ist sicherzustellen, dass den identifizierten Rollen des Störungsmanagements Mitarbeiter zugeordnet werden.

Der Schwerpunkt der Aktivitäten in der Phase **Roll-out** liegt auf Betrachtung der Produktivität und Leistungsfähigkeit des neuen Störungsmanagementsystems. Dazu werden die Anpassung der Prozesse und der Mitarbeiter an das neue System bewertet und die Erfahrungen mit dem neuen System und den neuen Prozessen erfasst.

6 Prototyp des Störungsmanagementsystems *assist*^{IT}

Im vorangegangenen Kapitel wurde das Konzept des Störungsmanagementsystems beschrieben. Wesentliche Teile dieses Konzepts wurden prototypisch am Beispiel eines europäischen Herstellers von Zivilflugzeugen realisiert, um die Umsetzbarkeit des Konzepts aufzuzeigen.

Die Systemarchitektur und die programmtechnische Umsetzung des Prototyps *assist*^{IT} werden im ersten Abschnitt dieses Kapitels beschrieben. Anschließend wird im zweiten Abschnitt die Datengrundlage der prototypischen Realisierung dargestellt. Die Analysefunktionalitäten des Prototyps wurden für Beispielszenarien aus den Bereichen Einzelstörungserfassung und -beseitigung sowie Störungsprävention realisiert und getestet. Dies wird im dritten Abschnitt gezeigt.

6.1 Systemarchitektur und programmtechnische Umsetzung von *assist*^{IT}

Die Störungsmanagementapplikation muss die Eingabe von Störungsdaten durch den Benutzer, die Speicherung der Störungsdaten und die Analyse der Störungsdaten unterstützen. Entsprechend dieser Anforderungen wurde die Systemarchitektur des Prototyps in folgende funktionale Bereiche gegliedert (Abbildung 54):

- Eingabesystem zur Störungserfassung und -beseitigung
- Analysesystem zur Störungsdatenanalyse auf Basis der Online Analytical Processing Technologie (Business Intelligence)
- Datenbanksystem zur Speicherung der operativen Störungsdaten, der Metadaten (Dimensionshierarchien) und der verdichteten Störungsdaten

In Abbildung 54 ist neben diesen funktionalen Bereichen die Aufteilung der Systemarchitektur in die drei technischen Schichten Datenhaltungsschicht, Präsentationsschicht und Applikationsschicht dargestellt. Die einzelnen Schichten dieses sogenannten Model-View-Controller Architekturmusters haben die folgenden Aufgaben:

- Über die Präsentationsschicht werden die Daten dargestellt und die Benutzerinteraktion durchgeführt (Benutzungsschnittstelle).
- Die Applikationsschicht steuert die Präsentation, nimmt die Benutzerinteraktion auf und reagiert entsprechend der Geschäftslogik und der Methoden.

- In der Datenhaltungsschicht werden die darzustellenden Daten unabhängig von der Präsentation und der Applikation verwaltet.

Diese Drei-Schichten-Technologie ist ein De-facto-Standard der Softwareentwicklung und wird eingesetzt, weil die Änderung und Erweiterung der einzelnen Softwarekomponenten einfacher ist als bei einem monolithischen Softwaresystem. Außerdem werden die Softwarekomponenten auf unterschiedlichen, optimal auf die Aufgaben abgestimmten Hardwaresystemen installiert. Ein weiterer Grund ist eine hohe Datensicherheit, da ein Benutzer nicht direkt auf die Datenhaltungsebene zugreifen kann, sondern die Benutzereingabe vor Weitergabe an die Datenhaltungsebene in der Applikationsschicht authentifiziert wird.

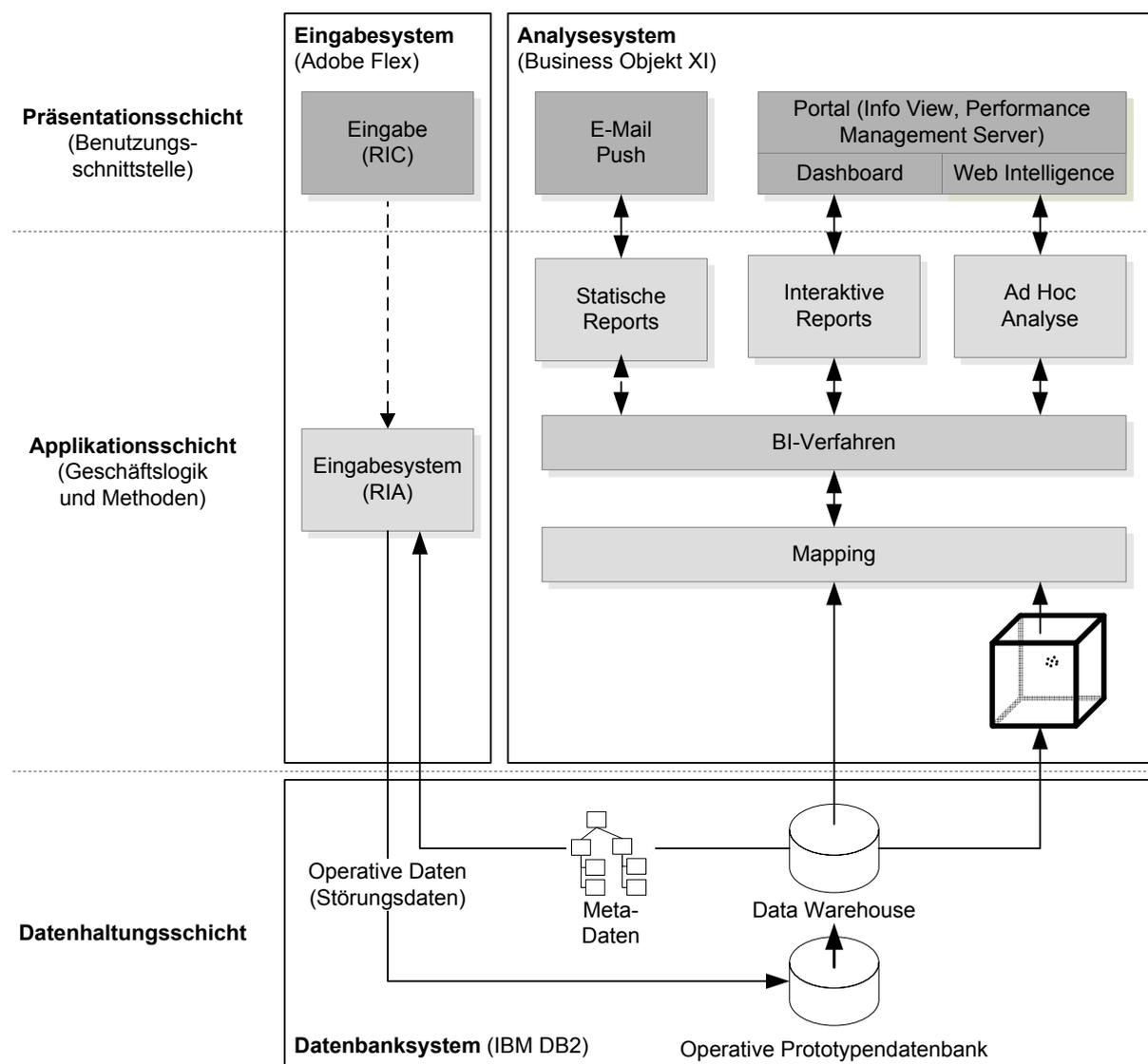


Abbildung 54: Systemarchitektur des Prototyps

Im den folgenden Abschnitten werden das Eingabesystem, das Analysesystem, das Datenbanksystem und das Model-View-Controller Architekturmuster beschrieben.

6.1.1 Eingabesystem

Das Eingabesystem wurde individuell entwickelt, um die funktionalen Anforderungen bezüglich der Störungserfassung und -beseitigung (Beispiele: Unterstützung der Störungsdiagnose, Störungspriorisierung und Eskalationsverfahren) zu erfüllen.

Realisiert wurde das Eingabesystem als Internetapplikation – eine sogenannte Rich Internet Application (RIA). Mit Hilfe dieser Technologie werden die Anforderungen an die Störungsmanagementapplikation bezüglich Interaktivität, Plattformunabhängigkeit, Funktionsvielfalt und Benutzerfreundlichkeit erfüllt. RIA zeichnen sich außerdem durch einen geringen Administrationsaufwand aus, da die Applikationen nicht auf dem Rechner des Benutzers (Client) installiert werden müssen, sondern zur Laufzeit vom Server heruntergeladen werden.

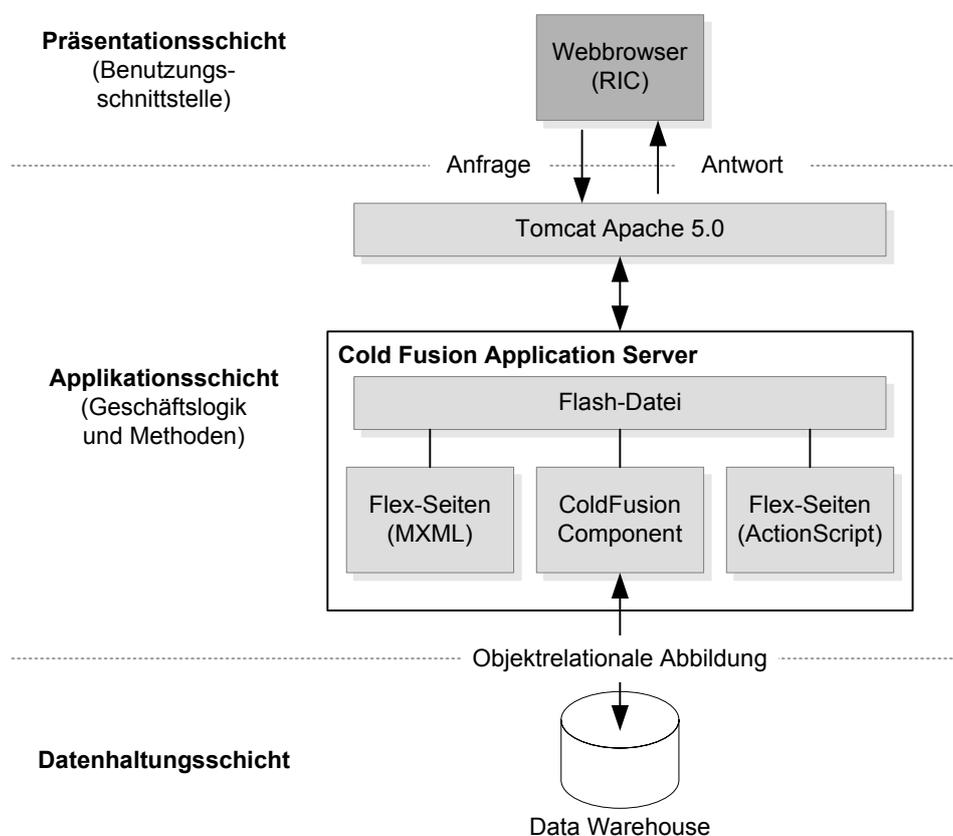


Abbildung 55: Handhabung von Anfragen im Eingabesystem

Die Firma Adobe bietet eine Technologieplattform an, mit der RIA entwickelt und dargestellt werden; für das Eingabesystem waren die folgenden Komponenten erforderlich:

- Adobe Flash Player zur Darstellung von Flash-Dateien auf dem Client,
- Adobe Flex® als Framework, bestehend aus Adobe ActionScript® als Programmiersprache und MXML für das Layout und Verhalten der Benutzeroberfläche,
- Adobe Flex® Builder™ als Entwicklungswerkzeug für die Flex-Seiten und

- Adobe ColdFusion® als Applikationsserver und zum Zugriff auf die Datenhaltungsschicht.

Anhand der Abbildung 55 werden diese Komponenten zusammenhängend beschrieben. Die Störungsmanagementapplikation wird auf der Präsentationsschicht mit Hilfe des Adobe Flash Players des Webbrowsers dargestellt (Rich Internet Client).

Anfragen des Benutzers werden über den Tomcat Apache 5.0 Applikationsserver an den ColdFusion® MX 7 Applikationsserver (Applikationsserver der RIA) gesendet. Der letztgenannte Server realisiert mit Hilfe von sogenannten Adobe ColdFusion® Components (CFC) die Anbindung der Datenhaltungsschicht an die Präsentationsschicht. Dabei ist eine objektrelationale Anbindung an die Datenbank erforderlich, da die Applikationsschicht objektorientiert ist, aber die Datenbanktabellen relational sind.

Durch den ColdFusion® MX 7 Applikationsserver werden aus den mit dem Adobe Flex® Builder™ erstellten Flex-Seiten (MXML und ActionScript®) und den geladenen Daten aus der Datenhaltungsschicht Flash-Dateien erzeugt. Im Anhang (Abschnitt E.2.3) sind Auszüge aus dem Programmcode für verschiedene Aufgaben wie zum Beispiel die Erfassung der Störungsart, aufgeführt.

Die Funktionen des Eingabesystems werden in Abschnitt 6.3.1 am Beispiel der Einzelstörungserfassung und -beseitigung beschrieben.

6.1.2 Analysesystem

Die funktionalen Anforderungen an die Störungsmanagementapplikation bezüglich der Störungsdatenanalyse wurden auf Basis von Business Intelligence Standardsoftware realisiert.

Eine Marktanalyse hat ergeben, dass sechzehn kommerzielle Anbieter von Business Intelligence Lösungen für die prototypische Realisierung des Störungsmanagementapplikation zur Auswahl stehen. Anhand der Kriterien Funktionsumfang, Bedienbarkeit sowie Lizenz- und Wartungskosten wurden Softwarepakete von drei Herstellern⁴ vorausgewählt und analysiert. Schließlich wurde nach der Bewertung von Bedienbarkeit, Administrierbarkeit und Dokumentation das Produkt BusinessObjects Enterprise XI R2 für die prototypische Realisierung ausgewählt.

Bevor ein Überblick über die Komponenten dieses System gegeben wird, werden die Begriffe Analyse, Abfrage und Analyseergebnis definiert. Der Begriff Analyse hat im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine zweifache Bedeutung: Eine Analyse ist einerseits eine systematische Untersuchung einer Störung oder eines Störungsschwerpunkts durch einen Mitarbeiter typischerweise unter Zuhilfenahme eines Informationssystems. Andererseits ist eine Analyse eine

⁴ Business Objects (www.businessobjects.de); Oracle (www.oracle.com); Cubeware (www.cubeware.de)

für einen bestimmten Analysezweck vorbereitete oder ad hoc erstellte Kombination von Abfragen, Darstellungsformen der Abfrageergebnisse und ergänzenden Informationen. Die Analysen werden mit der Störungsmanagementapplikation erstellt, gespeichert und durchgeführt. Eine Abfrage ist eine Methode, um Werte aus Datenbanktabellen zu ermitteln. Für die Definition einer Abfrage sind die Datenbankattribute auszuwählen.

Ebenso wie das Eingabesystem basiert das Analysesystem auf der Rich Internet Application Technologie (Abbildung 56). Die zentrale Anwendung aus Benutzersicht ist **Infoview**, mit der neue Objekte (Dokumente, Analysen, Dashboards) angelegt oder bestehende Objekte aufgerufen werden. Infoview ist in drei Bereiche gegliedert (Abbildung 57): In der Funktionsleiste werden neue Objekte erstellt, die Anzeigeeoptionen angepasst und es wird nach bestehenden Objekten gesucht. Im Navigationsbereich wird die Ordnerstruktur dargestellt, um auf die Inhalte der Ordner zuzugreifen. Die zugehörigen Ordnerinhalte oder die Objekte selbst werden im Arbeitsbereich angezeigt.

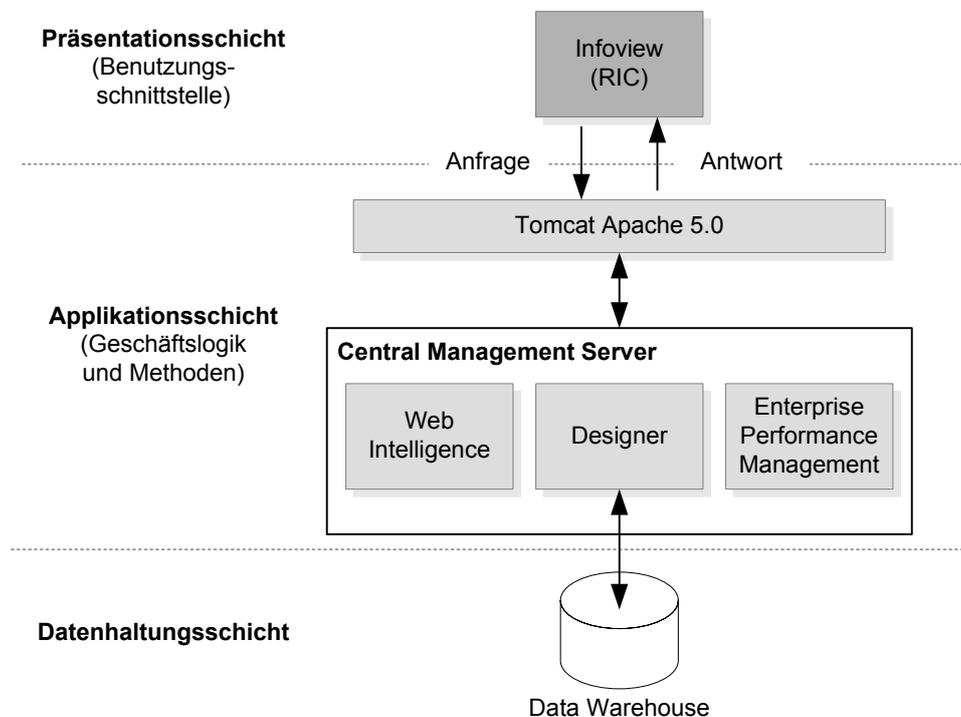


Abbildung 56: Handhabung von Anfragen im Analysesystem

Der **Central Management Server (CMS)** steuert die Zugriffe auf das System und überprüft die Berechtigungen der Benutzer bezüglich der Aufgabendurchführung. Des Weiteren werden der Speicherort von Objekten festgelegt, zeitgesteuerte Aufgaben gestartet sowie alle BusinessObjects Enterprise Server verwaltet und überwacht; drei wesentliche Server (Anwendung) sind der sogenannte Designer, das Enterprise Performance Management und die Web Intelligence Anwendung.

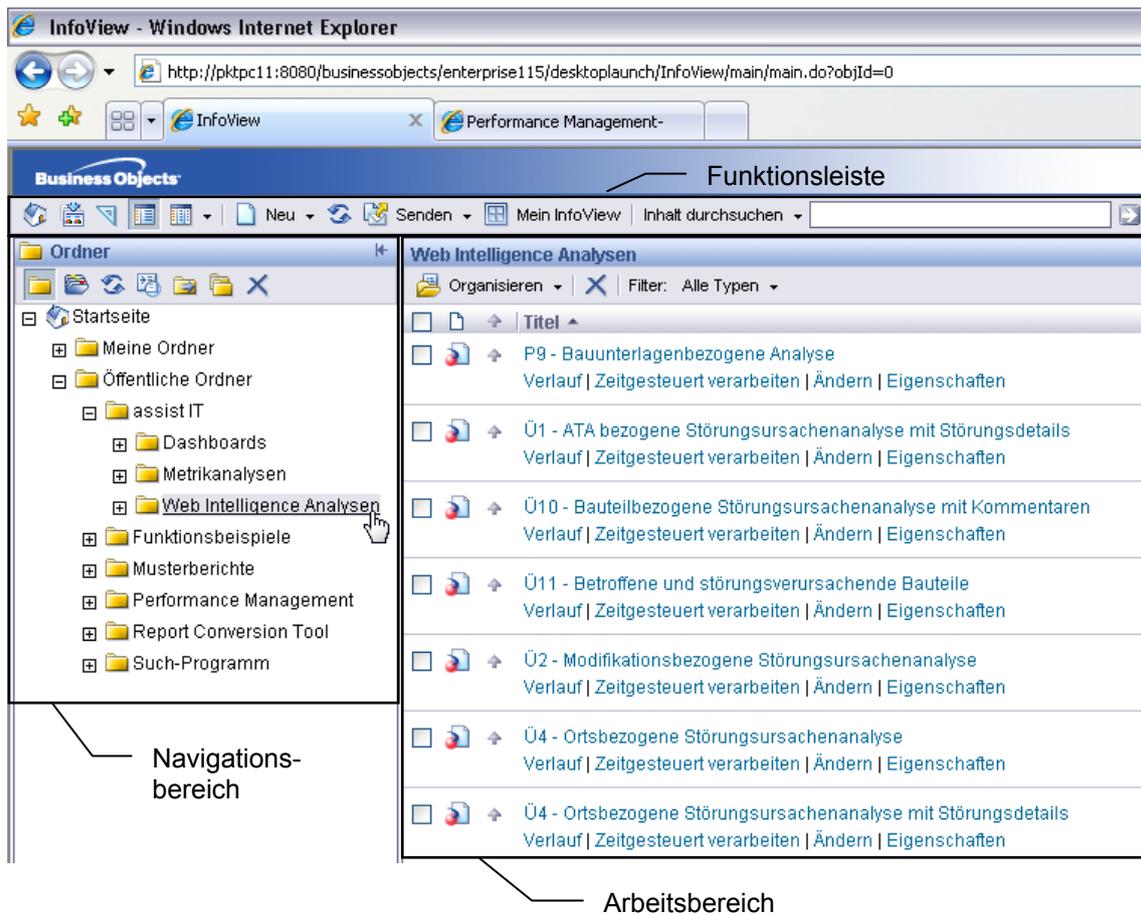


Abbildung 57: Überblick über Infoview

Enterprise Performance Management ist die Anwendung mit der öffentliche oder persönliche Dashboards erstellt werden. In Dashboards (siehe Abschnitt 5.3.3.3) werden Indikatoren, Warnmeldungen und weitere Objekte wie PDF-Dokumente, Tabellen, Analysen oder Webseiten dargestellt.

Eine weitere wesentliche Aufgabe des Enterprise Performance Managements ist die Erstellung und Durchführung von Metrikanalysen. Eine Metrik ist ein zeitbasierter Aggregatwert, der die tatsächliche Leistung eines Indikators misst und mit einem Zielwert vergleicht. Bestandteile einer Metrik sind die Kennzahl, ein Kalender und gegebenenfalls ein Filter. Ein typisches Beispiel für eine Metrik aus dem Bereich Störungsmanagement ist die Anzahl der wöchentlichen Restarbeitsstunden. Die Kennzahl ist die Anzahl der Restarbeitsstunden pro Montageauftrag. Der Kalender wird als wöchentlicher Kalender für einen ausgewählten Zeitraum definiert. Die Metrik wird berechnet, indem die Restarbeitsstunden wochenweise kumuliert werden. Dabei könnten Attribute wie der Flugzeugtyp und die Flugzeugsektion als Filter gesetzt werden. Als Ziel könnte festgelegt werden, dass die wöchentlichen Restarbeitsstunden pro Flugzeugsektion 50 Stunden nicht überschreiten dürfen. Das genannte Beispiel wird in Abschnitt 6.3.2.1 aufgegriffen.

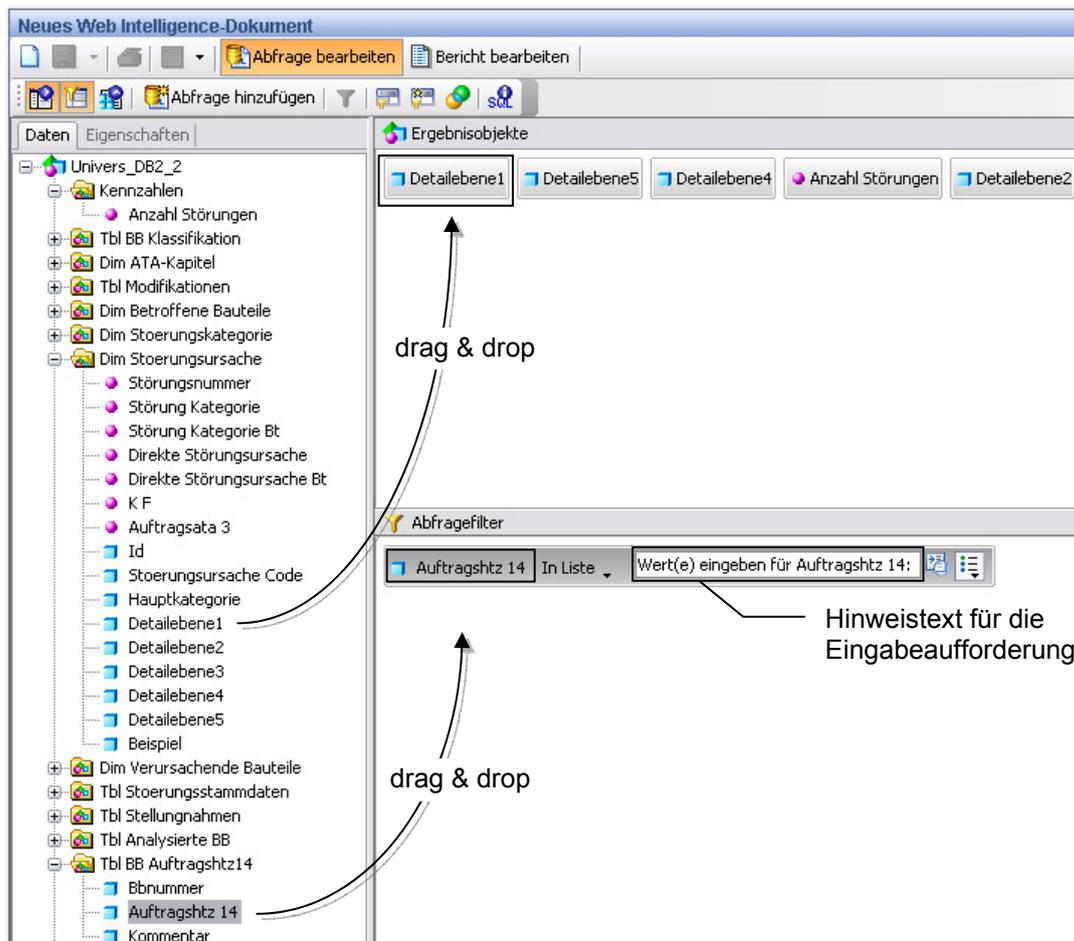


Abbildung 58: Erstellung einer Ad-hoc-Analyse mit Web Intelligence

Alle Analysen, die nicht auf Metriken basieren, werden mit **Web Intelligence** realisiert. Wie die folgende Beschreibung zeigt, lassen sich Web Intelligence Analysen ad hoc und intuitiv durch Benutzer mit grundlegenden PC-Kenntnissen erstellen:

- Per drag & drop werden die auf der linken Seite angezeigten Datenfelder als Ergebnisobjekt oder als Abfragefilter definiert (Abbildung 58).
- Die Werte des Abfragefilters werden vordefiniert oder über eine Eingabeaufforderung zum Zeitpunkt der Analyseausführung durch den Benutzer abgefragt (Abbildung 58).
- Die Darstellungsformate wie zum Beispiel ein Balkendiagramm oder eine Tabelle werden ausgewählt und auf dem Analyseformular positioniert (in der Abbildung nicht dargestellt).

Ebenso wie die Ergebnisse von Metrikanalysen werden die Ergebnisse der Web Intelligence Analysen direkt über die Softwarekomponente Infoview (siehe Abbildung 57) aufgerufen oder in einem Dashboard angezeigt.

Mit Hilfe des **Designers** wird ein sogenanntes Universum aufgebaut. Ein Universum enthält die Verbindungsparameter zu den Tabellen der Datenhaltungsschicht und es bildet das Datenbankschema als Sternschema (siehe Abschnitt 5.2.1.1) ab.

In einem Universum werden die Objekte so abgelegt, wie sie bei der Zusammenstellung von Analysen erforderlich sind (Geschäftssicht). Dabei können die Objekte aussagekräftig bezeichnet werden, da eine ausreichende Zeichenanzahl zur Verfügung steht (Beispiel: Direkte Störungsursachen); die Semantik von Datenbankattributen (Beispiel: DIRSTOERU) lässt sich aufgrund einer beschränkten Zeichenanzahl nicht immer eindeutig beschreiben. Durch die Verwendung eines Universums

- ist es nicht notwendig, dass dem Benutzer bei der Erstellung von Analysen die zugrunde liegenden Datenbankattribute der Datenhaltungsschicht bekannt sind,
- werden dem Benutzer nur die relevanten Objekte angezeigt, da nicht benötigte Objekte ausgeblendet werden und
- wird die korrekte Verwendung der Objekte erreicht, da die Semantik der Objekte in deren Eigenschaften beschrieben wird (Abbildung 59).

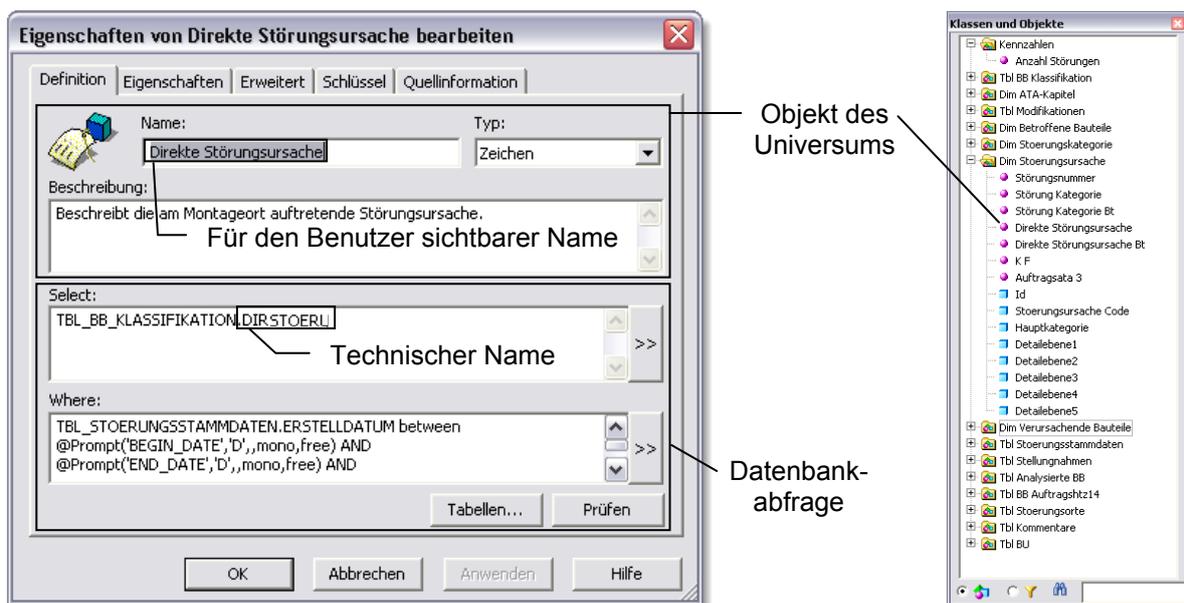


Abbildung 59: Klassen und Objekte innerhalb des Universums sowie Details zu einem Objekt

6.1.3 Datenbanksystem

Teil des Prototyps sind zwei Datenbanken, die jeweils mit einem IBM DB2 Datenbank Managementsystem umgesetzt worden sind: In der ersten Datenbank werden die operativen Störungsdaten, alle Daten aus dem Eingabesystem und die Dimensionshierarchien abgelegt. Die zweite Datenbank dient als Speicher für die Enterprise Performance Management Daten wie zum Beispiel die Kalender- und Metrikdaten.

6.2 Datengrundlage für die prototypische Realisierung

Parallel zur programmtechnischen Umsetzung des Prototypen *assist*^{IT} wurde das Störungsdatenmodell aufgebaut, anhand von real aufgetretenen Störungen die Dimensionshierarchien entwickelt und die Störungsdatenbasis mit Beispielstörungen gefüllt.

6.2.1 Entwicklung eines Störungsdatenmodells

Der Aufbau des Störungsdatenmodells wurde zusammen mit Experten aus der Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Montage durchgeführt. Dabei wurde der Informationsbedarf aus den drei Störungsmanagementprozessen Einzelstörungserfassung und -beseitigung, Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention analysiert und ein prozessübergreifendes Störungsdatenmodell entwickelt. Dieses lässt sich gliedern in Daten (Attribute), die unmittelbar nach dem Auftreten der Störung erfasst werden (Tabelle 26), und diejenigen Daten, die im Verlauf der Störungsbearbeitung erzeugt werden (Tabelle 27)

Tabelle 26: Attribute des prozessübergreifenden Störungsdatenmodells (Teil 1)

Attribut	Beschreibung	Datenformat
Störungsnummer	Eindeutige Nummerierung der Störung	Numerisch
Montageauftrag	Nummer des betroffenen Montageauftrags	Numerisch
Montageauftrag (Beschreibung)	Beschreibung des von einer Störung betroffenen Montageauftrags	Alphanumerisch
EPAC-TDU Nummer	Nummer des EPAC-TDU (siehe Abschnitt 4.1.1) des von einer Störung betroffenen Montageauftrags	Numerisch
EPAC-TDU (Beschreibung)	Beschreibung des EPAC-TDU (siehe Abschnitt 4.1.1) des von einer Störung betroffenen Montageauftrags	Alphanumerisch
ATA-Kapitel	ATA-Kapitel (siehe Abschnitt 4.1.1) des von einer Störung betroffenen Montageauftrags	Dimensionshierarchie
Störungsart	Art der Beeinflussung des Montageprozesses durch die Störung	Dimensionshierarchie
Betroffenes Bauteil	In einem Montageauftrag werden typischerweise mehrere zu montierende Bauteilkategorien aufgelistet. Mit diesem Datenfeld wird beschrieben, welche dieser Bauteilkategorien von der Störung betroffen sind.	Dimensionshierarchie
Störungsbeschreibung	In diesem Datenfeld wird die Störungssituation am Montageort ergänzend beschrieben.	Alphanumerisch
Vorläufige Störungspriorität	Zum Zeitpunkt der Störungserfassung festgelegte Störungspriorität	Numerisch
Endgültige Störungspriorität	Mit Hilfe des Service Störungspriorität (siehe Abschnitt 5.3.1.3) berechnete Störungspriorität	Dimensionshierarchie
Datum der Störungserfassung	Dokumentation des Zeitpunkts der Störungserfassung	Numerisch

Tabelle 27: Attribute des prozessübergreifenden Störungsdatenmodells (Teil 2)

Attribut	Beschreibung	Datenformat
Betroffener Montageprozess	Montageprozess, in dem die Störung aufgetreten ist	Alphanumerisch
Unmittelbare Störungsursache	Unmittelbare Ursache für das Auftreten der Störung (siehe Abbildung 4)	Dimensionshierarchie
Zeitliche Störungsfolgen	Quantifizierte, zeitliche Wirkung beziehungsweise Symptom einer Störung; wird nicht für jede Störung erfasst (siehe Abschnitt 5.2.3.2)	Numerisch
Finanzielle Störungsfolgen	Quantifizierte, finanzielle Wirkung beziehungsweise Symptom einer Störung; wird nicht für jede Störung erfasst (siehe Abschnitt 5.2.3.2)	Numerisch
Verursachendes Bauteil	Bauteilkategorie des Bauteils, das die Störung verursacht hat	Dimensionshierarchie
Originäre Störungsursache	Ursache einer Störung, der keine weitere Ursache mehr zugeordnet werden kann (siehe Abbildung 4). Die originäre Störungsursache wird nicht für jede Störung erfasst (siehe Abschnitt 5.2.3.2).	Dimensionshierarchie
Störungslösung	Fasst alle Informationen zusammen, die für die Behebung der Störung erforderlich sind	Alphanumerisch
Datum der Störungsbehebung	Dokumentation des Zeitpunkts der Störungsbehebung	Numerisch
Mitarbeiter Störungsbehebung	Name des Mitarbeiters, der für die Störungsbehebung verantwortlich ist	Alphanumerisch
Präventive Maßnahmen	Maßnahmen, die entwickelt werden, um einen Störungsschwerpunkt zu vermeiden	Alphanumerisch
Bestellanforderung von Teilen und Baugruppen	Bestellnummer von Teilen und Baugruppen, falls diese auszutauschen und neu zu beschaffen sind	Numerisch
Bearbeiter First-level-support	Bearbeiter des Störfalles aus dem First-level Support (siehe Abschnitt 5.3.1)	Alphanumerisch
Bearbeiter Second-level-support	Bearbeiter des Störfalles aus dem Second-level-Support (siehe Abschnitt 5.3.1)	Alphanumerisch

Hinzu kommen noch die Daten über das Flugzeugprogramm, den Flugzeugstandard und die Flugzeugversion. Diese Daten werden in Tabelle 5 im Abschnitt 4.1.1 beschrieben.

Zur Abbildung dieser Datenbankattribute in der Datenbank wurden ein Datenbankschema (siehe Abbildung 98 im Anhang) und ein Sternschema (Abbildung 29) entwickelt. Im folgenden Abschnitt wird erläutert, wie eine auf diesem prozessübergreifenden Störungsdatenmodell basierende Störungsdatenbasis mit Beispieldaten aufgebaut wird.

6.2.2 Aufbau einer Beispieldatenbasis

Zur Entwicklung der Dimensionshierarchien und zum Testen der Analysemethoden wurden Störungsdaten aus abgeschlossenen Kundenaufträgen in die Struktur des prozessübergreifenden Störungsdatenmodells überführt.

Abgesehen von den Daten, die als Dimensionshierarchien ausgeführt werden sollten (siehe Tabelle 26 und Abbildung 26), konnten diese durch eine Datenbankabfrage aus der existierenden Datenbank in die neue Datenbank übertragen werden.

Das Störungsdatenmodell des Unternehmens bestand ausschließlich aus numerischen und alphanumerischen Datenfeldern und enthielt keine Dimensionshierarchien. Daher wurde zunächst eine Vorgehensweise für die Erstellung der Dimensionshierarchien entwickelt; sie ist nicht nur für das betrachtete Unternehmen nutzbar, sondern für alle Unternehmen, die ein neues Störungsmanagementsystem aufbauen. Diese Vorgehensweise wird im Folgenden am Beispiel des Attributs Störungsursache erläutert:

- Vorverarbeitung: Im ersten Schritt wurden die Ursachen von 1000 Störungen aus den Fließtext (Stellungnahmen) ermittelt und in einer Tabelle als detaillierte Störungsursachenbeschreibung dokumentiert.
- Abstrahierung der detaillierten Störungsursachenbeschreibung: Jeder Störung wird eine Kurzbeschreibung der Störungsursache hinzugefügt.
- Hinzufügen von Kategorien: Durch einen Vergleich der Kurzbeschreibungen werden Störungen mit ähnlichen Ursachen in einer Kategorie zusammengefasst.
- Abstrahierung der im vorhergehenden Schritt definierten Kategorien: Durch einen Vergleich der Kategorien werden Störungen mit ähnlichen Kategorien unter einer abstrahierten Störungsursachenkategorie zusammengefasst. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis sinnvoll abgegrenzte Störungsursachenkategorien definiert sind.
- Überprüfung der Kategorien: Für die 1000 Störungen wurden zunächst 137 Kategorien angelegt. Mit Hilfe von weiteren 400 Störungen wurde die Kategorisierung überprüft und angepasst. Eine Pareto-Analyse hat ergeben, dass sich 80% der Störungen mit 17 Störungskategorien kategorisieren lassen.

Anpassung der Kategorien: Für die 17 Störungskategorien wurden weitere Unterkategorien gebildet, um eine detailliertere Kategorisierung zu erhalten. Im Einzelfall wurden nur einmalig auftretende Störungskategorien zusammengefasst.

6.3 Beispielszenarien

In den vorangegangenen Abschnitten wurde gezeigt, wie die Störungsmanagementapplikation prototypisch realisiert und die Störungsdatenbasis angelegt wurden. Darauf aufbauend werden in diesem Abschnitt die Vielfalt der Analysen und die jeweils ableitbaren Erkenntnisse anhand von Beispielszenarien aufgezeigt.

Zunächst wird die Erfassung und Beseitigung von Einzelstörungen dargestellt. Anschließend werden die Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention mit Hilfe von personalisierten Analysen und Ad-hoc-Analysen beschrieben.

6.3.1 Einzelstörungserfassung und -beseitigung

In diesem Beispielszenario der prototypischen Realisierung wird der Ablauf der Störungserfassung, -priorisierung und -beseitigung chronologisch beschrieben. Abschließend werden die Erkenntnisse aus der prototypischen Realisierung für dieses Szenario zusammengefasst.

Nach dem Aufruf der Störungsmanagementapplikation im Webbrowser entscheidet der Benutzer, ob er eine neue Störung erfassen oder eine bestehende Störung bearbeiten möchte. Der Auswahlbildschirm ist in Abbildung 99 im Anhang dargestellt.

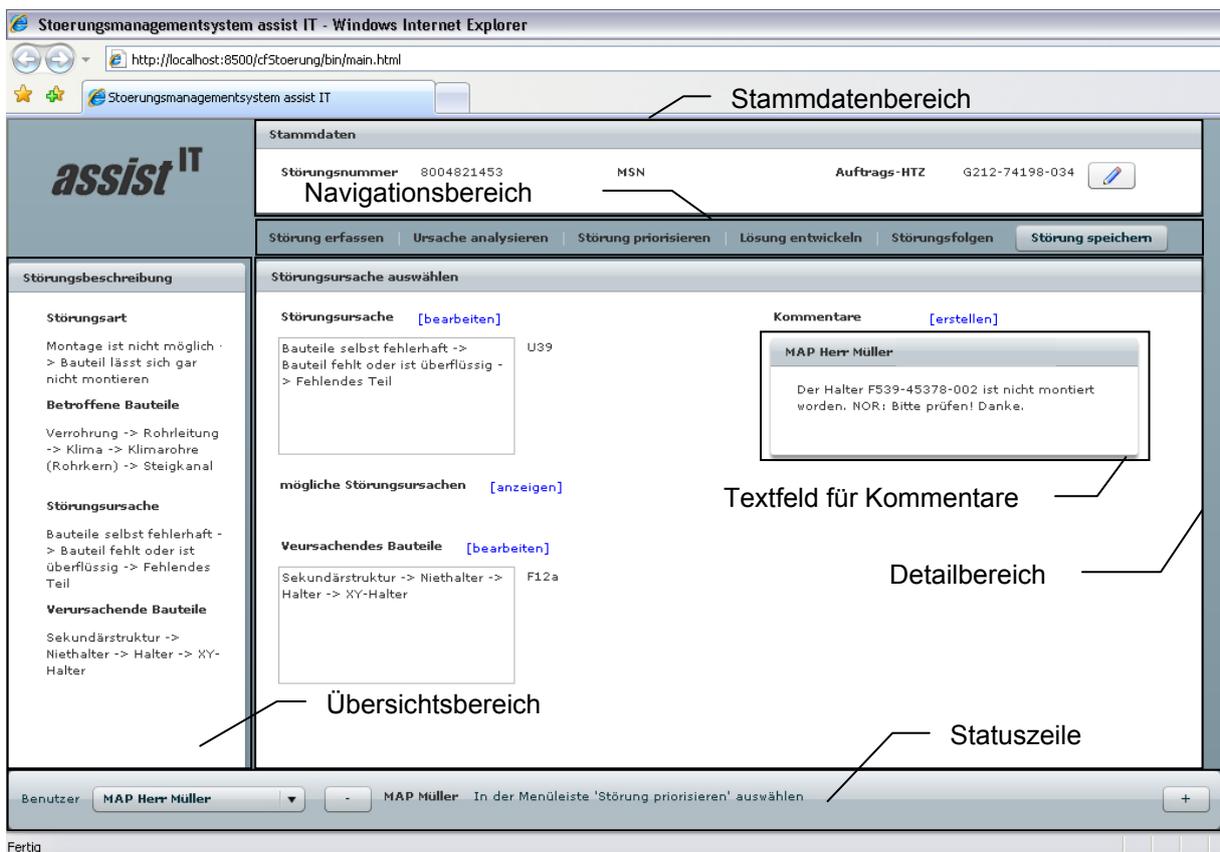


Abbildung 60: Screenshot der Ansicht der Störungsursachen

Für das Bearbeiten eines Störfalles öffnet sich die in Abbildung 60 dargestellte Benutzeroberfläche, die aus fünf Bereichen besteht:

- Störungsinformationen, die während der Störungsbearbeitung gleich bleiben wie zum Beispiel der betroffene Montageauftrag oder die Störungsnummer werden im Stammdatenbereich erfasst.
- Im Navigationsbereich wird der aktuelle Schritt der Störungserfassung und -beseitigung ausgewählt und angezeigt.
- Im Detailbereich werden die Daten jeweils passend zum Bearbeitungsschritt der Störung angezeigt und weitere Daten erfasst.
- Erfasste Informationen wie die Störungsart, die betroffenen Bauteile und die Störungsursache werden, unabhängig von der jeweils gewählten Detailansicht im Übersichtsbereich dargestellt.
- In der Statuszeile ist der Fortschritt der Störungsbearbeitung ablesbar und es werden Hinweise angezeigt, die für den aktuellen Bearbeitungsschritt wichtig sind.

Nach der Anmeldung werden zunächst die Stammdaten zu einer Störung erfasst. Informationen, die in anderen Systemen vorhanden sind, werden dabei anhand der Montageauftragsnummer automatisch in die Störungsmanagementapplikation geladen (siehe Abbildung 100 im Anhang).

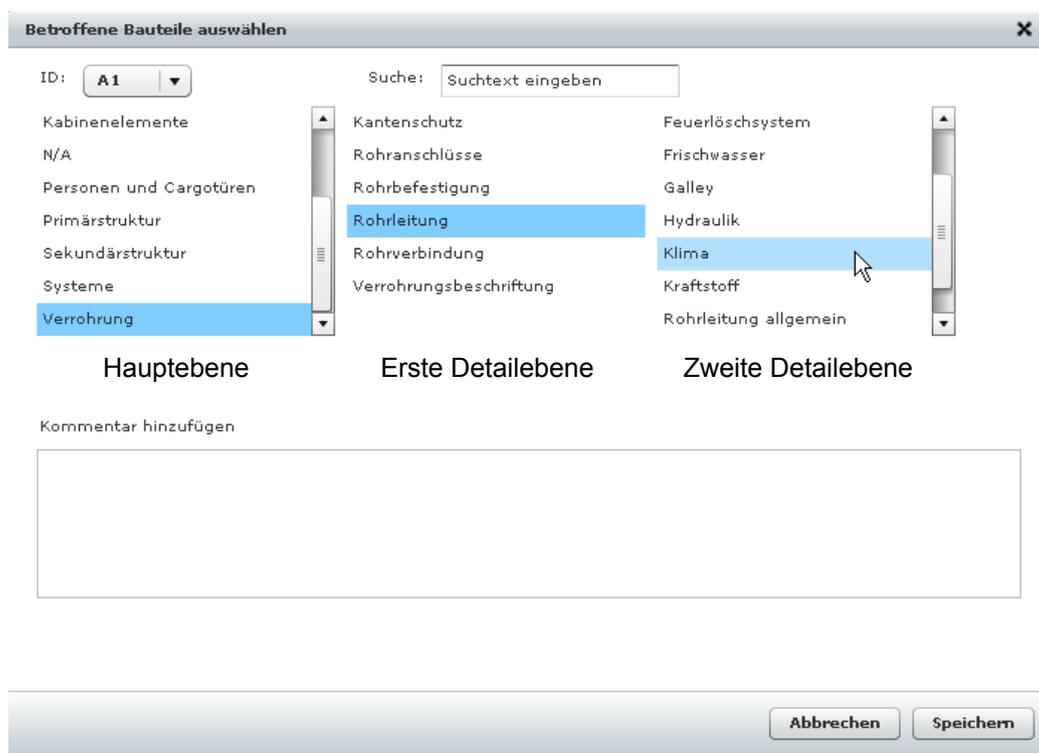


Abbildung 61: Benutzeroberfläche für die Klassifikation des betroffenen Bauteils

Anschließend werden die klassifizierenden Daten (siehe Tabelle 26) in einem separaten Fenster erfasst. In Abbildung 61 ist dies am Beispiel der Klassifikation des betroffenen Bauteils dargestellt. Nach dem Öffnen des Fensters wird nur die Hauptebene der Dimensionshierarchie angezeigt. Sobald eine Bauteilkategorie auf der Hauptebene ausgewählt worden ist, öffnet sich die erste Detailebene mit den untergeordneten Bauteilkategorien. Dieser Vorgang wird analog auf den untergeordneten Detailebenen wiederholt, bis der gewünschte Detaillierungsgrad für die Klassifikation erreicht wurde. Die programmtechnische Umsetzung dieser Klassifikation wird im Anhang beschrieben (Abschnitt E.2.3.1).

Neben der Klassifikation der Störung werden die Erkenntnisse aus der Störungsbearbeitung in Textfeldern dokumentiert. Die Textfelder haben jeweils einen Bezug zum Bearbeitungsschritt, wie in für den Bearbeitungsschritt Störungsursachenanalyse gezeigt.

Die Dokumentation der Erkenntnisse in kontextbezogenen Textfeldern ist eine Voraussetzung für die Nutzung dieser Informationen in den Störungsmanagementprozessen. Ein Beispiel dafür ist die Unterstützung der Mitarbeiter bei der Störungsdiagnose (siehe Abschnitt 5.3.1.2).

Nachdem die Störungsursache der neuen Störung ermittelt worden ist, wird die Priorität der Störung mittels des Service Störungspriorisierung festgelegt (siehe Abschnitt 5.3.1.3). Dabei muss der störungserfassende Mitarbeiter Werte für die quantitativen Faktoren festlegen, die nicht aus anderen Systemen entnommen werden.

Im Folgeschritt wird eine Lösung zur Störungsbeseitigung erarbeitet. Dabei werden die technische Lösung und die Planung des Ablaufs zu deren Umsetzung beschrieben. Die technische Lösung wird typischerweise in Zusammenarbeit zwischen mehreren Abteilungen erarbeitet. Im Fall von konstruktiven Änderungen werden diese in einer Zeichnung dokumentiert und parallel im Rahmen des Änderungsprozesses in der Störungsmanagementapplikation in einem Textfeld dokumentiert.

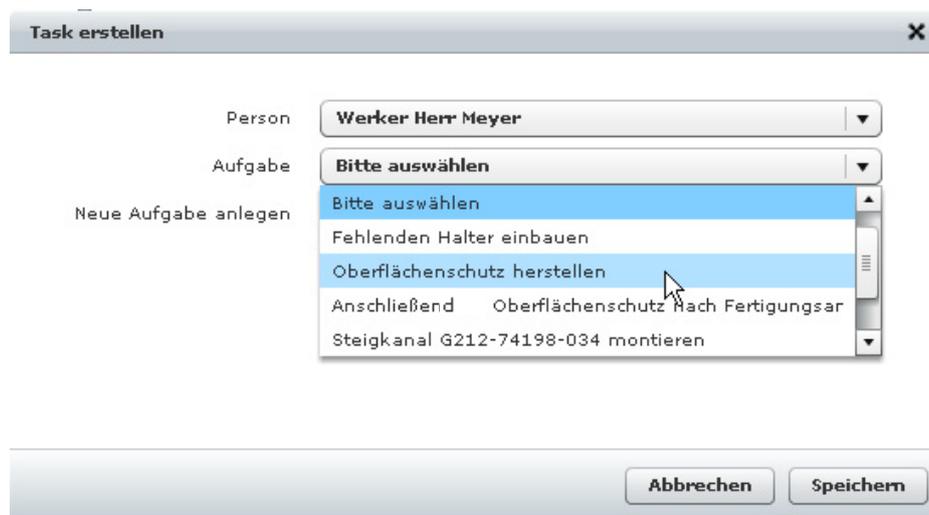


Abbildung 62: Fenster zum Anlegen einer Workflowaufgabe

Der Ablauf zur Umsetzung dieser Lösung wird mit Hilfe des Ad-hoc-Workflow-System definiert, das in Abschnitt 5.2.3.1 beschrieben wurde. Im Rahmen der prototypischen Realisierung wird ein Workflow erstellt, indem nacheinander die einzelnen Workfloadaufgaben über eine Auswahlliste selektiert werden (Abbildung 62). Wird keine passende Workfloadaufgabe gefunden, kann eine neue Aufgabe angelegt werden. Im Anhang (Abschnitt E.2.3.3) ist die programmtechnische Umsetzung dieses Service beschrieben.

Im Eingabesystem wurde das Eskalationsverfahren (siehe Abschnitt 5.2.3.2) wie folgt implementiert: Sobald die Störungsanzahl in einer Störungskategorie einen vorgegeben Häufigkeitsgrenzwert überschreitet, werden nach Umsetzung der Lösung weitere Störungsinformationen erfasst. Beispiele für diese Daten sind die originäre Störungsursache oder die Störungsfolgen (Abbildung 63).

The screenshot shows the 'assist IT' web application interface. At the top, the browser title is 'Stoerungsmanagementsystem assist IT - Windows Internet Explorer' and the address bar shows 'http://localhost:8500/cfStoerung/bin/main.html'. The page header includes the 'assist IT' logo and a navigation bar with the following steps: 'Störung erfassen', 'Ursache analysieren', 'Störung priorisieren', 'Lösung entwickeln', 'Störungsfolgen', and 'Störung speichern'. The main content area is divided into two columns: 'Störungsbeschreibung' and 'Störungsfolgen'. The 'Störungsbeschreibung' column contains fields for 'Störungsart', 'Betroffene Bauteile', 'Störungsursache', 'Verursachende Bauteile', and 'Störungspriorität' (set to 'hoch'). The 'Störungsfolgen' column contains a red warning message: 'Die Häufigkeit dieser Störungskategorie überschreitet den definierten Eingriffswert. Bitte bewerten Sie die Störungsfolgen und ermitteln Sie die originären Störungsursachen.' Below this, there are input fields for 'Monetäre Auswirkungen' (Gesamtkosten [T€] and Manufacturing [T€]), both set to '0'. There are also two text boxes for 'Koordinator Herr Schmidt'. The first text box contains the text: 'Durch die fehlende Montage des Steigkanals konnte der entsprechende Test nicht durchgeführt werden.' The second text box contains the text: 'Nach einer eingehenden Analyse Originäre Störungsursache ist ein falsches NC Programm in der Montagestation'.

Abbildung 63: Ermittlung der originären Ursachen

Nach Befragung der Experten aus dem Bereich Störungsmanagement des betrachteten Unternehmens lassen sich die folgenden Erkenntnisse aus der prototypischen Realisierung für die Einzelstörungserfassung und -beseitigung hervorheben:

Ein Kennzeichen des Systems ist die strikte Trennung der Phasen *Störung erfassen*, *Störungsursache analysieren* und *Störungslösung entwickeln*. Die damit verbundene Aufteilung der Datenfelder, die zu einem Bearbeitungsschritt gehören, ist nicht nur notwendig für die weiter-

gehende Verwendung der Informationen. Es hat sich gezeigt, dass dadurch eine hohe Transparenz der Störungsbearbeitung erreicht wird. Dies führt insbesondere bei der hier betrachteten kollaborativen Störungsbearbeitung zu einer Beschleunigung, da die einzelnen Störungsbearbeiter schnell die für sie relevanten Informationen erkennen.

Mit Hilfe der Rich Internet Application Technologie konnte eine Benutzeroberfläche erstellt werden, die eine hohe Akzeptanz bei den Nutzern erwarten lässt, was damit zusammenhängt, dass

- die Sichten für die einzelnen Bearbeitungsschritte nur die jeweils notwendigen Datenfelder enthalten,
- die Statuszeile nicht nur den Fortschritt der Störungsbearbeitung anzeigt, sondern auch Hinweise zur Ausführung des aktuellen Bearbeitungsschritts liefert und
- im Übersichtsbereich die gewonnenen Erkenntnisse über einen Störfall zusammengefasst sind.

Die Informationen, die im Rahmen der Einzelstörungserfassung und -beseitigung erfasst werden, sind für die Störungsschwerpunktbeseitigung und Störungsprävention notwendig. Diese Szenarien werden im nächsten Abschnitt beschrieben.

6.3.2 Störungsschwerpunktbeseitigung und Störungsprävention

Eine Untersuchung im Beispielunternehmen hat ergeben, dass 26 Analysen für die entwicklungs- und produktionsbegleitende Störungsprävention sinnvoll sind. Davon wurden insgesamt 16 Analysen für die Rollen Fertigungsleiter, Versionsmanager und Konstrukteur realisiert und anhand der Beispieldaten getestet. Sie werden geordnet nach den unterschiedlichen Rollen in den folgenden Abschnitten beschrieben, um die Verwendung von Metriken, die Vielfalt und den Detaillierungsgrad der Analysen auf Basis des prozessübergreifenden Störungsdatenmodells und die Vernetzung der Störungsinformationen aufzuzeigen.

Die Erkenntnisse aus der prototypischen Realisierung werden zum Schluss dieses Abschnitts zusammengefasst.

6.3.2.1 Rolle Fertigungsleiter

Mitarbeiter auf der Leitungsebene sind für die Steuerung der Geschäftsprozesse (Auftragsabwicklung, Produkterstellung) verantwortlich. Mit Hilfe von Metriken werden diese Prozesse überwacht. Diese Metriken werden dem Mitarbeiter auf der Leitungsebene über ein Dashboard bereitgestellt, das mit Hilfe des Enterprise Performance Managements realisiert wird. Abbildung 64 zeigt dies am Beispiel des Dashboards für den Fertigungsleiter.

Die Anzahl der Restarbeitsstunden pro Woche ist eine typische Metrik, die für die Beurteilung der Qualität des Montageprozesses genutzt wird. Diese Metrik kann als zeitlicher Verlauf dargestellt werden, so dass deren Trend bewertet werden kann. Dabei ist der dargestellte Zeitraum interaktiv veränderbar, so dass der kurzfristige oder der langfristige Trend betrachtet werden kann. Im gezeigten Beispiel ist für den Standort 2 ein abnehmender Trend erkennbar und für Standort 1 ein wechselhafter Verlauf. Letzteres spricht dafür, dass die Ursachen für das Störungsaufkommen im Standort 1 analysiert werden sollten und Gegenmaßnahmen durchzuführen sind.

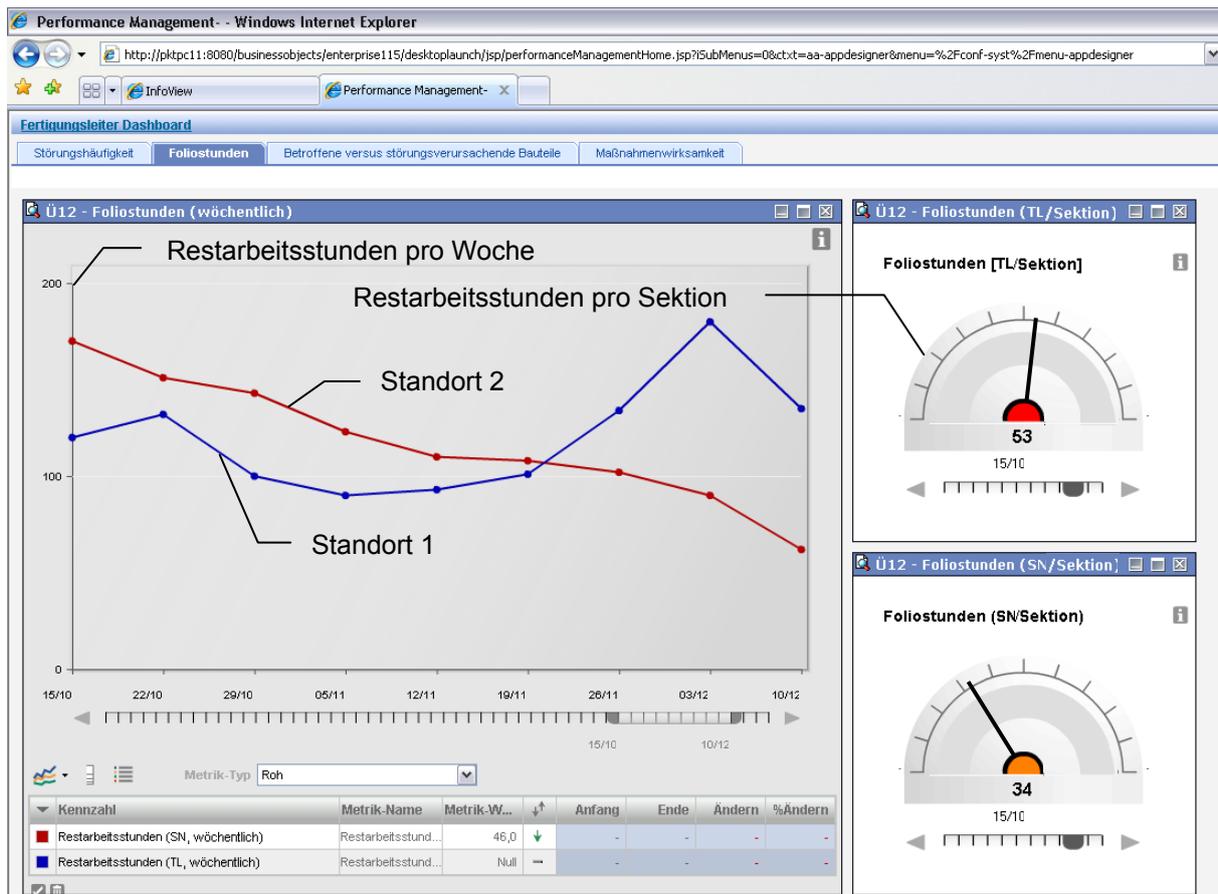


Abbildung 64: Übersicht über die Restarbeitsstunden (Metrikverlauf und Tachometer)

Die Tachometer in Abbildung 64 zeigen die Restarbeitsstunden pro Sektion zu einem bestimmten Zeitpunkt. Mit Hilfe dieser Darstellungsform wird der aktuelle Zustand eines Montageprozesses dargestellt und bei Überschreiten von Eingriffsgrenzen die Entwicklung von Gegenmaßnahmen initiiert. Neben dem aktuellen Zustand kann ein vergangener Zeitpunkt gewählt werden, um Metrikergebnisse miteinander vergleichen zu können.

Ein weiteres Analysebeispiel basiert auf der Anzeige der Störungskategorien mit den größten Auswirkungen (Abbildung 65). Die prototypische Umsetzung dieser Analyse mit Beispieldaten zeigt, dass fehlende oder überflüssige Bauteile die überwiegende Anzahl der Störungen

verursacht. Die Störungsursache *überflüssige Bauteile* sagt aus, dass zu viele Bauteile am Montageort bereitgestellt wurden. Mit großem Abstand folgen die Störungsursachen *falsche Geometrie*, *falsche Position* sowie *falsche oder widersprüchliche Informationen*.

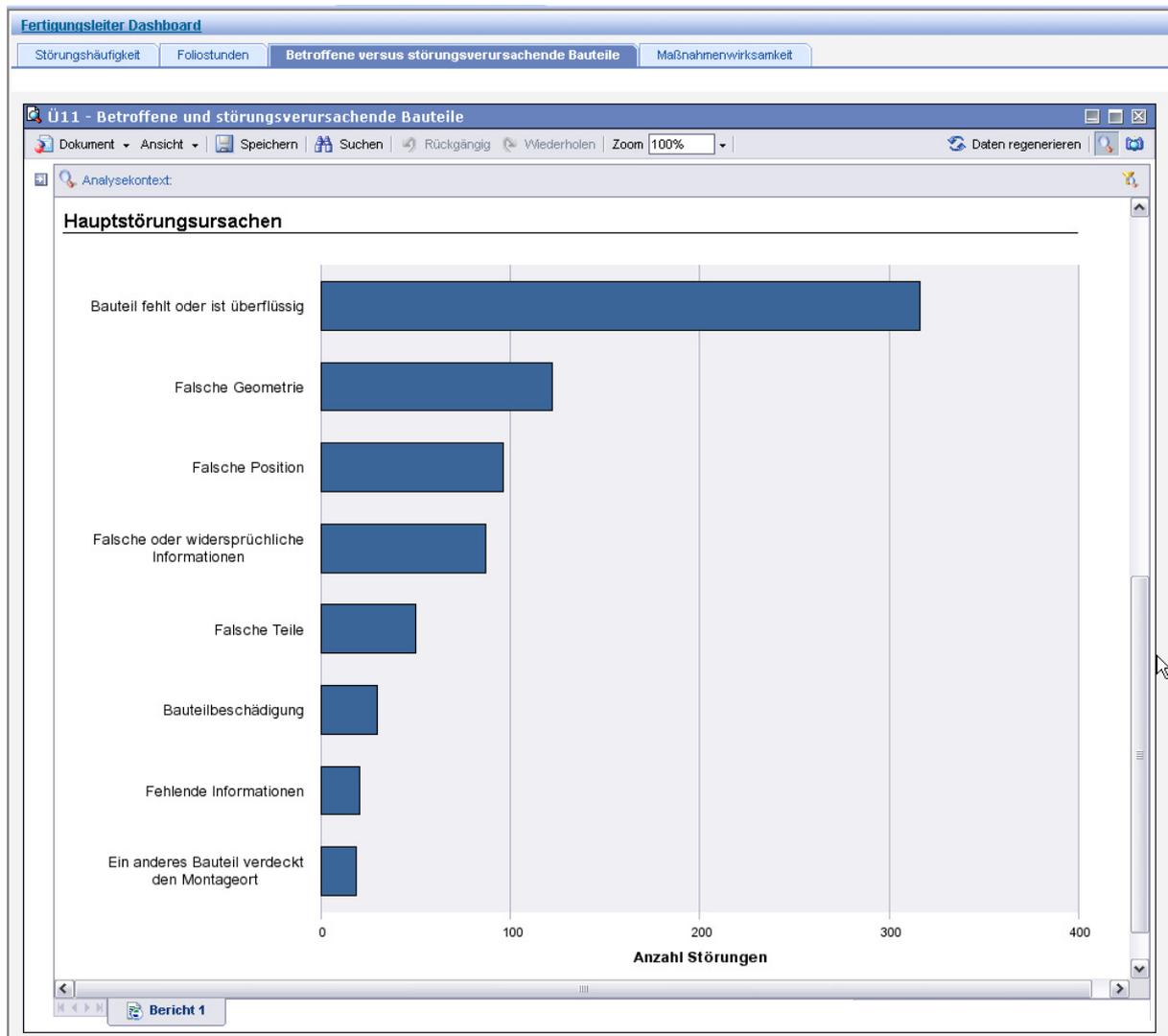


Abbildung 65: Anzeige der Hauptstörungsursachen

Die Analysen sind miteinander verknüpft, so dass beispielsweise durch die Auswahl der Hauptstörungsursache *Bauteil fehlt oder ist überflüssig* in die Darstellung des zeitlichen Verlaufs dieser Störungsursache gesprungen werden kann (siehe Abbildung 66). Dadurch lässt sich der Trend der Störungen dieser Störungsursache betrachten. Hinzu kommen Informationen über Maßnahmen, die mit dem Ziel der Beseitigung einer Störungsursache umgesetzt wurden.

6.3.2.2 Rolle Versionsmanager

Der Versionsmanager benötigt aufgrund seiner zentralen Rolle im Störungsmanagement vielfältige Analysen (siehe Tabelle 19). Ein Beispiel dafür ist die mit Hilfe von WebIntelligence erstellte **ortsbezogene Analyse** der Störungsursachen und der betroffenen Bauteile (Abbildung 67).

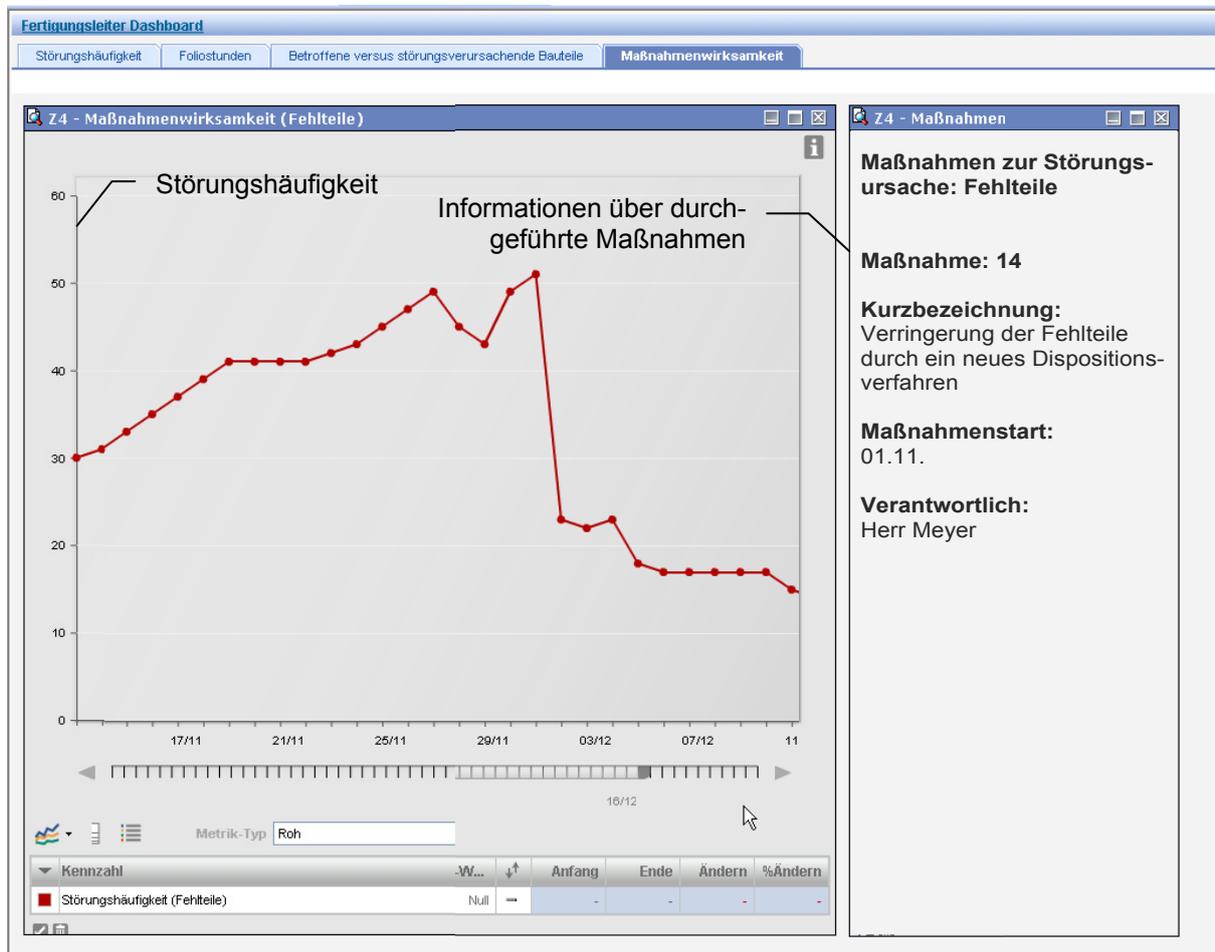


Abbildung 66: Zeitlicher Verlauf der Störungshäufigkeit für eine einzelne Störungsursache

Dargestellt wird hier eine Gesamtauswertung der Störungshäufigkeit nach Zone, der Störungsursachen pro Zone (Störungsort) und der verursachenden Bauteile. Anhand dieser Analyse lässt sich für die Beispieldaten ermitteln, dass die Störungen überwiegend in den Querschnittszonen *8M* und *4M* auftreten. Außerdem sind die *Sekundärstruktur* und die *Elektrik* die überwiegend betroffenen Bauteilekategorien.

Die Diagramme sind interaktiv, so dass detailliertere Informationen durch Auswahl einer Bauteilkategorie abrufbar sind:

- Im Beispiel lässt sich für die Bauteilkategorie *Sekundärstruktur* ermitteln, dass insbesondere *Snap-In Halter* von Störungen betroffen sind.

- Durch Auswahl der Bauteilkategorie Elektrik wird aufgezeigt, dass überwiegend *Leitungsbündel* aus der Zone 8M die Störungen verursachen.

Diese Analyse wird genutzt, um Hypothesen bezüglich des örtlichen Störungsaufkommens zu verifizieren oder zu falsifizieren. Eine Hypothese könnte sein, dass in Zone 8M (Unterflurbereich) die überwiegende Anzahl der Störungen durch *Bauteilbeschädigungen* verursacht werden. Dies ließe sich mit der ortsbezogenen Analyse widerlegen: Die Analyse zeigt, dass im Querschnittsbereich 8M *fehlende Bauteile* und *falsche Bauteilgeometrie* und nicht *Bauteilbeschädigungen* hauptsächlich zu Störungen führen.

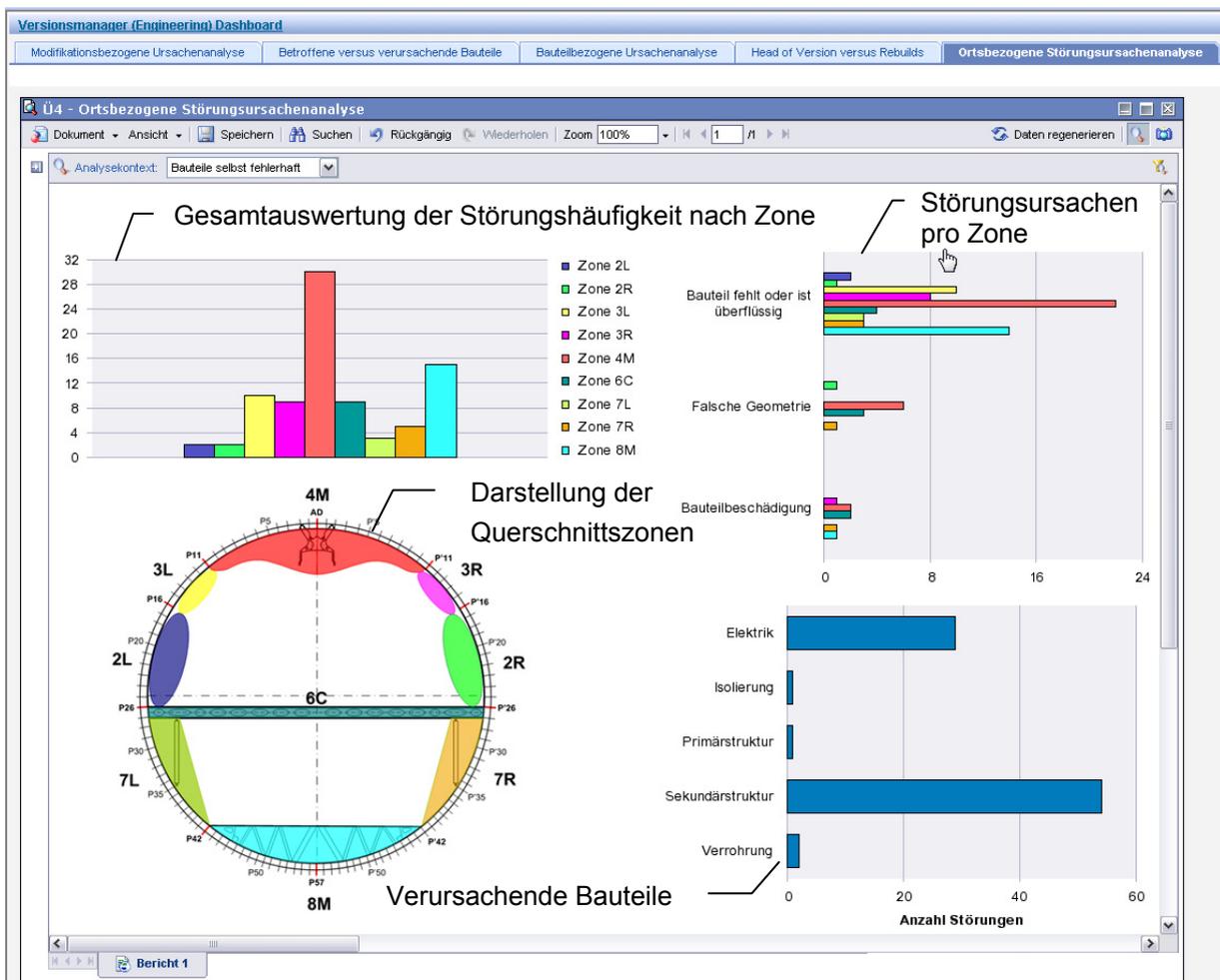


Abbildung 67: Ergebnis einer ortsbezogenen Analyse

Eine weitere Analyse ist die **bauteilbezogene Analyse** (Abbildung 68). Bei dieser Analyse werden die betroffenen Bauteile sowie die Störungsursache und die verursachenden Bauteile zusammen dargestellt. Mit dieser Analyse lassen sich die am häufigsten von Störungen betroffenen Bauteile ermitteln und die dazugehörigen Störungsursachen und verursachenden Bauteilkategorien. Im Beispiel wird aufgezeigt, dass hauptsächlich die Bauteilkategorien *Elektrik*, *Sekundärstruktur* und die *Verrohrung* von Störungen betroffen sind.

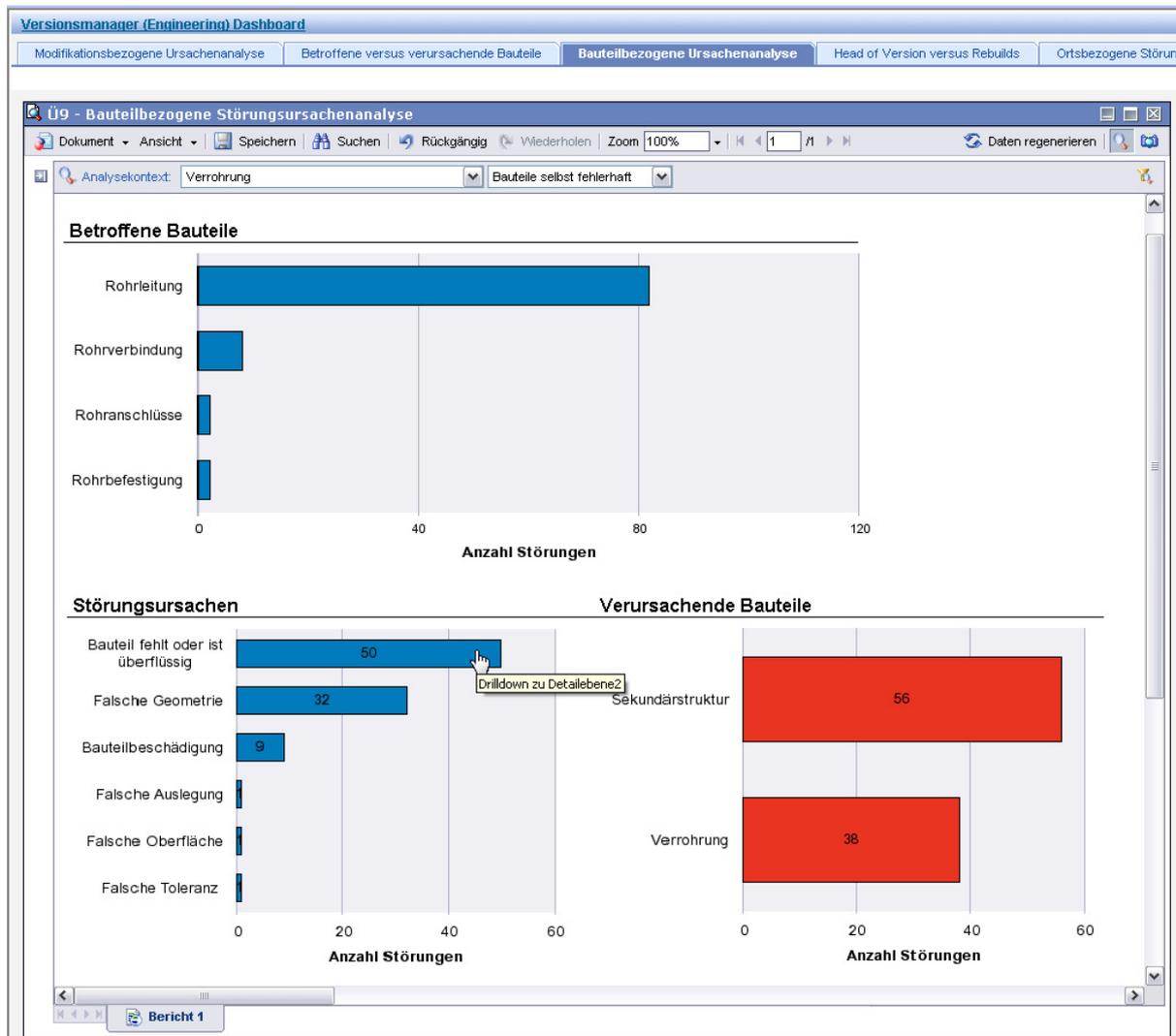


Abbildung 68: Bauteilbezogene Analyse

Eine anschließende Analyse für die Bauteilkategorie *Elektrik* zeigt, dass insbesondere die *elektrischen Leitungen* von Montagestörungen betroffen sind, verursacht überwiegend durch fehlende Niethalter, auf denen die Leitungen aufliegen sollten. Die zweithäufigste Störungsursache ist eine *falsche Geometrie* der Leitungen selbst, weniger der elektrischen Verbindungselemente oder der Halterungen selbst.

Betrachtet man des Weiteren die Bauteilkategorie *Verrohrung*, so sind die überwiegenden Störungsverursacher die *Rohrleitungen*, weniger die *Rohrverbindungen*. Als Störungsursache wird überwiegend eine *falsche Geometrie* festgestellt. Für die Bauteilkategorie *Fußbodenplatten* zeigt sich als Störungsursache hauptsächlich eine *falsche Geometrie* oder eine *Beschädigung* der Fußbodenplatten; *fehlende Bauteile* sind hier eine seltene Störungsursache.

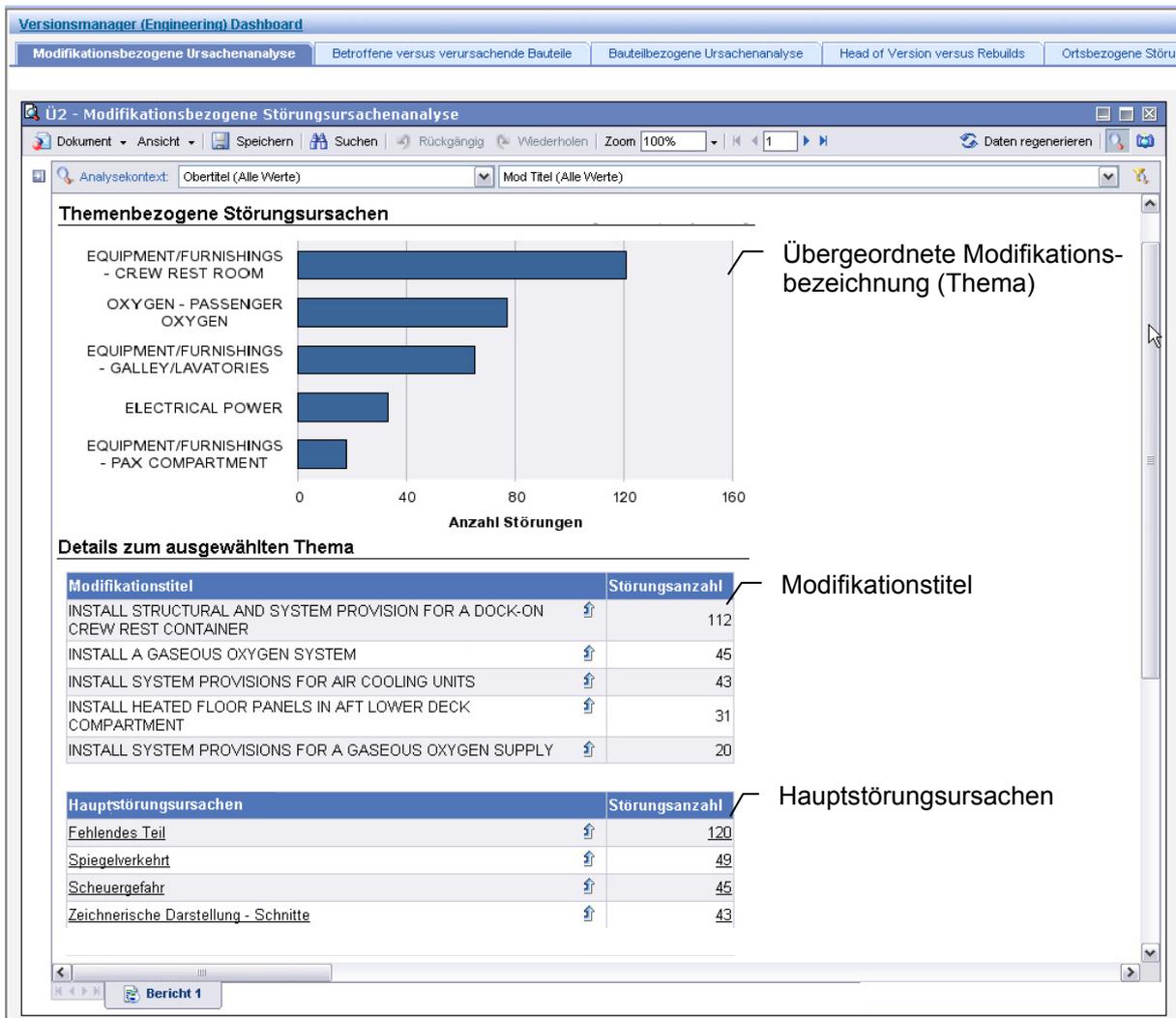


Abbildung 69: Ergebnis einer modifikationsbezogenen Analyse

Eine Analyse, die bei der Entwicklung einer neuen Version eingesetzt wird, ist die **modifikationsbezogene Analyse** (Abbildung 69). Mit Hilfe dieser Analyse werden diejenigen Modifikationen ermittelt, die Hauptstörungsverursacher in einer Vorgängerversion eines Flugzeugs waren. Anhand der Modifikationsbezeichnung werden dazu die Modifikationen gruppiert und in absteigender Störungshäufigkeit angezeigt.

Im dargestellten Beispiel wird ermittelt, dass die *Crew Rest Rooms* (Ruheräume für die Besatzung), *Passenger Oxygen* (Sauerstoffsystem) und *Galleys/Lavatories* (Küchen und Toiletten) hauptsächliche Störungsverursacher sind. Eine detailliertere Analyse zeigt für den Modifikationsbereich *Sauerstoffsystem*, dass die *Strukturvorrichtungen* und hier insbesondere *fehlende Bauteile* und *spiegelverkehrte Bauteilmontage* Hauptstörungsverursacher sind.

Eine weitere wesentliche Störungsursache ist die sogenannte *Scheuergefahr*, die vorliegt, wenn der Abstand zwischen zwei Bauteilen zu gering ist; typisch ist dies zwischen einer Elektrikleitung und einer Sauerstoffverrohrung. Als Ursache für die Scheuergefahr zeigt sich,

dass die Abstimmung zwischen den Konstruktionsabteilungen für die Sauerstoffsysteme und die elektrischen Systeme verbesserungswürdig ist.

In den beschriebenen Beispielen kamen 2D-Balkendiagramme zum Einsatz. Diese sind dadurch gekennzeichnet, dass jeweils ein Attribut des Störungsdatenmodells dargestellt wird. In einem 3D-Balkendiagramm lassen sich zwei Attribute gleichzeitig abbilden. Ein Beispiel dafür ist das Ergebnis der **bauteilbezogenen Störungsursachenanalyse** (Abbildung 70): In dem Diagramm werden die *Störungsursache* und die *betroffenen Bauteile* als Dimensionen verwendet sowie die *Anzahl der Störungen* als quantitatives Merkmal.

In der ersten Ansicht werden die Dimensionshierarchien mit dem niedrigsten Konkretisierungsgrad angezeigt (vergleiche Abbildung 40). Es ist erkennbar, dass Störungen mit der Störungsursache *Bauteile selbst fehlerhaft* und der Bauteilkategorie *Sekundärstruktur* am häufigsten auftreten.

Diese Analyse ist interaktiv, so dass konkretere Informationen aufgerufen werden können. Das heißt im gezeigten Beispiel, dass durch Anklicken des Balkens mit der höchsten Störungsanzahl eine Drill-down Operation (siehe Abschnitt 5.2.1.2) für beide Dimensionshierarchien durchgeführt wird. Wie in der zweiten Ansicht erkennbar, werden durch diese Operation beide Dimensionshierarchien mit einem höheren Konkretisierungsgrad dargestellt. Dadurch wird deutlich, dass die überwiegende Störungsanzahl durch *fehlende oder überflüssige Halter* verursacht wird. Um die Störungsursache (fehlende oder überflüssige Bauteile) und die betroffenen Bauteile (Halter) zu konkretisieren, wird erneut eine Drill-down Operation durch Auswahl des entsprechenden Balkens ausgeführt.

Als Ergebnis dieser Analyse erweist sich, dass die überwiegende Anzahl der Störungen durch fehlende Bauteile verursacht wird. Außerdem sind es Niethalter und nicht die Schraubhalter oder Strukturtraversen, die von Störungen betroffen sind.

Die gezeigten Analysen können vordefiniert und ad hoc mit der WebIntelligence Anwendung erstellt werden. Wie dies durchgeführt wird, wird im Abschnitt 6.1.2 erläutert. Der Versionsmanager ist vor allen anderen Rollen der Hauptnutzer dieser Funktionalität.

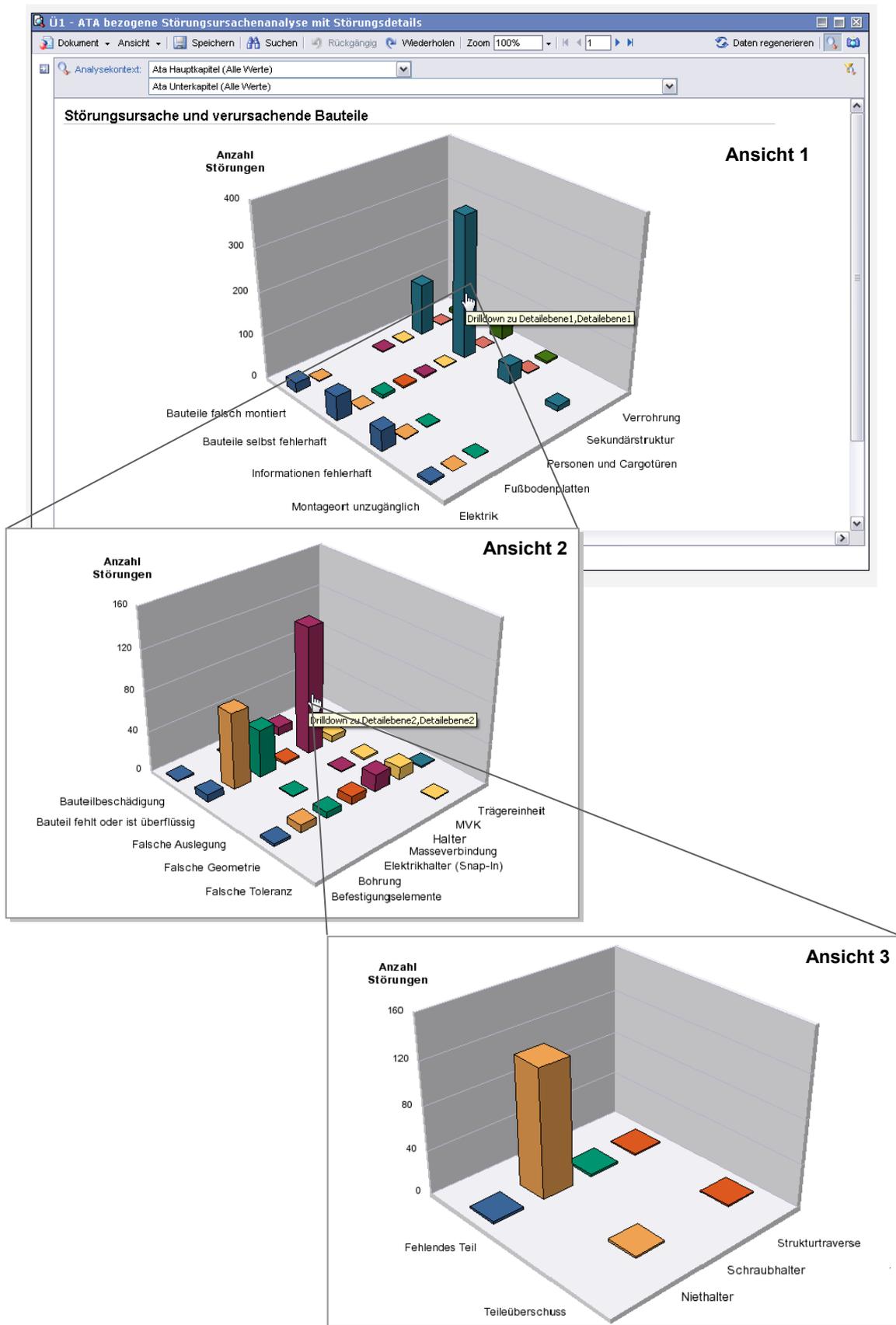


Abbildung 70: Ergebnis einer Störungsursachenanalyse (3D-Balkendiagramm)

6.3.2.3 Rolle Konstrukteur

Für die Rollen auf der Leitungs- und der Planungsebene ist der Überblick über das Störungsgeschehen im gesamten Unternehmen von zentraler Bedeutung. Für die Rollen auf der operativen Ebene ist es wichtig, detaillierte Informationen über die Störungszusammenhänge in einem spezifischen Bereich (Bauteilkategorie, Störungsort) zu erhalten.

Ein Beispiel für diese Analysen ist die **bauunterlagenbezogene Analyse**, die im Folgenden erläutert wird. Nach dem Start der Analyse wählt der Konstrukteur diejenigen Bauunterlagen aus, für die er verantwortlich ist (Abbildung 71). Zusätzlich legt er einen Zeitraum fest, für den die Störungsanalyse durchgeführt wird.

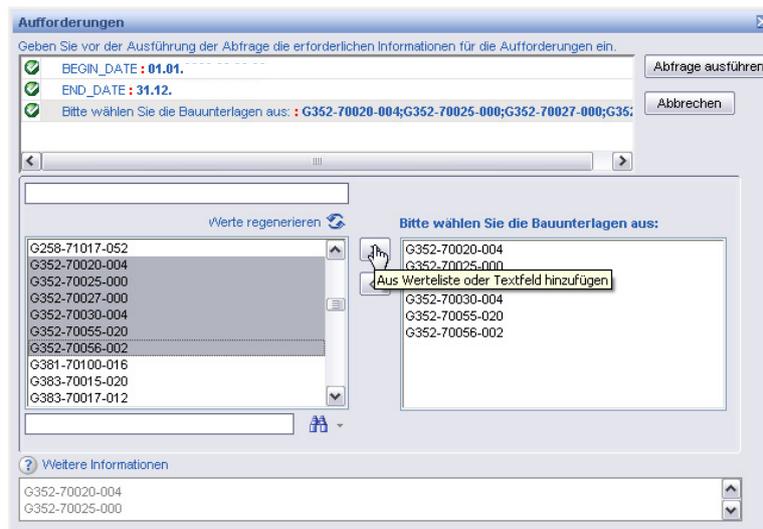


Abbildung 71: Auswahl der Analyse Kriterien für die bauunterlagenbezogene Analyse

In der Ergebnisansicht (Abbildung 72) wird angezeigt, wie viele Störungen durch die in den ausgewählten Bauunterlagen beschriebenen Bauteile verursacht wurden. Zwei Balkendiagramme zeigen jeweils die *betreffenen* und die *verursachenden Bauteile* an. Durch Nutzung der Drill-through Operation (siehe Abschnitt 5.2.1.2.) werden in dieser Analyse die Störungsbeschreibungen zu jeder Störung angezeigt.

Wie bei allen beschriebenen Analysen ist der Analyseinhalt interaktiv und die in den Teilan-sichten dargestellten Informationen sind voneinander abhängig:

- Nach Auswahl einer Bauunterlage in der oberen Tabelle werden in den Balkendiagrammen nur die betroffenen und verursachenden Bauteile sowie die Störungsbeschreibungen angezeigt, die mit dieser Bauunterlage in Zusammenhang stehen.

- Durch Anklicken eines Balkens im Diagramm der betroffenen und der verursachenden Bauteile werden die Informationen mit einem höheren Konkretisierungsgrad angezeigt. Auch der Inhalt der Tabelle mit den Störungsbeschreibungen wird entsprechend gefiltert.
- Über ein Auswahlfeld wird definiert, ob nur konstruktive oder nur fertigungsbezogene Störungen angezeigt werden sollen.
- Durch Auswahl einer Störungsnummer in der Tabelle wird in eine andere Darstellung gesprungen, in der weitere Informationen zu dieser Störung angezeigt werden.

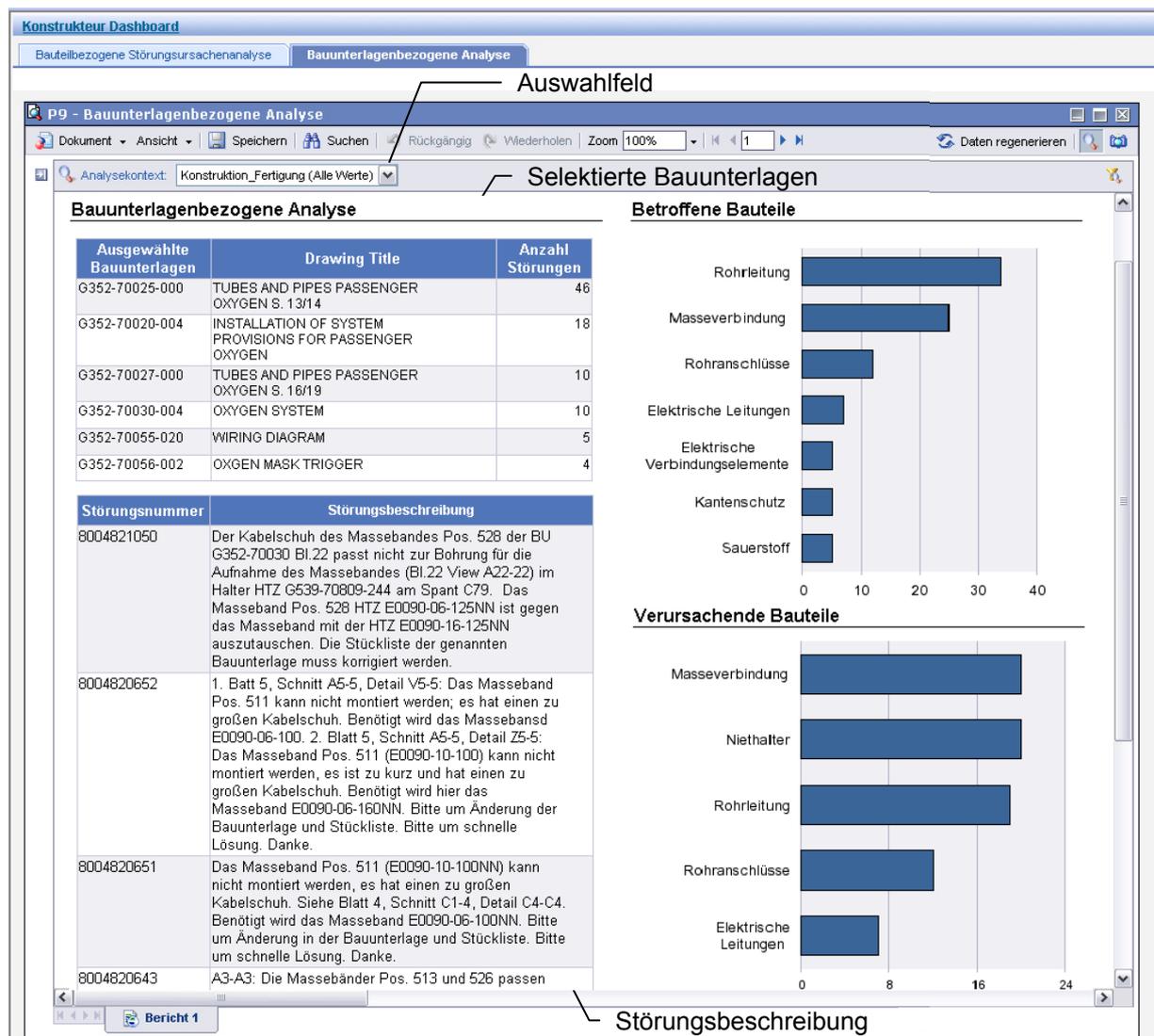


Abbildung 72: Ergebnis einer bauunterlagenbezogenen Analyse

Im Analyseergebnis (Abbildung 72) ist auf der rechten Seite zu erkennen, dass im selektierten Bauunterlagenbereich die Störungen im Wesentlichen durch *Masseverbindungen*, *Niethalter* und *Rohrleitungen* verursacht wurden. Durch die Selektion des Bereichs *Masseverbindungen*

wird das Analyseergebnis konkretisiert. Die detaillierte Störungsbeschreibung weist darauf hin, dass häufig nicht die richtige Länge für den Masseverbinder gewählt wurde.

Durch den Zugriff auf die detaillierten Störungsinformationen (Drill-through Operation) wird es dem Konstrukteur ermöglicht, die bauunterlagenbezogenen Störungen detailliert zu analysieren.

Abschließend werden die Erkenntnisse aus der prototypischen Realisierung der Störungsmanagementapplikation, die sich aus den Diskussionen mit den Störungsmanagement Prozessexperten ergeben haben, dargestellt.

Alle Analyseanforderungen konnten basierend auf dem prozessübergreifenden Störungsdatenmodell mit Hilfe der Business Intelligence Analysemethoden erfüllt werden. Hervorzuheben ist, dass dadurch die **Störungsinformationen allen am Störungsmanagement beteiligten Mitarbeitern zugänglich** sind:

- Durch das prozessübergreifende Störungsdatenmodell ist die Nutzung von Störungsdaten in allen Störungsmanagementprozessen auf der Leitungsebene, der Unterstützungsebene und der operativen Ebene (hierarchieübergreifend) möglich.
- Aufgrund der Verwendung eines Universums und der sehr guten Bedienbarkeit des Analysesystems ist die Erstellung und Durchführung von Analysen intuitiv möglich und somit nicht dem Experten vorbehalten.

Die gezeigten Analysen bieten einen sehr guten Überblick über die Störungsschwerpunkte in einem Montageprozess. Wissen als höherwertige Information wird dabei insbesondere durch die **Interaktivität und die Vernetzung der Einzelanalysen** generiert:

- Die Bereitstellung von Analysen in Dashboards und der Einsatz von Metriken ermöglicht eine aggregierte Sicht auf die Störungsdaten zur Bewertung des Prozesszustands.
- Der direkte Sprung von einer Analyse in eine andere ermöglicht es, einen Störungsschwerpunkt ohne Zeitverzögerung mehrdimensional zu analysieren. Ein Beispiel ist der Sprung von einer Hauptstörungsursache in einer Analyse in den zeitlichen Verlauf dieser Störungsursache.
- Durch die Nutzung der Drill-through Operation lässt sich beispielsweise ausgehend von der Analyse der betroffenen Bauunterlagen die Störungsbeschreibung aufrufen.
- Detaillierung einer Analyse durch Drill-down Operation, das heißt beispielsweise durch Anklicken einer Hauptkategorie des betroffenen Bauteils, wird die untergeordnete Kategorie angezeigt.
- Zu einer Störungsursache werden die bereits durchgeführten Maßnahmen angezeigt, um deren Wirksamkeit zu betrachten.

Häufig haben die Mitarbeiter eine subjektiv geprägte Einschätzung bezüglich des Störungsgeschehens im Unternehmen. Mit Hilfe der Business Intelligence Methoden kann diese **auf Basis von Fakten verifiziert oder falsifiziert** werden. Unterstützend kommt dabei hinzu, dass die Daten auf allen Hierarchieebenen sowie in allen Störungsmanagementprozessen und Abteilungen genutzt werden und dadurch der Interpretationsspielraum von Analyseergebnissen reduziert wird. Des Weiteren ist von Bedeutung, dass durch die Beschreibung der Semantik eines Datenfelds Unklarheiten bei der Analyse beseitigt werden können.

7 Zusammenfassung

Hersteller von kundenindividuellen, komplexen Produkten sehen sich einer zunehmenden Individualisierung der Produkte, wachsender Komplexität der Produkte und Prozesse und kürzer werdenden Produkterstellungszeiten gegenüber.

Typische Folgen dieser Rahmenbedingungen sind eine zunehmende Störungshäufigkeit und eine hohe Störungswirkung, da vorhandene Störungsmanagementsysteme den heutigen Anforderungen nicht in ausreichendem Maße gerecht werden. Die Analyse des Stands der Technik hat gezeigt, dass die Methoden aus dem Bereich der Qualitätstechnik nur bedingt für Prozesse mit einer geringen Wiederholhäufigkeit geeignet sind und daher nicht in dem notwendigen Umfang zu einer effektiven Störungsvermeidung beitragen.

Wesentliche Grundlage für eine effektive Störungsvermeidung ist ein detailliertes und umfassendes Wissen bezüglich der Störungssituation in den Unternehmensprozessen. In einzelnen unabhängigen Forschungsprojekten wurden in der Vergangenheit Methoden zum Aufbau von Störungswissen entwickelt. Diese Methoden erfordern einen hohen Aufwand für die Wissensakquisition und sind nur für Teilbereiche des Störungsmanagements entwickelt worden.

Die vorliegende Arbeit basiert auf den umfangreichen Erkenntnissen eines mehrjährigen Forschungsprojekts, das in Zusammenarbeit mit einem Hersteller von Passagierflugzeugen durchgeführt wurde. Zur Berücksichtigung von branchenübergreifenden Herausforderungen an das Störungsmanagement wurde eine Workshop-Reihe mit namhaften Industrieunternehmen durchgeführt; neben dem Flugzeughersteller waren daran ein Megayachthersteller, ein Schienenfahrzeughersteller und ein Waschautomatenhersteller beteiligt. Eine Befragung von diesen vier Unternehmen und acht weiteren Unternehmen aus verschiedenen Branchen in Form eines Fragebogens zum Thema Störungsmanagement ergab, dass die in dem Forschungsprojekt mit dem Flugzeughersteller und der Workshop-Reihe gewonnenen Erkenntnisse branchenübergreifend gelten.

Im Rahmen der Arbeit wurde ein Störungsmanagementsystem für Hersteller von kundenindividuellen, komplexen Produkten entwickelt. Kern des entwickelten Systems ist eine Störungsmanagementapplikation, die die drei Störungsmanagementprozesse Einzelstörungserfassung und -beseitigung, Störungsschwerpunkt-beseitigung und Störungsprävention gleichermaßen unterstützt. Für jeden dieser drei Prozesse wurden Referenzprozesse und Services entwickelt, durch die die an diesen Prozessen beteiligten Mitarbeiter unterstützt werden. Basis-

services gelten für alle Prozesse und dienen dem Störungsdatenmanagement, dem Maßnahmenmanagement und der Prozesssteuerung. Neben den Basisservices wurden prozessspezifische Services entwickelt.

Die Störungsdaten und -informationen bilden die wesentliche Grundlage für das Störungsmanagement. Dieser Tatsache wird in der vorliegenden Arbeit mit dem Basisservice Störungsdatenmanagement besonders Rechnung getragen. Mit diesem Basisservice werden die im Unternehmen gespeicherten Informationen über Störungen sowohl für die Beseitigung von einzelnen Störungen als auch für eine Störungsvermeidung in allen Phasen der Produkterstellung und auf allen Hierarchieebenen genutzt. Der Basisservice Störungsdatenmanagement wurde auf Grundlage von Business Intelligence Methoden wie Online Analytical Processing und Data Mining umgesetzt.

Die in der vorliegenden Arbeit entwickelten Methoden und Werkzeuge sollen Unternehmen helfen, die Störungswirkung und die Störungshäufigkeit zu reduzieren. Dieses wird wie folgt erreicht:

Die **Störungswirkung** wird verringert, indem der Zeitaufwand für die Einzelstörungsbeseitigung verkürzt wird. Dies wird mittels des Service Störungsdiagnose erreicht, da durch ihn die Störungsursachenanalyse auf die wahrscheinlichsten Ursachen gelenkt wird; dazu werden die Störungsdaten aus abgeschlossenen Aufträgen genutzt. Hinzu kommt, dass zur Findung von Lösungen zur Störungsbeseitigung systematisch auf bereits erfolgreich verwendete Lösungen und Lösungsansätze zurückgegriffen werden kann. Der Service Störungspriorisierung legt die Bearbeitungsreihenfolge der Störungsfälle anhand von objektiven Kriterien fest und dies führt dazu, dass die gravierenden Störungsfälle ohne Zeitverzögerung von den „richtigen“, das heißt sachkundigsten Mitarbeitern bearbeitet werden. Entscheidend für eine Verkürzung der Störungsbeseitigung ist eine Applikation zur effektiven Störungserfassung. Im Abschnitt *Prototyp* wird eine solche Applikation und das dazugehörige Beispielszenario der Erfassung und Beseitigung von Einzelstörungen vorgestellt. Die Applikation wurde auf Basis der Rich Internet Application Technologie aufgebaut, mit der webbasierte, interaktive Applikationen entwickelt werden, die eine hohe Akzeptanz bei den Benutzern erwarten lassen. Anhand einer Datenbasis mit einer vierstelligen Anzahl von Beispielstörungen konnte die Anwendbarkeit gezeigt werden.

Die **Störungshäufigkeit** zu reduzieren, indem das wiederholte Auftreten von gleichen Störungen vermieden wird, ist ein weiteres Ziel. Ein „Reparaturverhalten“ soll vermieden werden, bei dem Störungslösungen nur die Beseitigung der unmittelbaren Ursachen berücksichtigen. Wesentlich dafür ist, dass die Maßnahmen zur Störungsvermeidung die Beseitigung der originären Störungsursachen bewirken. Um dies zu erreichen, wurde ein Maßnahmenentwicklungsprozess mit seinen Elementaraufgaben und zugehörigen Methoden beschrieben, der sicherstellt, dass tatsächlich bis zu den originären Ursachen einer Störung gegangen wird. Um-

gesetzt wird der Maßnahmenentwicklungsprozess mit dem Basisservice Maßnahmenmanagement, der die Maßnahmenwirksamkeit misst und damit den Handlungsbedarf zur Entwicklung weitergehender Maßnahmen zeigt.

In der Einzel- und Kleinserienmontage ist die Notwendigkeit, Störungsschwerpunkte zu beseitigen und Maßnahmen zur Störungsvermeidung zu entwickeln, nicht immer eindeutig erkennbar. Der Basisservice Prozessmanagement berücksichtigt diesen Aspekt und ermöglicht den Übergang von der Einzelstörungsbeseitigung zur Störungsschwerpunktbeseitigung auf Basis von objektiven Kriterien (Eskalationsverfahren).

Störungsprävention ist eine weitere Möglichkeit, die Störungshäufigkeit zu reduzieren. Die wesentliche Grundlage hierzu ist, eine hohe Transparenz bezüglich des Störungsaufkommens in der Produktherstellung zu erzielen. Dazu wird der Basisservice Störungsdatenmanagement verwendet. Darauf aufbauend wird der Service Risikomanagement eingesetzt, um zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt das von neuen Kundenanforderungen ausgehende Störungsrisiko in der Produktion zu bewerten. Kennzeichnend ist, dass diese Bewertung automatisch anhand von Störungsdaten aus abgeschlossenen Kundenaufträgen erfolgt und sie nicht von dem Wissen einzelner Experten im Unternehmen abhängt.

Des Weiteren wird der Service Entwicklungs- und produktionsbegleitende Störungsprävention für die benutzerspezifische Bereitstellung der Störungsdaten und -informationen im Produkterstellungsprozess eingesetzt. Im Rahmen der Arbeit wurden Beispielszenarios für die Störungsprävention auf Basis eines kommerziell verfügbaren Business Intelligence Systems realisiert. Die Umsetzung mit Beispieldaten hat gezeigt, dass das entwickelte Konzept wesentlich zu einer erhöhten Störungstransparenz beitragen kann und es damit möglich ist, im Unternehmen vorhandene Fragestellungen auf Basis von Fakten zu verifizieren oder zu falsifizieren.

Die Einführung eines Störungsmanagementsystems kann einen gravierenden Eingriff in die Rollen, Verantwortlichkeiten und Prozesse des Störungsmanagements darstellen. Daher wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Implementierungskonzept entwickelt, das die technische Implementierung und das organisatorische Change Management gleichermaßen berücksichtigt. Mittels des in dieser Arbeit entwickelten Reifegradmodells können Unternehmen ihr vorhandenes Störungsmanagementsystem bewerten und die Entwicklungsschwerpunkte für ein neues Störungsmanagementsystem herausarbeiten.

Insgesamt konnte gezeigt werden, wie die Nutzung des neuartigen Störungsmanagementsystems hilft, die Störungshäufigkeit und Störungswirkung zu reduzieren und es Herstellern von komplexen, kundenindividuellen Produkten ermöglicht, sich an die eingangs genannten Rahmenbedingungen anzupassen und damit die Wettbewerbsposition solcher Unternehmen zu stärken oder auszubauen.

Anhang

A Informationen zur Ist-Situation im Störungsmanagement

A.1. Funktionalitäten kommerzieller Informationssysteme

In den folgenden Tabellen sind die typischen Funktionalitäten von kommerziellen Informationssystemen zum Störungs-, Fehler- und Reklamationsmanagement aufgeführt.

Tabelle 28: Funktionalitäten im Bereich Störungserfassung

Kategorie	Funktionalitäten
Dezentrale Störungserfassung	<ul style="list-style-type: none"> - Aufruf von Serviceformularen über das Internet (Browserbasiert) - Mehrsprachenfähig - Reklamationsverfolgung für autorisierte Nutzer - Import von Kunden-/Lieferantendaten
Strukturierte Störungserfassung	<ul style="list-style-type: none"> - Standardisierte Reklamationsbeschreibung - Vordefinierte und anpassbare Formularfelder - Multimediadaten - Kommunikation mit vorstrukturierter E-Mail - Eingabe der Reklamationspriorität - Dokumentenmanagement und Versionssteuerung - Erfassung von Reklamationskosten (nicht strukturiert) - Zusammenfassung mehrerer Reklamation zu einer Reklamation
Unterstützte Störungserfassung	<ul style="list-style-type: none"> - Visualisierte Fehlererfassung (technische Zeichnungen) - Flexibel anpassbare Bedienoberflächen - Optische und akustische Warnhinweise

Tabelle 29: Funktionalitäten im Bereich Maßnahmenmanagement

Kategorie	Funktionalitäten
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> - Wichtige Störungen per SMS und MMS - Automatisierte Terminüberwachung - Multilinguale Datendarstellung - Personalisierung von Aufgaben und Terminen
Maßnahmenverfolgung	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation von Maßnahmen - Frei konfigurierbare Maßnahmenkataloge - Fortschrittskontrolle - Prüfung der Maßnahmen nach Vier-Augen-Prinzip - Externe Reklamationsverfolgung für autorisierte Nutzer
Workflow-Management	<ul style="list-style-type: none"> - Hinterlegte Standard-Workflows - Grafische Workflowdefinition - Verantwortungsträger und Vertreter im System hinterlegt

Tabelle 30: Funktionalitäten im Bereich Störungsdatenanalyse und Störungsdatenverteilung

Kategorie	Funktionalitäten
Auswertungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Export in ein Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel) - Tabellarische und grafische Auswertungen - Qualitätsregelkarten mit Toleranzgrenzen - Reklamationshäufigkeiten - Reklamationschwerpunktermittlung mittels Pareto-Analyse - Trendanalysen - Zusammenfassung von Qualitätsinformationen (Zusammenfassung der offenen Punkte aus verschiedenen CAQ-Modulen) - Unterstützte Planung von Prüfstationen
Einbindungsmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Integration des Wareneingangs möglich mit Lieferantenbewertung - Kontinuierliche Verbesserungsprojekte auf Basis der 8D-Methode - Übernahme und Übergabe von Fehlern aus/in FMEA, Bewertung von Abstellmaßnahmen mit Risikoprioritätszahl - Einlesen von Produktdaten aus PDM
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> - Informationslieferung nach Push-Prinzip - Schnittstellen für Unternehmenssoftware und angrenzenden Modulen - Schnittstellen zu Messsystemen

A.2. Strukturierte Unternehmensbefragung

A.2.1. Fragebogen

Unternehmen: _____

Größe des Unternehmens:
(Anzahl der Mitarbeiter)

- 1 - 500
 500 - 5000
 > 5000

Branche:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Maschinenbau | <input type="checkbox"/> Fahrzeugbau |
| <input type="checkbox"/> Anlagenbau | <input type="checkbox"/> Werkzeug-
maschinenbau |
| <input type="checkbox"/> Schiffbau | <input type="checkbox"/> Haushaltsgeräte-
bau |
| <input type="checkbox"/> Luft- und
Raumfahrt | <input type="checkbox"/> _____ |

Erzeugnisspektrum:

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Kundenindividuelle Erzeugnisse mit geringem Standardisierungsanteil | <input type="checkbox"/> Typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Modifikationen | <input type="checkbox"/> Standard-
erzeugnisse ohne Varianten |
|--|---|--|

Erzeugnisstruktur:

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Mehrteilige Erzeugnisse mit komplexer Struktur | <input type="checkbox"/> Mehrteilige Erzeugnisse mit einfacher Struktur | <input type="checkbox"/> Geringteilige Erzeugnisse |
|---|---|--|

Beschaffungsart:

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Weitestgehende Fremdfertigung | <input type="checkbox"/> Fremdfertigung in größerem Umfang | <input type="checkbox"/> Im wesentlichen Eigen-
produktion oder
-fertigung |
|--|--|--|

Fertigungsart:

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Einmalfertigung | <input type="checkbox"/> Einzel- und Kleinserienfertigung | <input type="checkbox"/> Serienfertigung |
|--|---|--|

Ablauf in der Montage:

- | | | | |
|--|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Baustellenmontage | <input type="checkbox"/> Gruppenmontage | <input type="checkbox"/> Reihenmontage | <input type="checkbox"/> Fließfertigung |
|--|---|--|---|

Beeinflussung der Fertigung und Montage durch vom Kunden erzwungene Änderungen

- | | | |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Änderungseinflüsse in größerem Umfang | <input type="checkbox"/> Änderungseinflüsse gelegentlich | <input type="checkbox"/> Änderungseinflüsse unbedeutend |
|--|--|---|

A. Ist-Situation des Störungsmanagements im Unternehmen

1. Werden in den nachstehend aufgeführten Abteilungen Störungsdaten erfasst?	Ja	Nein
Marketing/Vertrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entwicklung/Konstruktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitsvorbereitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fertigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Montage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualitätssicherung und -management (QS/QM)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Welche Abteilungen sind für das Management von Störungen hauptverantwortlich (Mehrfachnennung möglich)?	momentan	zukünftig
Produktentwicklung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konstruktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fertigung und Montage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instandhaltung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualitätssicherung und -management (QS/QM)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Welche Arten von Störungsmanagementsoftware werden eingesetzt?	momentan	zukünftig
Eigenentwickelte Lösung (abteilungsbezogen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eigenentwickelte Lösung (abteilungsübergreifend)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Standardsoftware	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modul eines umfassenden CAQ-Systems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Werden Informationen über die folgenden unerwünschten Ereignisse jeweils in voneinander isolierten Systemen verwaltet?	Ja	Nein
a. Konstruktionsänderungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Interne Reklamationen (z.B. Montagestörungen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Externe Reklamationen (z.B. Kundenreklamationen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Zulieferstörungen bezüglich Zeit und Qualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weitere:		

Falls nein: Bitte geben Sie die bei Ihnen vorliegenden Kombinationen an!

Antwort: _____

5. Wie werden Störungsdaten erfasst? Bewerten Sie bitte die Akzeptanz der eingesetzten Methode!	voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
Störungssammelkarten	<input type="checkbox"/>				
Standardisierte Störungsmeldungsformulare	<input type="checkbox"/>				
Kataloge möglicher Störungen	<input type="checkbox"/>				
Standardisierte Störungsbegriffe	<input type="checkbox"/>				
Benutzung eines Störungsschlüssels zur Klassifikation	<input type="checkbox"/>				
Freitextbeschreibung	<input type="checkbox"/>				

6. Welche Vor- und Nachteile sehen Sie bei der Verwendung eines Störungsschlüssels?	
Vorteile	Nachteile
1.	1.
2.	2.
3.	3.

7. Wie werden folgende Daten erfasst?	Gar nicht	Standardisiert	Freitext
Beschreibung der Störung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Art der Entdeckung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Von der Störung betroffener Prozess	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störungsort (System/Komponente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betroffenes Produkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betroffener Prozess	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störungsbehebungszeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zu belastende Kostenstellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störungskosten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Potentielle Störungsursachen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tatsächliche Störungsursachen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vorbeugungsmaßnahmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Ist in Ihrem Störungsmanagementablauf eindeutig definiert, wann eine Störung überhaupt erfasst werden muss?				
ja <input type="checkbox"/>		nein <input type="checkbox"/>		
Wie schätzen Sie die Wichtigkeit einer solchen Definition ein?				
sehr wichtig	wichtig	teilweise wichtig	kaum wichtig	nicht wichtig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Nach welchen Regeln erfolgt die Priorisierung von Störungen?		ja	nein	
Es existieren keine Regeln.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Es existieren nur für wenige Ausnahmefälle Regeln.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Es existiert ein umfassendes Regelwerk.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Die existierenden Regeln werden auch eingesetzt.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Wie schätzen Sie die Wichtigkeit solcher Priorisierungsregeln ein?				
sehr wichtig	wichtig	teilweise wichtig	kaum wichtig	nicht wichtig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Die erfassten Störungsdaten geben das reale Störungsgeschehen vollständig und gut nachvollziehbar wieder!				
Aussage trifft voll zu.	Aussage trifft überwiegend zu.	Aussage trifft teilweise zu.	Aussage trifft kaum zu.	Aussage trifft nicht zu.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nennen Sie die drei wichtigsten Gründe!				
1.				
2.				
3.				

11. Nach welchen Kriterien werden Informationen über Störungen und Fehler bei Ihnen ausgewertet?	momentan	zukünftig
Verursacher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kostenstellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zeitraum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produkte und Produktgruppen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fertigungs- und Montageschritte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fehler- und Störungsart	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fehlerursachen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Erfolgt eine Auswertung folgender Kenngrößen?	momentan	zukünftig
Fehlerhäufigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fehlerkosten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zeiten für die Fehlerbeseitigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maßnahmenerfolg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Welche Auswertungsmöglichkeiten vermissen Sie in Ihrem täglichen Geschäft?
1.
2.
3.
4.
5.

14. Welche Verfahren nutzen Sie zur Analyse von Störungsursachen?	momentan	zukünftig
Ishikawa-Diagramm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pareto-Analyse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Histogramme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesonderte Datenerhebung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Korrelationsdiagramm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fähigkeitsuntersuchungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wahrscheinlichkeitsnetze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störablaufanalyse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brainstorming	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FMEA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Welche Methoden nutzen Sie, um mögliche Fehlerrisiken abzuschätzen und entsprechende vorbeugende Maßnahmen einzuleiten?	momentan	zukünftig
FMEA (Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FTA (Fehlerbaumanalyse)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ereignisablaufanalyse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Six Sigma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Wie ist die Auswertung der Störungsinformationen im Gesamtzusammenhang organisiert?	momentan	zukünftig
Die einzelnen Störungen werden zwar behoben, aber eine übergreifende Auswertung der Störungsursachen erfolgt gar nicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eine Abteilung wertet die Störungsinformationen für die Entwicklung/ Konstruktion <u>und</u> Fertigung/Montage zentral aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dezentral, die verschiedenen Abteilungen führen jeweils ihre eigenen Analysen durch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17. In welchen Abteilungen werden die Kenntnisse über die Störungszusammenhänge genutzt?	momentan	zukünftig
Marketing/Vertrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entwicklung/Konstruktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitsvorbereitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fertigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Montage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktanwendung und Service	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Controlling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18. Wann werden die Ergebnisse kommuniziert?	momentan	zukünftig
Regelmäßig durch standardisierte Berichte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für jeden Prozessteilnehmer nach Bedarf abrufbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19. Wo fließen die Kenntnisse der Störungszusammenhänge ein?	momentan	zukünftig
Konstruktionskataloge und -richtlinien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualitätsregeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Neukonstruktionen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Änderungskonstruktionen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Berichterstattung für Leitungsebenen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20. Bewerten Sie bitte die Relevanz der Aussagen bezüglich der Leistungsfähigkeit des in Ihrem Unternehmen eingesetzten Informationssystems zur Verarbeitung und Analyse von Störungsinformationen. 5 (wichtig) bis 1 (vollkommen unwichtig)!	5	4	3	2	1
Die Analyse erfordert viel Expertenwissen	<input type="checkbox"/>				
Zur Ermittlung von Störungsschwerpunkten müssen viele Zusatzinformationen manuell gesammelt werden.	<input type="checkbox"/>				
Aufgrund der Komplexität der Unternehmensprozesse sollte das System automatisch mögliche Fehler- und Störungszusammenhänge aufzeigen; dies wird nicht ausreichend unterstützt.	<input type="checkbox"/>				

21. Die Informationen über Störungen aus abgeschlossenen Aufträgen sind...					
	voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
...nicht verfügbar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...werden zu spät genutzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...sind nicht transparent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...geben nicht das reale Fehlergeschehen wieder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

22. Wie sind die Abläufe im Reklamations- und Störungsmanagement organisiert?	momentan	zukünftig
Ad-hoc Abläufe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strikt definierter Workflow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

23. Nach welchen Regeln erfolgt eine Eskalation von erkannten Störungsschwerpunkten an vorgelagerte Abteilungen und/oder Vorgesetzte?		ja	nein	
Es gibt keine eindeutige Regelung; die Eskalation ist Ermessenssache.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Es existieren Regeln, diese werden aber nicht konsequent eingehalten.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Es existieren eindeutige Regeln, die strikt eingehalten werden.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Für wie wichtig halten Sie die Eskalationsregeln?				
sehr wichtig	wichtig	teilweise wichtig	kaum wichtig	nicht wichtig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

24. Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zum Thema Eskalation!	voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
Die Eskalation von erkannten Störungsschwerpunkten erfolgt zu spät und verursacht dadurch hohe Kosten.	<input type="checkbox"/>				
Das Top-Management ist in den Eskalationsprozess nicht eingebunden; es besteht die Tendenz dass entgegen der realen Situation grünes Licht gemeldet wird.	<input type="checkbox"/>				

25. Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zum Thema Störungsbehebungsprozess!	voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
Im Störungsbehebungsprozess ...					
...sind häufige Rückfragen zwischen dem Störungserfasser und demjenigen, der eine Störung beseitigen soll, erforderlich.	<input type="checkbox"/>				
...sind die richtigen Ansprechpartner oft schwer zu finden.	<input type="checkbox"/>				
...werden Informationen über bekannte Störungen in der Vergangenheit bei der Störungsursachenanalyse nicht systematisch genutzt. Dadurch könnte der Prozess deutlich beschleunigt werden.	<input type="checkbox"/>				
Die schnelle Beseitigung einer Störung hängt von den persönlichen Beziehungen der Mitarbeiter ab.	<input type="checkbox"/>				
Störungsschwerpunkte lassen sich nur schwer ermitteln, weil die Störungen in unterschiedlichen, parallelen Systemen erfasst werden.	<input type="checkbox"/>				
Bei der Festlegung des Verursachers einer Störung ist häufig keine Einstimmigkeit zu erzielen.	<input type="checkbox"/>				

26. Bewerten Sie bitte die folgende Aussage: Die Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen wird nicht ausreichend gemessen.				
voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27. Störungen werden nicht nachhaltig beseitigt, weil...	voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
...eine ganzheitliche Betrachtung aufgrund vom Budget- und Abteilungsdenken nicht erfolgt.	<input type="checkbox"/>				
...bei der Beseitigung von Störungen die unmittelbaren Fehler behoben werden, aber keine systematische, tiefergehende Störungsursachenanalyse durchgeführt wird.	<input type="checkbox"/>				

28. Verbesserungsmaßnahmen werden konsequent umgesetzt.				
voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn nein, warum werden diese nicht konsequent umgesetzt?				

29. Bei der Entwicklung von neuen Produkten oder Aufträgen werden Informationen über vergangene Störungen nicht ausreichend genutzt.				
voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nennen Sie die wichtigsten Gründe!				
1.				
2.				
3.				

B. Erwartungen an das Störungsmanagement

30. Welche Erwartungen haben Sie an ein gutes Störungsmanagement? Bewerten Sie bitte die folgenden Ziele von 5 (wichtig) bis 1 (vollkommen unwichtig)!	5	4	3	2	1
Erfüllung von Normenanforderungen und Vorschriften	<input type="checkbox"/>				
Vermeidung von Kundenverlusten durch Fehler	<input type="checkbox"/>				
Reduzierung der Nacharbeitungskosten	<input type="checkbox"/>				
Reduzierung der Garantieforderungen	<input type="checkbox"/>				
Optimierung der Unternehmensprozesse	<input type="checkbox"/>				
Sicherung von Wettbewerbsvorteilen	<input type="checkbox"/>				
Erhöhung der Produktqualität	<input type="checkbox"/>				
Einem Trend folgen / Imagegründe	<input type="checkbox"/>				
Beschleunigung der Störungsbeseitigung	<input type="checkbox"/>				
Gezielte Störungsvermeidung	<input type="checkbox"/>				
Wissenssammlung über Fehlerzusammenhänge	<input type="checkbox"/>				
Erkennung von Fehlerschwerpunkten	<input type="checkbox"/>				
Bessere Ermittlung der Fehlerursachen	<input type="checkbox"/>				
Bessere Ermittlung von Abstell- und Verbesserungsmaßnahmen	<input type="checkbox"/>				
Unterstützung Maßnahmendurchführung	<input type="checkbox"/>				
Sensibilisierung der Mitarbeiter für Fehler	<input type="checkbox"/>				

31. Nennen Sie stichpunktartig die Gründe dafür, dass die Erwartungen nicht erfüllt worden sind!
1.
2.
3.
4.
5.

C. Randbedingungen für das Störungsmanagements

32. Unternehmensprozesse werden auf den störungsfreien Ablauf ausgelegt, weil...	voll zutreffend	überwiegend zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
...sich der Nutzen eines präventiven Störungsmanagements als Prozessbestandteil schwer bewerten lässt.	<input type="checkbox"/>				
...Störungen grundsätzlich als negativ eingestuft werden und daher bei der Entwicklung von Unternehmensprozessen nicht mit einbezogen werden.	<input type="checkbox"/>				

33. Warum besteht grundsätzlich die Tendenz Störungen und Fehler nicht so schnell wie möglich zu beheben oder langfristig zu vermeiden?	voll zutreffend	zutreffend	teilweise zutreffend	kaum zutreffend	nicht zutreffend
Entdeckte Fehler werden aus Angst vor Nachteilen nicht genannt	<input type="checkbox"/>				
Budget- und Abteilungsdenken	<input type="checkbox"/>				
Mangelnde Teamkultur	<input type="checkbox"/>				
Fehlende Anreize	<input type="checkbox"/>				
Fehlende Ressourcen	<input type="checkbox"/>				
Wie könnten die Anreize verbessert werden?					
1.					
2.					
3.					

A.2.2. Fragenbogenauswertung

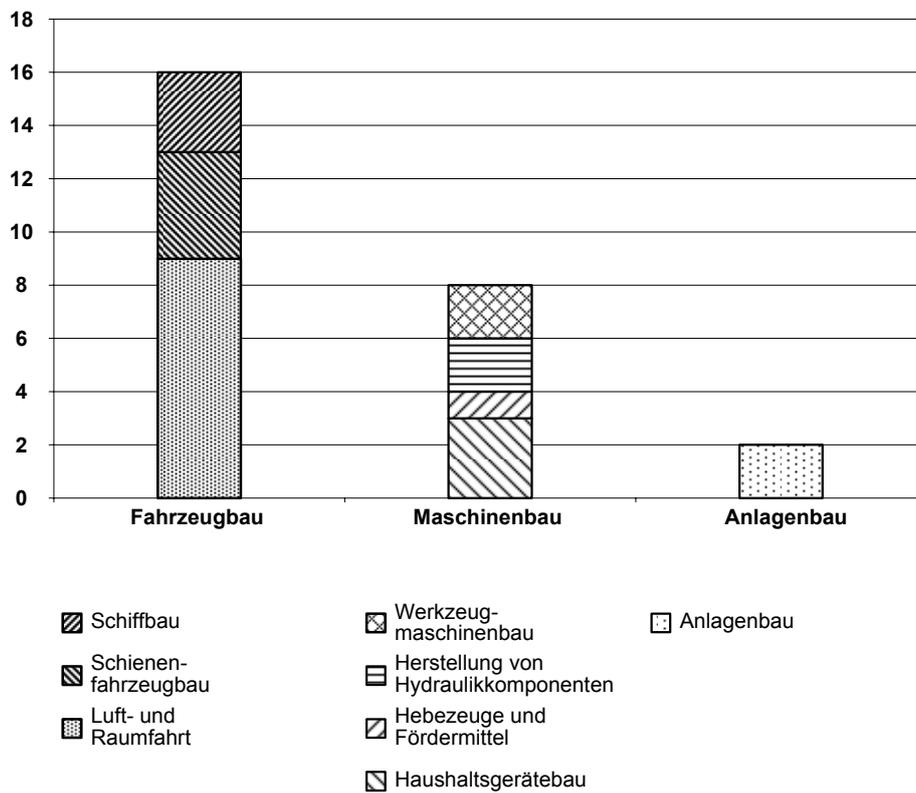


Abbildung 73: Rückläufer der Unternehmensbefragung nach Branche

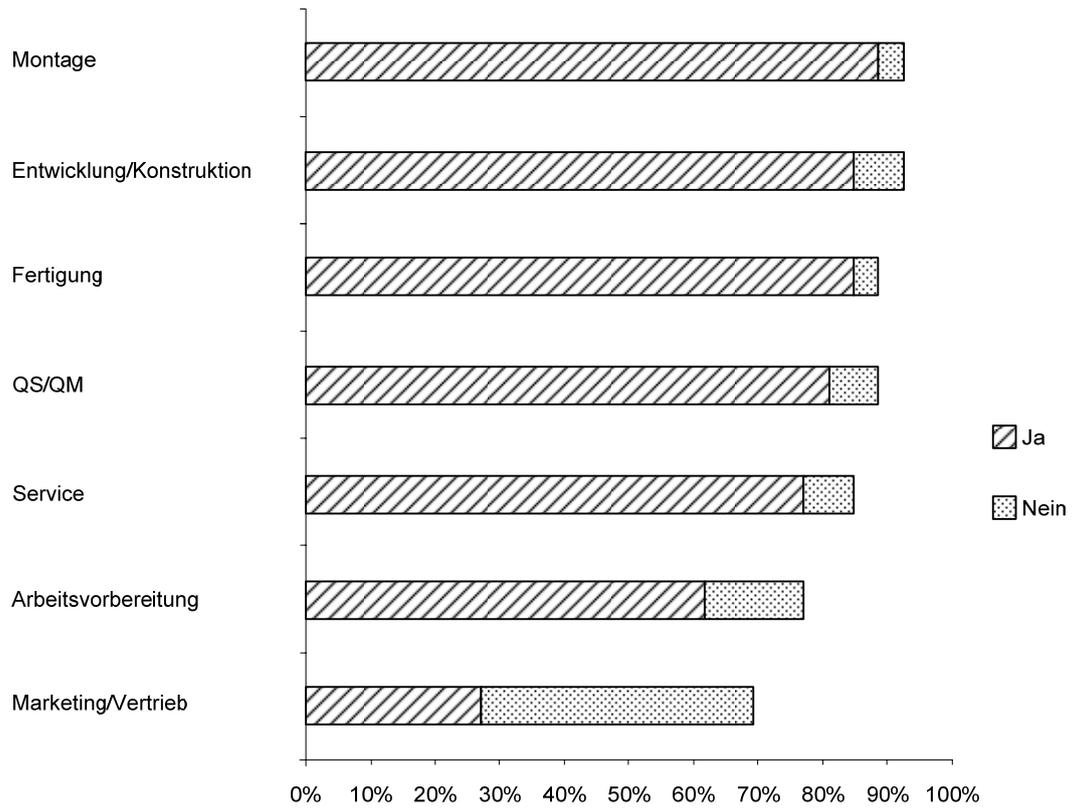


Abbildung 74: Abteilungen, in denen Störungsdaten erfasst werden (Frage 1)

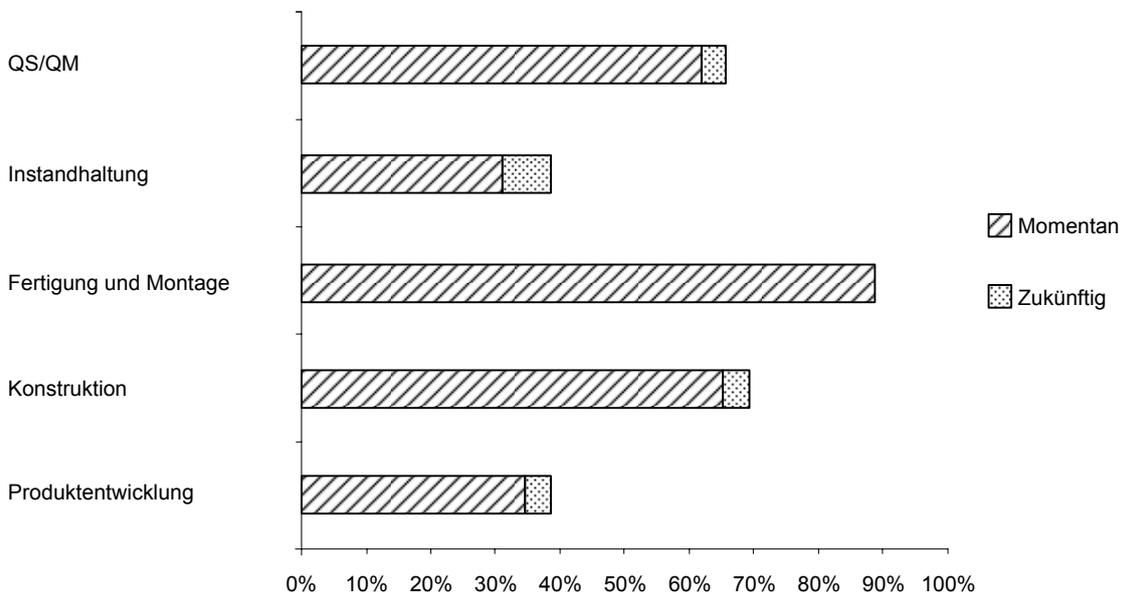


Abbildung 75: Abteilungen, die für das Störungsmanagement verantwortlich sind (Frage 2)

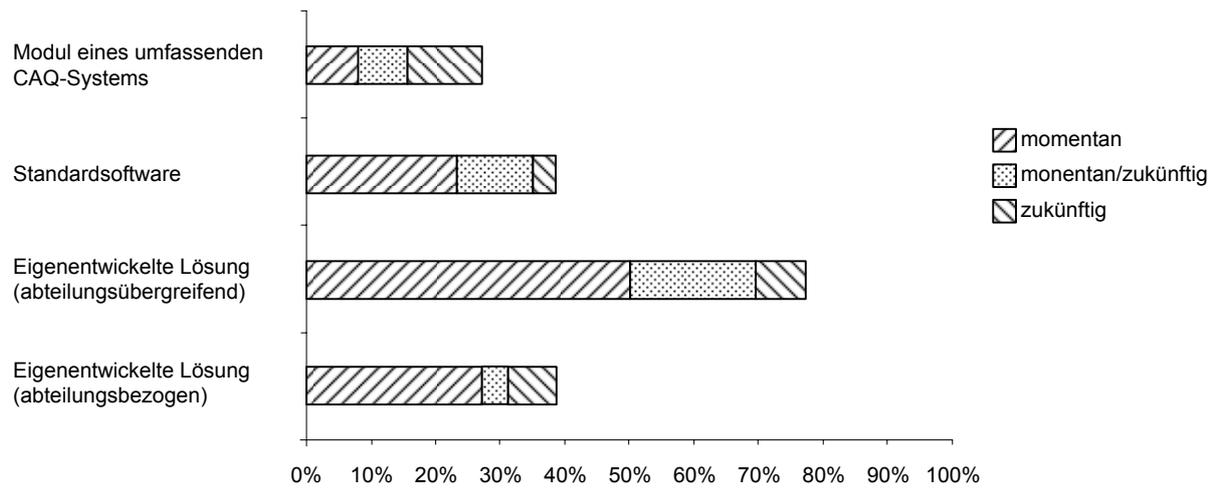


Abbildung 76: Arten von Störungsmanagementsoftware (Frage 3)

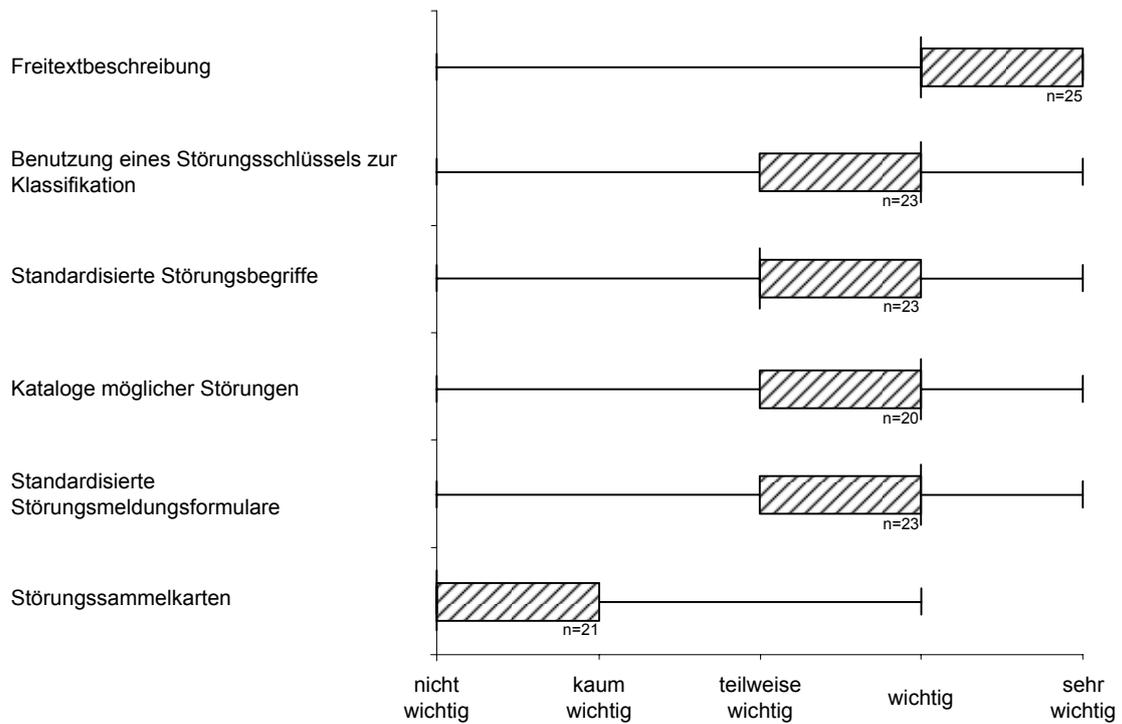


Abbildung 77: Akzeptanz der Methoden zur Störungsdatenerfassung (Frage 5)

Tabelle 31: Vor- und Nachteile der Verwendung eines Störungsschlüssels (Frage 6)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Schnellere Erfassung und Verfolgung • Von jedem Mitarbeiter anwendbar • Leichtere Kanalisierung und Priorisierung von Störungen und damit zielgerichtete Bearbeitung • Die Störungsbeschreibung ist abteilungs- und mitarbeiterübergreifend einheitlich (Harmonisierung), sowie sprachunabhängig und damit <ul style="list-style-type: none"> – Verdichtung/Klassifizierung ähnlicher Störungen – Erfolgsstatistik möglich • Systematischere und leichtere Auswertungsmöglichkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ungenaue Störungsanalyse, da <ul style="list-style-type: none"> – Grenzfälle schwer zuzuordnen – Fehlerbeschreibung ungenauer – Nachvollziehbarkeit eingeschränkt – der eigentliche Ursprung der Störung nicht sicher erkennbar ist – alle Anwender das gleiche Verständnis haben müssen, sonst unterschiedliche Klassifikation für gleicher Fehler • Zeitverzögerung, da ein zusätzlich zu verwaltendes Merkmal • Hoher Aufwand für Aufbau und Pflege des Störungsschlüssels • Keine ehrlichen Antworten, da Rückverfolgbarkeit der Fehler besser möglich ist

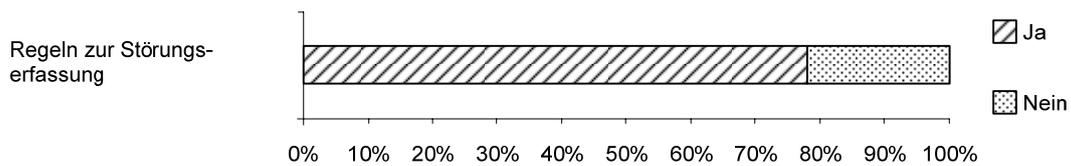


Abbildung 78: Einsatz von Regeln zur Störungserfassung (Frage 8)

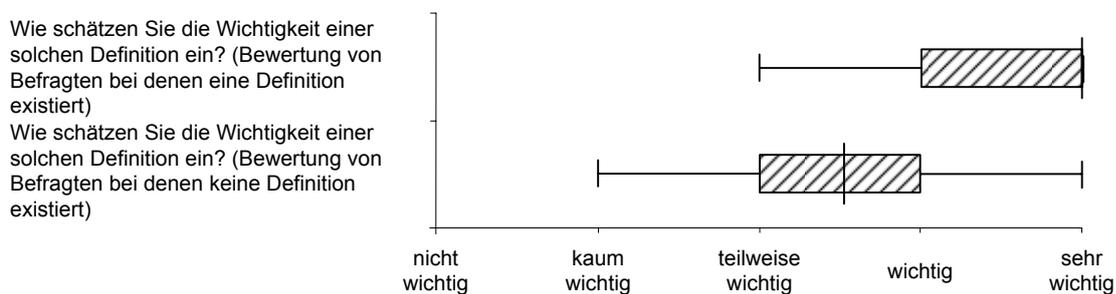


Abbildung 79: Wichtigkeit der Regeln zur Störungserfassung (Frage 8)

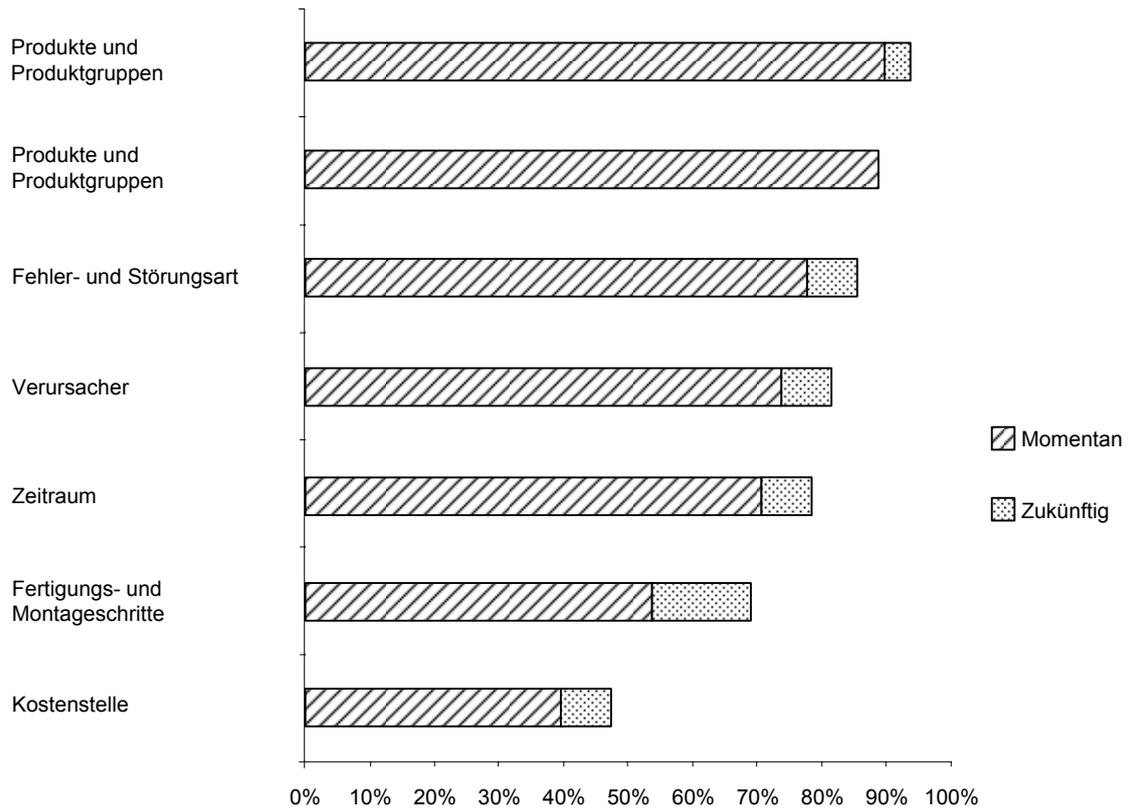


Abbildung 80: Kriterien zur Auswertung von Störungsdaten (Frage 11)

Tabelle 32: Fehlende Auswertungsmöglichkeiten (Frage 13)

Fehlende Auswertungsmöglichkeiten
<ul style="list-style-type: none"> • Störungs- bzw. Fehlerart • Fehlerkosten • Wiederholtes Auftreten von Störungen • Auswirkungen von Störungen • Ursachenanalyse • Nachvollziehbarkeit der Auswirkungen von Änderungen aufgrund von Störungen • Sinnvolle Verknüpfung verschiedener Fehler zur Ursachenfindung • Auswertung nach Bauunterlagen • Auswertung nach Maschine/Kunden • Unbearbeitete Störungsfälle zum Produkt • Datenbasis für Gewährleistungen • Ausfiltern von ähnlichen Symptomen

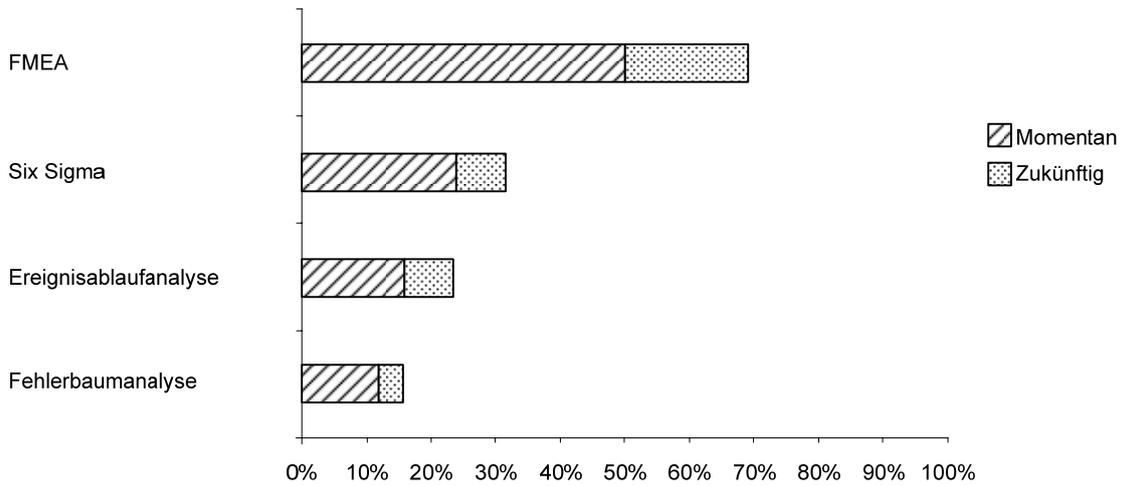


Abbildung 81: Methoden zur Abschätzung von Fehlerrisiken (Frage 15)

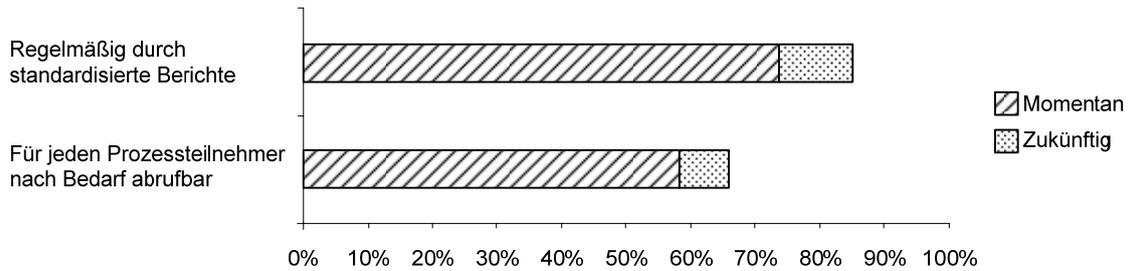


Abbildung 82: Zeitpunkte der Kommunikation von Ergebnissen (Frage 18)

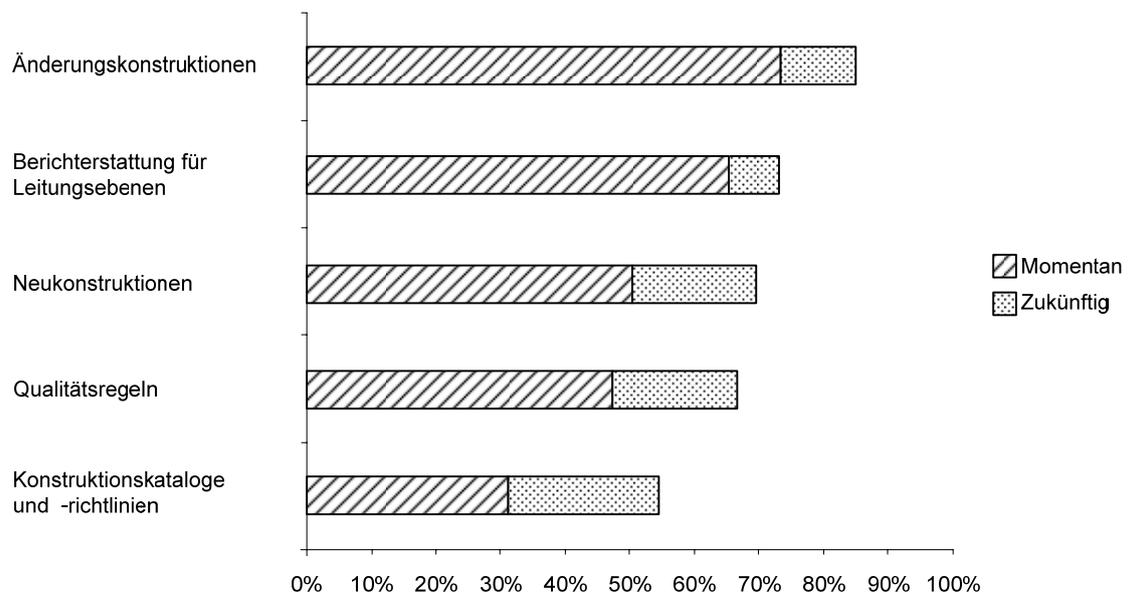


Abbildung 83: Einfließen der Kenntnisse über Störungszusammenhänge (Frage 19)

Die Information über Störungen aus abgeschlossenen Aufträgen...

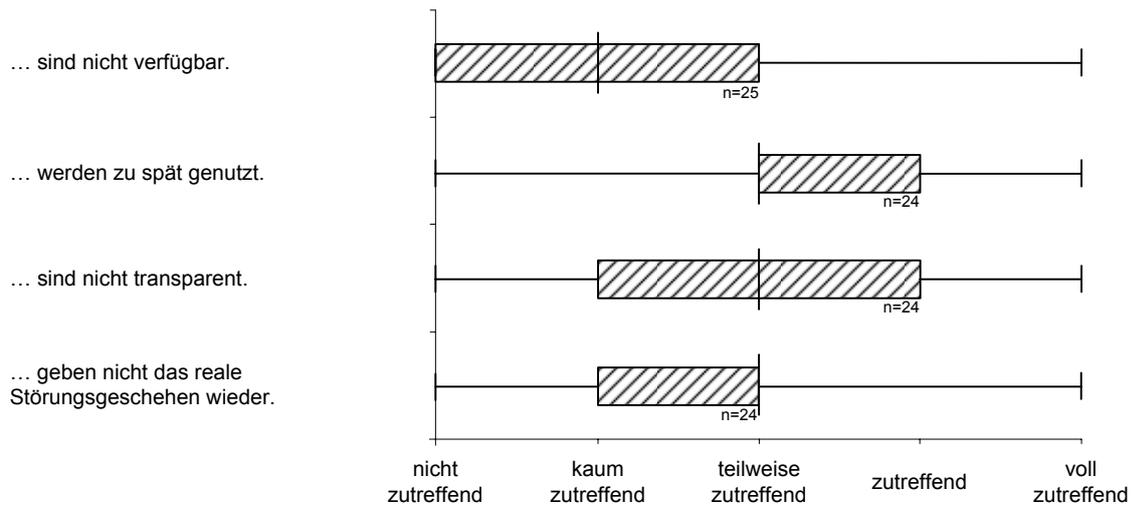


Abbildung 84: Bewertung von Störungsinformationen (Frage 21)

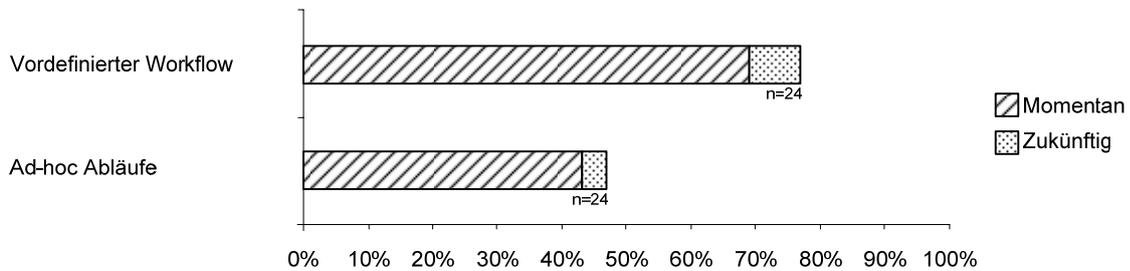


Abbildung 85: Organisation der Abläufe im Störungsmanagement (Frage 22)

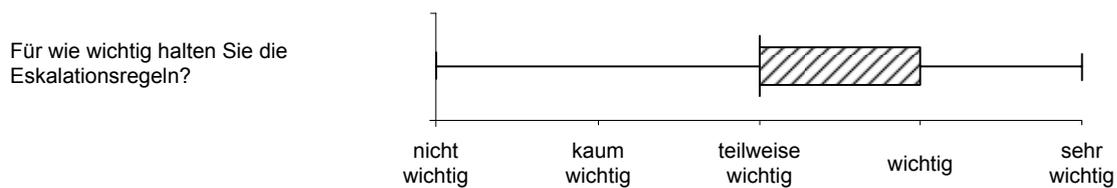


Abbildung 86: Regeln zur Eskalation (Frage 23)

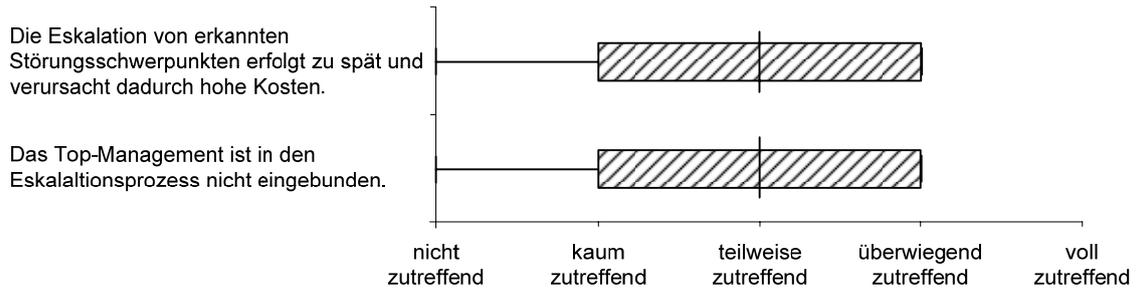


Abbildung 87: Bewertung der Eskalation (Frage 24)

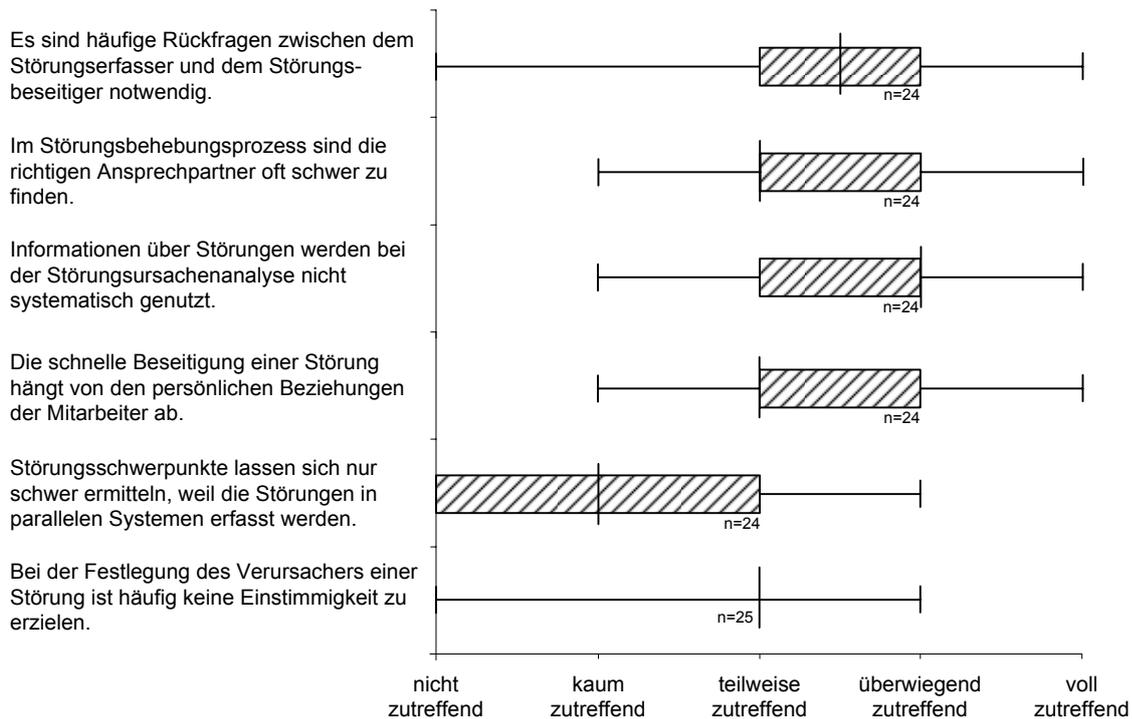


Abbildung 88: Bewertung Störungsbehebungsprozess (Frage 25)

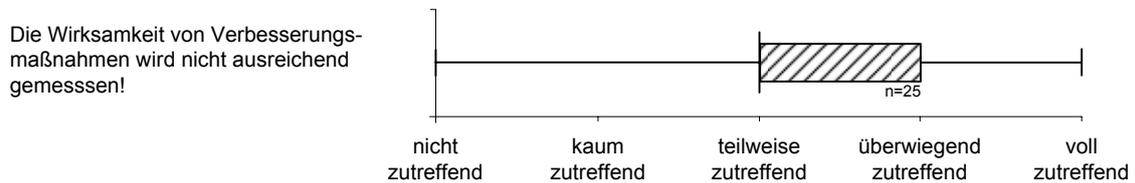


Abbildung 89: Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen (Frage 26)

Störungen werden nicht nachhaltig beseitigt, weil...

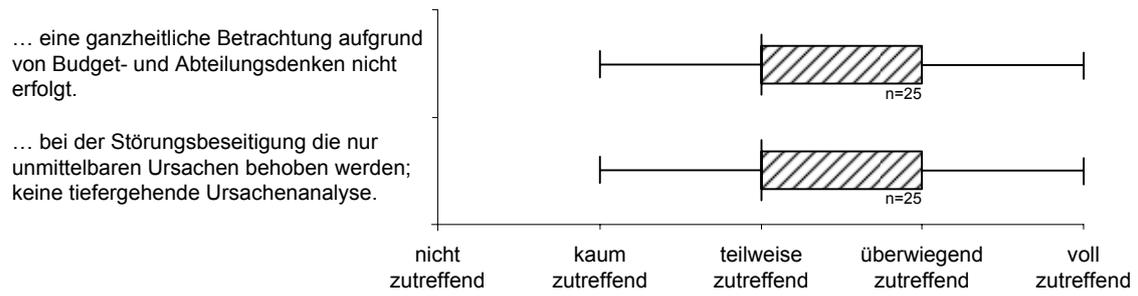


Abbildung 90: Nachhaltige Störungsbeseitigung (Frage 27)

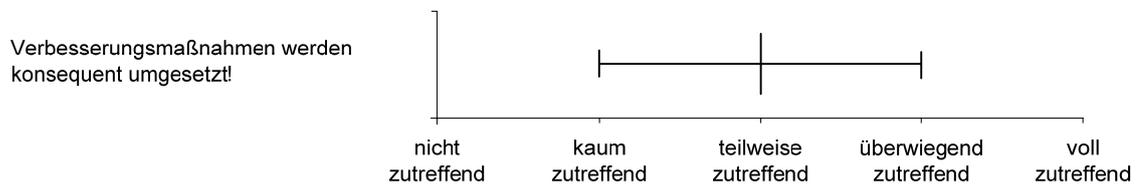


Abbildung 91: Konsequente Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen (Frage 28)

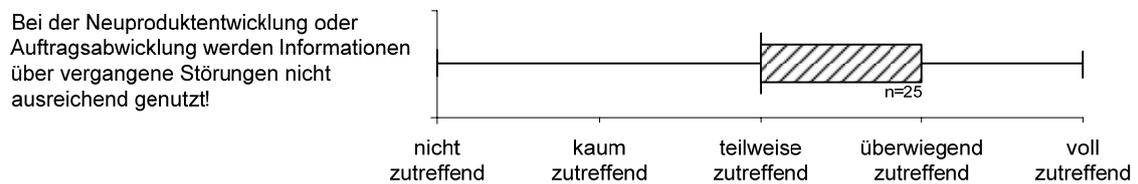


Abbildung 92: Nutzung von Störungsdaten im Prozess (Frage 29)

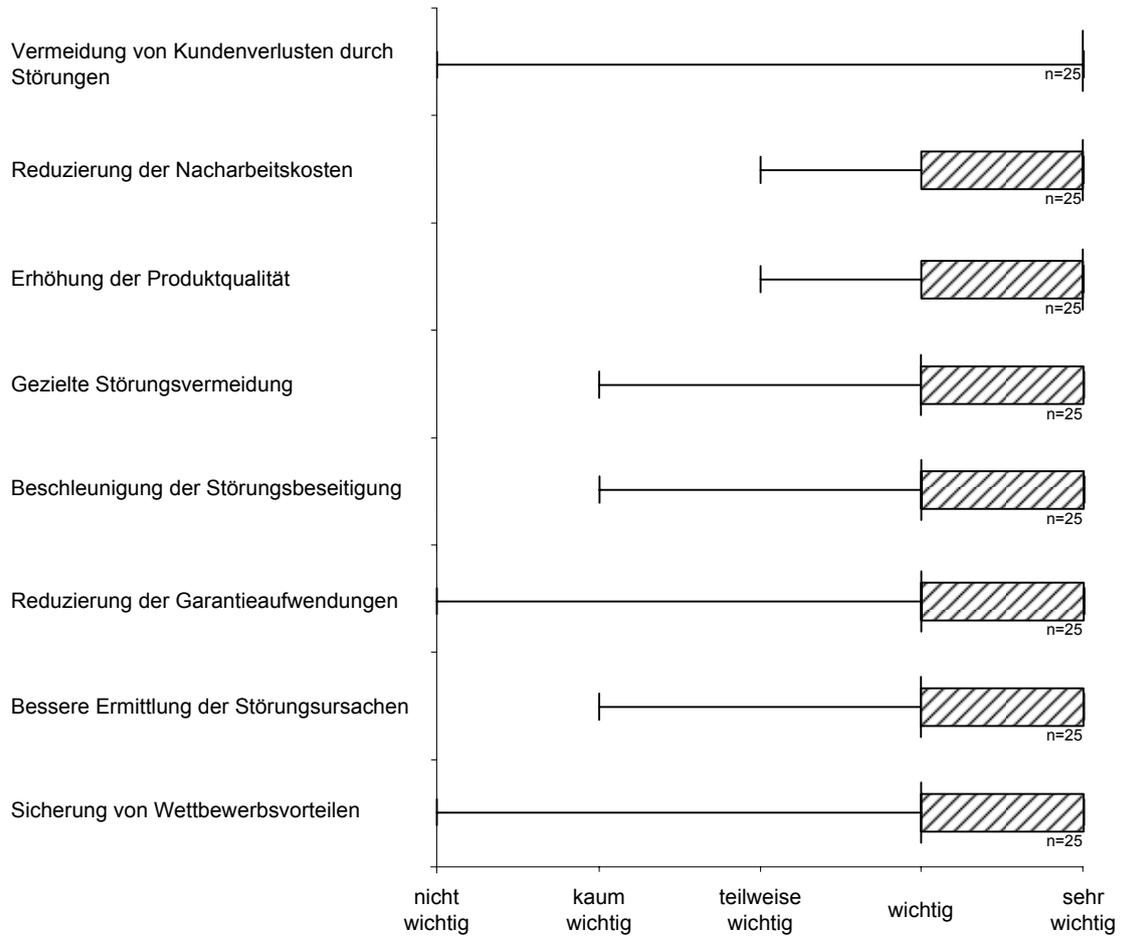


Abbildung 93: Erwartungen an das Störungsmanagement, Teil 1 (Frage 30)

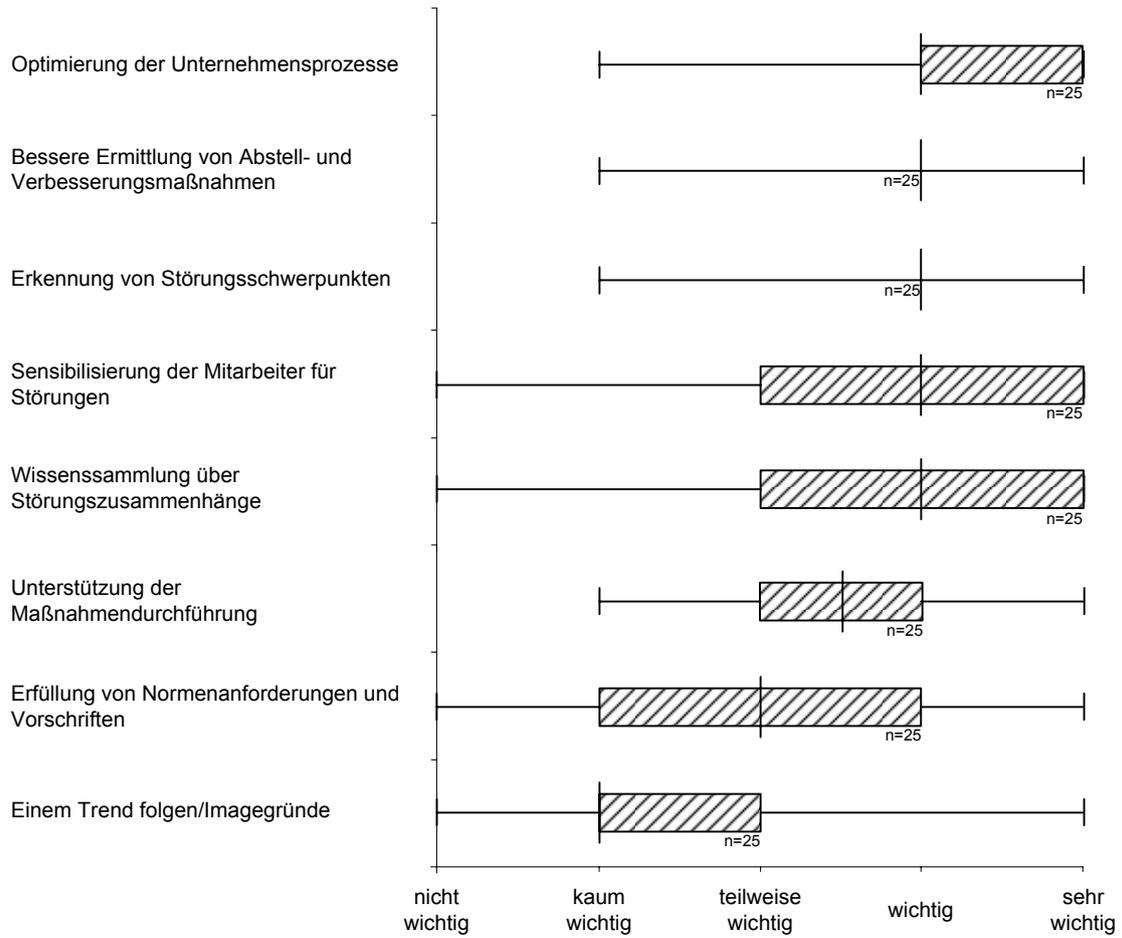


Abbildung 94: Erwartungen an das Störungsmanagement, Teil 2 (Frage 30)

Tabelle 33: Nichterfüllte Erwartungen (Frage 31)

Unerfüllte Erwartungen
<ul style="list-style-type: none"> • Komplexes Zusammenspiel der Abteilungen • Auslöser nicht im Störungsprozess integriert • Mangelnde Disziplin • Normen sind Basis für Entwicklung • Mitarbeiter werden durch Kommunikation und nicht durch ein System sensibilisiert • Fehlerzusammenhänge setzen tief greifendes technisches Verständnis voraus • System nicht geeignet, um diesen Ansprüchen zu genügen • Wenig ausgeprägtes Interesse mittelfristig die Prozesse zu optimieren • Keine Fehlerursachenanalyse, nur Symptombehandlung • Kaum Kundenorientierung im Störungsmanagement • Kein Qualitätsbewusstsein vorhanden • Ressourcenengpässe • Eingeführte Prozesse „schlafen wieder ein“

Unternehmensprozesse werden auf den störungsfreien Ablauf ausgelegt, weil...

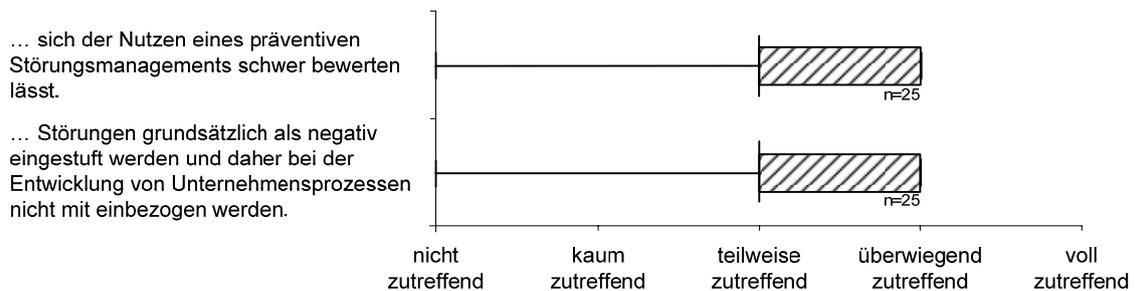


Abbildung 95: Auslegung von Unternehmensprozessen (Frage 32)

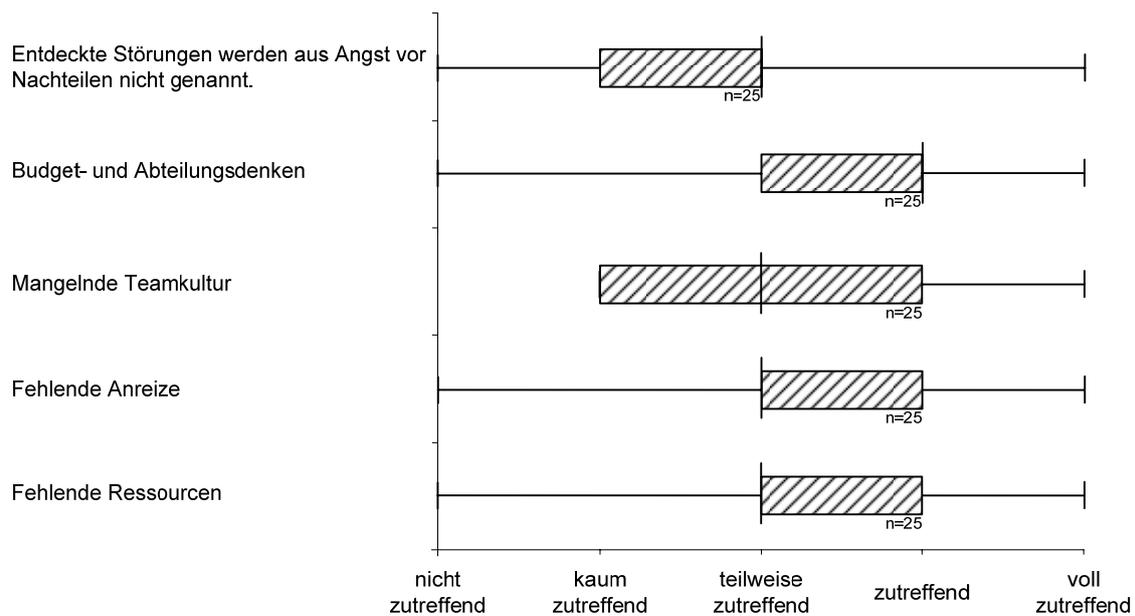


Abbildung 96: Widerstand gegenüber der Beseitigung von Störungen (Frage 33)

B Anforderungen an das Störungsmanagementsystem

Tabelle 34: Anforderungen und Lösungselemente (Teil 1)

Bereich	Anforderungen	Lösungselemente
Störungsdatenmanagement	Eignung für Prozesse mit geringer Wiederholhäufigkeit	Verwendung von Dimensionshierarchien
Störungsdatenmanagement	Übergreifende Verfügbarkeit der Störungsdaten: <ul style="list-style-type: none"> In allen Störungsmanagementprozessen Projekt-, abteilungs-, werks-, unternehmensübergreifend 	Data-Warehouse, Online Analytical Processing Methoden
Störungsdatenmanagement	Örtliche Störungshäufigkeit	Data-Warehouse, Online Analytical Processing Methoden, Kategorisierung des Störungsorts
Störungsdatenmanagement	Analyse ohne Expertenwissen	Personalisierte und standardisierte Analysen WebIntelligence Analysen
Störungsdatenmanagement	Langfristige Verfügbarkeit von Störungsdaten	Data-Warehouse
Störungsdatenmanagement	Störungshäufigkeitsanalysen, ohne Ermittlung von Zusatzdaten	Verwendung von Dimensionshierarchien, Online Analytical Processing Methoden
Störungsdatenmanagement	Aufzeigen der Störungswiederholung	Online Analytical Processing
Störungsdatenmanagement	Störungsdatenmanagement als zentrale Informationsquelle, faktenbasierte Beantwortung von Fragestellungen bezüglich des Störungsaufkommens.	Data-Warehouse, Online Analytical Processing Operation: Drill-down, Drill-up
Störungsdatenmanagement	Verfügbarkeit von Detaildaten der Störungen	Online Analytical Processing Operation: Drill-through
Störungsdatenmanagement	Fehler- und Störungsdaten, Konstruktionsänderungen, Reklamationen in einem System	Data-Warehouse, ETL-Prozess
Störungsdatenmanagement	Bewertung der zeitlichen und monetären Störungsfolgen	Service Prozesssteuerung (Eskalationsverfahren)
Störungsdatenmanagement	Standardisierte und personalisierte Störungsanalysen	Dashboards, Web Intelligence Analysen, Eingriffs- und Warmmeldungsgenerierung

Tabelle 35: Anforderungen und Lösungselemente (Teil 2)

Bereich	Anforderungen	Lösungselemente
Störungsdatenmanagement	Automatisches Aufzeigen möglicher Fehlerzusammenhänge	Data-Mining Methoden
Maßnahmenmanagement	Unterstützung der Mitarbeiter im Maßnahmenentwicklungsprozess	Gliederung in Elementaraufgaben und Anzeige der zugehörigen Methoden
Maßnahmenmanagement	Störungen nachhaltig beseitigen	Prozesssteuerung für das Maßnahmenmanagement, gezielter Methodeneinsatz wie zum Beispiel der Ausschlussmethode
Maßnahmenmanagement	Maßnahmenwirksamkeit	Online Analytical Processing, Metrikanalysen
Prozessmanagement	Steuerung der Prozesse Einzelstörungserfassung und -beseitigung, Störungsschwerpunkt-beseitigung sowie Störungsprävention Kontrolle der Abarbeitung von Einzelaufgaben	Eingebettetes Ad-hoc-Workflow-System
Prozessmanagement	Faktenbasierter Übergang von der Einzelstörungsbeseitigung zur Störungsschwerpunkt-beseitigung	Eskalationsverfahren
Applikation und Benutzungsschnittstelle	Kontextspezifische Informationen	Persönliches Dashboard, personalisierte Analysen, Verwendung eines Universums
Applikation und Benutzungsschnittstelle	Administration ohne Installation auf dem Client-Rechner	Rich Internet Application
Applikation und Benutzungsschnittstelle	Interaktive, plattformübergreifende Anwendung	Rich Internet Application
Applikation und Benutzungsschnittstelle	Vorschlag von Eingabewerten	Anbindung an die Informationssystem des Unternehmens
Einzelstörungserfassung und -beseitigung	Regelung der Störungserfassung	Werker erfasst die Störung, nutzt den Service Störungsdiagnose. Zusätzlich First- und Second-level-Support.
Einzelstörungserfassung und -beseitigung	Unterstützung der Mitarbeiter bei der Störungsdiagnose	Service Störungsdiagnose
Einzelstörungserfassung und -beseitigung	Erhaltung einer hohen Qualität der erfassten Störungsdaten	Aufgabe innerhalb der Einzelstörungsbeseitigung

Tabelle 36: Anforderungen und Lösungselemente (Teil 3)

Bereich	Anforderungen	Lösungselemente
Einzelstörungserfassung und -beseitigung	Störungsartabhängige Workflows	Ad-hoc-Workflows
Einzelstörungserfassung und -beseitigung	Festlegung einer Bearbeitungsreihenfolge Konzept zur Störungspriorisierung anhand von einheitlichen Kriterien	Service Störungspriorisierung, Berechnung eines Dringlichkeits- und eines Wichtigkeitsfaktors
Störungsschwerpunktsbeseitigung	Automatische Auslösung des Maßnahmenentwicklungsprozesses bei Überschreiten einer Eingriffsgrenze	Definition von Eingriffsgrenzen
Störungsschwerpunktsbeseitigung	Zweistufige Bewertung der Priorität der Störungsschwerpunktsbeseitigung	Service zur Priorisierung der Störungsschwerpunktsbeseitigung (Analysepriorität und Priorität der Maßnahmenumsetzung)
Störungsprävention	Frühzeitige Bewertung des Störungsrisikos in der Produktion	Service Risikomanagement; Nutzung eines Information Retrieval Systems
Störungsprävention	Kontextspezifische Bereitstellung von Störungsinformationen	Service Entwicklungs- und Produktionsbegleitende Störungsprävention
Implementierungsanforderungen	Technische Implementierung des Systems	Referenzimplementierungsprojekt, Reifegradmodell
Implementierungsanforderungen	Vorbereitung der Mitarbeiter und der Organisation auf die Einführung des Störungsmanagementsystems	Organisatorisches Veränderungsmanagement

C Weiterführende Literaturstellen und Informationen

C.1. Weiterführende Literaturstellen

Tabelle 37: Weiterführende Literaturstellen zu verschiedenen Themen

Thema	Literaturstellen
Methoden und Methodiken zur Analyse von unerwünschten Ereignissen	[21], [58], [25]
Wissensmanagement	[59], [60], [61]
Data-Warehouse	[42], [62], [63], [64]
Business Intelligence	[60], [43], [52], [65], [66], [67], [68], [69], [70]
Information Retrieval	[71]
Change Management	[72], [73], [74]
Rich Internet Application	[75]

C.2. Anmerkungen zum Thema Information Retrieval System

Laut ISO 2382/1 werden unter dem Begriff Information Retrieval (IR) Aktionen, Methoden und Prozeduren zusammengefasst, mit denen gespeicherte Daten und Dokumente analysiert werden, um Informationen zu einem bestimmten Thema (Abfrage) zu erhalten.

Der Unterschied zwischen einem Information Retrieval System (IRS) und einem Datenbankmanagementsystem (DBMS) ist, dass letztere nur Abfrageergebnisse liefern, die der Abfrage exakt entsprechen. Ein Beispiel ist die Abfrage: *SELECT Störungsort FROM Störungen WHERE Störungsursache = Fehlender Halter*. Diese Abfrage generiert eine Liste mit Störungen mit der Störungsursache *fehlender Halter* an einem ausgewählten Störungsort.

Im Gegensatz dazu liefert ein IRS eine Reihe potenziell relevanter Antworten, aus denen der Benutzer die Richtige(n) auswählen muss. Ziel eines IRS ist es, alle relevanten Dokumente zu finden und dabei wenig irrelevante Dokumente anzuzeigen (Abbildung 97). Zur Bewertung der Zielerreichung werden die zwei Gütekriterien *Precision* (Präzision) und *Recall* (Abfragegenauigkeit) definiert; *Precision* ist der Anteil der erhaltenen Dokumente, die relevant sind und *Recall* ist der Anteil der relevanten Dokumente, die gefunden worden sind.

Dabei können sich zwei Extremwerte ergeben: Im ersten Fall (Sehr hohe *Precision* und niedriger *Recall*) gibt das System wenige Dokumente aus, die fast ausschließlich relevant sind. Nachteilig ist, dass eine signifikant große Anzahl der relevanten Dokumente fehlt. Im zweiten Fall (sehr hoher *Recall* und relativ niedrige *Precision*) liefert das System eine hohe Treffermenge in denen fast alle relevanten Dokumente enthalten sind. Dafür sind viele Dokumente irrelevant, die manuell herausgefiltert werden müssen.

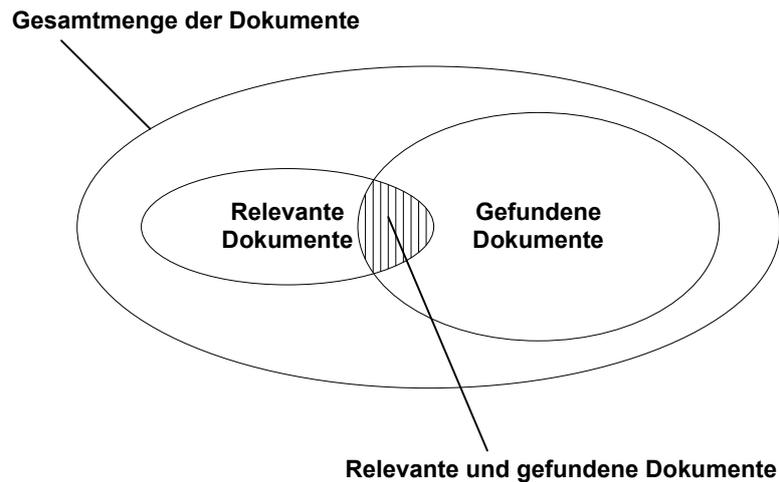


Abbildung 97: Grundsätze des Information Retrieval

Bei der Nutzung eines IRS sind das Synonym- und das Mehrdeutigkeitsproblem zu berücksichtigen:

- Synonymproblem: Ein Dokument, das einen Suchbegriff nicht enthält, kann thematisch relevant sein.
- Mehrdeutigkeitsproblem: Ein Suchbegriff kann je nach Textzusammenhang eine unterschiedliche Bedeutung haben.

Um diese Probleme auszugleichen, wird die sogenannte Relevanzrückkopplung genutzt, bei der eine mehrstufige Abfrage durchgeführt wird. Jeweils nachdem eine Abfrage ausgeführt wurde, werden automatisch oder manuell aus den hochrelevanten Dokumenten die Suchbegriffe extrahiert und eine neue Abfrage eingefügt.

D Handlungsfelder des Reifegradmodells

Tabelle 38: Leitfragen zu den Handlungsfeldern des Reifegradmodells

Handlungsfeld	Leitfragen
1. Störungsdatenmanagement	Wie werden die Störungen erfasst? Ist die Störungsbeschreibung eindeutig interpretierbar? Werden alle relevanten Informationen erfasst? Wie gut sind die erfassten Störungsdaten für übergreifende Analysen nutzbar? Gibt es umfassende Erkenntnisse über die in der Montage auftretenden Störungen? Inwieweit sind die Erkenntnisse, die aus der Störungsdatenanalyse abgeleitet werden, verfügbar? In welcher Form ist das Wissen über die Störungssituation in der Montage abgelegt? Lassen sich die Informationen kontext- und rollenspezifisch auswerten?
2. Prozess und Organisation	Gibt es ein eindeutiges Rollenkonzept mit Vertreterregelung? Wie eindeutig sind die Verantwortlichkeiten geregelt? Was passiert bei Überschneidungen der Verantwortlichkeiten? Wie ist der Informationsfluss zwischen Verantwortlichen im Störungsmanagement organisiert und durch ein Informationssystem unterstützt? Wie wird der Ablauf der Störungsbeseitigung durch ein System unterstützt? Nach welchen Regeln werden nicht beseitigte oder sich wiederholende Störungsfälle eskaliert? Wie gut funktioniert die Kommunikation der an der Störungsbeseitigung beteiligten Stellen? Werden die Mitarbeiter bei der Durchführung von Maßnahmen durch ein Informationssystem unterstützt?
3. Methoden und Werkzeuge	Nach welchen Regeln werden die auftretenden Störungen bezüglich ihrer Priorität bewertet? Nach welchen Kriterien werden die auftretenden Störungen in die Organisationseinheiten eingesteuert? In wieweit wird ein Mitarbeiter beispielsweise bei der Störungsursachenanalyse durch ein Informationssystem methodisch unterstützt? Durch welche Methoden wird die Vermeidung von Störungen bei der Abwicklung von neuen Aufträgen unterstützt? Existieren Informationssysteme, die die übergreifende Störungsanalyse dadurch unterstützen, dass sie konkrete Hinweise für Verbesserungspotenzial aufzeigen?
4. Führung und Anreize	Welchen Stellenwert hat die Betrachtung des Störungsmanagements bei der Implementierung neuer Entwicklungs- und Herstellungsprozesse? Sind die Unternehmensprozesse störungsrobust ausgelegt? Sind die Unternehmensprozesse bei zeitlich gehäuft auftretenden Störungen noch ohne Sonderaktionen handhabbar? Wie werden die Mitarbeiter motiviert, auftretende Störungen zu kommunizieren? Wie sind die Anreize eine kontinuierliche Verbesserung zu unterstützen?

E Prototyp der Störungsmanagementapplikation *assist*^{IT}

E.1. Datenbankschema

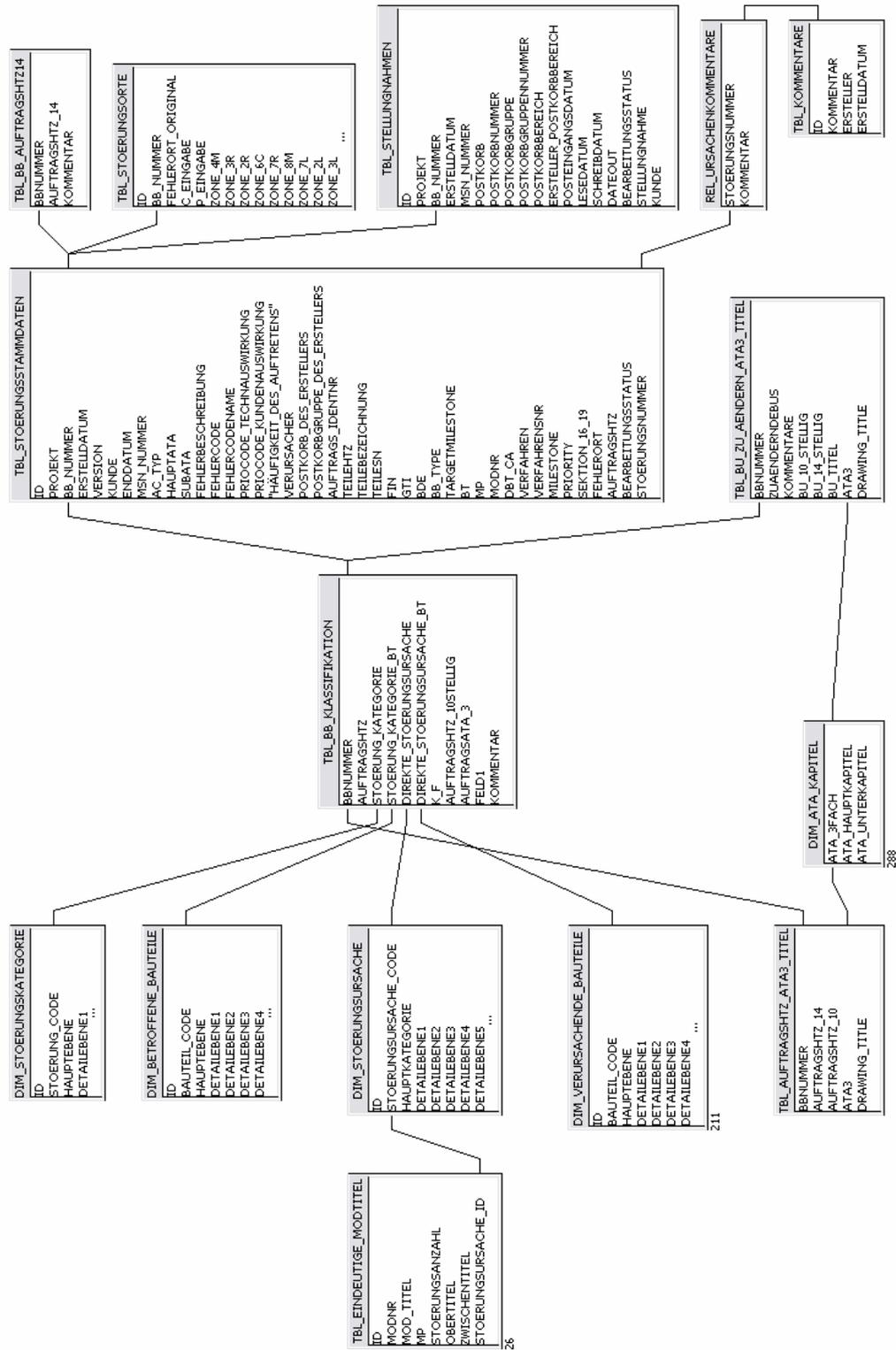


Abbildung 98: Datenbankschema der prototypischen Realisierung

E.2. Bildschirmkopien und Auszüge aus dem Programmcode

E.2.1. Eingabesystem

The screenshot shows a login window titled "Anmeldung". It contains the following fields and options:

- Name ***: A dropdown menu with the selected value "Werker Herr Meyer".
- Passwort ***: A text input field containing "*****".
- Tasks ***: A dropdown menu with "Bitte auswählen" selected. A context menu is open, showing three options: "Bitte auswählen", "Störung erfassen", and "Störung bearbeiten". A mouse cursor is pointing at "Störung erfassen".
- Buttons**: "Passwort vergessen" and "Anmelden".

Abbildung 99: Anmeldefenster mit Benutzeridentifikation und Auswahl der Aufgabe

The screenshot shows a web browser window titled "Stoerungsmanagementsystem assist IT - Windows Internet Explorer". The address bar shows "http://localhost:8500/cfStoerung/bin/main.html". The main content area displays a "Stammdaten" window with a modal dialog titled "Stammdatenfenster".

The "Stammdatenfenster" dialog has the following fields and options:

- Radio buttons**: "auftragsabhängig" (selected) and "auftragsunabhängig".
- Störungsnummer**: Text input field with value "8004821453".
- Version**: Text input field.
- MSN Nummer**: Text input field.
- Auftrags Ident Nr**: Text input field with value "91157322".
- Auftrags HTZ**: Dropdown menu with value "G212-74198-034".
- DBT CA**: Text input field.
- Kunde**: Dropdown menu.
- Buttons**: "Abbrechen" and "Speichern".

In the background, the "Stammdaten" window shows a "Störungsort" field with a "[bearbeiten]" link and two input fields labeled "C:" and "P:".

Abbildung 100: Auswahl der Stammdaten anhand der Auftragsnummer

The screenshot shows a web browser window titled "Stoerungsmanagementsystem assist IT - Windows Internet Explorer". The address bar shows "http://localhost:8500/cfStoerung/bin/main.html". The page features the "assist IT" logo in the top left corner. The main content area is titled "Störungssuche" and is divided into two sections: "Filtern" and "Ergebnis".

Filtern

Programm: 800
Version:
MSN:
Auftrags-HTZ:
Störungsnummer: 800482

Ergebnis

Störungsnummer	Auftrags-HTZ	Störungsart
8004821425	G928-92391-000	
8004821416	G928-92632-000	O1
8004821415	G928-92632-000	N5
8004821401	G539-71916-000	L4
8004821400	G928-91100-000	L3
8004821396	F923-90512-022	L3
8004821392	G539-75925	L1
8004821391	G258-78359	P2
8004821390	G928-90755	Z1
8004821389	G928-90755	L1

A "Bearbeiten" button is located at the bottom right of the results area.

Abbildung 101: Auswahlbildschirm für erfasste Störungen

E.2.2. Analysesystem

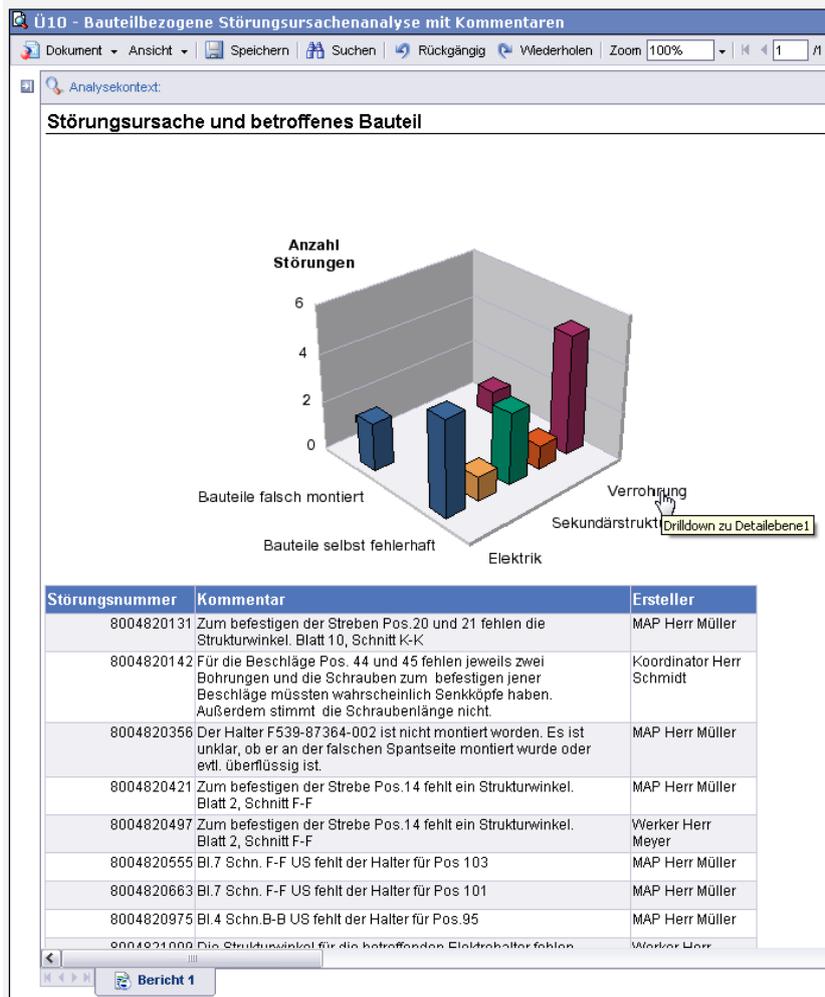


Abbildung 102: Störungsursache und betroffenes Bauteil inklusive Störungsbeschreibung

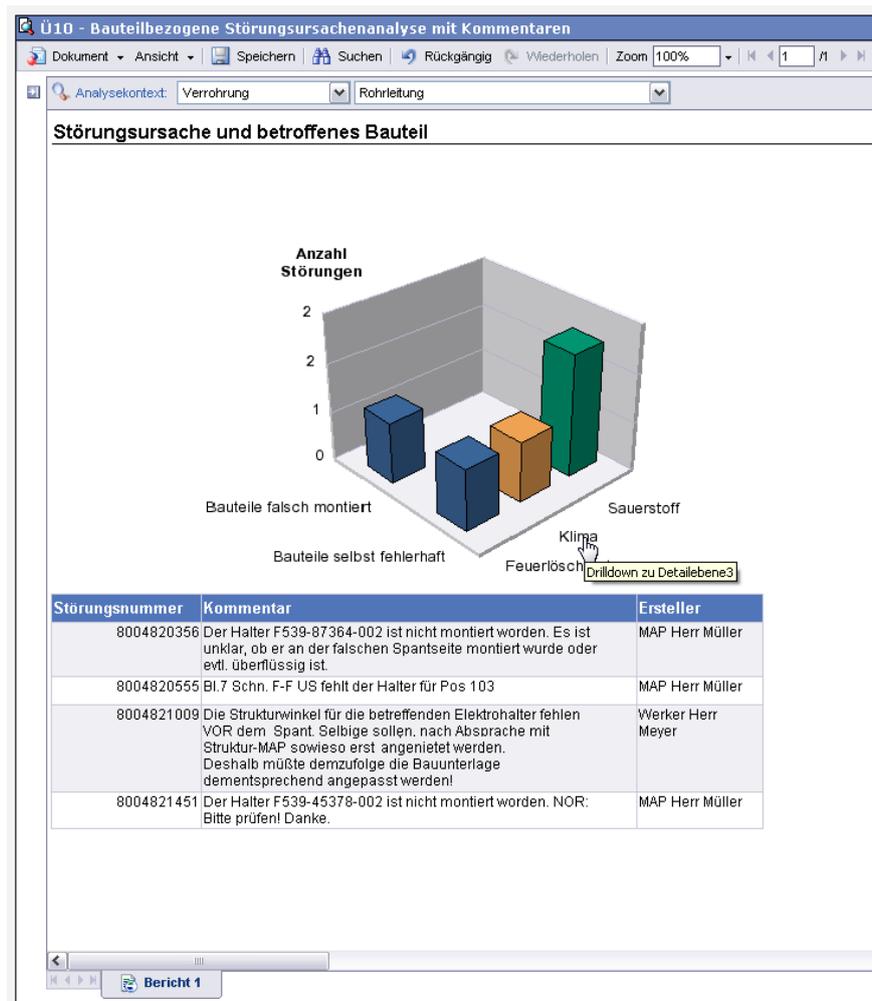


Abbildung 103: Störungsursache und betroffenes Bauteil inklusive Störungsbeschreibung (Teil 2/2)

E.2.3. Auszüge aus dem Programmcode

E.2.3.1. Klassifikation der Störungsart

Im Folgenden wird der Programmfluss erläutert, der abläuft, nachdem ein Anwender auf der mit Adobe Flex® erstellten Oberfläche das Fenster zur Klassifikation der Störungsart geöffnet hat. Weitere Beispiele sind in den darauffolgenden Abschnitten in Form von Screenshots aufgeführt. Der Ablauf und die Funktionsweise von Rich Internet Applications wird im Abschnitt 6.1.1 erläutert und weiterführende Informationen zum Thema Rich Internet Application sind der Tabelle 37 zu entnehmen.

Über den Schalter *bearbeiten* wird das in Abbildung 104 dargestellte Fenster zur Klassifikation der Störungsart aufgerufen.

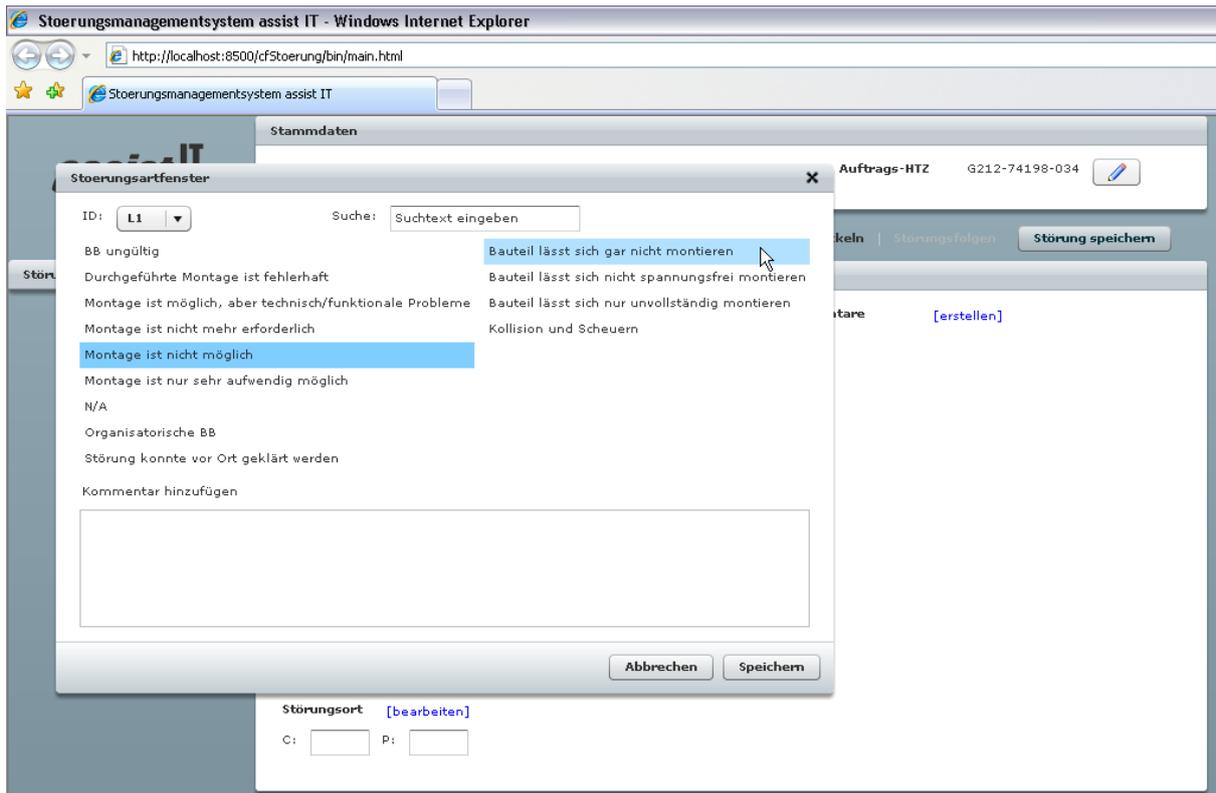


Abbildung 104: Benutzeroberfläche für die Erfassung der Störungsart

Beim Öffnen des Fensters wird die Funktion *initComponent* zu dessen Initialisierung aufgerufen (Abbildung 105). In dieser Funktion wird die Liste mit allen in der Hauptebene der Störungsarten enthaltenen Einträgen aus der Meta-Datenbank mit Hilfe des *ReferenceManagers* (Abbildung 106) geladen. Im *ReferenceManager* ist definiert, wo sich die sogenannte Coldfusion Komponente (CFC) befindet, in der die Zugriffsmethoden auf die Datenbank beschrieben sind.

Dieser Zwischenschritt dient dazu im Bereich des Frontends und der Geschäftslogik von der technischen Datenbankschicht zu abstrahieren (siehe Abschnitt 6.1). Änderungen wie die Umbenennung von Tabellen oder dem Austausch der gesamten Datenbank haben damit keine Auswirkungen auf den Programmcode; stattdessen müssen Änderungen nur an dezidierten Stellen in den ColdFusion Komponenten vorgenommen werden.

In Abbildung 106 ist im unteren Rechteck die Definition des Fensters mit der Liste aller Einträge aus der Hauptebene zu sehen. Die Liste wird beim Erstellen des Fensters für die Klassifikation automatisch mit Hilfe der Funktion *initComponent()* gefüllt. Wird nun ein Eintrag durch den Nutzer direkt ausgewählt oder eine ID im Drop-down Feld selektiert, wird durch die definierten Events *change* beziehungsweise *valueCommit* am *Reference-Manager* die Methode *Detailebene1Loopup()* aufgerufen. Bei diesem Aufruf wird, wie im oberen Rechteck zu erkennen, der ausgewählte Wert (*selectedValue*) der Hauptebene als Argument übergeben.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <cfComponents:SizeableTitleWindow xmlns:mx="http://www.adobe.com/2006/mxml"
3   xmlns:cfComponents="com.adobe.ColdFusion.components.*"
4   width="100%" height="100%" explicitMaxHeight="{Application.application.height - 50}"
5   title="Stoerungsartfenster"
6   showCloseButton="true"
7   close="WindowManager.remove(this);"
8   xmlns:mdxviews="com.cfgenerated.views.masterdetail.*" xmlns:models="com.cfgenerated.models.*"
9   creationComplete="initComponent()"
10
11 <mx:Metadata>
12   [Event("change")]
13 </mx:Metadata>
14
15 <mx:Script>
16   <![CDATA[
17     import mx.collections.ArrayCollection;
18     import mx.controls.Label;
19     import scripts.SaveCommentEvent;
20     import mx.utils.ObjectUtil;
21     import mx.controls.Alert;
22     import mx.core.Application;
23     import mx.validators.Validator;
24     import com.adobe.windowedApplication.managers.WindowManager;
25     import mx.rpc.events.ResultEvent;
26     import mx.rpc.events.FaultEvent;
27     import mx.rpc.events.FaultEvent;
28     import com.cfgenerated.models.*;
29
30     private var _key:Object;
31     private var originaldimStoerungKategorie_Hauptebene:String;
32     private var originaldimStoerungKategorie_Detailebene1:String;
33
34
35     private function initComponent():void
36     {
37       this.detailObject = new StoerungsartfensterdimStoerungKategorie();
38       this.referenceManager.HauptebeneLookup();
39       //this.referenceManager.Detailebene1Lookup();
40     }
41
42     private function reset():void
43     {
44       this.detailObject = new StoerungsartfensterdimStoerungKategorie();
45     }
46

```

Abbildung 105: Die Funktion *initComponent()*

Der Aufruf von *Detailebene1Lookup()* führt im Anschluss dazu, dass in der zugehörigen ColdFusion Komponente eine Datenbankabfrage ausgeführt wird (Abbildung 107). Das Abfrageergebnis wird an die aufrufende Datei zurückgegeben. Hier ist definiert, wie das Ergebnis verarbeitet wird. In diesem Fall werden mit Hilfe der SQL-Anfrage alle Einträge aus der Spalte *Detailebene1* ausgelesen, die der ausgewählten *Hauptebene* zugeordnet sind.

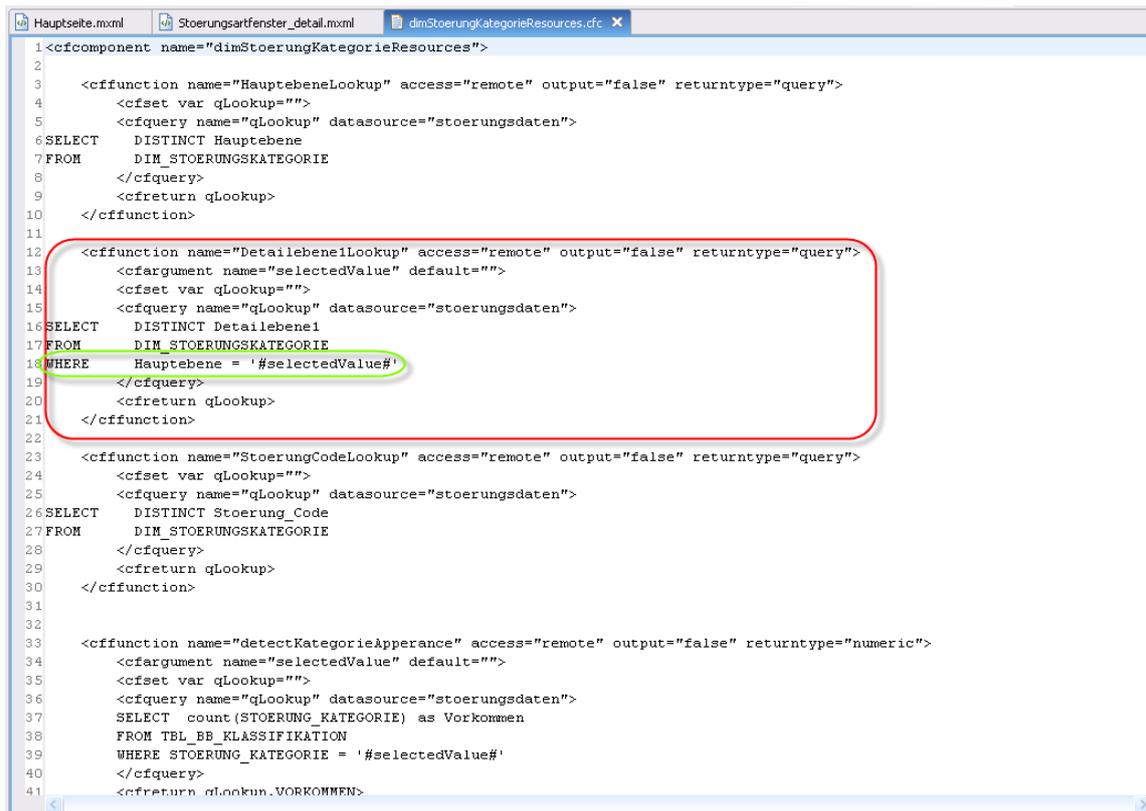
Das Ergebnis der Anfrage ist eine Liste mit allen Einträgen, die die Bedingung erfüllen. Diese werden mit Hilfe der Funktion *dimStoerungKategorie_Detailebene1Lookup_result(event)* (Abbildung 106) im Fenster angezeigt.

```

174<mx:RemoteObject
175  id="referenceManager"
176  showBusyCursor="true"
177  destination="ColdFusion"
178  source="cfStoerung.components.cfgenerated.Stoerungsartfenster.dimStoerungKategorieResources">
179<mx:method name="HauptebeneLookup" result="dimStoerungKategorie_HauptebeneLookup_result(event)"
180  fault="server_fault(event)" />
181<mx:method name="DetailebeneLookup" result="dimStoerungKategorie_DetailebeneLookup_result(event)"
182  fault="server_fault(event)">
183  <mx:arguments>
184    <selectedValue>
185      (dimStoerungKategorie_Hauptebene.selectedItem.HAUPTEBENE)
186    </selectedValue>
187  </mx:arguments>
188</mx:method>
189<mx:method name="StoerungCodeLookup" result="StoerungCodeLookup_result(event)" fault="server_fault(event)" />
190</mx:RemoteObject>
191
192<!--
193  create a model, using the AS Value Object class. With this mxml version of the model we can bind the form fields
194  back to the object.
195-->
196<models:StoerungsartfensterdimStoerungKategorie id="detailObject"/>
197
198<mx:VBox width="100%">
199  <mx:HBox>
200    <mx:Label text="ID:" />
201    <cfComponents:BindableComboBox valueField="STOERUNG_CODE" labelField="STOERUNG_CODE" change="idSelected()"
202      id="ID_Selection" text="ID" editable="false" enabled="true" />
203    <mx:Spacer width="100" />
204    <mx:Label text="Suche:" />
205    <mx:TextInput id="search" text="Suchtext eingeben" editable="false" />
206  </mx:HBox>
207
208  <mx:HBox width="100%" height="200">
209    <cfComponents:BindableList
210      id="dimStoerungKategorie_Hauptebene"
211      borderThickness="0.0"
212      selectedItem="(this.detailObject.Hauptebene)"
213      labelField="HAUPTEBENE"
214      valueField="HAUPTEBENE"
215      change="this.referenceManager.DetailebeneLookup()"
216      valueCommit="this.referenceManager.DetailebeneLookup()"
217      height="200"
218    />
219  </cfComponents:BindableList>

```

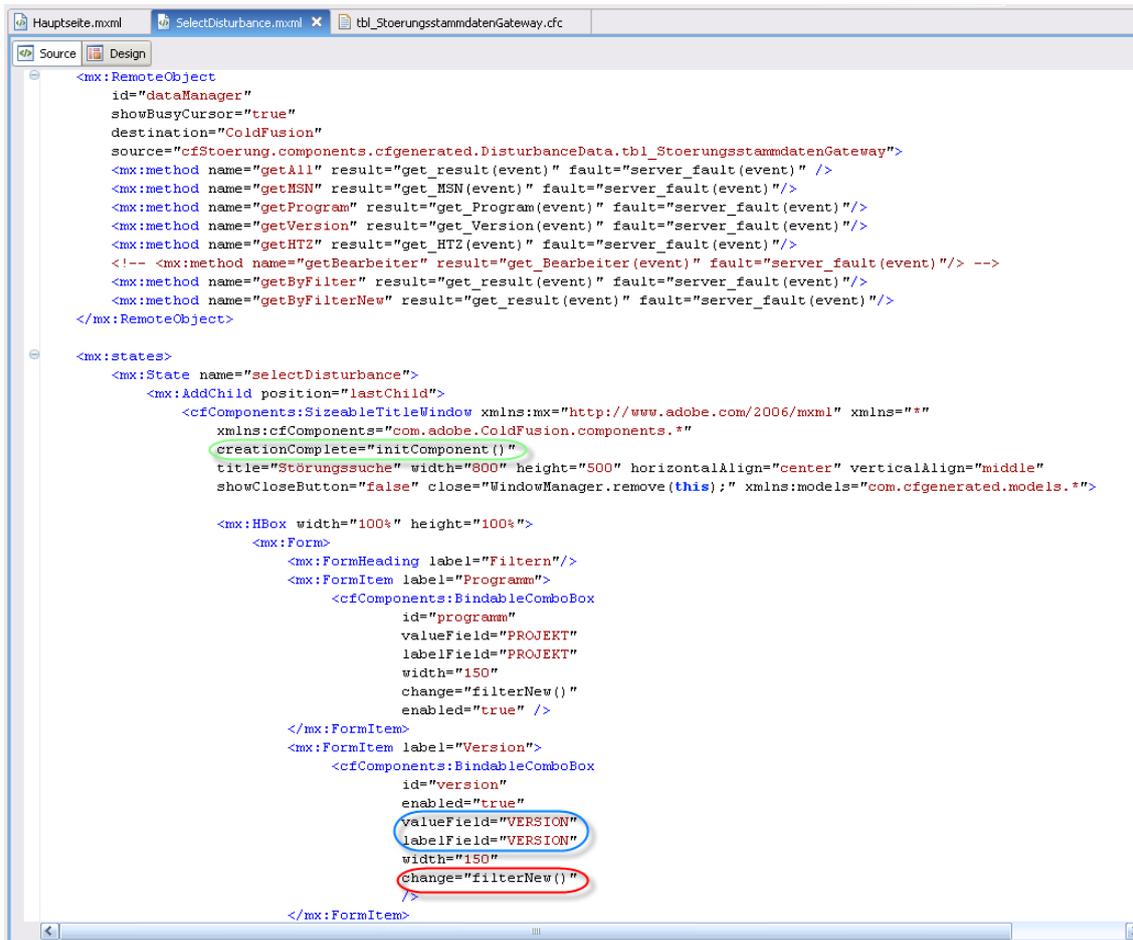
Abbildung 106: Der *referenceManager* für die Klassifikation der Störungsart



```
1 <cfcomponent name="dimStoerungKategorieResources">
2
3 <cffunction name="HauptebeneLookup" access="remote" output="false" returntype="query">
4 <cfset var qLookup="">
5 <cfquery name="qLookup" datasource="stoerungsdaten">
6 SELECT DISTINCT Hauptebene
7 FROM DIM_STOERUNGSKATEGORIE
8 </cfquery>
9 <cfreturn qLookup>
10 </cffunction>
11
12 <cffunction name="Detailebene1Lookup" access="remote" output="false" returntype="query">
13 <cfargument name="selectedValue" default="">
14 <cfset var qLookup="">
15 <cfquery name="qLookup" datasource="stoerungsdaten">
16 SELECT DISTINCT Detailebene1
17 FROM DIM_STOERUNGSKATEGORIE
18 WHERE Hauptebene = '#selectedValue#'
19 </cfquery>
20 <cfreturn qLookup>
21 </cffunction>
22
23 <cffunction name="StoerungCodeLookup" access="remote" output="false" returntype="query">
24 <cfset var qLookup="">
25 <cfquery name="qLookup" datasource="stoerungsdaten">
26 SELECT DISTINCT Stoerung_Code
27 FROM DIM_STOERUNGSKATEGORIE
28 </cfquery>
29 <cfreturn qLookup>
30 </cffunction>
31
32
33 <cffunction name="detectKategorieApearance" access="remote" output="false" returntype="numeric">
34 <cfargument name="selectedValue" default="">
35 <cfset var qLookup="">
36 <cfquery name="qLookup" datasource="stoerungsdaten">
37 SELECT count(STOERUNG_KATEGORIE) as Vorkommen
38 FROM TBL_BB_KLASSIFIKATION
39 WHERE STOERUNG_KATEGORIE = '#selectedValue#'
40 </cfquery>
41 <cfreturn qLookup.VORKOMMEN>
```

Abbildung 107: Generierung der Datenbankabfrage

E.2.3.2. Filterung erfasster Störungen



```
<mx:RemoteObject
  id="dataManager"
  showBusyCursor="true"
  destination="ColdFusion"
  source="cfStoerung.components.cfgenerated.DisturbanceData.tbl_StoerungsstammdatenGateway">
  <mx:method name="getAll" result="get_result(event)" fault="server_fault(event)" />
  <mx:method name="getMSN" result="get_MSN(event)" fault="server_fault(event)" />
  <mx:method name="getProgram" result="get_Program(event)" fault="server_fault(event)" />
  <mx:method name="getVersion" result="get_Version(event)" fault="server_fault(event)" />
  <mx:method name="getHT2" result="get_HT2(event)" fault="server_fault(event)" />
  <!-- <mx:method name="getBearbeiter" result="get_Bearbeiter(event)" fault="server_fault(event)" /> -->
  <mx:method name="getByFilter" result="get_result(event)" fault="server_fault(event)" />
  <mx:method name="getByFilterNew" result="get_result(event)" fault="server_fault(event)" />
</mx:RemoteObject>

<mx:states>
  <mx:State name="selectDisturbance">
    <mx:AddChild position="lastChild">
      <cfComponents:SizeableTitleWindow xmlns:mx="http://www.adobe.com/2006/mxml" xmlns=""
        xmlns:cfComponents="com.adobe.ColdFusion.components.*"
        creationComplete="initComponent()"
        title="Störungssuche" width="800" height="500" horizontalAlign="center" verticalAlign="middle"
        showCloseButton="false" close="WindowManager.remove(this);" xmlns:models="com.cfgenerated.models.*">

        <mx:HBox width="100%" height="100%">
          <mx:Form>
            <mx:FormHeading label="Filtern"/>
            <mx:FormItem label="Programm">
              <cfComponents:BindableComboBox
                id="programm"
                valueField="PROJEKT"
                labelField="PROJEKT"
                width="150"
                change="filterNew()"
                enabled="true" />
            </mx:FormItem>
            <mx:FormItem label="Version">
              <cfComponents:BindableComboBox
                id="version"
                enabled="true"
                valueField="VERSION"
                labelField="VERSION"
                width="150"
                change="filterNew()"
                />
            </mx:FormItem>
          </mx:Form>
        </mx:HBox>
      </cfComponents:SizeableTitleWindow>
    </mx:AddChild>
  </mx:State>
</mx:states>
```

Abbildung 108: Ausschnitt aus dem Quellcode für die Fensterstruktur und -logik

```

149     if (version.selectedLabel != null)
150     {
151         versionValue = version.selectedItem.VERSION;
152     }
153     else
154     {
155         versionValue = "keine Auswahl";
156     }
157
158     if (msn.selectedLabel != null)
159     {
160         msnValue = msn.selectedItem.MSN_NUMMER;
161         if (programm.selectedLabel != null)
162             disturbanceNumberText = programm.selectedItem.PROJECT + msn.selectedItem.MSN_NUMMER;
163     }
164
165     else {
166         msnValue = "0";
167     }
168
169     if (auftragsHTZ.selectedLabel != null)
170     {
171         auftragsHTZValue = auftragsHTZ.selectedItem.AUFTRAGSHTZ;
172     }
173
174     else
175     {
176         auftragsHTZValue = "keine Auswahl";
177     }
178
179
180     if (disturbanceNumber.text.length > 0)
181     {
182         disturbanceNumberValue = disturbanceNumber.text + "%";
183     }
184
185     else
186     {
187         disturbanceNumberValue = "0";
188     }
189
190     this.dataManager.getByFilterNew(fromTables, whereClause, projectValue, versionValue, msnValue,
191                                   auftragsHTZValue, disturbanceNumberValue);
192
193 }
194

```

Abbildung 109: Funktion *filterNew()*, die die Datenbankabfrage nach Setzen des Filters erstellt

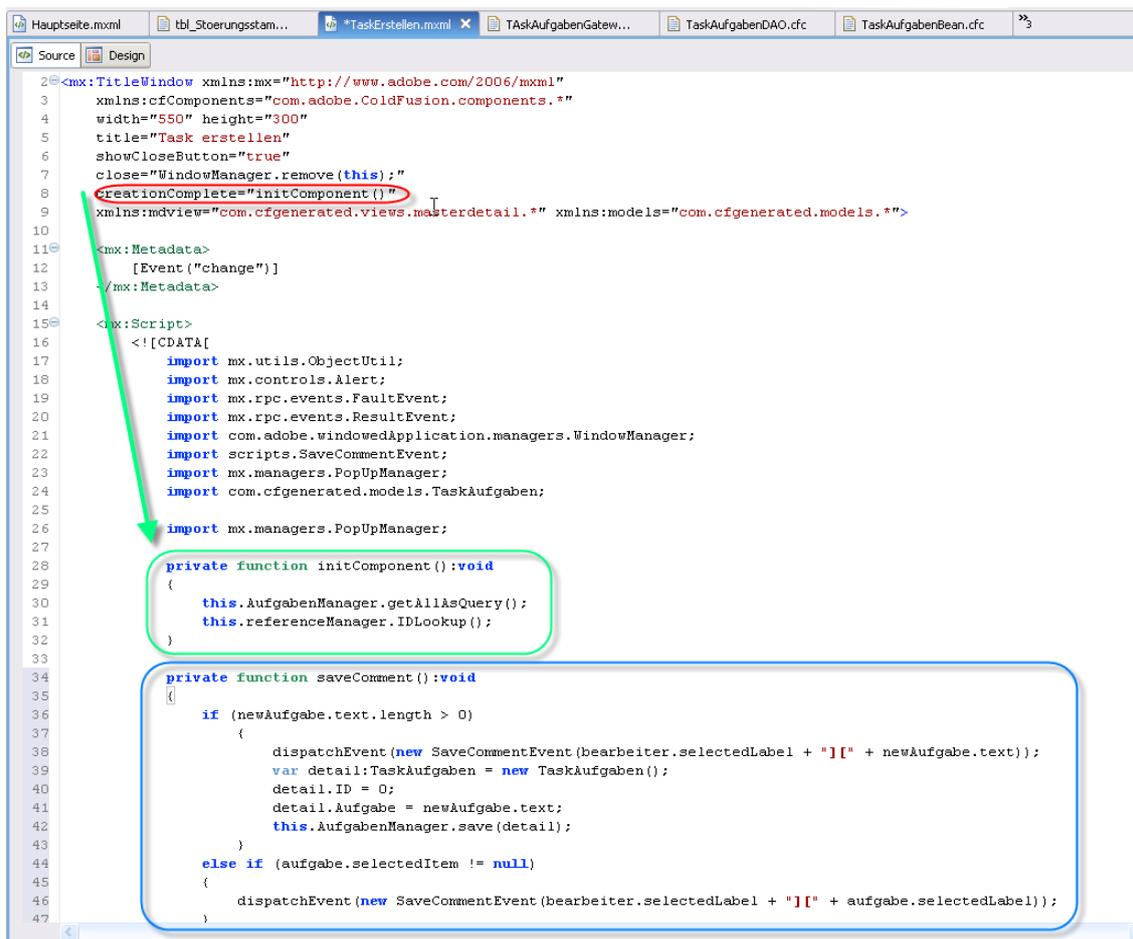
```

161 <cffunction name="getByFilterNew" output="false" access="remote" returntype="query">
162 <cfargument name="fromTables" required="false" />
163 <cfargument name="whereClause" required="false" />
164 <cfargument name="program" required="false" />
165 <cfargument name="version" required="false" />
166 <cfargument name="msn" required="false" />
167 <cfargument name="auftragsHTZ" required="false" />
168 <cfargument name="disturbanceNumber" required="false" />
169 <cfset var qRead="">
170
171 <cfquery name="qRead" datasource="stoerungsdaten">
172 select BE_Nummer, tbl_Stoerungsstammdaten.AuftragsHTZ, Stoerung_Kategorie, Erstelltdatum
173 from #arguments.fromTables#
174 WHERE #whereClause#
175 <cfif compare(#arguments.program#, "0")>
176 AND PROJEKT = <cfqueryparam cfsqltype="CF_SQL_VARCHAR" value="#arguments.program#" />
177 </cfif>
178 <cfif compare(#arguments.version#, "keine Auswahl")>
179 AND VERSION = <cfqueryparam cfsqltype="CF_SQL_VARCHAR" value="#arguments.version#" />
180 </cfif>
181 <cfif compare(#arguments.msn#, "0")>
182 AND MSN_NUMMER = <cfqueryparam cfsqltype="CF_SQL_NUMERIC" value="#arguments.msn#" />
183 </cfif>
184 <cfif compare(#arguments.auftragsHTZ#, "keine Auswahl")>
185 AND tbl_Stoerungsstammdaten.AUFTRAGSHTZ = <cfqueryparam cfsqltype="CF_SQL_VARCHAR" value="#arguments.auf
186 </cfif>
187 <cfif compare(#arguments.disturbanceNumber#, "0")>
188 AND Stoerungsnummer LIKE <cfqueryparam cfsqltype="CF_SQL_VARCHAR" value="#arguments.disturbanceNumber#"
189 </cfif>
190 ORDER BY Erstelltdatum DESC, BE_Nummer DESC

```

Abbildung 110: Datenbankabfragen für die Filterung mit Hilfe der ColdFusion Components

E.2.3.3. Erstellung einer Aufgabe zur Störungslösung



```
2 <mx:TitleWindow xmlns:mx="http://www.adobe.com/2006/mxml"
3   xmlns:cfComponents="com.adobe.ColdFusion.components.*"
4   width="550" height="300"
5   title="Task erstellen"
6   showCloseButton="true"
7   close="WindowManager.remove(this);"
8   creationComplete="initComponent();"
9   xmlns:mdview="com.cfgenerated.views.masterdetail.*" xmlns:models="com.cfgenerated.models.*">
10
11 <mx:Metadata>
12   [Event("change")]
13 /mx:Metadata>
14
15 <mx:Script>
16   <![CDATA[
17     import mx.utils.ObjectUtil;
18     import mx.controls.Alert;
19     import mx.rpc.events.FaultEvent;
20     import mx.rpc.events.ResultEvent;
21     import com.adobe.windowedApplication.managers.WindowManager;
22     import scripts.SaveCommentEvent;
23     import mx.managers.PopUpManager;
24     import com.cfgenerated.models.TaskAufgaben;
25
26     import mx.managers.PopUpManager;
27
28     private function initComponent():void
29     {
30       this.AufgabenManager.getAllAsQuery();
31       this.referenceManager.IDLookup();
32     }
33
34     private function saveComment():void
35     {
36       if (newAufgabe.text.length > 0)
37       {
38         dispatchEvent(new SaveCommentEvent(bearbeiter.selectedLabel + "]" + newAufgabe.text));
39         var detail:TaskAufgaben = new TaskAufgaben();
40         detail.ID = 0;
41         detail.Aufgabe = newAufgabe.text;
42         this.AufgabenManager.save(detail);
43       }
44       else if (aufgabe.selectedItem != null)
45       {
46         dispatchEvent(new SaveCommentEvent(bearbeiter.selectedLabel + "]" + aufgabe.selectedLabel));
47       }
48     }
49   ]]>
50 </mx:Script>
51 </mx:TitleWindow>
```

Abbildung 111: Ausschnitt aus dem Quellcode für die Erstellung einer neuen Aufgabe (Action Script)

```

80 <mx:RemoteObject
81   id="AufgabenManager"
82   showBusyCursor="true"
83   destination="ColdFusion"
84   source="cfStoerung.components.cfgenerated.TaskAufgaben.TaskAufgabenGateway">
85   <mx:method name="getAll" result="get_Aufgaben(event)" fault="server_fault(event)" />
86   <mx:method name="getAliasQuery" result="get_Aufgaben(event)" fault="server_fault(event)" />
87   <mx:method name="save" result="save_Aufgaben(event)" fault="server_fault(event)" />
88 </mx:RemoteObject>
89
90 <mx:RemoteObject
91   id="referenceManager"
92   showBusyCursor="true"
93   destination="ColdFusion"
94   source="cfStoerung.components.cfgenerated.MitarbeiterDaten.MitarbeiterResources">
95   <mx:method name="IDLookup" result="Mitarbeiter_IDLookup_result(event)" fault="server_fault(event)" />
96 </mx:RemoteObject>
97
98 <mx:Form>
99   <mx:FormItem label="Person">
100     <cfComponents:BindableComboBox
101       id="bearbeiter"
102       enabled="true"
103       valueField="ID"
104       labelFields="[TAETIGKEIT, ANREDE, NAME]"
105       width="330"/>
106   </mx:FormItem>
107   <mx:FormItem label="Aufgabe">
108     <cfComponents:BindableComboBox
109       id="aufgabe"
110       enabled="true"
111       valueField="ID"
112       labelField="AUFGABE"
113       width="330"/>
114   </mx:FormItem>
115   <mx:FormItem label="Neue Aufgabe anlegen">
116     <mx:TextInput
117       id="newAufgabe"
118       enabled="true"
119       width="330"/>
120   </mx:FormItem>
121 </mx:Form>
122 <mx:ControlBar horizontalAlign="right" width="100%">
123   <mx:Button id="cancel" label="Abbrechen" click="PopUpManager.removePopUp(this)" />
124   <mx:Button id="ok" label="Speichern" click="saveComment()" />
125 </mx:ControlBar>

```

Abbildung 112: Quellcodeauszug für den Datenbankzugriff und die Datenvisualisierung im Fenster

```

1 <cfcomponent output="false">
2
3   <cffunction name="getId" output="false" access="remote">
4     <cfargument name="id" required="true" />
5     <cfreturn createObject("component", "TaskAufgabenDAO").read(arguments.id)>
6   </cffunction>
7
8
9   <cffunction name="save" output="false" access="remote">
10    <cfargument name="obj" required="true" />
11    <cfscript>
12      return createObject("component", "TaskAufgabenDAO").create(arguments.obj);
13    </cfscript>
14  </cffunction>
15
16
17  <cffunction name="deleteById" output="false" access="remote">
18    <cfargument name="id" required="true" />
19    <cfset var obj = getId(arguments.id)>
20    <cfset createObject("component", "TaskAufgabenDAO").delete(obj)>
21  </cffunction>
22
23
24
25  <cffunction name="getAll" output="false" access="remote" returnType="cfStoerung.components.cfgenerated.TaskAufgaben.Task
26    <cfset var qRead="">
27    <cfset var obj="">
28    <cfset var ret=arrayNew(1)>
29
30    <cfquery name="qRead" datasource="stoerungsdaten">
31      select ID
32      from tbl_aufgaben
33    </cfquery>
34
35    <cfloop query="qRead">
36    <cfscript>
37      obj = createObject("component", "TaskAufgabenDAO").read(qRead.ID);
38      ArrayAppend(ret, obj);
39    </cfscript>
40    </cfloop>
41    <cfreturn ret>
42  </cffunction>
43
44
45
46  <cffunction name="getAllAsQuery" output="false" access="remote" returnType="query">
47    <cfargument name="fieldlist" default="" hint="List of columns to be returned in the query.">
48

```

Abbildung 113: Schnittstellen zur Speicherfunktion der Daten in der CFC *TaskAufgabenGateway*

```

22
23  <cffunction name="create" output="false" access="public" returnType="void">
24    <cfargument name="bean" required="true" type="cfStoerung.components.cfgenerated.TaskAufgaben.TaskAufgabenBean">
25    <cfset var qCreate="">
26    <cfset var obj="">
27    <cfset var newID=0>
28
29    <cfset var local1=arguments.bean.getAufgabe()>
30
31    <cfquery name="qRead" datasource="stoerungsdaten">
32      select Max(ID) as maxID
33      from tbl_aufgaben
34    </cfquery>
35
36    <cfscript>
37      newID = qRead.maxID + 1;
38    </cfscript>
39
40    <cftransaction isolation="read_committed">
41      <cfquery name="qCreate" datasource="stoerungsdaten">
42        insert into tbl_aufgaben(ID, Aufgabe)
43          values (
44            <cfqueryparam value="#newID#" cfsqltype="CF_SQL_INTEGER" null="#iif((local1 eq ""), de("yes"), de("no"))#
45            <cfqueryparam value="#local1#" cfsqltype="CF_SQL_VARCHAR"/>
46          )
47      </cfquery>
48    </cftransaction>
49  </cffunction>
50
51

```

Abbildung 114: Ausschnitt aus der CFC zur Speicherung der Daten in der Datenbank

Literaturverzeichnis

1. Wildemann, H., Entstörmanagement: Leitfaden zur Realisierung störungsrobuster Wertschöpfungsprozesse. 2006, München: TCW-Transfer-Centrum.
2. Forschungsgemeinschaft Qualitätssicherung, Qualität und Fehlerkosten im Maschinenbau unter Berücksichtigung technischer und betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte: Abschlussbericht. 1. Aufl. ed. FQS-DGQ-Band. 1996, Berlin [u.a.]: Beuth.
3. DIN 40041:1990, B. Deutsches Institut für Normung e. V., Editor. 1990, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
4. DIN EN 60812:2006, B. Deutsches Institut für Normung e. V., Editor. 2006, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
5. Schwartz, F., Störungsmanagement in Produktionssystemen. 2004: Aachen.
6. Kim, M.-H., Rechnerunterstütztes Störmanagementsystem in der Produktion. Als Ms. gedr. ed. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 8, Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik; 492. 1995, VDI-Verlag, Düsseldorf
7. N.N., DIN EN ISO 9000:2005. Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005), 2005.
8. Hofmann, P., Konzepte der Fehlerbehandlung in flexiblen Fertigungssystemen. Arbeitsberichte des Instituts für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (Informatik); Bd. 23, Nr. 5. 1990, Erlangen: Inst. für Math. Maschinen u. Datenverarbeitung (Informatik).
9. Eversheim, W., Störungsmanagement in der Montage: erfolgreiche Einzel- und Kleinserienfertigung. 1992, Düsseldorf: VDI-Verlag X.
10. DIN ISO 10002:2005, B. Deutsches Institut für Normung e. V., Editor. 2005, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
11. Lehmann, F., Störungsmanagement in der Einzel- und Kleinserienmontage: ein Beitrag zur EDV-gestützten Montagesteuerung, in Berichte aus dem Werkzeugmaschinenlabor; 1. 1992, Shaker: Aachen.
12. Eversheim, W., Erfolgreiches Störungsmanagement in der Einzel- und Kleinserienmontage. 1993.
13. Probst, G. J. B., S. Raub, and K. Romhardt, Wissen managen: wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 3. Aufl. ed. 1999, Frankfurt am Main [u.a.]: Frankfurter Allgemeine
14. Langenberg, L., Firmenspezifische Wissensportale für die Produktentwicklung, in Schriftenreihe // Institut für Konstruktionstechnik ; 2000,8. 2001, Shaker: Aachen.
15. Takeuchi, H. and I. Nonaka, Hitotsubashi on knowledge management. 2004, Singapore [u.a.]: Wiley, 2004

16. Bullinger, H.-J., et al., Wissensmanagement - Anspruch und Wirklichkeit: Ergebnisse einer Unternehmensstudie in Deutschland. Information Management & Consulting, 1998. 13(1): S. 7 - 23.
17. Bick, M., T. Hanke, and H.H. Adelsberger, Prozessorientierte Analyse der Barrieren der Wissens(ver)teilung. industrie management, 2003. 19 (2003): S. 37 - 40.
18. Davenport, T.H., Process Innovation: reengineering work through information technology. 1993, Boston Harvard Business School Press
19. Davenport, T.H. and L. Prusak, Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. 1993, Boston: Harvard Business School Press.
20. N.N., DIN 55350-11:2008-05. Begriffe zum Qualitätsmanagement - Teil 11: Ergänzung zu DIN EN ISO 9000:2005, 2007.
21. Pfeifer, T., Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken. 2001
22. VDI 2247:1994 (Entwurf), D. Verein Deutscher Ingenieure, Editor. 1994, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
23. DIN 25424, B. Deutsches Institut für Normung e. V., Editor. 1981, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
24. DIN EN 60812:2006, B. Deutsches Institut für Normung e. V., Editor. 2006, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
25. Thie, M., Wissensbasierte Methode zur Qualitätsverbesserung in der Kleinserienproduktion. 1999.
26. Westkämper, E., Qualitätsmanagement wandlungsfähiger Unternehmen, in FQS - Forschungstagung 2003 "Zukunft Qualität". 2003, Forschungsgemeinschaft Qualität e.V.: Frankfurt am Main.
27. Crostack, H.-A., et al., SAFE - Umfassendes Fehlermanagement für ein schnelles und gesichertes Handeln bei Ausnahmesituationen. (FQS-DGQ-Band Nr. 86-04 (I)). Vol. 1. Auflage 2005. 2005, Frankfurt am Main: FQS - Forschungsgemeinschaft Qualität e.V.
28. Wilson, P.F., L.D. Dell, and G.F. Anderson, Root cause analysis: a tool for total quality management. 1993, Milwaukee, Wis: ASQC Quality Press.
29. Kepner, C.H. and B.B. Tregoe, Entscheidungen vorbereiten und richtig treffen: rationales Management: die neue Herausforderung. 6. Aufl. ed. 1992, Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie.
30. Pfeifer, T., et al., Fehlermanagement mit objektorientierten Technologien in der qualitätsorientierten Produktion: mit Tabellen. Wissenschaftliche Berichte // FZKA-PFT; 183 Projektträgerschaft Fertigungstechnik und Qualitätssicherung, 1997, Karlsruhe: Fzka.
31. Stauss, B. and A. Schöler, Studie: Handlungsdefizite der Unternehmen beim Beschwerdemanagement. QZ, 2003.
32. Bamberger, R., Entwicklung eines Werkzeuges zum Störungsmanagement in der Produktionsregelung, in IPA IAO Forschung und Praxis; 234. 1996, Springer: Berlin [u.a.].

33. Hummels, M.B., Rechnerunterstützte und benutzerorientierte Fehlerbehandlung bei automatisierten Fertigungsanlagen: Lösungswege und Realisierungsmöglichkeit zur Repräsentation von Fehlerwissen mit Hypertext. Berichte aus der Produktionstechnik; 98, 21. 1998, Aachen: Shaker.
34. Heller, F., Wissensbasiertes Online-Störungsmanagement flexibler, hoch automatisierter Montagesysteme. HNI-Verlagsschriftenreihe; 129. 2003, Paderborn: Heinz-Nixdorf-Institut
35. Tönshoff, H.K., S. Reinsch, and M. Klie, Servicefallunterstützung für Hotlines im Werkzeugmaschinenbau. QZ, 2005.
36. Crostack, H.-A., K. Heinz, and W. Ellouze, Fehlerdaten in Bewegung - Fehlermanagement mit Workflow-Management -Systemen, in QZ. 2005. S. 59 - 61.
37. Orendi, G., Systemkonzept für die phasenneutrale Fehlerbehandlung als Voraussetzung für den Einsatz präventiver Qualitätssicherungsverfahren: ein Beitrag zur Qualitätssicherung im Maschinen- und Anlagenbau. Berichte aus der Produktionstechnik, 1993, Aachen: Shaker.
38. Borrmann, H.P., Entwicklung einer rechnerunterstützten Methode zur Fehlervermeidung auf der Basis eines Dokumentationssystems. Reihe Konstruktionstechnik. 1993, Aachen: Shaker.
39. Jacob, U.K.O., Aufbau von vermaschten Qualitätsregelkreisen durch Integration von wissensbasierten Qualitätssicherungssystemen der Konstruktion und der Fertigung, in Fortschritt-Berichte VDI Reihe 2, Fertigungstechnik; 506. 1999, VDI-Verlag: Düsseldorf.
40. Czechowski, D. and S. Franzke, Chancen und Instrumente des unternehmensübergreifenden Qualitätsmanagements, in FQS - Forschungstagung 2003 "Zukunft Qualität". 2003, FQS - Forschungsgemeinschaft Qualität e.V.: Frankfurt am Main.
41. Pfeifer, T., Wissensbasierte Systeme in der Qualitätssicherung: Methoden zur Nutzung verteilten Wissens. Qualitätsmanagement. 1996, Berlin [u.a.]: Springer.
42. Kemper, H.-G., W. Mehanna, and C. Unger, Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen. Eine Einführung in die IT-basierte Managementunterstützung. 2., ergänzte Auflage. ed. Springer eBook Collection Computer Science & Engineering [Dig. Serial]. 2006, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH. Online-Ressource.
43. Gluchowski, P., C. Dittmar, and R. Gabriel, Management Support Systeme und Business Intelligence Computergestützte Informationssysteme für Fach- und Führungskräfte. Zweite, vollständig überarbeitete Auflage. ed. Springer eBook Collection Business and Economics [Dig. Serial]. 2008, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
44. Chamoni, P. and P. Gluchowski, Integrationstrends bei Business-Intelligence-Systemen. Wirtschaftsinformatik, 2004. 46(2): S. 119 - 128.
45. Grothe, M. and P. Gentsch, Business Intelligence. 2000, München: Addison-Wesley Verlag.

46. Fayyad, U., G.G. Grinstein, and A. Wierse, Information visualization in data mining and knowledge discovery. The Morgan Kaufmann series in data management systems. 2002, San Francisco [u.a.]: Morgan Kaufmann.
47. Fayyad, U.M., G. Piatetsky-Shapiro, and R. Uthurusamy, Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. 1996: MIT Press.
48. Wünscher, T., D.-G. Feldmann, and D. Krause. Product and Process Improvements based on Data Mining of Shop-Floor Information, in Proceedings of the 9th International Design Conference DESIGN 2006. 2006. Dubrovnik.
49. Gadatsch, A., Grundkurs Geschäftsprozess-Management - Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker. 5., erweiterte und überarbeitete Auflage. ed. Springer eBook Collection Computer Science & Engineering [Dig. Serial]. 2008, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH. Online-Ressource.
50. Becker, J., M. Kugeler, and M. Rosemann, Prozessmanagement - Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Fünfte, überarbeitete und erweiterte Auflage. ed. Springer eBook Collection Business and Economics [Dig. Serial]. 2005, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
51. Scheer, A.-W., et al., Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Springer eBook Collection Business and Economics [Dig. Serial]. 2006, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
52. Cios, K.J., et al., Data Mining - A Knowledge Discovery Approach. Springer eBook Collection Computer Science [Dig. Serial]. 2007, Boston, MA: Springer Science+Business Media. Online-Ressource.
53. Brandt-Pook, H. and R. Kollmeier, Softwareentwicklung kompakt und verständlich - wie Softwaresysteme entstehen. Springer eBook Collection Computer Science & Engineering [Dig. Serial]. 2008, Wiesbaden: Vieweg + Teubner / GWV Fachverlage GmbH. Online-Ressource.
54. Foegen, M., C. Raak, and M. Solbach, Der Weg zur professionellen IT. Eine praktische Anleitung für das Management von Veränderungen mit CMMI, ITIL oder SPICE. Springer eBook Collection Business and Economics [Dig. Serial]. 2007, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
55. Reifer, D.J., Software management. 7th ed. ed. 2006, Hoboken, N.J.: Wiley.
56. Land, S.K., Jumpstart CMM/CMMI software process improvement: using IEEE software engineering standards. 2005, Hoboken, NJ: Wiley.
57. Sommerville, I., Software engineering. 8. ed., [Nachdr.] ed. International computer science series. 2007, Harlow, England [u.a.]: Addison-Wesley [u.a.].
58. Geiger, W. and W. Kotte, Handbuch Qualität: Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements: Systeme, Perspektiven. 5., vollst. überarb. und erw. Aufl. ed. Praxis und Studium. 2008, Wiesbaden: Vieweg.
59. Lehner, F., M. Scholz, and S. Wildner, Wissensmanagement: Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. 2., überarb. Aufl. ed. 2008, München [u.a.]: Hanser.

60. Bodendorf, F., Daten- und Wissensmanagement. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage. ed. Springer-Lehrbuch. 2006, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
61. Hanel, G., Prozessorientiertes Wissensmanagement zur Verbesserung der Prozess- und Produktqualität, in Fortschritt-Berichte VDI Reihe 16, Technik und Wirtschaft. 2002, VDI-Verlag: Düsseldorf.
62. Mucksch, H. and W. Behme, Das Data-Warehouse-Konzept. 4. Auflage ed. 2000, Wiesbaden
63. Han, J. and M. Kamber, Data mining: concepts and techniques. 2001: Academic Press.
64. Manolopoulos, Y., et al., Enterprise Information Systems. 8th International Conference, ICEIS 2006, Paphos, Cyprus, May 23-27, 2006, Revised Selected Papers. Lecture Notes in Business Information Processing; 3. 2008, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
65. Hutchison, D., et al., Data Warehousing and Knowledge Discovery. 10th International Conference, DaWaK 2008 Turin, Italy, September 2-5, 2008 Proceedings. Lecture Notes in Computer Science; 5182. 2008, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
66. Preisach, C., et al., Data Analysis, Machine Learning and Applications. Proceedings of the 31st Annual Conference of the Gesellschaft für Klassifikation e.V., Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, March 29, 2007. Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization. 2008, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.
67. Song, I.Y., et al., Data warehousing and knowledge discovery. 9th international conference, DaWaK 2007, Regensburg, Germany, September 3 - 7, 2007; proceedings. Lecture notes in computer science. 2007, Berlin [u.a.]: Springer.
68. Mulavecz, J., Einsatz und Bedeutung von Knowledge Management und Business Intelligence im Rahmen der Betriebswirtschaft. 2007, Hamburg: Diplomica.
69. Chamoni, P. and P. Gluchowski, Analytische Informationssysteme. Business Intelligence-Technologien und -Anwendungen. Springer eBook Collection Business and Economics [Dig. Serial]. 2006, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH. Online-Ressource.
70. Sumathi, S. and S.N. Sivanandam, Introduction to Data Mining and its Applications. Studies in Computational Intelligence; 29. 2006, Berlin, Heidelberg: Springer. Online-Ressource.
71. Jarosch, H., Information Retrieval und Künstliche Intelligenz. Springer eBook Collection Business and Economics [Dig. Serial]. 2007, Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag. GWV Fachverlage GmbH. Online-Ressource.
72. Doppler, K. and C. Lauterburg, Change Management: den Unternehmenswandel gestalten. 12. Aufl. ed. 2008, Frankfurt/Main [u.a.]: Campus-Verlag.
73. Schuh, G., Change Management - Prozesse strategiekonform gestalten. Springer eBook Collection Engineering [Dig. Serial]. 2006, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online-Ressource.

74. Kraus, G., C. Becker-Kolle, and T. Fischer, Handbuch Change-Management: Steuerung von Veränderungsprozessen in Organisationen. 2006, Berlin.
75. Walter, H.-D., „Rich Internet Applications“ - Eine perfekte Kombination benutzerfreundlicher Schnittstellen mit Webtechnologie Informatik-Spektrum, Volume 31, Number 4, August 2008, 2008: S. 333-343.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Thomas Wünscher
Geburtsdatum und -ort	02.07.1973 in Bremerhaven
Familienstand	Ledig, eine Tochter

Berufliche Tätigkeiten

SAP Deutschland AG & Co. KG	Consultant Product Lifecycle Management	Seit 04.08
TU Hamburg-Harburg, Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	05.02 – 10.07

Studium

TU Hamburg-Harburg, Universität Hamburg und Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg	Hochschulübergreifender Studiengang Wirtschaftsingenieur Abschluss: Diplom-Wirtschaftsingenieur	10.94 – 01.02
---	---	---------------

Schule und Berufsausbildung

Fachoberschule Technik, Bremerhaven	Fachhochschulreife	08.93 – 06.94
Telekom, Bremen	Berufsausbildung zum Kommunikationselektroniker	08.90 – 06.93

