

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).

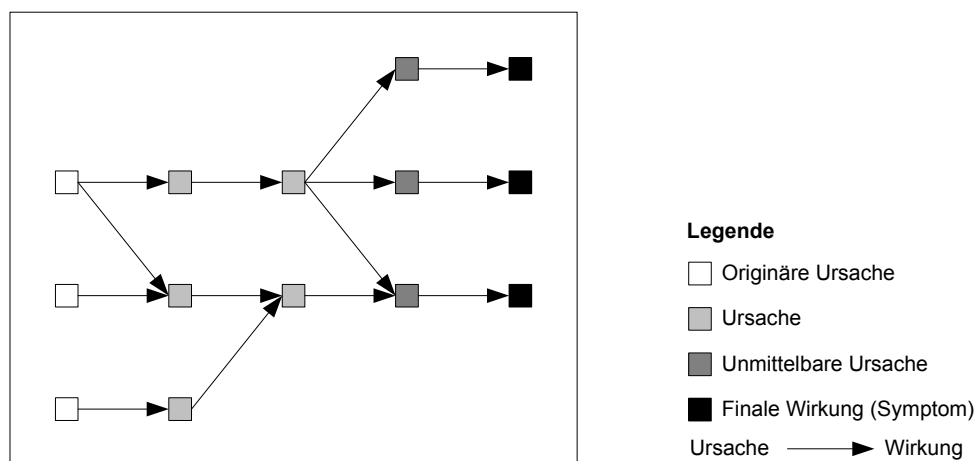


Abbildung 4: Ursache-Wirkung-Ketten

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).

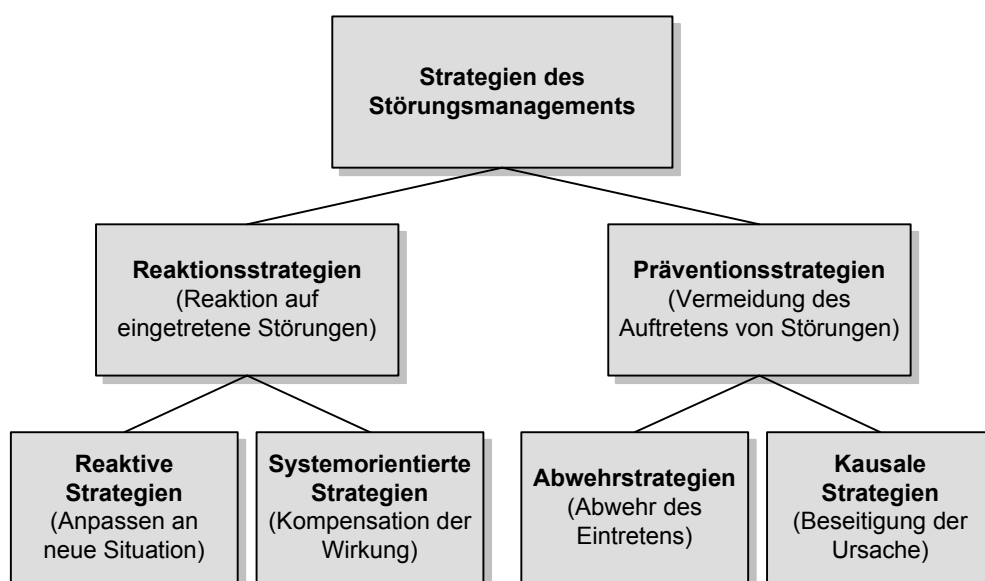


Abbildung 5: Strategien des Störungsmanagements

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.

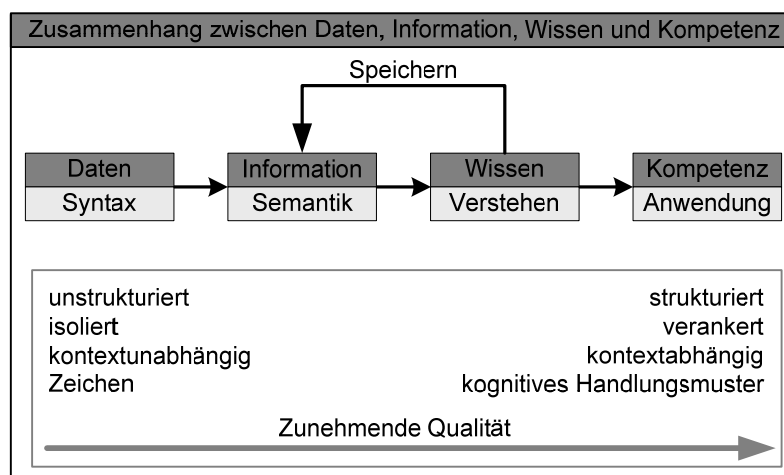


Abbildung 6: Abgrenzung der Begriffe Daten, Information, Wissen und Kompetenz [14]

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 Wissens-träger 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.