

**Proaktives Fehlteilmanagement  
im Schienenfahrzeugbau**

Thomas Sliwka

Eingereichte Abschlussarbeit

zur Erlangung des Grades

Bachelor of Science (B. Sc.)

im Studiengang

Logistik- und Informationsmanagement (LIM)

an der

Karl-Scharfenberg-Fakultät

der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

Erstprüfer: Prof. Dr. Siegfried Jetzke

Eingereicht am:

Zweitprüfer: Dipl.-Kfm. (FH) Dominik Deer



<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>0 Vorwort</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Problemstellung</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1 Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2 Fehlteile</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3.1 Prozessabhängige Ursachen</b> .....	<b>7</b>
<b>3.3.2 Ortsabhängige Ursachen</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4 Konsequenz von Fehlteilen</b> .....	<b>8</b>
<b>3.5 Fehlmengen und ihre Aufwendungen</b> .....	<b>9</b>
<b>3.6 Präventive &amp; Reaktive Maßnahmen</b> .....	<b>10</b>
<b>3.6.1 Einleitung</b> .....	<b>10</b>
<b>3.6.2 Präventive Maßnahmen für externe Ursachen</b> .....	<b>11</b>
<b>3.6.3 Präventive Maßnahmen für interne Ursachen</b> .....	<b>12</b>
<b>3.6.4 Reaktive Maßnahmen für externe Ursachen</b> .....	<b>14</b>
<b>3.6.5 Reaktive Maßnahmen für interne Ursachen</b> .....	<b>15</b>
<b>3.7 Analyse, Kontrolle und Optimierung von Prozessen</b> .....	<b>16</b>
<b>3.7.1 Einleitung</b> .....	<b>16</b>
<b>3.7.2 Prozessoptimierung nach <i>six sigma</i></b> .....	<b>16</b>
<b>3.7.3 DMAIC (Define Measure Analyse Improve Control)</b> .....	<b>17</b>
<b>3.7.4 DOE – Design of Experiment</b> .....	<b>18</b>
<b>3.8 Auswirkungen des Fehlteilmanagements</b> .....	<b>20</b>
<b>4 Situationsanalyse im Unternehmen</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1 Das Unternehmen Alstom</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1.1 Vorstellung des Unternehmens</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1.2 Das Werk in Salzgitter</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2 Die Unternehmensinterne Wertschöpfungskette</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2.1 Einleitung</b> .....	<b>25</b>



4.2.2	RES – <i>Rolling Stock Engineering Services</i> (Konstruktion)	26
4.2.3	PA – Produktion Arbeitsvorbereitung .....	28
4.2.4	BOM-Department – Stücklistenenerstellung.....	29
4.2.5	PE/Procurement – Produktion Einkauf/operative Beschaffung.....	30
4.2.6	PL/Bandversorgung (Logistikabteilung) .....	31
4.3	Das Abruftool „Mirror Zone“ .....	32
4.3.1	Unterscheidung der Kits.....	33
4.4.1	PF.....	35
4.4.2	SCM .....	36
4.5	Vorgehensweise bei fehlendem Material .....	37
4.6	Potenzielle Störfaktoren in den Fachabteilungen .....	38
5	Handlungsalternativen.....	42
5.1	Szenario A: Versuchsplanung (DOE – Design of Experiment) .	42
5.1.1	Einleitung.....	42
5.1.2	Fehlerimplementierung.....	42
5.1.3	Fehlerfortpflanzung.....	44
5.2	Szenario B: Präventives Fehlteilmanagement .....	46
5.2.1	Festlegung der Kritizität .....	47
5.2.2	Prozessbestimmung „Präventives Fehlteilmanagement“ ..	47
6	Unternehmerische Bewertung .....	50
6.1	Szenario A: Versuchsplanung (DOE – Design of Experiment) .	50
6.2	Szenario B: Prozessbestimmung „Präventives Fehlteilmanagement“ .....	53
7	Zusammenfassung und Ausblick .....	55
8	Quellenverzeichnis.....	57
9	Anhang .....	59
9.1	Interne SAP-Transaktionen für den aufgezeigten Prozess „Präventives Fehlteilmanagement“ .....	59
9.2	Befüllung der lagerinternen B-Kits im Detail.....	59
9.3	Interner Prozess „Fehlteilmanagement“ .....	62



## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Wahrscheinlichkeitsentwicklung, eigene Darstellung .....	5
Abbildung 2: Potenzielle Störfaktoren in der Lieferkette, eigene Darstellung .....	6
Abbildung 3: Entscheidungsfindung präventiver & reaktiver Maßnahmen, [vgl. 1] .....	11
Tabelle 1: Unterschiedliche Sigma-Stufen.....	13
Abbildung 4: Gauß'sche Normalverteilung, eigene Darstellung .....	13
Abbildung 5: Kontinuierlicher Verbesserungsprozess, [vgl. 7].....	17
Abbildung 6: Unterteilung der Größen bei Versuchsplänen, eigene Darstellung .....	20
Abbildung 7.1: Das Alstom Werk in Salzgitter, [10], [11].....	22
Abbildung 7.2: Verschiedene von Alstom gefertigte Zugtypen, [11].....	23
Abbildung 7.3: Rohbau, Innenausbau, Testing/Finish (v.li.), [11].....	24
Abbildung 7.4: Vorschau des entstehenden Logistikzentrums, [12] ....	24
Abbildung 8: Verknüpfung der Akteure, eigene Darstellung .....	26
Abbildung 9.1: Auszug aus einer Konzeptmappe, [14] .....	27
Abbildung 9.2: Zusammenfassung des Flusses zwischen RES und PA, eigene Darstellung.....	28
Abbildung 10: Zusammenfassung des Flusses zwischen PA und BOM, eigene Darstellung.....	29
Abbildung 11: Zusammenfassung des Flusses zwischen BOM und PE, eigene Darstellung.....	30
Abbildung 12.1: Beispiel einer erzeugten Bestellanforderung in SAP, [14] .....	31
Abbildung 12.2: Zusammenfassung des Flusses zwischen PE und PL, eigene Darstellung.....	31
Abbildung 13.1: Abrufportal „Mirror Zone“, [10].....	32
Abbildung 13.2: Tagesabrufe über das Abrufportal, [10] .....	33
Abbildung 13.3: Stellplätze für die Mirror Zone im Hauptlager, [13] .....	33
Abbildung 13.4: Beispiele eines A-, B- und C-Kits (v.l.), [10].....	34
Abbildung 13.5: Vom Lagerort ins B-Kit, eigene Darstellung .....	34



<b>Abbildung 13.6: Zusammenfassung des Flusses zwischen PL und PF, eigene Darstellung.....</b>	<b>35</b>
<b>Abbildung 14: Zusammenfassung des Flusses zwischen dem SCM und allen anderen Abteilungen, eigene Darstellung .....</b>	<b>37</b>
<b>Abbildung 15: Retrograde Betrachtung hinsichtlich potenzieller Ursachen für Fehlmengen am Montageband, eigene Darstellung .....</b>	<b>37</b>
<b>Abbildung 16: Fehlerimplementierung, eigene Darstellung.....</b>	<b>43</b>
<b>Abbildung 17: Fehlererkennung durch PA, eigene Darstellung .....</b>	<b>44</b>
<b>Abbildung 18: Prozessentwicklung bei Fehlerimplementierung in eine Konzeptmappe, eigene Darstellung .....</b>	<b>45</b>
<b>Abbildung 19: Betrachteter Zeitstrahl in Abhängigkeit der Variablen, eigene Darstellung.....</b>	<b>48</b>
<b>Abbildung 20: Prozess „Präventives Fehlteilmanagement“, eigene Darstellung .....</b>	<b>49</b>
<b>Abbildung 21: Kostenfaktoren bei Erkennung des Fehlers, eigene Darstellung .....</b>	<b>51</b>
<b>Abbildung 22: Kostenfaktoren bei einer Fehlmenge oder einem Überbestand, eigene Darstellung .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabelle 2.1: Kontrolle auf Fehlmengen beim Auslauf .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabelle 2.2: Entscheidungsfindung in Abhängigkeit zu Fehlmenge und Preis .....</b>	<b>54</b>
<b>Abbildung 23: Reaktiver Prozess „Fehlteilmanagement“ .....</b>	<b>62</b>



## **Abkürzungsverzeichnis**

BS-Anf – Bestellanforderung

BOM – Bill of Material

DMAIC – Define Measure Analyse Improve Control

DOE – Design of Experiment

DPMO – Defects per million oppurtunities

EF – Eigenfertigung

ERP Software – Enterprise Resource Planning

GBO – German Bogie Organisation

PA – Produktion Arbeitsvorbereitung

PE – Produktion Einkauf

PF – Produktion Fertigung

PL – Produktion Logistik

PrSCL – Project Supply Chain Leader

RES – Rolling Stock Engineering Services

RFID – Radio Frequency Identification

SCM – Supply Chain Management

SPC – Serial Production Coordinator

TLS – Train Life Service

VMI – Vendor Managed Inventory



## **0 Vorwort**

Die Ihnen vorliegende Bachelorarbeit und das dazu gehörige Kolloquium bilden den Abschluss meines Studiums „Logistik- und Informationsmanagement“ an der Karl-Scharfenberg-Fakultät in Salzgitter-Calbecht und berechtigt zum Tragen des Titels Bachelor of Science.

Sie wurde im Sommer des Jahres 2014 während meines zweiten Praxissemesters bei Alstom Transport Salzgitter verfasst.

Bedanken möchte ich mich beim Unternehmen Alstom, namentlich bei Herrn Kai Uhlich und Frau Cora Hentrich, die mir die Anfertigung dieser Arbeit ermöglicht haben, sowie bei Herrn Dominik Deer, für den offenen und ehrlichen Meinungsaustausch.

Zusätzlich gilt mein Dank allen anderen Mitarbeitern, die mir mit Ihrem Wissen und Ihren Erfahrungen bei der Anfertigung dieser Arbeit geholfen haben, sowie den Menschen meines privaten Umfeldes, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Zu guter Letzt gilt noch mein besonderer Dank Herrn Prof. Dr. Siegfried Jetzke, der die Betreuung meiner Bachelorarbeit seitens der Hochschule übernommen hat.

Vielen Dank!



## 1 Einleitung

Gestiegene Anforderungen von Kunden, deren Bedürfnisse mit geringeren Budgets in verkürzter Zeit zu erfüllen sind, erfordern die Notwendigkeit von reibungslosen Abläufen entlang der Supply Chain. Fertigungsströme können nur ununterbrochen fließen, wenn der Kern von Unternehmen, d.h. die Fertigung, bedarfsgerecht mit Material versorgt wird.

Dem Management der Supply Chain wird deshalb ein erhöhter Stellenwert zugeteilt. Zum einen, um die Produktivität zu sichern, zum anderen, um Kundenaufträge effizient realisieren zu können. Fehlteile am Montageband erschweren diese Vorhaben. Mit Fehlteilen ist physisch nicht verfügbares Material gemeint, welches sich zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht in der Montage befindet.

Diese Bachelorarbeit wird aufzeigen, inwiefern bestimmte Fachabteilungen Einfluss auf Fehlteile in der Fertigung haben, wie diese allgemein im Unternehmen behandelt werden und welche Maßnahmen ergriffen werden können, um diese vor und nach ihrem Auftreten effizient handhaben zu können.

Die Inhalte dieser Arbeit bieten sich sowohl für Interessierte am Thema Supply Chain Management, Fehlteilmanagement und Prozessoptimierung, als auch für Unternehmen, die eine ähnliche Problematik bei sich erkennen, an.

Das nächste Kapitel 2 wird die Problemstellung genauer wiedergeben. In Kapitel 3 werden theoretische Grundlagen zum Themengebiet, sowie Kennzahlen erläutert. Im vierten Kapitel wird zunächst das Unternehmen Alstom kurz vorgestellt und dann die Situation in diesem betrachtet. In Kapitel 5 werden Verbesserungsmöglichkeiten vorgestellt, die im sechsten Kapitel unternehmerisch bewertet werden. Zum Abschluss der Arbeit wird es in Kapitel 7 eine Zusammenfassung und einen Ausblick geben.





## 2 Problemstellung

Die Rahmenbedingungen haben sich in den letzten zehn Jahren für den Schienenfahrzeughersteller Alstom dahin gehend verändert, dass die Aufträge mit einem geringeren Budget bearbeitet werden müssen. Außerdem müssen die Aufträge in einer zeitlich knapp bemessenen Zeitspanne abgearbeitet werden. Dies hat zur Folge, dass an alle Abteilungen im Unternehmen die Anforderungen gestiegen sind. Betriebsspezifische Lösungen müssen zeitnah gefunden und Entscheidungen so getroffen werden, dass die schnellere Materialversorgung der Fertigung sichergestellt wird.

In Bezug darauf wird das eigene, interne Handeln durch den Wechsel des jahrelang genutzten Produktions-Planungssystems PIUSS auf die weltweit verwendete ERP-Software SAP erschwert. Es erfordert einen langwierigen Implementierungsprozess im Unternehmen um die Umstellung von gewohnten, altbewährten auf unbekannte, neu zu erlernende Tätigkeiten zu gewährleisten.

Es ist schwierig, trotz der limitierten Handlungsmöglichkeiten die eigene Produktivität zu sichern und weiterhin qualitativ hochwertige Produkte zu fristgerechten Terminen aus zu liefern. Es sollen optimale, standardisierte Prozesse entlang der gesamten internen Wertschöpfungskette geschaffen und improvisierte Individualentscheidungen vermieden werden.

Ein Faktor, der zu Komplikationen führt, ist fehlendes Material. Hauptsächlich beim Anlauf und Auslauf verhindern Fehlteile einen reibungslosen Ablauf in der Fertigung und führen zu erhöhten Kosten und Terminverzügen. Alles muss darauf ausgerichtet sein, dass die Fertigung mit ausreichend Material in der richtigen Qualität beliefert wird.

Die Fehlteilquote auf null Prozent zu senken ist ein hypothetisches Ziel und wird aufgrund diverser Einflussfaktoren innerhalb, aber auch außerhalb des Unternehmens, nie realisierbar sein. Daher befasst sich diese Arbeit viel mehr mit der Ergründung der Ursachen und der Herausforderung frühzeitig



## Problemstellung

agieren zu können, anstatt reagieren zu müssen. Hierbei sollen Analysen aus der betrachteten, miteinander verknüpften Wertschöpfungskette Aufschlüsse darüber liefern, in welcher Abteilung, und weshalb, es zu fehlendem Material in der Endmontage kommen kann.

Proaktive Maßnahmen für aktuelle Situationen und in der Zukunft sollen aufgezeigt werden, damit die Fehlteilrate nachhaltig minimiert werden kann; reaktive Maßnahmen aufgrund von Kostenaspekten, nachträglichen Schäden und Zeitverzögerungen eher vermieden werden.

Fehlteile führen immer zu ungeplanten Aufwendungen betriebswirtschaftlicher Art wie Nacharbeiten oder unfreiwilligen Preisnachlässen, bzw. Pönalen, gegenüber den Kunden. Ein großer Aufwand ist ein Bandstillstand. Es entstehen weitere Folgekosten und -schäden bis hin zum Verzug bei der Produktauslieferung.

Bei allen Betrachtungen ist zu beachten, dass der Schienenfahrzeugbau andere Anforderungen an seine Lieferanten erfordert, als es bspw. in der Automobilindustrie der Fall ist. Fällt ein Lieferant aus, liefert seine Ware zu spät oder in mangelhafter Qualität, existiert eine Ausweichmöglichkeit auf einen Zweitlieferanten nur selten. Da es sich größtenteils um projektspezifische Zeichnungsteile handelt, ist ein Variantenreichtum bei der Auswahl von Lieferanten nicht gegeben. Die Einzigartigkeit des Materials limitiert auch die Handlungsfähigkeit bei Fehlteilen. Hinzu kommt noch, dass andere Voraussetzungen bei der Montage gegeben sind, da im Unternehmen nur vereinzelt Prototypen gebaut werden und meistens sofort mit der Serienfertigung angefangen wird.

Deswegen gilt es, den Fokus auf die internen Prozesse zu legen und den Willen zu haben, diese zu verbessern, damit ein kontinuierlicher Waren- und Informationsfluss gewährleistet wird und die Liefertermine eingehalten werden können.

Das folgende Kapitel stellt theoretische Grundlagen vor, welche für die anschließende Situationsanalyse notwendig sind.



## 3 Theoretische Grundlagen

### 3.1 Einleitung

Material, das in der Montage bzw. Vormontage nicht in der richtigen Menge oder der richtigen Qualität zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhanden ist, führt zu Komplikationen. Dies wirkt sich insofern auf die Aufträge aus, als dass diese nicht weiter planmäßig ausgeführt werden können. Das eigene Handeln wird somit erschwert und es erfordert – teilweise akute – Maßnahmen um den Produktionsfluss wieder her zu stellen. Mit der effektiven Entscheidungsfindung dieser Möglichkeiten befasst sich das Fehlteilmanagement, dessen Bedeutung anhand eines einfachen Beispiels verständlich wird.

### 3.2 Fehlteile

Angenommen für ein Produkt seien 10 Komponenten erforderlich, die alle mit der Wahrscheinlichkeit  $p = 0,95$  verfügbar sind. Dies hätte zur Konsequenz, dass das an zu fertigende Produkt mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 60% produziert werden kann, da die Komponenten mit einer Wahrscheinlichkeit von 40% nicht verfügbar sein werden (s. 3.2a). Dann jedoch nur, wenn jedes einzelne dieser Bauteile notwendig für die Fertigung des Produktes ist und nicht nachträglich verbaut werden kann.

$$p = 1 - (0,95)^{10} = 0,4 \quad (3.2a)$$

Soll das Produkt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% gefertigt werden können, müsste die Wahrscheinlichkeit des Beziehens sämtlicher Komponenten  $p = 0,9949$  betragen. Angenommen jede einzelne der zehn Komponenten sei mit der Wahrscheinlichkeit  $p = 0,6$  verfügbar, so wird das her zu stellende Gesamtprodukt nur noch zu 0,006% produzierbar sein. Die exponentielle Entwicklung wird in der ersten Abbildung erkennbar. [vgl. 1]

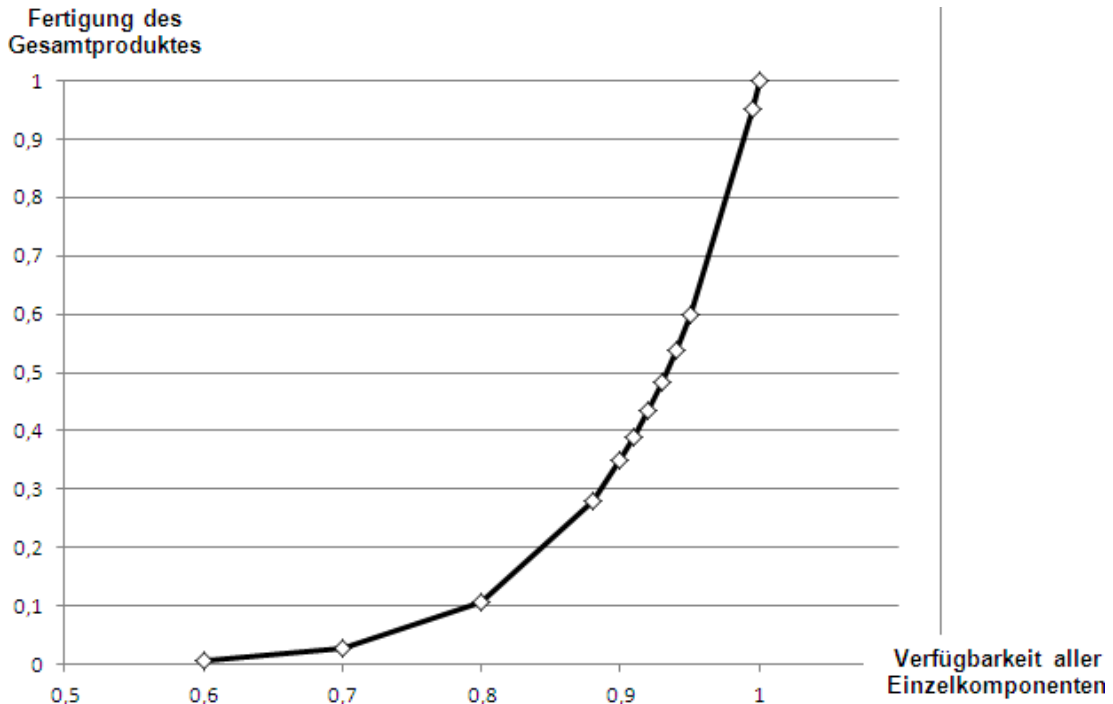
Einzelne Module können abhängig oder unabhängig voneinander sein und sollten auch so betrachtet werden. Die Wahrscheinlichkeit zweier Module, die abhängig voneinander sind, ließe sich durch



$$p = 1 - (1 - p_1) (1 - p_2) \quad (3.2b)$$

errechnen. Diese Formel lässt sich auf beliebig viele Module erweitern:

$$p = 1 - (1 - p_1) (1 - p_2) \dots (1 - p_n). \quad (3.2c)$$



**Abbildung 1: Wahrscheinlichkeitsentwicklung, eigene Darstellung**

Zum Bau komplexerer Produkte, wie bspw. Fahrzeugen, bedarf es fraglos mehrerer Tausend Bauteile. „Selbst eine Verfügbarkeit der Teile von 99,99% würde unter Ausschluss von Kompensationsmöglichkeiten implizieren, dass ein Fahrzeug mit 10.000 Teilen nur mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 37% gefertigt werden würde.“ [1] Auch hierbei gilt es zu beachten, dass davon ausgegangen wird, dass alle Komponenten die gleiche Priorität haben. Komponenten, welche nicht den weiteren Bauvorgang gefährden würden, müssten jedoch gesondert betrachtet werden. Bspw. sollte das Fehlen eines Außenspiegels anders bewertet werden, als das eines kompletten Fahrmotors (s. Kap. 3.4).

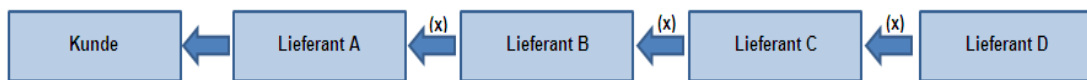
Das Risiko eines Fehlteils, welches aus komplexen, kausalen Zusammenhängen hervorgeht, macht eine exakte Voraussage kaum möglich. Das Zusammenwirken mehrerer, individueller Faktoren erschwert



die Analyse der Gründe von Fehlteilen in der engeren Vernetzung von zunehmend stör anfälliger gewordenen Wertschöpfungsketten. [1]

Insbesondere bei externen Quellen wird dies deutlich:

Lieferant A bezieht Material vom Lieferanten B, welcher Ware von Lieferant C erhält, der auf Rohstoffe von Lieferant D angewiesen ist, etc. Bei all diesen Lieferanten können Störfaktoren auftreten, die einen uneingeschränkten Materialfluss nicht ermöglichen und Verspätungen beim Kunden zur Folge haben. In der folgenden Abbildung sind potenzielle Störfaktoren durch (x) gekennzeichnet.



**Abbildung 2: Potenzielle Störfaktoren in der Lieferkette, eigene Darstellung**

Das Streben nach Kosteneffizienz und die damit verbundenen, entwickelten Konzepte wie Just-in-Time, Just-in-Sequence oder eine Reduktion von Beständen, verengen zwar die Wertschöpfungskette miteinander, machen sie aber im Umkehrschluss anfälliger für Störungen:

*„The leaner and more integrated supply chains get, the more likely uncertainties, dynamics and accidents in one link affect the other links in the chain.“ [1]*

Weitere Ursachen für das vermehrte Auftreten von Fehlteilen sind:

- *Outsourcing:* Abhängigkeiten und Komplexitätssteigerungen des wertschöpfenden Netzes führen zu verwundbareren Schnittstellen.
- *Globalisierung:* Die globale Vernetzung hin zu fern liegenden Ländern führt zu Beeinträchtigungen in der Qualität oder im Transport. Interkulturelle- oder Wechselkursrisiken sind Beispiele hierfür.
- *Single Sourcing:* Verringerte Diversifikation steigert das Risiko auf Seiten der Zulieferer. Mangelnde Qualität oder nicht fristgerechte Belieferung können selten kompensiert werden.



- *Produktvielfalt*: Unternehmen verfügen mittlerweile, wettbewerbsbedingt, über ein breiteres Sortiment. Daran ist jedoch ein höheres Maß an Komplexität verknüpft, womit sich die Wahrscheinlichkeit, dass es zu Fehlteilen kommt, erhöht. [vgl. 1]

### 3.3.1 Prozessabhängige Ursachen

Wird versucht den Ursprung von Fehlteilen heraus zu finden, muss die Vielfältigkeit dieses Vorhabens beachtet werden. Der einfachste zu betrachtende Fall eines Fehlteils liegt vor, wenn der Kunde keine Bestellung oder eine falsche Bestellung aufgegeben hat. Des Weiteren ist es möglich, dass die vorangelayerte Stufe im Produktionsprozess nicht die benötigte Menge oder überhaupt nicht das Material – möglicherweise durch einen Maschinenausfall oder -verschleiß – gefertigt hat. Ebenfalls kann das benötigte Material zwar an die weitere Produktionsstufe geliefert worden sein, jedoch abweichend von der angeforderten Qualität, sodass es nicht verbaut werden kann.

Denkbar ist zudem eine Anlieferung eines anderen Teils, bspw. wenn ein Unternehmen für seine Fertigung linke Halter für den Einbau benötigt, jedoch rechte vom Lieferanten erhält. Fehlerhafte Zeichnungen des auftragserstellenden Unternehmens oder schlichtweg eine fehlerhafte Fertigung beim Zulieferer sind mögliche Gründe.

Um Nachfrageunsicherheiten entgegen zu wirken, werden Sicherheitsbestände aufgebaut. Sind diese hingegen zu teuer oder aufgrund ihrer hohen Variantenvielfalt schlichtweg nicht umsetzbar, kommt es zu Fehlteilen im Fertigungsprozess.

*„Stark schwankende Nachfrage korrespondiert oftmals mit der Notwendigkeit, die Produktionszahlen auf Prognosen zu basieren, welche naturgemäß mit Ungenauigkeiten behaftet sind. [...] Forecasts are inevitably wrong; by definition they are guesses.“ [1]*



### **3.3.2 Ortsabhängige Ursachen**

Während des Transportweges sind weitere Ursachen für fehlendes Material aus zu machen. Bezieht das Unternehmen Ware von Übersee, so kann es bei der Luft- oder Seefracht zu Verzögerungen wetterbedingter Art – durch Stürme oder Nebel – kommen. Frachten von Zulieferern über Straßen machen Verzögerungen – aufgrund von Staus oder Ausfällen von LKW bzw. Transportmitteln – denkbar und haben zur Folge, dass das benötigte Material verspätet im Unternehmen eintrifft. [vgl. 1]

Ortsabhängige Ursachen können aber auch als prozessabhängige gewertet werden, wenn Unternehmen die Entscheidung getroffen haben das Material bspw. aus Übersee oder Krisengebieten zu beziehen. Dadurch wird von vornherein ein höheres Risiko in Kauf genommen, weshalb die Ursache „Ort“ in solchen Fällen nur auf den ersten Blick zutreffend ist.

Während des Transportes kann es ebenfalls zu Schäden kommen, die eine mangelhafte Qualität zur Folge haben. Der Wareneingang überprüft zwar ob die Ware trotz des Schadens angenommen oder sofort zurück geschickt wird, jedoch kann erst später, bei der Produktion, festgestellt werden, dass die Qualität nicht ausreichend ist um das Teil verbauen zu können. Dies führt auf eine subjektive Betrachtung, bzw. Bewertung, von Qualität zurück. [vgl. 1]

Bei allen Betrachtungen sind die Gründe meist die gleichen, die Verursacher lediglich verschieden. Probleme in der Qualität, Verspätungen der Lieferungen/Lieferanten, Ausfälle von Maschinen, Transportschäden oder Fehlbestände können intern, aber auch extern bei sämtlichen, wertschöpfenden Akteuren, entlang der kompletten Supply Chain vorkommen. [vgl. 1]

### **3.4 Konsequenz von Fehlteilen**

Bei der Schadensbetrachtung von Fehlteilen muss zunächst differenziert werden, ob es sich um ein Kann-Teil oder Muss-Teil handelt: [vgl. 1]



- *Kann-Teil:* Das fehlende Teil führt zwar zu unplanmäßigen Aufwänden wie Nacharbeiten – eventuell müssen bereits montierte Teile abgebaut werden um das fehlende Element nachträglich an zu bringen – jedoch nicht zu einem kompletten Montagestillstand. Das fehlende Element kann in einem später folgenden Fertigungsabschnitt oder sogar am bereits komplettierten Produkt verbaut werden.
- *Muss-Teil:* Die Konfiguration des Produktes oder die Ausgestaltung des Fertigungsprozesses führt zwangsläufig zu einem Stillstand in der Produktion, da ein nachträgliches Verbauen – aufgrund von Abhängigkeiten zu anderen Baukomponenten – in diesen Fällen nicht möglich ist.

Hinsichtlich deren Kritizität lässt sich somit festhalten, dass Muss-Teile weitreichendere Konsequenzen für Unternehmen – in Form von Kosten oder Imageschäden – aufweisen als Kann-Teile.

Des Weiteren ist es bei der Untersuchung notwendig zwischen internen und externen Konsequenzen abzuwägen: [vgl. 1]

- *Intern:* Negative Folgen machen sich hauptsächlich in der eigenen Fertigung bemerkbar und ziehen unterschiedliche Aufwendungen nach sich, auf die im folgenden Kapitel eingegangen wird.
- *Extern:* Wartende Kunden sind unzufriedene Kunden. Die Auswirkung von externen Konsequenzen reicht von Imageschäden des Unternehmens bis hin zu Konventionalstrafen.

### **3.5 Fehlmengen und ihre Aufwendungen**

Dies kann nicht nur einen Effekt auf den aktuellen, sondern auch auf nachfolgende Arbeitsgänge bzw. nachgelagerte Fertigungsschritte haben. Diese Folgewirkungen sind: [vgl. 2]

- Mehraufwände durch Wartezeiten oder Nacharbeiten, da Aufträge nicht oder nur teilweise angefangen bzw. freigegeben werden können.





- Kurzfristige Änderungen von geplanten Arbeitsgangfolgen und Auftragsreihenfolgen, welche Wartezeiten oder Umrüstaufwände zur Konsequenz haben.
- Erhöhte Anteile an zu fertigenden, kleinen Losen mit hoher Priorität. Die Durchlaufzeiten verlängern sich.

Fehlmengen können dazu führen, dass es Unternehmen nicht mehr möglich ist fixierte Liefertermine einzuhalten. Es werden Umplanungen, wie das Vorziehen anderer Aufträge, oder Sonderaktionen, welche die Fehlbestände kurzfristig ergänzen, erforderlich. [vgl. 2]

Folgende Arten von betriebswirtschaftlichen Aufwendungen ergeben sich hieraus [vgl.3]:

- *Zusätzliche Kosten* entstehen in der Logistikabteilung um die Fehlmengensituation schnellstmöglich zu beheben, bspw. mittels Express-Sendungen durch Spediteure, in anderen Unternehmensbereichen, die der Fehlmengenbehebung entgegen wirken, bspw. durch eine Umstellung des Produktionsprogramms und durch sonstige Mehrkosten wie bspw. Schadenersatzzahlungen oder Konventionalstrafen.
- *Reduzierte Erlöse* ergeben sich aus Erlösschmälerungen und entgehenden Erlösen. Es kommt zur Gewährung von Preisnachlässen, da vereinbarte Termine nicht eingehalten werden konnten oder gar zu einer Nichtabnahme eines Kunden, da der speziell für ihn gefertigte Auftrag nicht fristgerecht ausgeliefert worden ist.

## **3.6 Präventive & Reaktive Maßnahmen**

### **3.6.1 Einleitung**

Es ist zwingend notwendig, den Materialfluss prozessorientiert zu analysieren und diesen als Transformationsprozess eines In- in einen Output bezüglich möglicher Fehlteile zu prüfen.



Zwei mögliche Lösungsansätze bieten sich hierbei dem Fehlteilmanagement. Zum einen die präventive, zum anderen die reaktive Maßnahmenenergreifung, welche nochmal jeweils in intern und extern unterschieden wird. Dies bedeutet, dass durch getroffene Vorab-Entscheidungen Fehlteile vor ihrem Auftreten verhindert werden oder, dass durch die nachträglich getroffenen, wirkungsbezogenen Maßnahmen der Schaden so gering wie möglich gehalten wird. [vgl. 1]

Es sollte für jede Ursache eine sinnvolle Maßnahme ausgewählt werden. Präventive Maßnahmen, welche die Sicherheit erhöhen, sollten abhängig der Kosten-Nutzen-Aspekte getroffen werden. Reaktive Maßnahmen sollten grundlegend hinsichtlich deren Reaktionsgeschwindigkeit beschlossen werden um die bereits aufgetretenen Kosten nicht weiter steigen zu lassen. [vgl. 1]

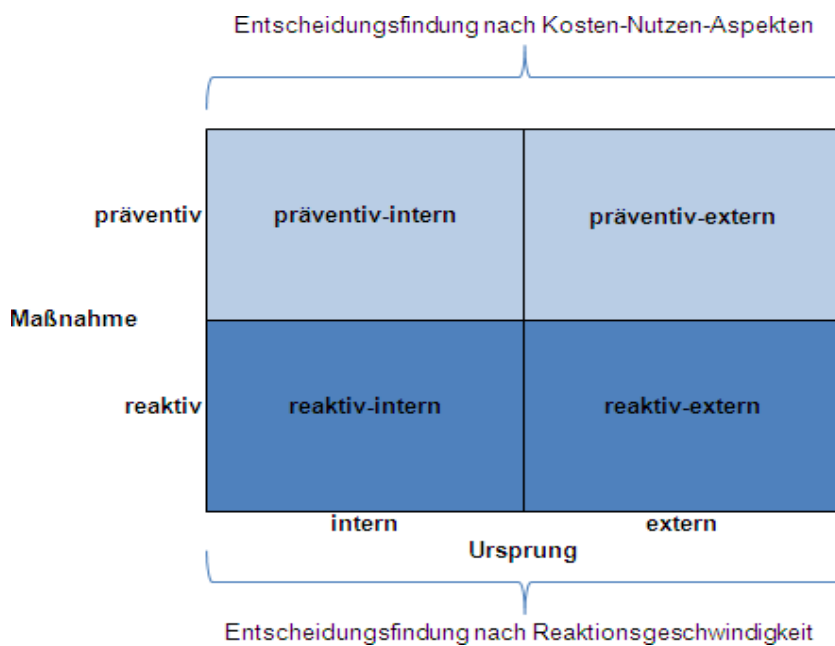


Abbildung 3: Entscheidungsfindung präventiver & reaktiver Maßnahmen, [vgl. 1]

### 3.6.2 Präventive Maßnahmen für externe Ursachen

Damit die Möglichkeit besteht überhaupt Fehlteile vor ihrem Auftreten zu verhindern, d.h. erst gar keinen Schaden aufkommen zu lassen oder zumindest die eigene Sicherheit zu erhöhen, müssen zunächst Teile des



Materials als potenzielle Fehlteile identifiziert werden. Besonders Muss-Teile, welche potenzielle Fehlteile darstellen können, gilt es zu benennen.

Ein wichtiger Aspekt der präventiven Maßnahmenergreifung ist die Auswahl der richtigen Lieferanten hinsichtlich deren Liefertreue, Qualität und Liquidität. Bei finanziell angeschlagenen Lieferanten wird im Vorhinein ein Risiko eingegangen, falls diese aufgrund von Zahlungsschwierigkeiten nicht mehr ihre Rechnungen von Zulieferern bezahlen können und somit keine, bzw. zu wenige, Rohmaterialien für die Weiterverarbeitung beziehen. Eine niedrige Liquidität des Lieferanten hat eine niedrige Liefertreue als mögliche Konsequenz.

Wenn möglich, sollte auch die geografische Nähe bei der Lieferantenfindung eine Rolle spielen, da bspw. Lieferanten aus Ländern mit erhöhtem Risiko von Naturkatastrophen zu unvorhergesehenen Lieferengpässen führen können.

Ein frühzeitiges Erkennen eines Ausfalls oder einer verspäteten Anlieferung des Materials führt zur Möglichkeit einer schnelleren Entscheidungsfindung und ggf. zum Vorziehen optionaler Maßnahmen. Sowohl RFID (Radio Frequency Identification) als auch Tracking und Tracing sind heute gegebene Werkzeuge um die Informationen zwischen Lieferanten bzw. für Kunden transparenter zu machen. [vgl. 1]

### **3.6.3 Präventive Maßnahmen für interne Ursachen**

Interne Mittel präventiver Maßnahmen sind vorbeugende Instandhaltungen, sowie regelmäßige Wartungen und Kontrollen der Maschinen, womit weniger Maschinenausfälle und daraus resultierend weniger Fehlteile erreicht werden können. Das Konzept *total productive maintenance* ist ein Lösungsansatz dessen. Das Ziel dieses Konzepts sieht vor die Gesamtanlageneffektivität durch das Analysieren der wesentlichen Verlustquellen zu maximieren. Verluste wie infolge von Anlagenausfällen oder durch eine verringerte Taktgeschwindigkeit der Maschinen.



Das Qualitätsmanagement kann von vornherein Fehlteile ausschließen, indem Normabweichungen durch statistische Prozessregelungen identifiziert werden.

Eine weitere Maßnahme ist das *six sigma*-Konzept. Bezogen auf das Qualitätsmanagement wird durch das kontinuierliche Durchlaufen des DMAIC-, ausgeschrieben *define, measure, analyse, improve* and *control*-, Zyklusses, eine Reduzierung der Fehleranzahl auf weniger als 4 dpmo (*defects per million opportunities*) angestrebt. [vgl. 1]

Es wird danach abgezielt die Stufe des six sigma zu erreichen um eine fehlerfreie Arbeit von 99,99966% zu erreichen. In diesem Fall dürfen 3,4 Fehler pro Million Fehlermöglichkeiten gemacht werden. Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Sigma-Stufen: [vgl. 4]

Sigma	dpmo	Fehlerhaft	Fehlerfrei
1	691.462	ca. 69%	31%
2	308.537	ca. 31%	69%
3	66.807	ca. 6,7%	0,93%
4	6.210	ca. 0,62%	99,38%
5	233	ca. 0,023%	99,977%
6	3,4	ca. 0,00034%	99,99966%

Tabelle 1: Unterschiedliche Sigma-Stufen

Anhand dieser Werte ergibt sich die folgende Gauß'sche Normalverteilung:

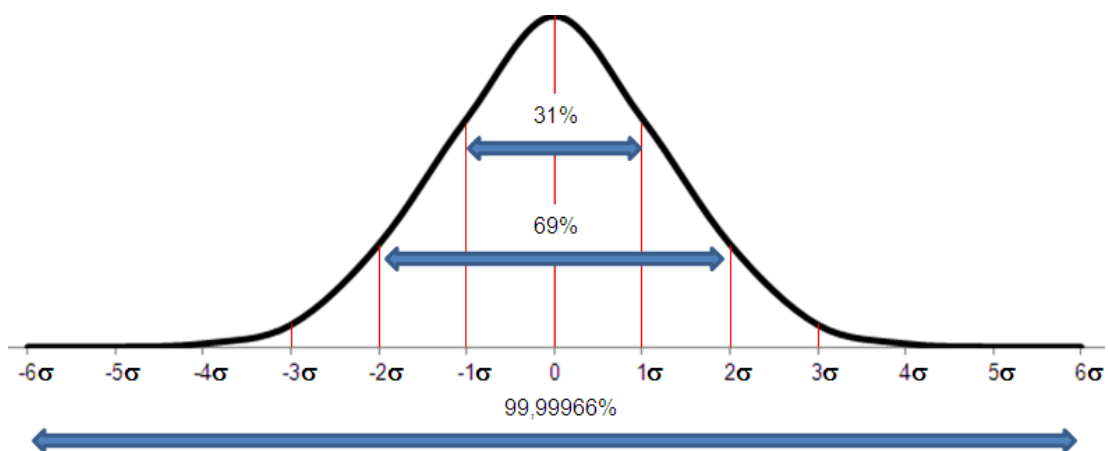


Abbildung 4: Gauß'sche Normalverteilung, eigene Darstellung



Außerhalb des Qualitätsmanagements dient dieses Konzept der Prozessanalyse und -optimierung (s. Kap. 3.8.2).

Wie zuvor erwähnt gibt es jedoch keine Patentlösung, die Fehlteile definitiv ausschließt. Viel mehr sind diese Maßnahmen, sofern praktikabel, dazu da, Fehlteile im Unternehmen zu reduzieren. [vgl. 1]

### **3.6.4 Reaktive Maßnahmen für externe Ursachen**

Anders als bei den präventiven Maßnahmen, ist hier durch Fehlteile bereits ein Schaden entstanden. Es gilt also lediglich die bereits entstandenen, negativen Konsequenzen zu minimieren. Die zentrale Aufgabe des Fehlteilmanagements in solchen Fällen ist es, den aufgetretenen Schaden so gering wie möglich zu halten.

Robuste Beziehungen entlang der Wertschöpfungskette sorgen für ein Maß an Elastizität, welche, sowohl durch die Erzeugung von Redundanzen, als auch durch eine Steigerung der Flexibilität, benötigt wird, um die entstandenen Kosten so gering wie möglich zu halten.

Dies bedeutet Redundanzen in Form von Sicherheitsbeständen nicht nur im eigenen Unternehmen, sondern auch beim Zulieferer vorhanden zu haben um schnellstmöglich auf etwaige Ausfälle reagieren zu können. Überkapazitäten in der Produktion oder beim Transport sind analoge Redundanzen um auf Nachfrageänderungen reagieren zu können. Auch können Maßnahmen wie das Dual Sourcing oder Multiple Sourcing ergriffen werden um das Beschaffungsrisiko zu diversifizieren.

Die Konzentration, bezogen auf eine gesteigerte Flexibilität, gilt einer späten, kundenindividuellen Differenzierung um Nachfrageänderungen abfedern zu können. Der Einsatz diverser Transportmittel, Alternativrouten und Dienstleistern in der Logistik ist ebenso zu nennen, wie das Bevorzugen lokaler Lieferanten, anstatt der globalen Beschaffung, um eine schnelle, konzentrierte Reaktion auf das fehlende Material herbeiführen zu können.



Informationen transparenter zu machen, zu kanalisieren und Fehlmengen schnellstmöglich miteinander zu kommunizieren, ist auch bei den reaktiven Maßnahmen elementar. Nur bei konsequenter und schneller, unternehmensübergreifender Kommunikation können Gegenmaßnahmen getroffen werden, die den Schaden mildern. An Flexibilität im Fehlteilmanagement wird gewonnen, wenn Prozesse und Abläufe beim Auftreten von Fehlteilen standardisiert werden und beauftragte Mitarbeiter die Vollmacht darüber haben in diesen Fällen Entscheidungen zu treffen. [vgl. 1]

### **3.6.5 Reaktive Maßnahmen für interne Ursachen**

Intern besteht die Möglichkeit auf das Fehlteil temporär zu verzichten, mit der Fertigung fortzufahren und bei Verfügbarkeit das fehlende Teil in einem folgenden Prozessschritt nachträglich zu montieren. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass ebenfalls ein Nacharbeitsaufwand entsteht, welcher wirtschaftlich sinnvoll sein muss und es sich nicht um ein Muss-Teil handeln darf.

Auch kann ein Auftrag komplett zurückgezogen und ein alternativer vorgezogen werden. Der ursprüngliche Auftrag wird erst dann wieder freigegeben, wenn alle Muss-Teile zur Verfügung stehen. Bei dem vorgezogenen Auftrag muss sichergestellt sein, dass, aufgrund des verfrühten Fertigungsstarts, keine neuen Fehlteile – insbesondere fehlende Muss-Teile – auftreten. Diese Maßnahmen sind nicht auf alle Unternehmen übertragbar und erfordern im Vorhinein ein Grad an Flexibilität in der Fertigung um praktikierbar zu sein.

Alternativ bietet es sich an auf qualitativ hochwertigere Ausweichteile, die in der Geometrie identisch zum fehlenden sind, oder verwandte Baugruppen zurück zu greifen, die entweder nicht mehr benötigt oder so modifizierbar sind, dass sie das fehlende Teil ersetzen können. Beachtet werden muss auch hier, dass sie nicht an anderer Stelle Fehlteile verursachen. [vgl. 1]



## **3.7 Analyse, Kontrolle und Optimierung von Prozessen**

### **3.7.1 Einleitung**

Wenn es das definierte Ziel ist die Fehlteilquote durch interne Maßnahmen zu senken, gehen damit Veränderungen in den Prozessen einher. Es ist erforderlich, die laufenden Prozesse zu beobachten, analysieren und gewonnene Daten auszuwerten, damit Entscheidungen getroffen werden können um sie zu verbessern. So kann in Zukunft eine effizientere Arbeitsweise mit robusteren Prozessen gewährleistet werden.

Effektives Arbeiten unterscheidet sich von effizientem wie folgt: *„Effektivität bedeutet die richtigen Dinge zu tun. Effizienz meint, die Dinge richtig zu tun. [...] Das primäre Anliegen im Supply Chain Management besteht darin, die richtigen Dinge richtig zu tun. [...]“* [6]

### **3.7.2 Prozessoptimierung nach *six sigma***

Das Konzept des *six sigma* ist ein probates, etabliertes Mittel der Prozessfassung und -optimierung. Prozesse müssen lokalisiert und analysiert werden, um sie verbessern zu können. Alle Mitarbeiter werden dahin gehend geschult, dass sie gemachte Fehler nachhaltig beseitigen, und auch aus ihnen lernen um den Ansatz des Null-Fehler-Managements zukünftig umsetzen können. [vgl. 7]

Ein Prozess einer einzelnen Unternehmensabteilung ist meistens abhängig von der vor- oder nachgelagerten Stufe. Somit entwickelt sich aus vielen Teilprozessen ein Gesamtprozess. Nur ein strukturiertes und ineinander greifendes Zusammenspiel aller einzelnen Prozesse führt zu einem uneingeschränkten Gesamtkonstrukt. Aus diesem Grunde ist es nicht ausreichend, nur einen Teil zu optimieren, sondern in jeder einzelnen Fachabteilung für ein Optimum zu sorgen. [vgl. 7]

Ein Ansatz des Six Sigma ist es, jegliche Art von Verschwendung zu vermeiden. Folgende sieben Kandidaten wurden von Toyota definiert [7]:



- Verschwendung durch Überproduktion
- Verschwendung durch Bestände
- Verschwendung durch Wartezeiten
- Verschwendung durch Fehler
- Verschwendung durch Transporte
- Verschwendung durch ineffiziente Prozesse
- Verschwendung durch unnötige Bewegungen

Ein Ansatz zur kontinuierlichen Verbesserung von Six Sigma ist die DMAIC-Maßnahme.

### 3.7.3 DMAIC (Define Measure Analyse Improve Control)

Die bereits in Kapitel 3.6.3 erwähnte präventive Maßnahme DMAIC ist ein gegebenes Mittel, welches der Prozessoptimierung nach der *six sigma* Strategie dient. Sie ist ausgerichtet auf die Kundenanforderungen, welche mithilfe dieser Methode zu ihrer Zufriedenheit umgesetzt werden sollen. [vgl. 7]

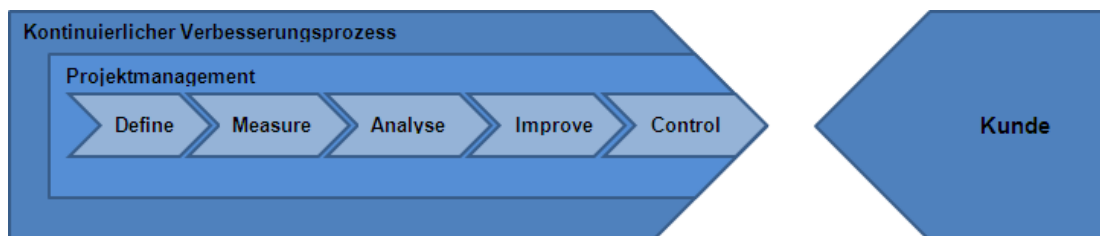


Abbildung 5: Kontinuierlicher Verbesserungsprozess, [vgl. 7]

Der Verbesserungsprozess lässt das Projektmanagement die fünf Phasen Define, Measure, Analyse, Improve und Control durchlaufen, um die Vorgänge im Unternehmen nachhaltig zu optimieren. Sie werden folglich unterschieden [vgl. 7, 8]:

- **Define:**  
Die Ausgangssituation wird beschrieben; ein Überblick über den Prozess geschaffen; die Kundenanforderungen identifiziert; sowie der zu verbessernde Prozess und das Verbesserungsziel selbst definiert.





- **Measure:**  
Festlegung der Messgrößen um die Prozessergebnisse (Zielgrößen) beurteilen zu können; Bestimmung der Messmittel- und Prozessfähigkeit.
  
- **Analyse:**  
Systematische Beobachtung des Prozesses; Suche nach Zusammenhängen zwischen Prozessparametern und Zielgrößen; Kausale Zusammenhänge aufzeigen.
  
- **Improve:**  
Planung und Auswertung des Versuchs, damit die kausalen Zusammenhänge zwischen den Prozessparametern und Zielgrößen quantitativ bestimmt werden können. Anhand dessen gilt es Verbesserungen ein zu leiten und die Wirksamkeit nach zu weisen.
  
- **Control:**  
Prozessregelung, damit die realisierte Verbesserung auch in Zukunft – für nachfolgende Projekte – gewährleistet wird. Hierzu dienen dokumentierte Zeichnungen, Prozessbeschreibungen sowie Arbeitsanweisungen.

### 3.7.4 DOE – Design of Experiment

Mit der Versuchsplanung – dem Design of Experiment – werden systematische Experimente durchgeführt, die den Nutzen haben, durch die interpretierten Ergebnisse eine kontinuierliche Verbesserung hinsichtlich Produkten und Prozessen vor zu nehmen. Mit einem möglichst geringen Aufwand soll sich ein Überblick über Störfaktoren bzw. Abweichungen von der Zielgröße verschafft werden: Wie verändert sich der weitere Verlauf, wenn sich ein Prozessparameter innerhalb eines Teilprozesses verändert? Wie ist dann das Ergebnis des Prozesses? [vgl. 8]

Es sei angenommen ein Gesamtprozess besteht aus fünf Teilprozessen. Dann muss jede einzelne Prozessstufe funktionieren um den gesamten



Ablauf nicht zu gefährden. Verursacht bspw. die zweite Stufe dieser Kette einen Fehler, so kann sich dieser auch auf die nachfolgenden Ebenen auswirken. Um dieses Ursache-Wirkungs-Zusammenspiel zu erkennen, sind gezielte Versuche notwendig. Das Kausalitätsprinzip besagt, dass bei einer schwachen Kausalität gleiche Ursachen die gleiche Wirkung haben; bei einer starken haben ähnliche Ursachen eine ähnliche Wirkung. [vgl. 8]

Da solche Versuche Zeit und Geld in Anspruch nehmen, muss der Umfang in einem Rahmen durchgeführt werden, der groß genug ist, um Fehler erkennen zu können. Ein einziger Wert hat keine Aussagekraft und somit keinen verwertbaren Nutzen. Es müssen so viele Versuche stattfinden, dass eine Systematik bzw. wiederkehrende Fehler erkannt werden können. [vgl. 8, 9]

*„Wenn die Änderung der Ergebnisse – Zielgrößen – durch die Änderung der Prozessparameter an- und wieder abgeschaltet werden kann, ist der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang dadurch nachgewiesen. Allerdings kann nur der Effekt derjenigen Prozessparameter – Faktoren – erkannt werden, die im Versuchsplan enthalten sind.“ [8]*

Folgende Begrifflichkeiten sind bei der Versuchsplanung zu unterscheiden [8]:

- *Zielgrößen* charakterisieren das Ergebnis. Ein Versuch kann auch mehrere Zielgrößen beinhalten.
- *Einflussgrößen* sind Parameter, welche potentiell auf die Zielgrößen einwirken können. Sie werden in Steuer- und Störgrößen unterschieden:
  - *Steuergrößen* sind Einflussgrößen, deren Wert für den Prozess auf einen definierten Wert eingestellt und auf diesem gehalten werden.
  - *Störgrößen* sind Einflussgrößen, deren Wert für den Prozess nicht definierbar ist.
- *Faktoren* sind die für den geplanten Versuch bestimmten Einflussgrößen.

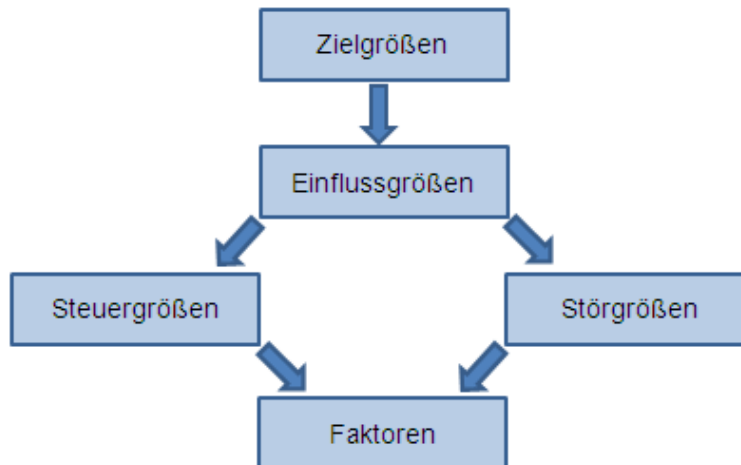


Abbildung 6: Unterteilung der Größen bei Versuchsplänen, eigene Darstellung

Anhand der durch den Versuch gewonnenen Daten sollen Entscheidungen in Form von Verbesserungsmaßnahmen getroffen werden, die für eine Nachhaltigkeit in den Unternehmensprozessen sorgen sollen. [vgl. 8]

### 3.8 Auswirkungen des Fehlteilmanagements

Eine gleichzeitige Umsetzung aller präventiven und reaktiven Maßnahmen gilt als zu kostenintensiv und nicht praktikabel. Selbst eine Fokussierung auf präventive Maßnahmen würde nicht bedeuten, dass alle Maßnahmen so greifen, dass es nicht zu Fehlteilen – aufgrund ihrer Individualität – kommt.

Daher führt viel mehr eine Kombination der richtigen Maßnahmen unter Berücksichtigung von Kosten- und Nutzenaspekten zu Erfolgen. Grundsätzlich lässt sich die Aussage treffen: *„Je größer der potenzielle Schaden durch das Auftreten eines Fehlteils ist, desto besser ist der Umfang kostenintensiver Maßnahmen zur Vermeidung rational zu begründen.“* [1]

Es sollten im Fehlteilmanagement die Gründe und Ursprünge der Fehlteile ausgemacht und in Bezug auf deren Wahrscheinlichkeit und der sich daraus ergebenden Konsequenz ausgewertet werden. Daraus ergibt sich für alle potenziellen Ursachen eine Kombination aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Konsequenz. Wird die Konsequenz höher eingeschätzt, sollten verstärkt Maßnahmen zur Vermeidung oder Milderung des Schadens implementiert werden. [vgl. 1]



## Theoretische Grundlagen

---

Im folgenden Kapitel vier soll die Situation im betrachteten Unternehmen Alstom analysiert werden.



## 4 Situationsanalyse im Unternehmen

### 4.1 Das Unternehmen Alstom

#### 4.1.1 Vorstellung des Unternehmens

Das Unternehmen Alstom hat seinen Hauptsitz in der Nähe von Paris – mit weiteren Niederlassungen weltweit – und ist der zweitgrößte Schienenfahrzeughersteller der Welt. Als Ausrüster und Dienstleister fungiert das Unternehmen außerdem noch in den Geschäftsbereichen:

- Thermal Power
- Grid
- Renewable Power

Innerhalb Deutschlands beschäftigt das Unternehmen ca. 9.000 Mitarbeiter an 23 Standorten, wovon ein Drittel der Transportsparte angehört. Die größte Produktionsstätte des Transportsektors befindet sich in Salzgitter.

Nachdem der französische Konzern das Unternehmen LHB – Linke-Hofmann-Busch – 1998 übernommen hat, trägt es seit 2009 den Namen Alstom Transport Deutschland GmbH. Standortleiter ist Herr Jörg Nuttelmann.



Abbildung 7.1: Das Alstom Werk in Salzgitter, [10], [11]

#### 4.1.2 Das Werk in Salzgitter

Im Standort Salzgitter liegt der Fokus auf der Entwicklung und Produktion hochwertiger Schienenfahrzeuge, sowie auf Dienstleistungen.

Das Werk ist in die drei Geschäftsbereiche unterteilt:



- Fahrzeuge (intern: *Rolling Stock*)
- Drehgestelle (*GBO/Components*)
- Wartung/Service & Waggonreperatur (*TLS/Train Life Service*)

Ein an kundenindividuellen Wünschen ausgerichtetes Sortiment an unterschiedlichen Zugtypen für das In- und Ausland, sowie für den Nah-, Regional- und Fernverkehr wird hier gefertigt. Aufgeteilt ist das Sortiment auf die fünf Plattformen Coradia Nordic, Coradia LINT, Coradia Continental, ET 430 und DT5:



Abbildung 7.2: Verschiedene von Alstom gefertigte Zugtypen, [11]

Der Produktionsablauf erfolgt in den drei Phasen Rohbau, Innenausbau und Testing/Finish:

- *Rohbau*
  1. Vorfertigung, Untergestell, Seitenwände, Dach, ...
  2. Wagenkastenaufbau & Ausrichtung
  3. Wagenkastenvermessung
  4. Sandstrahlen
  5. Lackierung





- *Innenausbau*
  1. Dämmung, Elektrik
  2. Innenverkleidung, Kopfmontage, Türen
  3. Elektrische Vor-Tests
  4. Weiterer Innenausbau, Sitze
  5. Aufachsen
  
- *Testing/Finish*
  1. Statistische Tests
  2. Testfahrten
  3. Kundenabnahme



**Abbildung 7.3: Rohbau, Innenausbau, Testing/Finish (v.li.), [11]**

Zurzeit wird am Standort über ein Kleinteile- bzw. Palettenlager und zusätzlich acht, von den Dienstleistern CEVA und DEUFOL betriebene, Außenlager verfügt. Der Bau des 31.000m<sup>2</sup> großen Logistikzentrums wurde im Februar 2014 gestartet und soll im Frühjahr nächsten Jahres fertiggestellt werden. Bauherr ist die Garbe Logistics AG mit Sitz in Hamburg.



**Abbildung 7.4: Vorschau des entstehenden Logistikzentrums, [12]**

Es soll alle Außenlager zentral am Standort zu einem einzigen Zentrallager zusammenfassen, welches dem Unternehmen eine optimale Versorgung der Fertigung ermöglichen und somit die Produktionskosten senken soll. Auch ist



die Erweiterung der VMI-Bestände angedacht, die maximal verdoppelt werden soll.

## **4.2 Die Unternehmensinterne Wertschöpfungskette**

### **4.2.1 Einleitung**

Der Faktor, welcher dazu führt, dass das gewinnbringende Ziel der rechtzeitigen Auslieferung der Züge nur bedingt eingehalten werden kann, sind fehlende Bauteile. Material, das zu einem definierten Zeitpunkt physisch nicht in der Fertigung verfügbar ist. Die Gründe dafür sind komplex und erfordern eine Betrachtung aller internen Prozessstufen, die mit ihren Tätigkeiten dazu beitragen, dass das Material pünktlich und in der richtigen Qualität in der Fertigung ankommt.

Unterschieden werden sollten die drei Projektphasen hinsichtlich deren Charakteristika:

- *Anlauf*: Erfahrungsgemäß gibt es beim Projektstart die meisten Probleme, da dieser als eine Art „Anpassungsphase“ gesehen werden sollte. Meist wird bspw. erst beim Montagebeginn ersichtlich ob alle Maße und Komponenten passen. Dies erfordert zu Beginn des Auftrages einen höheren Aufwand, da eine Vielzahl von Änderungen vorgenommen werden muss.
- *(Serien-)Produktionsphase*: Strukturen und Prozesse sind robuster geworden; Änderungen sollten schon vollzogen worden sein, sodass Fehler aus der Anlaufphase nicht mehr zu Komplikationen führen.
- *Auslauf*: Fehler in der Kalkulation von Material werden spätestens hier ersichtlich und können im besten Fall vor ihrem Auftreten identifiziert und behoben werden. Vorgegriffenes Material, welches ursprünglich für andere Aufträge vorgesehen war, fehlt beim Auslauf. Der Schaden muss durch richtige Maßnahmen minimiert werden.





Um fest zu stellen an welchen Schnittstellen in den Fachabteilungen Störfaktoren Ursachen für später fehlendes Material sein können, wurden Analysen mit verschiedenen Akteuren des internen Waren- und Informationsstroms ausgearbeitet.

Eingegangen wird auf die Bereiche Konstruktion (interne Bezeichnung: *RES*), Arbeitsvorbereitung (*PA*), Stücklistenerstellung (*BOM-Department*), Einkauf (*PE*), Logistik (*PL*) und Fertigung (*PF*) unter der Beaufsichtigung des SCM (s. Abb. 7). Um die Abhängigkeiten der genannten Abteilungen offen zu legen, werden ihre Haupttätigkeiten in den nachfolgenden Kapiteln vorgestellt.

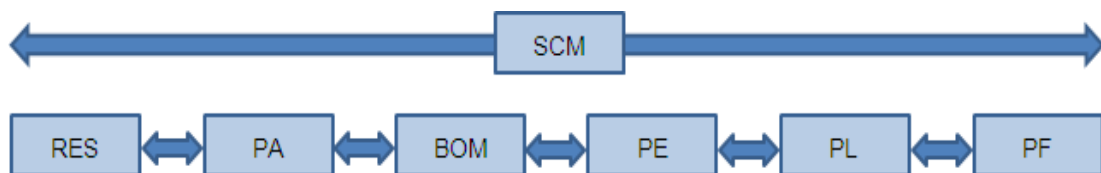


Abbildung 8: Verknüpfung der Akteure, eigene Darstellung

#### 4.2.2 RES – Rolling Stock Engineering Services (Konstruktion)

Während der Angebotsphase für einen neuen Auftrag erhält die Konstruktion Lasten-/Pflichtenhefte. In den Lastenheften sind Anforderungen des Kunden, sowie Produktskizzen hinterlegt. Pflichtenhefte werden vom Auftragnehmer angefertigt und beinhalten die zu erstellenden Spezifikationen – wie bspw. Höhe, Breite einer Tür – des Zuges. Diese Spezifikationen werden auch schon potenziellen Lieferanten gezeigt, damit diese abwägen können, ob sie bestimmte Komponenten fertigen können.

Für jedes neue Bauteil wird bei RES ein Typologiecode vergeben, der Parameter für SAP – wie genaue Produktbezeichnungen, die Lebensdauer der Komponente oder den Einkaufsbereich – beinhaltet. Später werden anhand dieses Codes die Bauteile u.a. dem richtigen Einkäufer und den Disponenten im SAP-System zugeordnet.



## Situationsanalyse

Nach Fertigstellung und Prüfung werden über eine spezielle Excel-Datei mit Makros automatisch sogenannte Konzeptmappen erstellt. Sie bauen sich von der großen Endkomponente bis zu allen kleineren Teilkomponenten auf. Für jede einzelne Komponente dieser Baugruppe beinhalten die Konzeptmappen bspw. die vorgegebenen Identnummern und Beschreibungen des Materials sowohl auf Englisch, als auch auf Deutsch, sowie die Menge jeder Teilkomponente, die für den Bau des konstruierten Endproduktes notwendig ist. Eine Baugruppe kann eine oder mehrere Konzeptmappen beinhalten.

RES arbeitet mit einem eigens für die Konstruktion konzipierten System. Erst nach Fertigstellung und Prüfung durch die Arbeitsvorbereitung werden die Daten vom BOM-Department ins SAP-System eingepflegt. [13]

Pos	Quantity	Part Number	Versl...	Description	Description Ge
0	1	AF00003214651	--A	PIPE PANELING MOUNTING A...	ROHRBEKLEIDUNG ANBAU A-WG
2	1	AF00003896471	--A	PIPING CLADDING, SMALL, CO...	ROHRBEKLEIDUNG, KLEIN, VOLLST.
11	1	DTR0009465012	--A	WASHER DIN9021 8,4X24X2 14...	SCHEIBE DIN9021 8,4X24X2 140HV-A2
12	2	DTR0009470377	--A	WASHER DIN125 A6 4X12X1,6 ...	SCHEIBE DIN125 A6 4X12X1,6 140HV-A2
13	2	DTR0000312555	--A	CAGE NUT C4895-B M5 CLAMP...	KAEFIGMUTTER C4895-B M5 1,7-2,7
14	2	DTR0009473077	--A	COUNTERSUNK SCREW DIN9...	LINSENSCHRAUBE DINEN966 M5X16-...
15	1	DTR0000312556	--A	SELF-TAPPING SCR DIN7516 A...	SCHNEIDSCHRAUBE DIN7516 A M6X20...
19	0.05	DTR0009473870	--A	ISOPROPYL ALCOHOL(CHEMI...	ISOPROPYL-ALKOHOL (CHEMISCH REL...
20	0.01	DTR0018181212	--A	THREADLOCK, NORMAL 243 F...	SCHRAUBENSICHERUNG LOCTITE 243

**Abbildung 9.1: Auszug aus einer Konzeptmappe, [14]**

Zusätzlich müssen die Konstrukteure die Änderungsmitteilungen bearbeiten, also Zeichnungen von Baukomponenten nachbearbeiten bzw. umändern. Anders als ursprünglich angenommen können diese Komponenten nicht von der Fertigung eingebaut werden.

Die nächste Fachabteilung ist die Arbeitsvorbereitung, welche für die Kontrolle der Konzeptmappen und Überreichung der Änderungsmitteilungen verantwortlich ist, was die folgende Abbildung kurz zusammengefasst darstellen soll. [13]

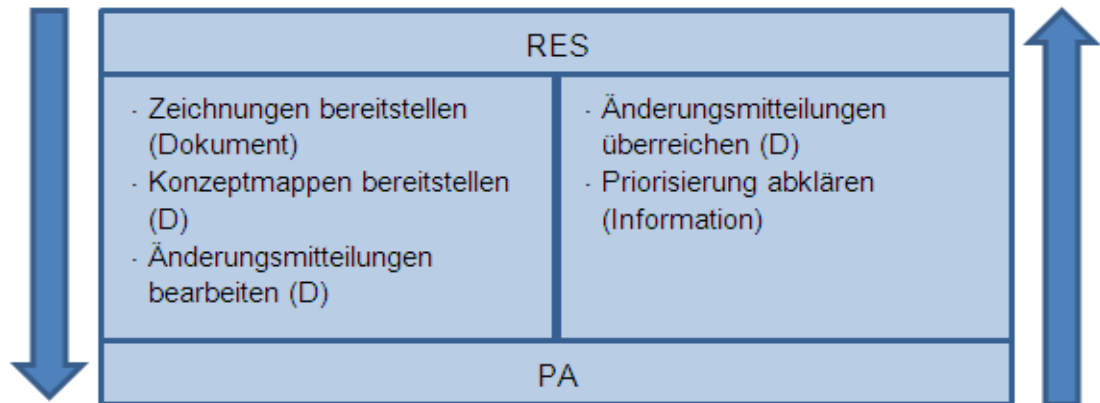


Abbildung 9.2: Zusammenfassung des Flusses zwischen RES und PA, eigene Darstellung

### 4.2.3 PA – Produktion Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitung prüft die Konzeptmappen ein weiteres Mal auf ihre Richtigkeit bevor sie in die Stücklisten eingepflegt werden und entscheidet, ob die Komponente im Werk selbst gefertigt wird oder aber extern beschafft werden soll. Eine Möglichkeit zur Eigenfertigung bietet sich bei Metallteilen mit einer bestimmten Größe bzw. geringen Aufwand und bei bestimmten Kabeln. Aus Kostengründen werden mittlerweile mehr Teile ausgelagert, die früher im Werk selbst gefertigt worden sind. Die Dauer der Prüfung der Konzeptmappen ist abhängig von der Komplexität des Bauteils.

Eine enge Verknüpfung mit RES ist auch rückwirkend notwendig, da bei PA, die Änderungsmitteilungen, kommend aus der Fertigung, abgearbeitet und geprüft werden. Es wird u.a. überprüft, ob bei Kaufteilen der Fehler interner oder externer Art ist oder schlichtweg ein Betrachtungsfehler der Arbeiter in der Fertigung vorliegt. Intern bedeutet, dass bspw. die vorgegebenen Maße der Konstrukteure nicht passen, extern, dass die Teile vom Lieferanten falsche, bzw. nicht die vorgegebenen, Maße haben.

Als nächste Instanz folgt das BOM-Department, welches hauptsächlich für die Stücklistenenerstellung und -bearbeitung im SAP-System zuständig ist. [13]

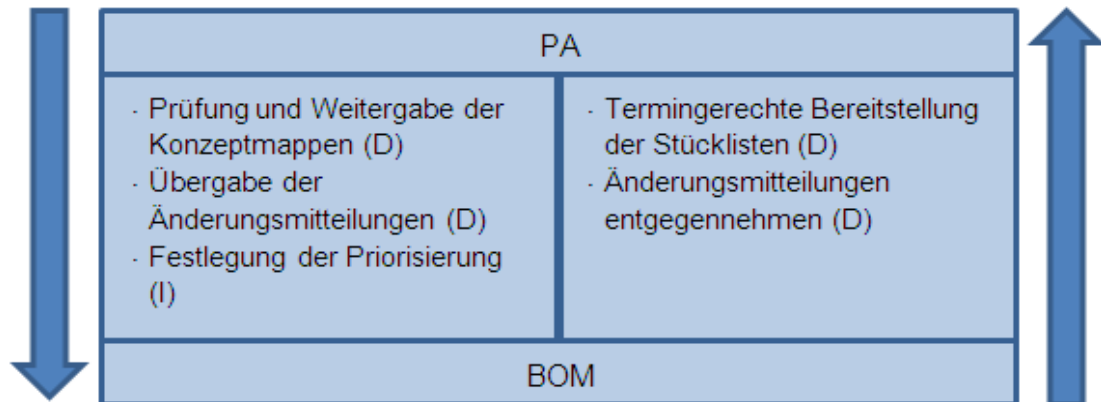


Abbildung 10: Zusammenfassung des Flusses zwischen PA und BOM, eigene Darstellung

#### 4.2.4 BOM-Department – Stücklistenenerstellung

Als nächste Instanz müssen anhand der Konzeptmappen Stücklisten für die unterschiedlichen Baugruppen erstellt werden. Falls nicht anders angeordnet, d.h. durch eine kurzfristige, erhöhte Priorisierung eines anderen Projektes, werden zuerst die Konzeptmappen abgearbeitet, die am frühesten übermittelt worden sind. Da sich die Arbeitsweise der BOM-Mitarbeiter nicht von Projekt zu Projekt unterscheidet, können sie projektübergreifend eingesetzt werden. Bei Dringlichkeit eines Projektes, stehen sie auf Anordnung zur Verfügung.

Auch hier spielt die Komplexität eine Rolle; eine Baugruppe kann bspw. bis zu 44 Konzeptmappen beinhalten, was einen wesentlich höheren Aufwand bei der Eintragung in das SAP-System bedeutet, als andere, weniger komplexe Bauelemente.

In den Materialstamm werden alle benötigten Bezeichnungen eingetragen, dann die jeweiligen Teile mit Identnummern versehen und Terminstrecken definiert, für welchen Einbauzeitpunkt das Material in der Fertigung vorhanden sein muss. Die Einarbeitung der Daten erfolgt manuell in das SAP-System von den Mitarbeitern.

Nachdem die Bedarfe im System generiert wurden, muss sich der Einkauf, bzw. die Beschaffung, darum kümmern, das Material im vorgegebenen Zeitfenster zu besorgen. [13]

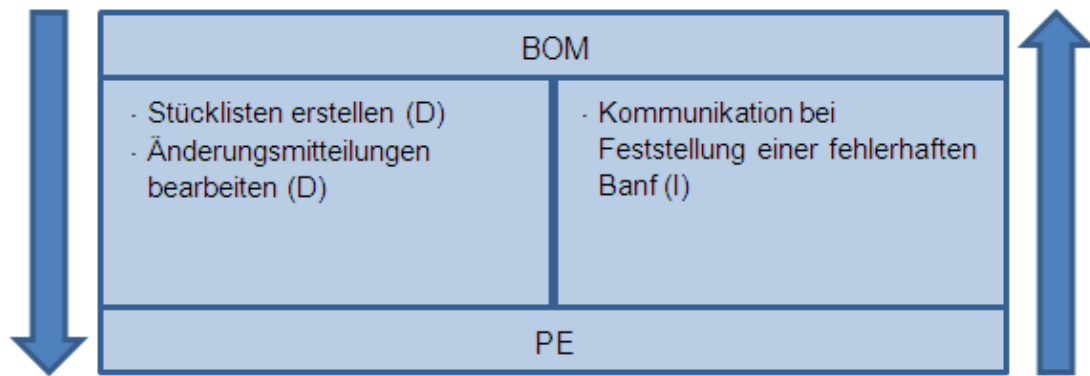


Abbildung 11: Zusammenfassung des Flusses zwischen BOM und PE, eigene Darstellung

#### 4.2.5 PE/Procurement – Produktion Einkauf/operative Beschaffung

Mittels der Bedarfe (in SAP: „SekBed“, s. Abb. 12.1) aus den Stücklisten erzeugt das System eine Bestellanforderung (in SAP: *BS-Anf*, s. Abb. 12.1), die vom entsprechenden Einkäufer bearbeitet und im vorgesehenen Zeitfenster bestellt werden muss, damit der Bedarf fristgerecht gedeckt wird. Die Bestellmenge richtet sich nach der aus dem System erstellten Bedarfsmenge. Es werden Lieferanten ausgewählt und Preise verhandelt. Anschließend wird der Lieferant und der Preis der entsprechenden Bestellanforderung zugeordnet. Der Einkäufer gibt die von ihm bearbeitete Bestellanforderung im SAP frei, welche somit zu einer Bestellung umgewandelt werden kann.

Befinden sich bspw. für das Material x noch 6 Stück – systemtechnisch – auf Lager, es werden jedoch mehr über die gesamte Serienfertigungsphase benötigt, so erscheint eine Bestellanforderung zu einem definierten Zeitpunkt. An diesem ist der Bestand verbraucht und das Material mit dieser Identnummer wird in der Fertigung benötigt. (s. Abb. 12.1), [13]



Z..	Datum	Dispoelement	Daten zum Dispoelem.	Ausn...	Zugang/Be...	L...	Verfügbare Me...
	17.06.2014	Bstand					6
	13.05.2014	AR-Res	AF00003269748			1- CHN	5
	17.10.2014	SekBed	AF00003269748			1- ILT	4
	29.10.2014	SekBed	AF00003269748			1- ILT	3
	10.11.2014	SekBed	AF00003269748			1- ILT	2
	20.11.2014	SekBed	AF00003269748			1- ILT	1
	02.12.2014	SekBed	AF00003269748			1- ILT	0
	24.03.2015	BS-Anf	0107481396/00010			8 MAG	8
	24.03.2015	SekBed	AF00003269748			1- ILT	7
	01.04.2015	SekBed	AF00003269748			1- ILT	6

Abbildung 12.1: Beispiel einer erzeugten Bestellanforderung in SAP, [14]

Für das Erzeugen der Bestellung und die termingerechte Anlieferung des Materials an das richtige Lager zum richtigen Zeitpunkt ist die Beschaffung – *Procurement* – verantwortlich. Um die Bereitstellung der selbst gefertigten Komponente oder des bestellten Materials ans Band kümmert sich die Logistikabteilung. [13]

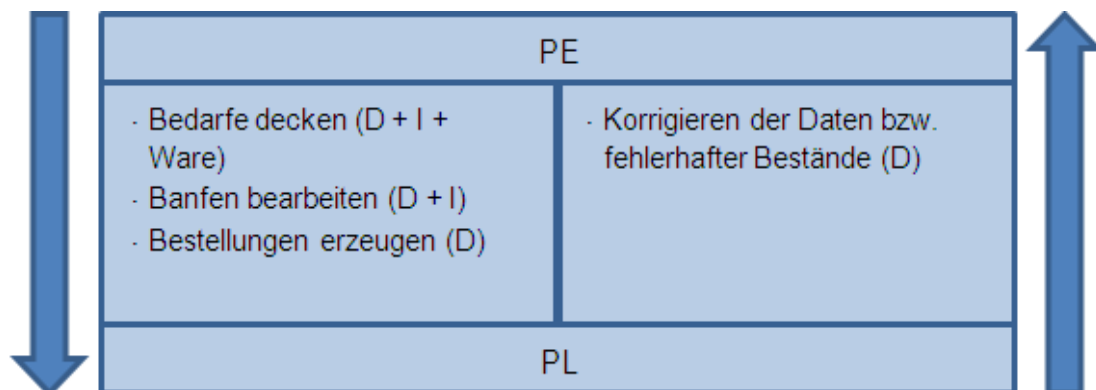


Abbildung 12.2: Zusammenfassung des Flusses zwischen PE und PL, eigene Darstellung

#### 4.2.6 PL/Bandversorgung (Logistikabteilung)

Die Materialanlieferung ans Band übernimmt der Bandlogistiker, welcher die Versorgung der Endmontage mit Kauf- und Eigenfertigungsteilen über das Abruf-Tool „Mirror Zone“ (s. Kap. 4.3) – in Abhängigkeit des Fertigungstaktes – steuert.

Der SPC (*Serial Production Coordinator*) hat eine fertigungsnahe Position, da er vor und während der Montage eines Zuges den Materialfluss überwacht. Er führt Bestandskontrollen sowohl im System, als auch physisch durch um



## Situationsanalyse

etwaigen Engpässen vorbeugen zu können und kommuniziert Abweichungen mit dem Lager und der Montage. Außerdem stellt er der Fertigung die gedruckten Arbeitspläne zur Verfügung.

Durch die Nähe zum Bandlogistiker kann der SPC zum einen die richtigen Informationen direkt sammeln und den richtigen Verantwortlichen bereitstellen, zum anderen ebenfalls mögliche Störungen frühzeitig erkennen, da der Bandlogistiker der Erste ist, der über das Abrufportal die Fehlteile erkennt. Im folgenden Kapitel wird das Abrufportal „Mirror Zone“ näher vorgestellt. [13]

### 4.3 Das Abrufportal „Mirror Zone“

Die Nutzung des internetbasierten Abrufportals hat einerseits die optimale Materialversorgung der Fertigung zum Ziel, andererseits dient es der Optimierung und Transparenz des Informationsflusses.

Das Tool liefert die Möglichkeit, sich die Kits, gefiltert nach Auftrag, Wagenkasten, Tag, Dienstleister oder Datum, anzeigen zu lassen. Des Weiteren wird durch den Status auf Anhieb die Information transparent, ob das Kit vollständig ist und zum Abruf bereit steht, noch unbearbeitet ist oder ob Fehlteile bei der Befüllung aufgetreten sind. Weicht die Soll- von der Ist-Menge ab, enthält das Kit Fehlteile, was im Tool visualisiert. (s. folgende Abbildung)

Auftrag	Abrufart	Wagen	Abs.	Tag	Kit-Bezeichnung	Dienstleister	Zugnr.	Bemerkung DL	Bemerkung Alstom	Status	Lieferdatum
Lint LNVG 7 (L08)	E.abr.	B-Wagen	6	0	Antriebsanlage / Power Pack B-Wagen	DEUFOL	10			unbearbeitet	04.03.2014
Lint LNVG 7 (L08)	E.abr.	A-Wagen	6	0	Antriebsanlage / Power Pack A-Wagen	DEUFOL	10			unbearbeitet	04.03.2014
<b>Feild</b> Lint LNVG 7 (L08), Wagen A-Wagen, Abschnitt 6, Tag 0											
Kt Antriebsanlage / Power Pack A-Wagen - (unbearbeitet. Länge) - (Abruf: Länger: am 25.02.2014 14:20) DEUFOL / MTU Dienstleister Alstom											
BGDNR	DNR	Bezeichnung 1	Bezeichnung 2	Soll-Menge	Ist-Menge	NR					
DTR0009185212	Aggregat Standard/	Vollumfang		1	1	00840719					
Aktion für markierte Kits: Änderungen speichern											
Lint LNVG 7 (L08)	E.abr.	B-Wagen	1	0	Trockendämmung B-Wagen	RMS	14			Abruf bearbeitet	06.03.2014
Lint LNVG 7 (L08)	E.abr.	A-Wagen	1	0	Trockendämmung A-Wagen	RMS	14			Abruf bearbeitet	06.03.2014
Lint LNVG 7 (L08)	T.abr.	A-Wagen	5	2	siehe Details	DEUFOL	10			unbearbeitet	07.03.2014
Lint LNVG 7 (L08)	T.abr.	B-Wagen	5	2	siehe Details	DEUFOL	10			Abruf bearbeitet	07.03.2014
Lint LNVG 7 (L08)	T.abr.	B-Wagen	3	1	siehe Details	CEVA	11	siehe Details		Abruf bearbeitet	07.03.2014
Lint LNVG 7 (L08)	T.abr.	A-Wagen	2	3	siehe Details	DEUFOL	11			Abruf bearbeitet	07.03.2014
Lint LNVG 7 (L08)	T.abr.	A-Wagen	6	1	siehe Details	CEVA, A110 / 2. ETAGE, A110, DEUFOL	9	siehe Details	siehe Details	unbearbeitet / Fehlteil	10.03.2014

Abbildung 13.1: Abrufportal „Mirror Zone“, [10]

Die Tagesabrufe sind für jeden Zugtypen in seine Wagenkästen unterteilt – A-, B- und C- Wagen – und zeigen die abrufbaren Kits je Tag bzw. Abschnitt





an. Eine farbliche Hinterlegung soll den Status des Kits auf den ersten Blick sichtbar machen (s. Abb. 13.2).

Lint LNVG 7 (L08)												
	Puffer 1						Puffer 2					
	A-Wagen			B-Wagen			A-Wagen			B-Wagen		
Abschnitt	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 1	Tag 2	Tag 3
1	13 <sup>(2)</sup>		13 <sup>(2)</sup>	13 <sup>(2)</sup>		13 <sup>(2)</sup>	12 <sup>(2)</sup>		12 <sup>(2)</sup>	14 <sup>(2)</sup>		14 <sup>(2)</sup>
2	11 <sup>(2)</sup>	5	11 <sup>(2)</sup>	13 <sup>(2)</sup>	3	13 <sup>(2)</sup>	12 <sup>(2)</sup>	4	12 <sup>(2)</sup>	12 <sup>(2)</sup>	4	12 <sup>(2)</sup>
3	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>		11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>		12 <sup>(2)</sup>	12 <sup>(2)</sup>		12 <sup>(2)</sup>	12 <sup>(2)</sup>	
4	11 <sup>(2)</sup>		11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>		11 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>		10 <sup>(2)</sup>	12 <sup>(2)</sup>		12 <sup>(2)</sup>
5	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>
6	9 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	11 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(2)</sup>
7												

Legende:

nicht belegt	bereitgestellt	Abruf	Abruf bearbeitet	Deliefert	Änderung im Kit
neu / wird gefüllt	bereitgestellt / Fehlteil	Abruf mit Fehlteil	Abruf bearbeitet / Fehlteil	Fehlteil / Deliefert	

Abbildung 13.2: Tagesabrufe über das Abrufportal, [10]

Die virtuelle Lagerfläche des Tools spiegelt die physische im Lager wider. Jedes Lager – sowohl das im Werk, als auch die Außenlager – verfügt über eine eigene Mirror Zone und versorgt die Fertigung nach einem Zwei-Behälterprinzip. Dies bedeutet, dass ein Kit in der Mirror Zone vorgepackt und auf Abruf bereit steht, während noch ein weiteres am Band steht.



Abbildung 13.3: Stellplätze für die Mirror Zone im Hauptlager, [10]

Die Belieferung erfolgt nach dem Pull-Prinzip. Im Lager stehen im Optimalfall bereits vorgepackte, abrufbare und zu 100% voll aufgefüllte Kits für zwei Zugsätze. [13]

### 4.3.1 Unterscheidung der Kits

Die Kits werden in fünf verschiedene Arten aufgeteilt, die A-, B-, C-, R- und Nachliefer-Kits und werden wie folgt unterschieden:

- *A-Kits*: Umfassen alle großen und sperrigen sowie terminkritischen Teile, welche in den Außenlagern kommissioniert werden. Aufgrund ihres





Platzbedarfs kann eine verfrühte Lieferung zu einer Verstopfung in der Fertigung führen.

- *B-Kits*: Werden im Hauptlager vor Ort nachgefüllt und disponiert. Hierbei handelt es sich um Kauf- und Eigenfertigungsteile. Hauptsächlich sind dies Komponenten für den Innenausbau.
- *C-Kits*: Enthält Material, das als C-Teil klassifiziert wurde – in etwa 7.000 unterschiedliche Kleinteile – und basiert zu 100% auf dem Kanban-Prinzip.
- *R-Kits*: Bestimmte Ladungsträger mit entsprechenden Halterungen für Rohre.
- *Nachliefer-Kits*: Werden täglich an die Fertigung ausgeliefert und beinhalten Komponenten, die zu einem späteren Zeitpunkt eingetroffen sind und ursprünglich für ein anderes Kit vorgesehen waren.



Abbildung 13.4: Beispiele eines A-, B- und C-Kits (v.l.), [10]

Da es sich bei jedem Zugtypen bzw. jeder Plattform um eine individuelle, taktbezogene Fertigung – ein Wagenkasten bedarf eines 0,75- bis hin zu einem 15-Tagestakt – handelt, ist die Mirror Zone darauf abgestimmt. Intern wird von der Task Sequence gesprochen. [10]

Die Befüllung der lagerinternen B-Kits läuft wie folgt ab:

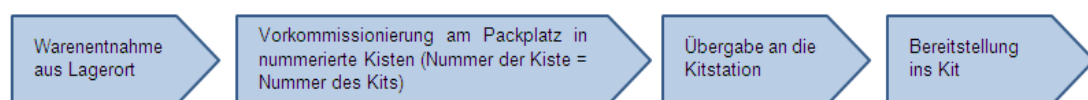


Abbildung 13.5: Vom Lagerort ins B-Kit, eigene Darstellung

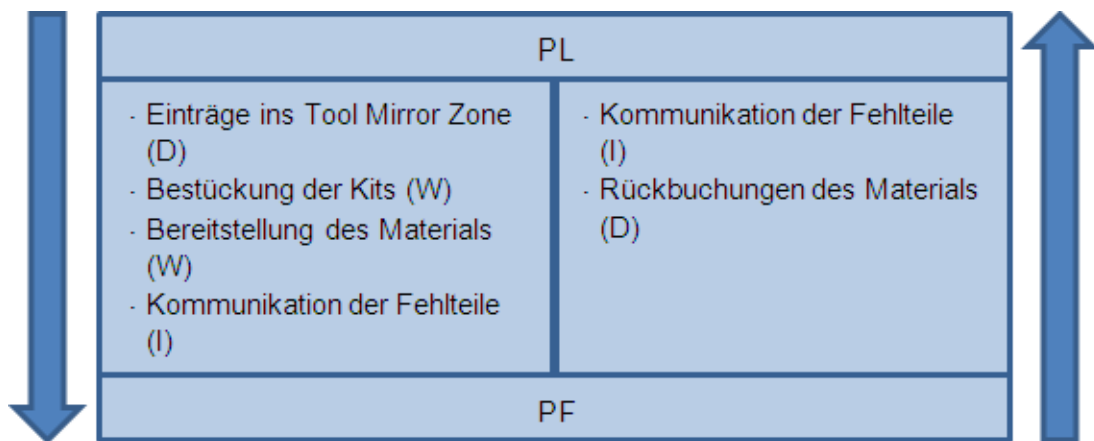


Abbildung 13.6: Zusammenfassung des Flusses zwischen PL und PF, eigene Darstellung

#### 4.4.1 PF

Der intern als Endverbraucher oder Endkunde zu betrachtende Akteur der Wertschöpfungskette ist die Fertigung, welche auf die Richtigkeit sämtlicher Vorstufen angewiesen ist. Sowohl qualitative als auch zeitliche Abweichungen vom Ist-Zustand machen sich spätestens hier bemerkbar.

Die Fertigung bei Alstom ist in sieben Abschnitte unterteilt. Folgende Bauteile werden u.a. je Abschnitt verbaut bzw. geprüft:

- *Abschnitt 1:*
  - Isolierungen
  - Erden
  - Fußboden
  
- *Abschnitt 2:*
  - Warm- und Kaltluftkanäle
  - Formteile
  - Dachgeräte (Klimaanlage, Fahrmotorkühler etc.)
  
- *Abschnitt 3:*
  - Fenster
  - Türzubehör, sowie Türflügel inkl. Verkabelung

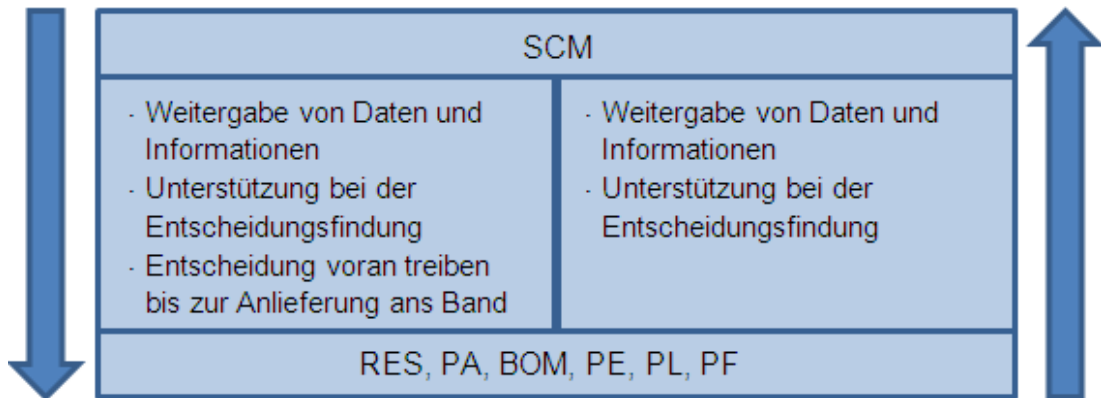


- Schiebetritte inkl. Verkabelung
  
- *Abschnitt 4:*
  - Quertraversen
  - Weiße Verkleidungsteile
  - Toilette
  
- *Abschnitt 5:*
  - Kopfausbau
  - Stirnkupplung
  - Vouten
  
- *Abschnitt 6:*
  - E-Prüfung
  
- *Abschnitt 7:*
  - Gepäckablagen
  - Fahrgastsitze

Hierbei handelt es sich größtenteils um elementare Komponenten, sprich Muss-Teile (vgl. Kap. 3.4). Eine Abweichung vom Soll-Zustand resultiert in Nacharbeiten, sowie Warte- und Liegezeiten. Die größte betriebswirtschaftliche Aufwendung, die sich daraus ergeben kann, ist ein Stopp des Montagebandes. [13]

#### **4.4.2 SCM**

Jeder Supply Chain Manager – *PrSCL* – ist einer Plattform zugeteilt und stellt die Schnittstelle zwischen der Konstruktion, der Arbeitsvorbereitung, dem BOM-Department, dem Einkauf, der Logistik und der Fertigung her. Der Schwerpunkt dieser Abteilung liegt auf der Informationslogistik, da sie durch den direkten Kontakt mit der entsprechenden Abteilung die jeweiligen Informationen bündeln und an die richtigen Ansprechpartner weitergeben kann. [13]



**Abbildung 14: Zusammenfassung des Flusses zwischen dem SCM und allen anderen Abteilungen, eigene Darstellung**

#### 4.5 Vorgehensweise bei fehlendem Material

Bei Feststellung eines Fehlteils am Band wird die Information an den Disponenten oder SPC weitergegeben, der die Recherche vorantreibt und dafür Sorge zu tragen hat, dass das fehlende Teil unverzüglich ans Band angeliefert wird. Das fehlende Material wird zunächst händisch in Listen eingetragen, die in den zu fertigenden Wagensätzen ausliegen. Spätestens am nächsten Tag werden sie von den jeweiligen Fertigungsmeistern – *EPU*s – in Gesprächen mit den Beteiligten des Projektes kommuniziert. Fehlendes Material mit schwerwiegenden Konsequenzen wird zudem in Gesprächen mit Führungskräften, sowie den Supply Chain Managern kommuniziert.

Es erfolgt eine retrograde Betrachtung um die Ursache herausfinden zu können. Hierbei werden zunächst alle Abteilungen als potenzielle Fehlerquelle analysiert. [13]



**Abbildung 15: Retrograde Betrachtung hinsichtlich potenzieller Ursachen für Fehlmengen am Montageband, eigene Darstellung**

Bei der Beobachtung ergeben sich zunächst folgende Fragestellungen hinsichtlich der Verfügbarkeit bzw. Nicht-Verfügbarkeit des Materials. Ist eine



Voraussetzung nicht erfüllt, wird zur nächsten Abteilung übergegangen, um den Verursacher für das fehlende Material ausfindig zu machen:

- *PL/Bandversorgung:*
  - Ist das Material mit der fehlenden Identnummer systemtechnisch verfügbar?
  
- *PE/Procurement:*
  - Wurde das Material mit dieser Identnummer in der benötigten Menge bereits bestellt?
  
- *BOM:*
  - Ist die Identnummer des Materials in die Stückliste eingepflegt worden?
  
- *PA:*
  - Ist die Konzeptmappe des Bauteils bzw. der Baugruppe geprüft und übergeben worden?
  
- *RES:*
  - Ist die Konstruktion der Komponente bzw. der Baugruppe abgeschlossen?

Anhand dessen wird dafür gesorgt, dass die richtige Entscheidung getroffen werden kann um den Schaden zu beheben, bzw. das Material zu besorgen.

[13]

## **4.6 Potenzielle Störfaktoren in den Fachabteilungen**

Wird die verursachende Abteilung gefunden, gilt es in ihr die Gründe zu finden, um die Prozesse auch nachhaltig verbessern zu können. Nur durch effiziente Maßnahmen im Unternehmen kann auch in Zukunft ein wirtschaftliches Arbeiten gewährleistet werden. Es ergeben sich innerhalb der einzelnen Abteilungen folgende Fragestellungen hinsichtlich möglicher Ursachen:



- *PL/Bandversorgung:*
  - Warum ist das Material nicht zum vorgesehenen Zeitpunkt in die Montage geliefert worden?
  
- *PE/Procurement:*
  - Warum ist das Material nicht fristgerecht oder in der richtigen Menge bestellt worden?
  
- *BOM:*
  - Warum wurde die Identnummer verspätet oder inkorrekt ins SAP-System eingetragen?
  
- *PA:*
  - Warum sind die Konzeptmappen zu spät an das BOM-Department übergeben worden?
  
- *RES:*
  - Warum ist der Abschluss der Konstruktion für diese Komponente nicht planmäßig erfolgt?

Mit erfahrenen Mitarbeitern der jeweiligen Fachabteilungen wurde ein Brainstorming hinsichtlich potenzieller Störfaktoren für fehlendes Material, bzw. der Fehlerhaftigkeit des Gesamtprozesses durchgeführt. Folgende Sachverhalte wurden von den Akteuren je Abteilung geschildert:

- *PL/Bandversorgung:*
  - Aufgrund der manuellen Eintragungen und Pflege des Tools „Mirror Zone“ kann eine 100%ige Genauigkeit dieser Daten nicht gewährleistet werden.
  
  - Individuelle Lösungen müssen für Ausbuchungen gefunden werden, da Effektivitäten falsch zugeordnet sind. Das bedeutet, dass Material nicht für das tatsächlich benötigte Projekt ausgebucht werden kann.



- Vorgriffe von baugleichem Material, welches ursprünglich für einen anderen Auftrag vorgesehen war, jedoch gegenwärtig benötigt wird um die Montage nicht zu behindern.
- Grundsätzlich fehlerhafte oder falsche Bestände, sowohl im Lager (physisch) als auch im SAP-System (systemtechnisch).
- *PE/Procurement:*
  - Mehraufwände entstehen durch die fehlerhaften Daten im SAP, wodurch Bestellanforderungen gar nicht oder nicht fristgerecht abgearbeitet werden können. Es entstehen Klärungsbedarfe mit der Logistikabteilung, da falsche Bestände zu falschen Bestellanforderungen führen, sowie mit dem BOM-Department, da sie für die Änderungen der Stücklisten verantwortlich sind. Es kann sich zum Teil nicht auf die Daten im System verlassen werden.
- *BOM:*
  - Da es bislang keine automatische Schnittstelle gibt, müssen die Stücklisten manuell in SAP eingetragen werden, was einen erhöhten Aufwand bedeutet.
  - Fehlerhaft erzeugte Stücklisten, bzw. Materialstämme, erzeugen fehlerhafte Bestellanforderungen. Inkorrekt eingetragene Mengen ließen den Einkauf fehlerhafte Bestellungen aufgeben.
  - Werden die Fehler vom Einkauf bzw. der operativen Beschaffung erkannt, entsteht ein Mehraufwand für das BOM-Department, da sie die Änderungen ins SAP-System einpflegen müssen.
- *PA:*
  - Werden Fehler – wie bspw. fehlerhaft deklarierte Mengen von Losgrößen – in den Konzeptmappen auch in dieser Instanz nicht erkannt, so entstehen Fehler in den Stücklisten.



- Die Klärung und Bearbeitung der Änderungsmitteilungen führt zu zeitlichen Aufwänden. Jeder einzelne Prüfschritt je Instanz – beinhaltet die Bereiche *RES*, *PA*, sowie *BOM* – muss im SAP dokumentiert und anschließend freigegeben werden. Erst dann können die Änderungen auch übernommen werden.
  
- *RES*:
  - Eine komplett fehlerfreie Fertigstellung der Aufgaben ist aufgrund der zeitlich zu knapp bemessenen Vorgaben zur Erfüllung der Arbeit nicht möglich.
  
  - Änderungen müssen bearbeitet werden, wodurch sich der Prozess verzögern kann, weil konstruktive Lösungen nicht auf Anhieb gefunden werden können. Dies kann je nach Komplexität mehr oder weniger Zeit in Anspruch nehmen.

Ob diese genannten Sachverhalte tatsächlich einen Einfluss auf Abweichungen vom Soll-Zustand haben und wie groß dieser ist, kann nur durch Beobachtungen über einen längeren Zeitraum nachgewiesen werden.

Das folgende Kapitel fünf soll kausale Zusammenhänge der internen Wertschöpfungskette beweisen und offen legen welche Auswirkungen ein Fehler in einer Vorstufe des Prozesses für die Materialbeschaffung hat. Des Weiteren wird ein Prozess für den Auslauf vorgestellt, der fehlendes Material am Montageband verhindern soll. [13]





## **5 Handlungsalternativen**

### **5.1 Szenario A: Versuchsplanung (DOE – Design of Experiment)**

#### **5.1.1 Einleitung**

Wie in Kapitel 3.8.4 beschrieben, gehen aus der gesamten Wertschöpfungskette Abhängigkeiten hervor. Um Fehler in diesen kausalen Zusammenhängen zu erörtern, müssen Versuche stattfinden. Die von den Mitarbeitern im Zuge dieser Arbeit genannten Störfaktoren können so nachgewiesen werden. Treffen die Behauptungen zu und führen tatsächlich zu Komplikationen bei der Materialbeschaffung, gilt es Maßnahmen einzuleiten, um den Prozess nachhaltig zu verbessern. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird ein Versuch durchgeführt, welcher eine der von den Mitarbeitern genannten potenziellen Ursachen beweisen soll.

Es soll festgestellt werden, welche Auswirkungen eine Änderung in einem Teil der wertschöpfenden Kette auf die restlichen Abteilungen hat und ob der Soll-Zustand dennoch erreicht werden kann. In diesem Fall ist damit die termingerechte Belieferung in der richtigen Menge an den internen Endkunden – hier die Fertigung – gemeint. Können diese Kriterien – richtiger Zeitpunkt, richtige Bedarfsmenge – aufgrund von Fehlern nicht erfüllt werden, gibt es Fehlmengen am Montageband und als Resultat dessen Zeitverzüge und erhöhte Kosten.

#### **5.1.2 Fehlerimplementierung**

Wie in Kapitel 4 beschrieben, werden von der Konstruktion Konzeptmappen an die Arbeitsvorbereitung weitergegeben, welche diese prüft. Das BOM-Department erstellt dann manuell aus diesen Daten die SAP-Stücklisten, wodurch Bestellanforderungen je Einkäufer erstellt werden. Das Material aus diesen Bestellanforderungen wird bestellt. Dann wird es eingelagert und zum Bedarfstermin der Fertigung bereitgestellt.

Durch die durchgeführte Analyse der Abteilungen bzw. des Gesamtprozesses im Unternehmen wurde die Wichtigkeit dieses



Dokumentes deutlich, da es die Basis für die Erstellung der Stückliste ist. Des Weiteren stellte sich heraus, dass jede Vorstufe – vor der Fertigung – auf die Richtigkeit der Stückliste angewiesen ist um tatsächlich das Material in der benötigten Menge am Band zu erhalten. Ist dies nicht gegeben, entstehen Mehraufwände für alle weiteren Abteilungen, da eine fehlerhafte Stückliste eine falsche Bestellmenge als Resultat hat. Diese Schnittstelle zwischen der Konstruktion und der Stücklistenerstellung mit der Prüfstufe Arbeitsvorbereitung sollte so wenig Fehler wie möglich produzieren, da diese negative Konsequenzen mit sich bringt.

Im Zuge der Versuchsplanung soll während eines Auftrages ein absichtlicher Fehler in eine Konzeptmappe eingetragen werden. So ließe sich erkennen, ob sich etwas sowohl systemtechnisch als auch im Verhalten der Entscheidungsträger ändert. Anhand dieses bewusst fehlerhaften Materials können Beobachtungen durchgeführt werden, die aufzeigen sollen, wie sich der Fehler in der weiteren Kette fortpflanzt und zu welchen Ergebnissen er führt.



**Abbildung 16: Fehlerimplementierung, eigene Darstellung**

Es sei angenommen, dass Fehler in den Stücklisten zu fehlerhaften Bestellanforderungen und letztlich zu Fehlmengen am Montageband führen. Für unterschiedliche Komponenten mit jeweils verschiedenen Materialnummern werden Abweichungen in der Menge eingetragen. Dann soll beobachtet werden, ob der Fehler von PA erkannt oder übersehen wird. Wird der Fehler erkannt, dann erhält die Konstruktion rückwirkend die Aufforderung diesen Fehler zu beheben.

Wird die Konzeptmappe weitergegeben, dann ist folglich davon auszugehen, dass dieses Material auch so in die Stückliste eingetragen wird. Durch die Eintragung wird einem Einkäufer eine fehlerhafte Bestellanforderung zugeordnet, die dieser vorgeblich zu bestellen hat. Evident wird dies bei



einer Auswertung seiner Bestellanforderungen, die den jeweiligen Einkäuferkennern im SAP zugeordnet sind.

Des Weiteren sollen Identnummern beobachtet werden, die keine Fehler beinhalten. Werden die Daten aus den Konzeptmappen tatsächlich so in die SAP-Stücklisten übernommen, oder weichen die MengenvARIABLEN aus Konzeptmappe und Stückliste voneinander ab?

Diese Versuche liefern Aufschlüsse darüber, ob:

- Fehler von PA erkannt werden
- Fehler aus Konzeptmappen in die Stückliste übernommen werden
- Fehler erst bei der Erstellung der Stückliste entstehen.

### 5.1.3 Fehlerfortpflanzung

Wird der Fehler von der Arbeitsvorbereitung erkannt, so entsteht für die Konstruktion wie auch für die Nachprüfung durch PA eine Doppelarbeit. Die beiden ersten Stufen des Prozesses müssen noch einmal durchlaufen werden (s. Abb. 17). Einer abweichend bestellten Menge kann so zumindest aus dem Weg gegangen werden.

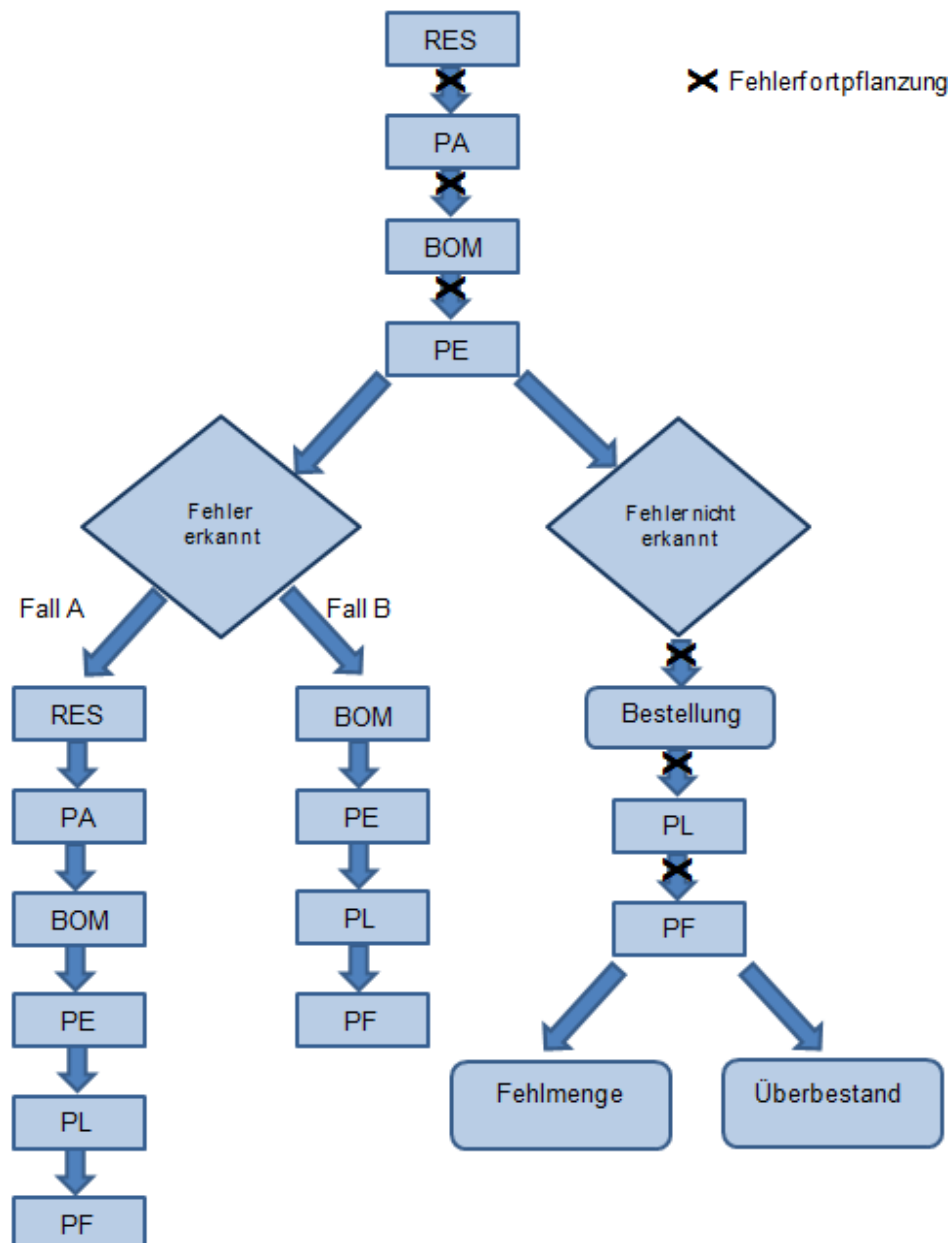


Abbildung 17: Fehlererkennung durch PA, eigene Darstellung

Werden die Fehler aus den Konzeptmappen in die Stücklisten übertragen oder entstehen grundsätzlich Fehler bei Einträgen in die Stücklisten, so pflanzt sich der Fehler fort und führt zu weiteren zeitlichen, sowie monetären Aufwendungen. Spätestens in der Fertigung wird der Fehler bei einer zu gering bestellten Menge erkannt. Dies lässt den gesamten Prozesszyklus – oder zumindest die einzelnen Prozessstufen ausgehend vom BOM-Department – noch einmal durchlaufen. Dann, wenn entweder die Konstruktion eine fehlerhafte Konzeptmappe an das BOM-Department weitergereicht hat (Abb. 18 Fall A) oder aber die Stücklistenersteller ihrerseits für den Fehler verantwortlich sind (Abb. 18 Fall B).



Wird der Fehler nicht entdeckt, wird eine Bestellung mit einer abweichenden Menge beim Lieferanten ausgelöst, die das Erreichen des Soll-Zustandes durch eine Fehlmenge nicht gewährleisten kann. Eine weitere Möglichkeit ist eine zu hohe Bestellmenge, die zu höheren Lagerbeständen und somit höheren Lagerkosten führt. Die folgende Abbildung soll dies und die kausalen Zusammenhänge verdeutlichen.



Fall A - Konzeptmappe überarbeiten

Fall B - Stückliste überarbeiten

Abbildung 18: Prozessentwicklung bei Fehlerimplementierung in eine Konzeptmappe, eigene Darstellung



## 5.2 Szenario B: Präventives Fehlteilmanagement

Bei der Betrachtung des in Kapitel 4.5 beschriebenen Vorganges bei Feststellung eines Fehlteils am Band wird erkennbar, dass dieser sich lediglich auf eine reaktive Maßnahme bezieht. Dieser Vorgang ist im Unternehmen dokumentiert und wird von den Beteiligten – u.a. vom SPC, den Disponenten und den Supply Chain Managern – nach übermittelter Information der Fertigung bzgl. fehlenden Materials durchgeführt.

Was jedoch fehlt, ist eine dokumentierte, präventive Kontrolle für die Entscheidungsträger. Mit einem solchen standardisierten Prozess sollen Fehlteile vor ihrem Auftreten durch eine gründliche, klar definierte Analyse und Entscheidungsfindung beim Auslauf vermieden werden.

Für dieses präventive Vorhaben ist es wichtig, zunächst Muss-Komponenten des Materials als potenzielle Fehlteile zu identifizieren. Vor allem um die Betrachtung bei der Masse an individuellem Material, bzw. Identnummern, im Unternehmen einzugrenzen. Somit sollen nur kritische Bauteile betrachtet werden und nicht sämtliche Komponenten.

Wenn bei Kaufteilen der späteste

$$\text{Bestellzeitpunkt} = \text{Bedarfstermin} - \text{Lieferzeit} \quad (5.2a)$$

und bei Eigenfertigungsteilen (EF-Teile) der späteste

$$\text{Montagebeginn} = \text{Bedarfstermin} - \text{Fertigungszeit} \quad (5.2b)$$

ist, dann können potentielle Fehlteile anhand dieser Daten deklariert werden. Dann nämlich, wenn der Bestellzeitpunkt zu spät erfolgt oder mit dem Fertigungstermin zu spät begonnen wird. Da die Lieferzeit in Wochen und nicht in Werktagen angegeben ist, wird eine zusätzliche Sicherheit für die Betrachtung des Prozesses von zwei Wochen eingebaut, damit dieser fristgerecht durchgeführt werden kann. (s. Kap. 5.2.2)



### 5.2.1 Festlegung der Kritizität

Vor dem Fertigungsbeginn eines neuen Projektes ist die Klassifizierung aller Teile, die bei einem verspäteten Eintreffen in der Fertigung das Band anhalten würden nicht bis in das letzte Detail, bzw. bis zur letzten Teilkomponente, möglich. Es besteht jedoch die Möglichkeit eine Klassifizierung zumindest auf Baugruppenebene stattfinden zu lassen. Dies kann die Arbeitsvorbereitung durch Unterstützung erfahrener, langjähriger, fertigungsnaher Mitarbeiter wie SPCs, Bandlogistikern und den Fertigungsmeistern selbst, durchführen.

Als Beispielprojekt für diese Bachelorarbeit wird der Zug „XCN Östgöta Option“ genommen, der sich Stand Juli 2014 im Auslauf befindet. Von diesem Fahrzeug wurden insgesamt acht gefertigt.

Erfahrungsgemäß ist bekannt, dass es hauptsächlich beim Anlauf und Auslauf – also Auftragsbeginn und Auftragsende – zu Fehlteilen kommt. Folgende von den oben erwähnten Komponenten sind Muss-Teile und halten bei verspäteter Anlieferung an die Fertigung definitiv das Band an:

- *Fußböden*; elementar, da ohne sie der weitere Innenausbau nicht erfolgen kann
- *Rohrverlegung bzw. Lötarbeiten*; müssen aufgrund von Sicherheitsvorkehrungen erfolgen, bevor mit der Kabelverlegung begonnen wird
- *Vouten*; ohne diese Komponente können u.a. die Gepäckanlagen nicht montiert werden
- *Quertraverse*; ohne dieses Bauteil kann die Mitteldecke nicht verbaut werden

### 5.2.2 Prozessbestimmung „Präventives Fehlteilmanagement“

Als Beispiel für die Festlegung des Prozesses wird das Muss-Teil „Quertraverse“ genommen und als potenzielles Fehlteil zum Auslauf deklariert. Diese Komponente wird in unterschiedlicher Bauausführung – sowohl schmal, als auch breit – benötigt. Würde sie beim Zugtypen Östgöta



Option von der Plattform Nordic fehlen, so könnten die Monteure den Zug nicht weiter verbauen und das Band müsste zwangsläufig angehalten werden.

Der Prozess soll frühzeitig durchgeführt werden. Demzufolge wird eine Sicherheit von zwei Wochen hinzugerechnet. Es sei:

- $b$  = Starttermin der Montage für den ersten Zug (Anlauf)
- $m_a$  = Montagetermin für den letzten Fahrzeugabschnitt, der die Quertraverse beinhaltet (Auslauf)
- $k$  = Benötigte Lieferzeit des Kaufteils vom Lieferanten für die betrachtete Komponente
- $t_s$  = Termin an dem eine Bestellung spätestens ausgelöst werden muss um nicht in Verzug zu kommen
- $s$  = Eingebaute Sicherheit, welche eine fristgerechte Durchführung des Prozesses gewährleistet
- $t_x$  = terminierter Zeitpunkt, an dem die Betrachtung realisiert werden soll



Abbildung 19: Betrachteter Zeitstrahl in Abhängigkeit der Variablen, eigene Darstellung

Die erforderlichen Basisdaten für die Entscheidungsfindung sind:

- $Z_m$  = Benötigte Menge des Materials pro Zug bzw. Abschnitt
- $Z_k$  = Vorhandene Menge, die sich noch im Lager
- $Z_b$  = Vorhandenes Material am Band
- $Z_u$  = Baugleiches bzw. verwendbares Material eines anderen Auftrags oder Vorauftrags (Überbestand)
- $Z_o$  = Anzahl offener Lieferungen
- $Z_r$  = Anzahl offener Reklamationen



- $Z_p$  = Preis des Materials (Serienpreis oder Ersatzteilpreis).

Anhand dieser Daten wird das Delta aus der Soll- und Ist-Menge errechnet. Bei einer Abweichung, d.h. einer Fehlmenge, muss eine Bestellung ausgelöst werden (s. Abb. 20).

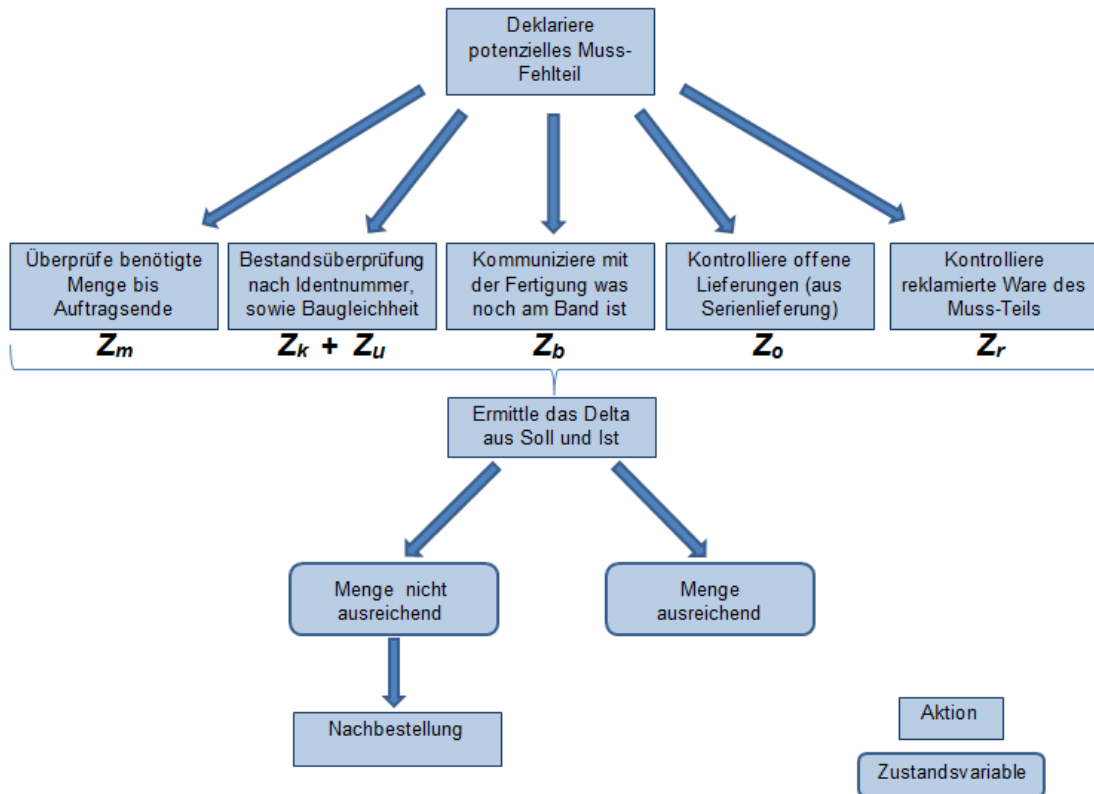


Abbildung 20: Prozess „Präventives Fehlteilmanagement“, eigene Darstellung

Diese frühzeitige Analyse bei Muss-Teilen soll verhindern, dass aus einem potenziellen Fehlteil tatsächlich eines wird.

Im folgenden Kapitel wird eine Bewertung der beiden Szenarien vorgenommen.





## 6 Unternehmerische Bewertung

### 6.1 Szenario A: Versuchsplanung (DOE – Design of Experiment)

Anhand der durchgeführten Versuche können Fehler bzw. Störungen im Gesamtprozess aufgezeigt und nachgewiesen werden. Je höher die Fehlerverteilung ist, umso mehr sollte dafür getan werden, Maßnahmen zu finden um diesen Teilprozess der Kette nachhaltig zu verbessern.

Der im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführte Versuch, der Fehler in Stücklisten beinhalten oder Fehler direkt nach dem Eintrag der Stücklisten feststellen sollte, machte die dadurch entstandenen Mehraufwände, sowie kausalen Zusammenhänge der Abteilungen deutlich. Jede Mehrarbeit kostet Geld; jeder Fehler hat eine negative Auswirkung, da er das Erreichen des Soll-Zustandes nicht ermöglicht.

Je weiter sich der Fehler im Prozess fortpflanzt, umso höher sind die nicht einkalkulierten, monetären Aufwendungen. Das gesamte Ausmaß dieser negativen Auswirkungen kann im zeitlichen Betrachtungsraum nicht gefasst werden, da die Beobachtung von der Anlauf-, über die Serienproduktions-, bis hin zur Auslaufphase durchgeführt werden müsste.

Darüber hinaus kann die Aussage getroffen werden, dass in allen der in Abbildung 18 aufgezeigten möglichen Prozessentwicklungen folgende Arten der Verschwendung generiert werden: [vgl. Kap. 3.8.2]

- Verschwendung durch Wartezeiten
- Verschwendung durch ineffiziente Prozesse.

Es kann zwar keine exakte monetäre Bewertung stattfinden, jedoch eine Schätzung bzgl. der Kostenfaktoren  $K_f$ , die sich je Mehraufwand erhöhen, bzw. auf den Faktor des einkalkulierten optimalen Prozesses hinzurechnen.

Der optimale Kostenfaktor sei  $K_f = 1$ , da hier keine zusätzlichen Kosten entstehen, sondern der zu erreichende Soll-Zustand gleich der Ist-Zustand ist. Jeder weiteren Variante werden zusätzliche Kosten zugeordnet.

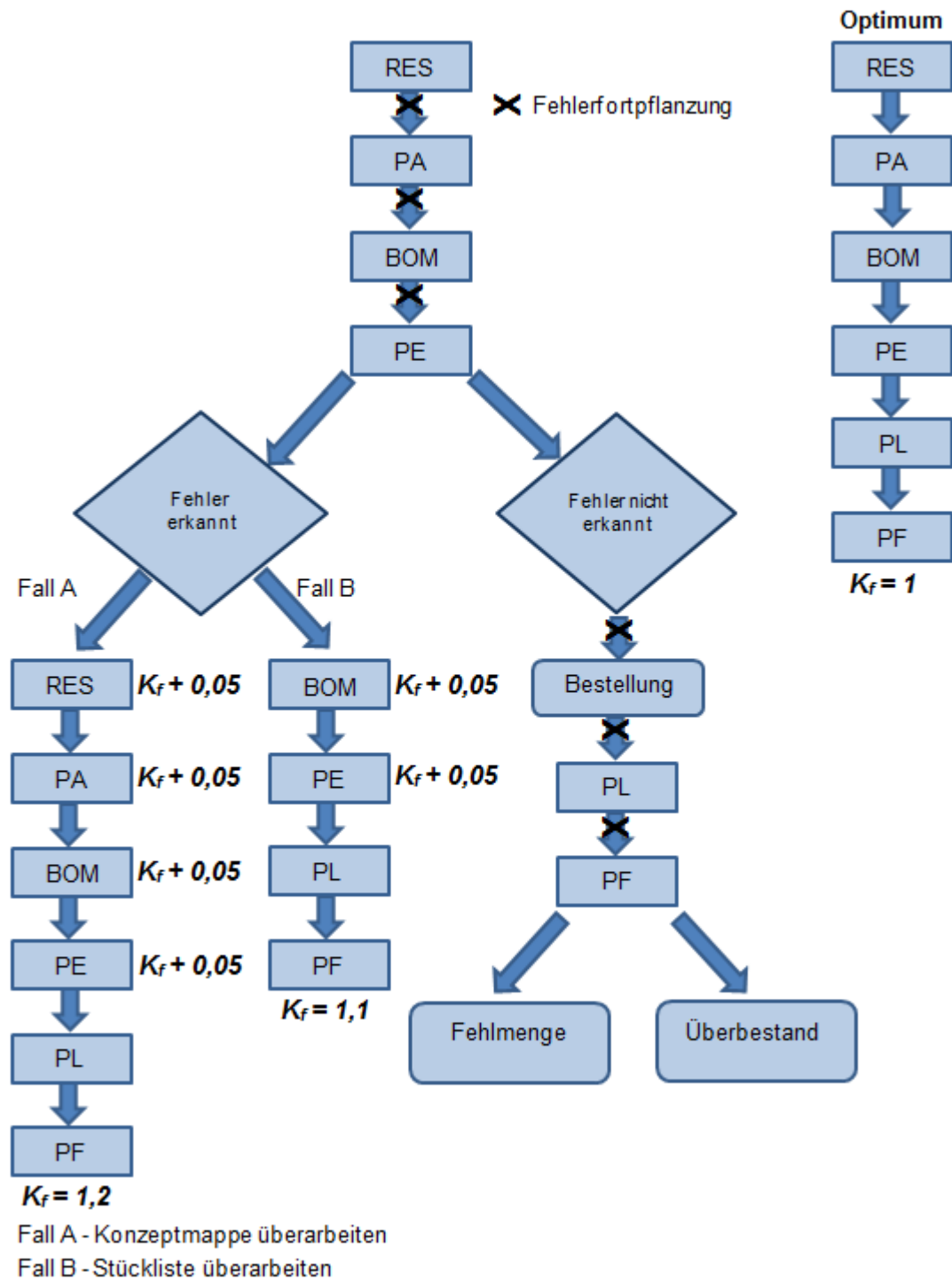


Abbildung 21: Kostenfaktoren bei Erkennung des Fehlers, eigene Darstellung

Wird der Fehler von der Beschaffung erkannt und muss die Konzeptmappe nochmals bearbeitet werden, so wird der  $K_f$  durch die entstandene Mehrarbeit je Abteilung, die sich erneut mit demselben Material beschäftigen muss, ein Wert von 0,05 hinzuaddiert. Der gesamte  $K_f$  in diesem Fall beträgt



1,2 (Fall A). Wird der Fehler erkannt und es muss nicht die Konzeptmappe, aber die Stückliste angepasst werden, dann ist der  $K_f$  1,1 (Fall B).

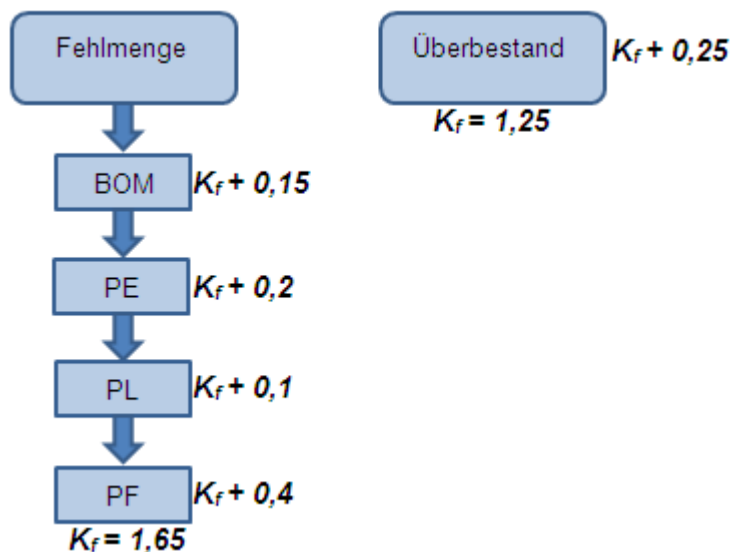


Abbildung 22: Kostenfaktoren bei einer Fehlmenge oder einem Überbestand, eigene Darstellung

Pflanzt sich der Fehler weiter fort und wird eine bedarfsabweichende Menge an die Fertigung geliefert, so müssen die beiden möglichen Fälle gesondert betrachtet werden. Bei einem Überbestand sei der zu addierende Wert 0,25, da die Fertigung mit Material versorgt worden ist. Kurzfristig wird dieser mögliche Fall somit gar nicht erkennbar. Lediglich die Kapitalbindungskosten werden auf lange Sicht zusätzliche, monetäre Aufwendungen mit sich bringen. Des Weiteren wird dieses Ereignis jedoch eher bei B- oder C-Teilen eintreffen und ist nicht die Regel. Der  $K_f$  beträgt insgesamt 1,25.

Der letztmögliche zu betrachtende Fall ist eine zu gering bestellte Menge, die eine Fehlmenge am Montageband als Resultat hat. Diesem Vorkommnis müsse ein wesentlich höherer monetärer  $K_f$  zugeteilt werden, da hier nicht nur jede Abteilung ab der Stücklistenenerstellung erneut in einen vermeintlich abgeschlossenen Prozess eingreifen muss, sondern weitere Zusatzkosten durch die Wartezeiten am Montageband entstanden sind.

Es muss die Stückliste angepasst werden, d.h. Losgrößen erhöht werden, damit das System Bedarfe generiert. Der Einkauf muss eine neue Bestellung auslösen, was zu weiteren Wartezeiten führt, da Lieferanten evtl. das



Material neu fertigen müssen, oder aber durch die Transportzeit bis das Material das Unternehmen erreicht.

Ebenfalls sollte sich bewusst gemacht werden, dass eventuelle Prioritäten gesetzt worden sind, für andere Bauteile, die Vorrang haben, was zu weiteren zeitlichen Verzügen führen kann. Deswegen beträgt der  $K_f$  für dieses Prozessergebnis 1,65.

Angenommen jedes für den Zug benötigte Material, dass es zu verbauen gilt hat eine durchschnittliche monetäre Aufwendung – von der Konstruktion bis hin zur Fertigung – von 1.350€. Für jeden potenziellen Fall ergeben sich dann je Mehraufwand folgende Werte:

- Für  $K_f = 1,2$  beträgt der Gesamtwert 1.620€
- Für  $K_f = 1,1$  beträgt der Gesamtwert 1.485€
- Für  $K_f = 1,25$  beträgt der Gesamtwert 1.688€
- Für  $K_f = 1,65$  beträgt der Gesamtwert 2.228€.

## 6.2 Szenario B: Prozessbestimmung „Präventives Fehlteilmanagement“

Bisher werden individuelle Wege gefunden um die Fehlteilrate im Unternehmen zu senken. Anhand des in Kapitel 5 vorgestellten Prozesses, soll eine einheitliche, frühzeitige Analyse Aufschlüsse über mögliche Engpässe liefern. Anhand der Implementierung und Regelung des Prozesses wird nachhaltig gewährleistet, dass fehlende Bauteile beim Auslauf verhindert werden.

Für den Zug „XCN Östgöta Option“ wurde diese Analyse vor dem viertletzten Zug vor Auftragsende durchgeführt. Die folgende Tabelle wurde anhand der ermittelten Daten für das Bauteil „Quertraverse“ gefüllt:

benötigt pro Zug ( $Z_m$ )	Bestand ( $Z_k + Z_u$ )	am Band ( $Z_b$ )	offene Lieferungen ( $Z_o$ )	reklamiert ( $Z_r$ )	benötigt bis Auftragsende ( $Z_m * 4$ )	$\Delta$
2	2	1	4	0	8	1
1	1	0	2	1	4	0
1	1	2	2	1	4	-2
1	0	0	2	1	4	1

Tabelle 2.1: Kontrolle auf Fehlmengen beim Auslauf



Dazu werden die jeweiligen Preise betrachtet und in Abhängigkeit des Deltas wird eine Entscheidung getroffen, ob das Material nachbestellt werden muss.

Identnummer	Produktbez.	Preis ( $Z_p$ )	Nachbestellen	Gesamtpreis
a	Quertraverse 1, schmal	329	1	329
b	Quertraverse 2, breit	329	0	0
c	Quertraverse 3, schmal	329	0	0
d	Quertraverse 4, schmal	329	1	329
			<b>Summe gesamt:</b>	658

**Tabelle 2.2: Entscheidungsfindung in Abhängigkeit zu Fehlmenge und Preis**

Anhand dieser Analyse würde die Sicherheit der Fertigung erhöht, Bandstopps umgangen und Probleme beim Auslauf vermieden werden.



## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

Das Vermeiden von Fehlteilen an Fertigungsbändern – und v.a. das Vermeiden von Bandstillständen – rückt durch die gegebene zeitliche Knappheit für die Herstellung von Produkten immer mehr in den Fokus von Unternehmen.

Wo es früher noch ausreichend war, Fehler rechtzeitig zu beheben, gilt es heute hingegen noch viel mehr, Fehler gar nicht erst auftreten zu lassen. Dementsprechend müssen Prozesse ausgearbeitet werden, die Unternehmen gar nicht erst in zeitliche Verzögerungen bei der Produktion bzw. Belieferung der Kunden kommen lassen.

In dieser Bachelorarbeit beim Schienenfahrzeughersteller Alstom wurde zunächst der aktuelle, wissenschaftliche Stand aus der Literatur dargestellt, anschließend alle Abteilungen des internen Waren- und Informationsstroms hinsichtlich deren Tätigkeitsfelder vorgestellt und – basierend auf einer gründlichen Analyse – ihre Einflussfaktoren bzgl. dem Auftreten von Fehlteilen aufgezeigt. Es sollte verdeutlicht werden, dass jede Schnittstelle der wertschöpfenden Kette durch ihr Handeln dafür verantwortlich ist, dass die fristgerechte Auslieferung der Züge gewährleistet wird. Nur durch eine korrekte und termingerechte Bearbeitung der einzelnen Tätigkeiten kann dieses Ziel erreicht werden.

Die Umstellung auf SAP führt nach wie vor zu Mehraufwänden in den unterschiedlichen Abteilungen. Es muss dafür gesorgt werden Daten zu korrigieren, damit sich auf die Richtigkeit dieser verlassen und ein größerer Nutzen aus dem System gezogen werden kann.

Der durchgeführte Versuch fand im Rahmen des Design of Experiment innerhalb des im Six Sigma definierten DMAIC-Zyklus statt. Er bewies, dass einer der genannten Störfaktoren tatsächlich das Unternehmen daran hindert die gesetzten Ziele erreichen zu können. Die Unternehmensziele sind definiert, eine Messung fand statt. Nun gilt es diese genauer zu analysieren, verbessern und kontrollieren, sodass eine Nachhaltigkeit gewährleistet wird.



Darüber hinaus können weitere Versuche für denselben Störfaktor stattfinden, jedoch aufgeteilt in unterschiedliche Projekte, um erkennen zu können, wie weit die Fehlermenge von Projekt zu Projekt abweicht. Auch sollten Versuche stattfinden, welche die weiteren genannten Störfaktoren beweisen bzw. negieren.

Der präventive Prozess beim Auslauf kann im Unternehmen neben dem reaktiven dokumentiert werden und als Arbeitsanweisung geltend gemacht werden. Er ließe sich auch auf andere Baukomponenten übertragen. Der Zeitpunkt für die Durchführung ist lediglich ein erster Vorschlag und hinsichtlich seiner Terminierung und eingebauten Sicherheit noch zu diskutieren.

Mittelfristig sollte neben der Datenbereinigung auch das manuelle Eintragen von Daten – wie bei der Stücklistenstellung oder den Abweichungsmengen der Kits – durch automatisierte Möglichkeiten ersetzt werden. Somit würde für Zeiteinsparungen gesorgt und ein zeitlicher Puffer geschaffen werden können.

Die Dokumentation spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Wie in Kapitel 2 erwähnt, gibt es meistens keinen Prototypenbau, sondern einen sofortigen Beginn des Serienbaus. Alle Änderungen, die während des Fertigungsprozesses bis zum Auftragsende durchgeführt wurden, sollten festgehalten und in das System übernommen werden. Einerseits um bei Nachaufträgen darauf zurückgreifen zu können, andererseits wird aber auch bei bauähnlichen Projekten der Aufwand verringert, wenn Arbeitsschritte übernommen werden können. Somit werden Aufwände für gleiche, wiederauftretende Probleme vermieden.

Auch gilt es den reaktiven Prozess zu aktualisieren, da in ihm der potenzielle Störfaktor „Aktualisierung der Stücklisten“, der zu fehlendem Material führen kann, fehlt.

Die Analysen, die im Rahmen dieser Bachelorarbeit vollzogen wurden, machen dies deutlich.



## **8 Quellenverzeichnis**

- [1] Strohhecker, Jürgen; Größler, Andreas [Strategisches und Operatives Produktionsmanagement: Empirie und Simulation], Gabler Verlag, 1. Auflage 2010
- [2] Thaler, Klaus [Supply Chain Management – Prozessoptimierung in der logistischen Kette], Fortis Verlag FH , 1. Auflage 1999
- [3] Schulte, Gerd [Material- und Logistikmanagement], Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2. Auflage 2001
- [4] Rath & Strong's [Six Sigma – Pocket Guide], TÜV Media Verlag, 2008
- [5] Bach, Norbert [Effizienz der Führungsorganisation deutscher Konzerne], Springer Verlag, 1. Auflage 2009
- [6] Werner, Hartmut [Supply Chain Management – Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling], Gabler Verlag, 1. Auflage 2000
- [7] Wappis, Johannes; Jung, Berndt [Null-Fehler-Management – Umsetzung von Six Sigma], Carl Hanser Verlag, 4. Auflage 2013
- [8] Kleppmann, Wilhelm [Versuchsplanung – Produkte und Prozesse optimieren], Carl Hanser Verlag, 8. Auflage 2013
- [9] Jetzke, Siegfried, [Grundlagen der modernen Logistik], Carl Hanser Verlag, 1. Auflage 2007
- [10] Interne Alstom-Präsentationen
- [11] Interne Alstom-Fotos; B. Rosenthal
- [12] <http://www.alstom.com/press-centre/de/2014/2/alstom-legt-in-salzgitter-den-grundstein-fur-ein-neues-logistikzentrum/>, Abruf: 06.06.2014
- [13] Interne Alstom-Analysen





**[14] Interne Screenshots**



## 9 Anhang

### 9.1 Interne SAP-Transaktionen für den aufgezeigten Prozess „Präventives Fehlteilmanagement“

- $Z_m$  = MD04
- $Z_k$  = LS24 oder CEVA-Portal
- $Z_u$  = LS24 oder CEVA-Portal
- $Z_o$  = Materialplaner
- $Z_r$  = ZMQM12\_01
- $Z_p$  = ME80FN

### 9.2 Befüllung der lagerinternen B-Kits im Detail

Durch die erhaltenen Arbeitspläne kann die Logistikabteilung bestimmen, welches Material für welchen Zugabschnitt in welches Kit kommen soll und wann es in der Fertigung benötigt wird. Der Prozess der Auffüllung läuft folgendermaßen ab:

1. Je nach Projekt werden 10-20 Tage vor Montagetermin Excel-Dateien erstellt, in welche die jeweilige Effektivität pro B-Kit eingetragen wird.

Anhand der Effektivität lässt sich der Auftrag, Zug und Wagenkasten zuordnen.

Beispiel: Effektivität      *N06001A1*  
*N06*= X60 Batch B      *001*=Zug      *A1*=Wagenkasten

2. Es erfolgen drei zeitlich voneinander abgegrenzte Prüfungen bzgl.:
  - a. „nicht umgewandelter Baugruppen“
  - b. „Fehlteilen mit Lagerbestand“ und „Material, das nicht ausgelagert werden kann“
  - c. „Fehlteilen mit Lagerbestand“ und „fehlendem Material, das manuell ausgelagert werden muss“. Diese Kontrolle erfolgt drei Tage vor Montagetermin



Bei „nicht umgewandelten Baugruppen“ wird geprüft, ob der SPC oder Disponent die Arbeitspläne vollständig und ohne Fehlermeldungen drucken konnte.

Das Umwandeln und Drucken der Papiere ist notwendig, damit Transportaufträge bzw. Materialanforderungen in SAP entstehen.

3. Listen mit Baugruppen, die noch nicht umgewandelt worden sind, werden nach der Prüfung per Mail an die Disponenten und SPCs weitergeleitet, um diese nachträglich umzuwandeln.  
Eventuelle Fehlermeldungen werden an die Logistikplanung zur Fehlerbehebung übermittelt.
4. Nach der zweiten Prüfung erfolgt noch am selben Tag das Drucken der Auslagerungsbelege, welche die Identnummern, Mengen und Lagerorte erfassen, um mit der Auffüllung des B-Kits beginnen zu können.
5. Das Material wird im Lager kommissioniert und zu den projektzugeordneten Kitstationen gebracht (s. Abb. 9.5).  
Hiernach werden die handschriftlich überarbeiteten Belege den Buchern übergeben, welche die Transportaufträge quittieren, sowie Differenzbuchungen durchführen und sich somit um die Bereinigung abweichender Bestände kümmern.
6. An der Kitstation wird das B-Kit anhand einer Soll-Ist-Liste aus dem Abruftool bestückt. Ein B-Kit besteht aus 15 Kisten, die in acht bis zehn Fächer unterteilt sind. Jeder Identnummer wird ein Fach zugeordnet und auf der Soll-Ist-Liste eingetragen.
7. Nach der Bestückung werden die Abweichungen der Listen manuell von den Logistikplanern in das Tool eingetragen.



8. Drei Tage vor Auslieferung der B-Kits erfolgt eine finale Prüfung. Alle Fehlteile im Kit werden auf Lagerbestand geprüft um Fehler der SAP-Daten zu verhindern.
  
9. Am Tag der Auslieferung werden die Soll-Ist-Listen von den Kit-Stationen eingesammelt und erneut in das Abruftool eingetragen. Zwischen dem Tag des Packens und dem Tag der Auslieferung können noch weitere Materialien zu den B-Kit-Stationen – bspw. durch nachträglich umgewandelte Baugruppen – gebracht worden sein. Diese werden in die Listen nachgetragen und kurz vor der Auslieferung in das Abruftool eingespielt. Durch diese Aktualisierung werden die Fehlmengen ausgetragen. [12]



### 9.3 Interner Prozess „Fehlteilmanagement“

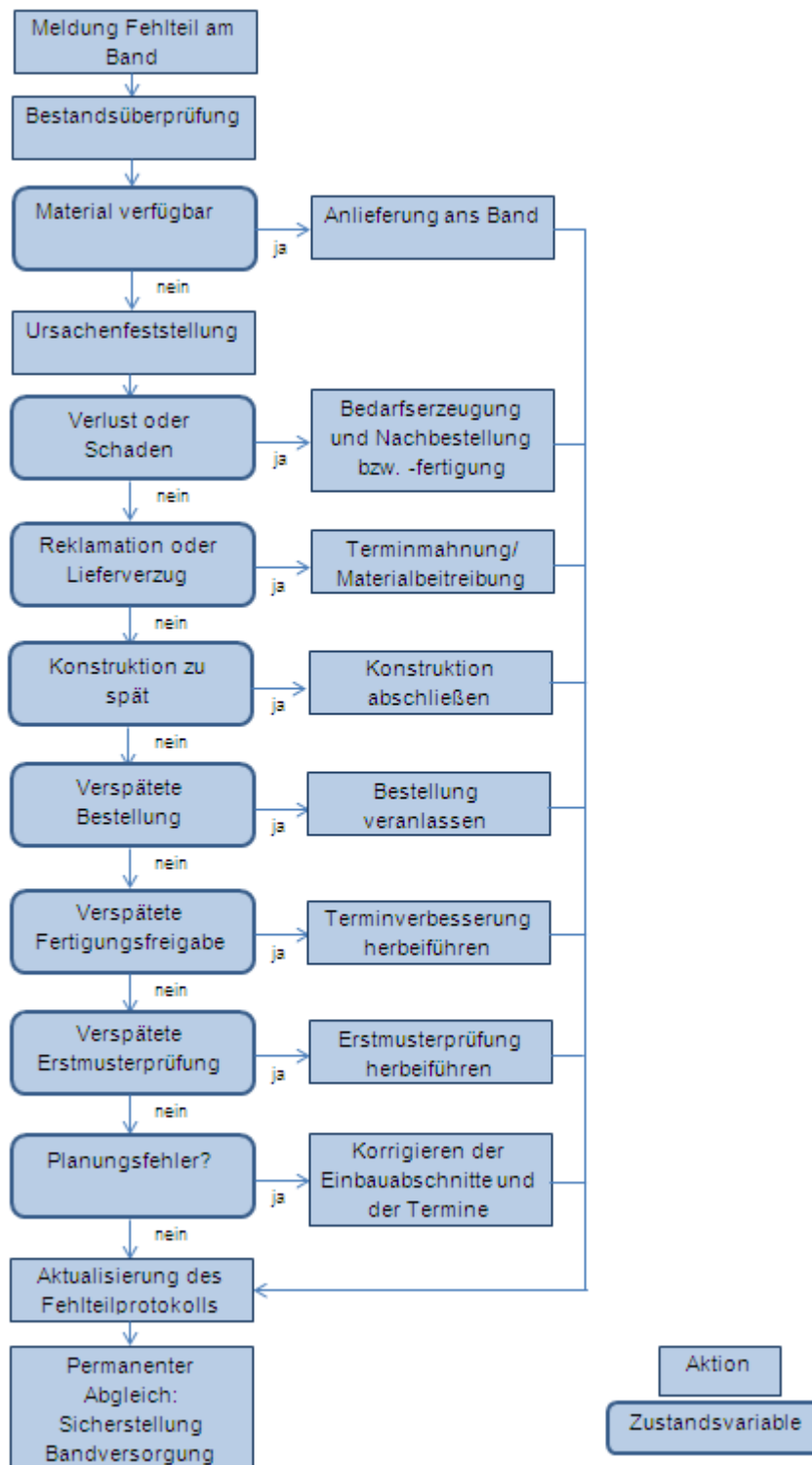


Abbildung 23: Reaktiver Prozess „Fehlteilmanagement“