

Kon-Cept

# Instandhaltungsmanagement

Entwicklungsstufen, Fehlerbehandlung,  
Schritte zur Selbstopтимierung,  
Kosten

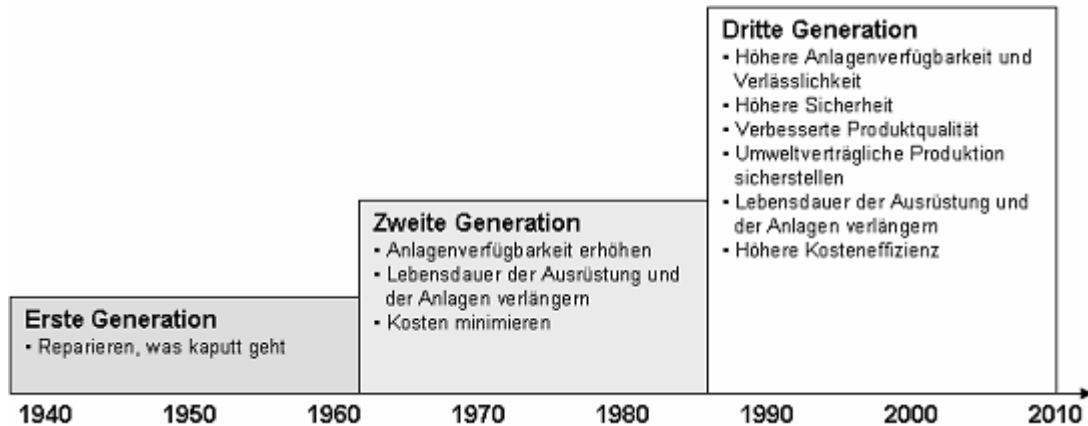
Mai 2008

# Inhalte

<b>1. Entwicklungsstufen</b>	<b>3</b>
<b>2. RCM (Reliability Centred Maintenance)</b>	<b>4</b>
2.1. Die Ziele von RCM	4
2.2. Die Methoden von RCM	5
<b>3. Behandlung von Fehlern</b>	<b>6</b>
3.1. Klassifizierung von Equipment	6
3.2. Klassifizierung von Anlagenfehlern	7
<b>4. Selbstoptimierung</b>	<b>9</b>
Schritt 1 - Fehler identifizieren und dokumentieren	9
Schritt 2 - Erfassen der Auswirkungen von Fehlern	10
Schritt 3 - Konzentration auf die 10 bedeutendsten Fehler	10
Schritt 4 - Ursache der Fehler auffinden	11
Schritt 5 - Strategien für die Fehlerbeseitigung ausarbeiten	11
Schritt 6 - Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung implementieren	12
Schritt 7 - Erfolg der Maßnahmen verifizieren	12
<b>5. Instandhaltungskosten</b>	<b>13</b>
5.1. Althergebrachte Abrechnung der Instandhaltung	13
5.2. Ein neues Modell für die Kostenrechnung in der Instandhaltung	13

## 1. Entwicklungsstufen

Die Anforderungen an die Instandhaltung einer Anlage haben sich stufenweise entwickelt, wie folgende Abbildung zeigt (Modell von John Moubray, "Reliability Centered Maintenance", TWI Press 2000):



In der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg, wurde kein Wert auf vorbeugende Wartungsmaßnahmen gelegt. Das verwendete Equipment war einfach zu reparieren und die Arbeit war größtenteils manuell, sodass Ausfälle keine besondere Rolle spielten. In dieser ersten Stufe fand ausschließlich reaktive Wartung statt.

In einer zweiten Phase, die etwa bis Mitte der 1980er Jahre dauerte, nahm die Komplexität der eingesetzten Maschinen zu, sodass Ausfallszeiten eine immer bedeutendere Rolle spielten. Aus diesem Grund wurden Maßnahmen zur regelmäßigen vorbeugenden Wartung eingeführt. Da auch die Kapitalisierung in Anlagen zunahm, versuchte man auch zusehends Möglichkeiten zu finden, die Lebensdauer der Anlagen zu erhöhen. In dieser Zeit stiegen auch die Kosten im Instandhaltungsbereich überproportional stark, sodass Systeme für die Planung und das Management der Instandhaltung eingeführt wurden, die das Ziel hatten, die Wartungskosten in Grenzen zu halten.

Auf dieser Zeit stammt auch noch die vielfach verbreitete Ansicht, dass die Minimierung von Wartungskosten eine sinnvolle Managementaufgabe ist. Wir sind der Meinung dass stattdessen die Optimierung des Wertes der Anlage als Ziel zu verfolgen ist. Weitere Gedanken hierzu finden sich weiter hinten in diesem Dokument.

In einer dritten Phase, die bis heute andauert, kamen zusätzliche Anforderungen, wie Erhöhung der Sicherheit, Umweltverträglichkeit etc. hinzu, was die Aufgaben in der Instandhaltung zusätzlich komplexer machte. Dies erforderte zusätzlich neue Mittel, wie zustandsbasierte Wartung (Condition-based Monitoring), Expertensysteme etc.

Somit stehen in dieser dritten Phase drei Methodiken für die Wartung parallel nebeneinander:

- Reaktive Wartung
- Vorbeugende Wartung
- Zustandbasierte Wartung

Auf der systemtechnischen Sicht sollte noch eine weitere Methodik hinzukommen, nämlich die **analytische Wartung**. In dieser Methodik werden Wartungsmaßnahmen gezielt auf Basis von Informationen und Analysen über die Performance der Anlagen geplant. In diesem Abschnitt soll ein Beispiel für einen Prozess im Bereich der analytischen Instandhaltung beschrieben werden, der im Zuge der Entwicklung von MMS bereits mehrfach implementiert wurde.

## 2. RCM (Reliability Centred Maintenance)

Reliability Centred Maintenance (RCM) ist ein Standard, der von der Society of Automotive Engineers (SAE) herausgegeben wird (siehe SAE Standard JA1011). Eine vollständige Beschreibung dieses Standards ist in diesem Dokument nicht möglich, dennoch sollen einige wesentliche Ideen dargestellt werden.

### 2.1. Die Ziele von RCM

RCM verfolgt folgende Ziele:

- Auswahl der besten Methoden, um mit jeder Type von Fehlern optimal umzugehen, um die Erwartungen des Betriebes und der Umwelt hinsichtlich
  - Betrieb
  - Sicherheit
  - Umweltverträglichkeit zu erfüllen
- Wählen der kosteneffizientesten und dauerhaftesten Arbeitsweise
- Sichern der aktiven Mitarbeit von und Unterstützung durch alle beteiligten Stellen

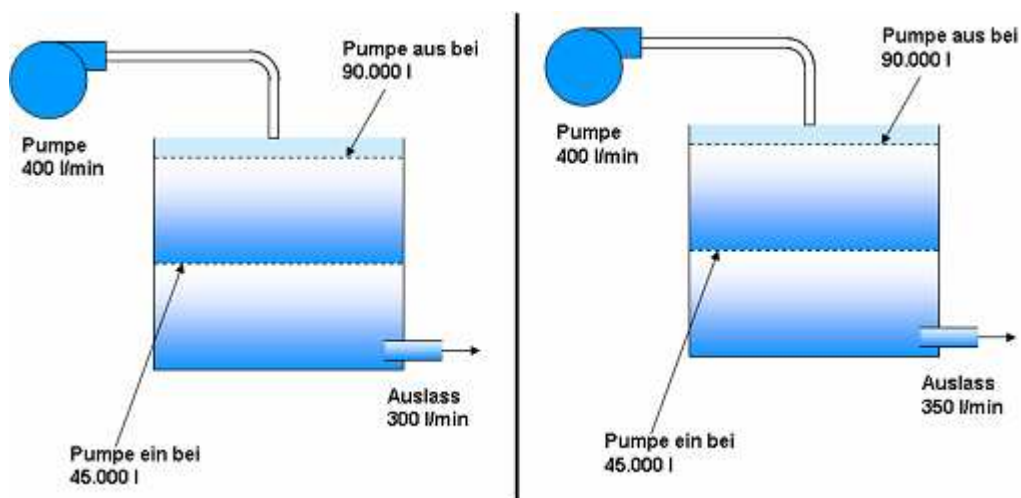
## 2.2. Die Methoden von RCM

RCM bietet einen Satz standardisierter Methoden zur

- Planung
- Umsetzung
- Überprüfung

von Wartungsaktivitäten zur Erreichung dieser Ziele.

Nicht alle in RCM beschriebenen Methoden sind unumstritten. Dennoch gibt es eine Reihe von Ideen und Werkzeugen, deren Übernahme in den meisten Fertigungsbereichen sinnvoll ist. Besonders bedeutend ist, dass RCM bei der Instandhaltung von Equipment nicht nur die Funktion des Equipments selbst, sondern auch den Kontext, in dem es eingesetzt wird, betrachtet. Dies soll an Hand eines Beispiels entsprechend der folgenden Abbildung betrachtet werden (dieses Beispiel ist der Zeitschrift Maintenance Management 11/1999 entnommen):



In obigen Abbildung ist der Einsatz ein- und desselben Equipments in zwei verschiedenen Kontexten beschrieben. Das Equipment ist eine Pumpe, die mit einer Förderleistung von 400 l/min einen Tank mit Flüssigkeit füllt. Die beiden Einsatzfälle unterscheiden sich nur durch die Menge an Flüssigkeit, die dem Tank pro Zeiteinheit entnommen wird. Wir nehmen weiters an, dass laut Wartungshandbuch des Herstellers die Reparatur eines Lagerschadens an der Pumpe 4,5 Stunden in Anspruch nimmt und dass Methoden für die Zustandsbeobachtung zur Verfügung stehen, die eine Früherkennung von Lagerschäden ermöglichen.

Im ersten Fall werden 300 l/min entnommen. Wenn also ein Lagerschaden bevorsteht, so kann der Tank vollständig aufgefüllt werden, bevor die Reparaturarbeiten beginnen. Bei vollem Tank dauert es 5 Stunden, bis der Tank vollständig entleert ist, womit genügend Zeit für die Reparatur zur Verfügung steht.

Im zweiten Fall werden 350 l/min entnommen, sodass bei vollem Tank nur für mehr 4,3 Stunden Flüssigkeit zur Verfügung steht. Die Reparatur der Pumpe während des Produktionsbetriebs führt somit zwangsläufig zu einem Produktionsstillstand, da die Medienversorgung nicht mehr sichergestellt werden kann.

Wie hier zu erkennen ist, sind die erforderlichen Methoden für die Wartung vom Kontext des Einsatzes des Equipments abhängig. Es ist daher auch nicht möglich, die Entwicklung von Wartungsplänen den Herstellern des Equipments zu überlassen, da diese den Kontext des Einsatzes nicht kennen. Zusätzlich ändert sich die Zielsetzung der Wartung von "Erhalten der Funktion des Equipments" auf "Minimieren der Auswirkungen von Equipmentausfällen". Somit ergibt sich automatisch ein Fokus auf Fehler und Equipmentausfälle.

### 3. Behandlung von Fehlern

Im RCM Umfeld sind sowohl Equipment als auch Anlagenfehler zentraler Bestandteil der Betrachtung und werden entsprechend klassifiziert (siehe auch "Standard To Define RCM", Dana Netherton, American Management Systems, Inc.).

#### 3.1. Klassifizierung von Equipment

Für jedes in der Anlage vorhandene Equipment ist folgendes zu erfassen:

- Eigenschaften des Equipments
- Funktionen, die das Equipment ausführt und die von ihm erwartet werden. Dies inkludiert auch Sicherheitsfunktionen.
- Kontext, in dem das Equipment eingesetzt wird

### 3.2. Klassifizierung von Anlagenfehlern

Anlagenfehler sind Vorfälle, die einen Taktverlust bedingt durch Zeitverluste oder durch Qualitätsverluste bewirken.

Der Instandhalter ist während des Betriebes mit einer Fülle von Fehlern konfrontiert. Um die Übersicht zu bewahren und eine Konzentration auf das Wesentliche zu ermöglichen, ist es erforderlich, Fehler je nach ihrer Bedeutung zu klassifizieren. Folgende Merkmale von Fehlern kommen hierfür in Frage:

- **Häufigkeit des Auftretens** - Die Häufigkeit mit der ein bestimmter Fehler auftritt ist messbar. Die Annahme ist, dass Fehler, die zehnmal je Schicht auftreten wahrscheinlich wichtiger sind, als Fehler, die zweimal pro Jahr vorkommen.
- **Schadenspotenzial** - Wenn ein bestimmter Fehler auftritt, so gehen zwangsläufig Takte verloren. Die Anzahl der Takte, die bei Auftreten eines bestimmten Fehlers verloren gehen wird als Schadenspotenzial bezeichnet und ist messbar, indem die Zeit vom Auftreten des Fehlers bis zur Wiederaufnahme des Automatikbetriebes ermittelt wird. Fehler mit hohem Schadenspotenzial haben in der Regel höhere Bedeutung als Fehler mit geringem Schadenspotenzial.
- **Wartbarkeit** - Wenn ein Fehler auftritt, so vergeht zunächst eine Reaktionszeit, bis der Fehler erkannt wird. Diese Zeit kann durch systemtechnische Unterstützung (z.B. Alarmserver mit versenden von Nachrichten oder Anzeige auf der Fabrikanzeige) erheblich verkürzt werden. Wenn der Fehler einmal bekannt ist, so vergeht eine bestimmte Zeit, bis die Wartungsmannschaft das Equipment repariert und wieder in Betrieb genommen hat. Diese Zeit hängt von vielen Faktoren ab, wie Erreichbarkeit des Equipments, Fehlerdiagnose, Motivation und Ausbildungsstand der Instandhaltungsmitarbeiter etc. Die Wartbarkeit ist grundsätzlich messbar, wobei nicht nur der Taktverlust, sondern auch der Personalaufwand in der Wartung und der Material- und Werkzeugeinsatz zu berücksichtigen ist. Hiermit kann die Wartbarkeit direkt auf Kosten für die Wiederherstellung des Betriebes je Auftreten eines bestimmten Fehlers gemessen werden.
- **Strategien für die vorzeitige Erkennung** - Wesentlich für die Bedeutung von Fehlern ist, ob es möglich ist, ihr Auftreten z.B. durch Zustandsbeobachtung vorzeitig zu erkennen und durch geeignete vorbeugende Maßnahmen zu verhindern. Dies mag die Wartungskosten erhöhen aber insgesamt die Wartbarkeit verbessern, da die Kosten für Taktverluste nicht anfallen.
- **Strategien für den Notfallsbetrieb** - Wenn Strategien existieren, die bei Auftreten des Fehlers das Fortführen der Produktion mittels einer Notfallsstrategie ermöglichen, so nimmt dies dem Fehler an Kritikalität. Ein Beispiel wäre z.B. der Ausfall eines E-Schraubers mit manueller Bedienung. Als Notfallsstrategie kommt das

manuelle Verschrauben und Abzeichnen offener Punkte in MMS in Frage, sodass hier keine Taktverluste auftreten. Die Kosten für die Wartbarkeit werden im Notfallsbetrieb unter Umständen durch den erforderlichen Einsatz eines Springers erhöht.

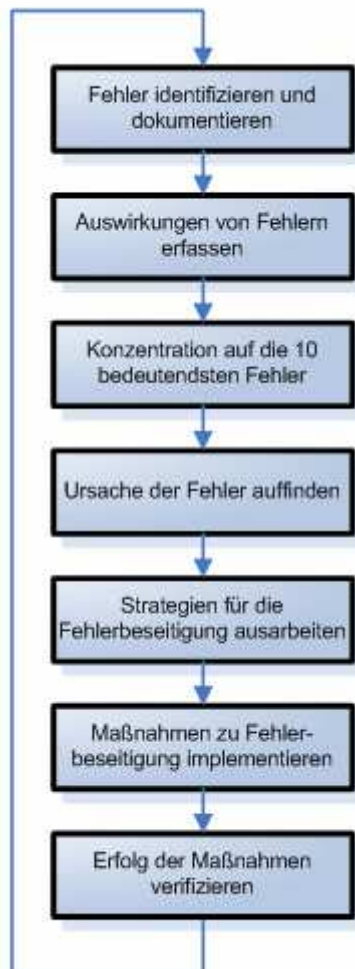
Die Klassifizierung von Fehlern verändert sich häufig mit der Zeit. Der Kontext des Einsatzes von Equipment ändert sich ebenso wie die gemessenen Daten auf deren Basis Fehler klassifiziert werden. Diese Klassifizierung muss also ständig wiederholt und veränderten Randbedingungen angepasst werden. Sie kann nicht als einmaliger Vorgang aufgefasst werden. Die Bedeutung von Fehlern korreliert nicht mit den spezifischen Wartungskosten. Diese können daher nicht als Ersatz für die hier beschriebene Klassifizierung herangezogen werden.

In vielen Fertigungsbetrieben existieren keine Mittel für die automatische Systemtechnische Erfassung von Fehlern. Dies erfolgt oftmals händisch durch Eintragung in Fehlerlisten, wodurch automatisch eine subjektive Komponente in die Messung eingeführt wird. Oftmals sind wir in Betrieben mit dem Phänomen des "Fehlers vom Tag" konfrontiert:

"Wegen dieses Problems haben wir in der Vormittagsschicht nur 80% der geplanten Stückzahl erreicht."

Bei genauer Betrachtung stellt sich oft heraus, dass Gerüchte schnelle Beine haben und die Probleme eigentlich ganz anders gelagert waren. Die objektive automatische Erfassung von Anlagenfehlern ist eine wesentliche Grundlage für Kontextbasierte Wartungsstrategien.

## 4. Selbstoptimierung



Auf Basis der Klassifizierung von Fehlern kann ein Prozess in der Instandhaltung eingerichtet werden, der zyklisch in sieben Schritten abläuft und so zu einer sukzessiven Verbesserung der Performance der Anlage und zu einer Steigerung des Wertes der Anlagen führt.

### Schritt 1 - Fehler identifizieren und dokumentieren

Alle Anlagenfehler sind in einem ersten Schritt zu erfassen und zu dokumentieren. Dies umfasst:

- Art des Fehlers
- Station und Ort an dem der Fehler aufgetreten ist
- Zeitpunkt des Auftretens
- Zeitpunkt der Wiederherstellung des Betriebes
- Wartungsaufwende an Personal, Werkzeug und Material

Die Erfassung von Fehlern kann manuell durch Fehlerberichte erfolgen. Da dies notwendigerweise subjektiv und fehlerbehaftet ist, empfohlen wird den Einsatz eines Systems zur anlagenweiten Erfassung von Fehlern. Systeme wie MMS bieten ein konsistentes Fehlerbild der Anlage und ermöglichen es, Probleme in der Anlagendiagnose frühzeitig zu erkennen und so die Wartbarkeit entscheidend zu verbessern. Beispiele für Probleme in der Anlagendiagnose sind:

- Fehlermeldungen werden angezeigt, aber die Anlage läuft weiter
- Die Anlage steht aber die angezeigten Fehlermeldungen sind unverständlich oder haben keinen Bezug zum tatsächlichen Fehlerbild
- Die Anlage steht aber es werden keine Fehler angezeigt, die zur Ursache des Stillstandes führt

Neben der automatischen Erfassung von Fehlern in einem Erfassungssystem, wie MMS, ist auch eine manuelle Erfassung vorzusehen. Dies kann z.B. durch Einrichtung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) erfolgen.

## Schritt 2 - Erfassen der Auswirkungen von Fehlern

Für die Klassifizierung von Fehlern ist besonders die Erfassung der Auswirkungen ihres Auftretens von Bedeutung. Diese sind:

- Zeitverluste (z.B. durch Bandstillstände)
- Qualitätsverluste durch produzierten Ausschuss

In die Betrachtung ist nicht nur die Station an der der Fehler auftritt selbst, sondern auch deren Kontext einzubeziehen. Qualitätsverluste können z.B. erhöhte Nacharbeitsaufwände bewirken.

## Schritt 3 - Konzentration auf die 10 bedeutendsten Fehler

Besonders in der Inbetriebnahmephase einer Anlage liefert ein Erfassungssystem wie MMS eine beträchtliche Anzahl von Fehlern (oft mehrere Hundert) je Schicht. Da die vorhandenen Ressourcen in der Instandhaltung begrenzt sind, ist es erforderlich, vor der Durchführung weiterer Schritte eine Auswahl der wichtigsten Fehler vorzunehmen. Dies sind jene Fehler, die die meisten negativen Auswirkungen zeigen. Üblicherweise wird für die Reihung von Fehlern zunächst der Schweregrad, nämlich das Produkt aus Fehlerhäufigkeit und

Taktverlust je Auftreten herangezogen. Zusätzlich spielt es eine Rolle, ob Maßnahmen für den Notfallsbetrieb das Fortsetzen der Produktion bei Auftreten des Fehlers erlauben.

Wenn die derzeit vorliegenden 10 bedeutendsten Fehler identifiziert sind, so vergibt die Instandhaltungsleitung Aufträge an bestimmte Instandhaltungsmitarbeiter zur Durchführung der nächsten Schritte.

#### Schritt 4 - Ursache der Fehler auffinden

Die Suche nach der Ursache von Fehlern kann nur von einem entsprechend qualifizierten Instandhaltungsmitarbeiter durchgeführt werden. Die Aufgabe ist, herauszufinden, was die Fehler verursacht. Hier einige Möglichkeiten:

- Probleme mit der Bauteilgeometrie (z.B. Passungen stimmen nicht)
- Probleme mit Werkzeugen (z.B. die Kalibrierungsintervalle sind zu lang)
- Mechanische Probleme (z.B. Verwindungen beim Schweißen, weil die Klemmung mangelhaft ist)
- Elektrische Probleme
- Programmfehler

Das Auffinden von Fehlern erfordert neben der grundlegenden Qualifikation auch eine bestimmte Einstellung der Instandhaltungsmitarbeiter.

#### Schritt 5 - Strategien für die Fehlerbeseitigung ausarbeiten

Wenn die Ursachen von Fehlern gefunden sind, so können meist auch Strategien für die nachhaltige Beseitigung von Fehlern entwickelt werden. Dies ist meist die Aufgabe der Instandhaltungsplanung. Meist ist es möglich, die Kosten des Verlustes eines Taktes zumindest grob anzugeben. Auf Basis der Kosten, die mit einem Taktverlust einhergehen und der Anzahl der verlorenen Takte durch den jeweiligen Fehler, die in Schritt 2 ermittelt wurde, ist es möglich, den ROI (Return of Investment) der Aufwendungen, die die Fehlerbeseitigung verursacht, zu ermitteln. Hiermit kann beurteilt werden, ob sich die anvisierten Maßnahmen auch aus wirtschaftlicher Sicht vertreten lassen. Beispiele möglicher Maßnahmen sind:

- Änderung der Anlagenprogrammierung
- Umbau der Mechanik (z.B. Änderung der Klemmen)

- Änderung von Abläufen
- Änderung von Wartungsmaßnahmen und Kalibriervorschriften
- Schulungs- und Einweisungsmaßnahmen

In die Betrachtung ist einzubeziehen, dass die Implementierung der Abhilfemaßnahme zusätzliche Taktverluste zur Folge haben kann.

### Schritt 6 - Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung implementieren

Wenn auf Basis der technischen und wirtschaftlichen Beurteilung eine Maßnahme zur Beseitigung des jeweiligen Fehlers gefunden wurde (dies muss nicht für alle Fehler der Fall sein), so ist diese Maßnahme umzusetzen. Dies kann mittels Ressourcen der Instandhaltung oder durch Einbeziehung externer Ressourcen erfolgen.

### Schritt 7 - Erfolg der Maßnahmen verifizieren

Wenn die Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung implementiert sind, so ist an Hand der Daten aus dem Erfassungssystem zu verifizieren, ob sie tatsächlich den gewünschten Effekt haben. Mit anderen Worten, der entsprechende Fehler sollte aus der Top 10 Liste verschwinden.

Wenn die Abhilfemaßnahme erfolgreich war, so ist es wesentlich, dass dieser Erfolg auch entsprechend kommuniziert wird, sodass die Motivation aller beteiligten Stellen erhalten bleibt. Wenn die Maßnahme aus einem manuellen KVP Eintrag resultiert, so sollte ein transparenter Mechanismus für die Festlegung eines Incentives für den Melder eingerichtet werden (z.B. eine Zahlung, die von der Höhe der Einsparungen oder Verbesserungen abhängig ist).

## 5. Instandhaltungskosten

### 5.1. Althergebrachte Abrechnung der Instandhaltung

Bei vielen Fertigungsbetrieben werden die Instandhaltungskosten erfasst und in Form von Gemeinkosten gleichmäßig auf alle Fertigungsbereiche aufgeteilt. Dies hat den Vorteil einer einfachen Vorgangsweise zur Ermittlung und Zuordnung von Kosten, ist aber mit dem Nachteil verbunden, dass die erforderliche Transparenz nicht gegeben ist. Mit hohen Gemeinkosten ist niemand glücklich. Zusätzlich haben sich in den letzten Jahren die Anforderungen an die Instandhaltung erheblich erhöht, was zu einer überproportionalen Steigerung der Kosten in diesem Bereich geführt hat.

Als Folge dieser Entwicklung haben viele Betriebe begonnen, Programme zur Reduktion der Instandhaltungskosten zu installieren. Dies führt leider zu einer Suboptimierung bei der oftmals die Performance oder sogar die Funktion der Anlage auf der Strecke bleibt.

### 5.2. Ein neues Modell für die Kostenrechnung in der Instandhaltung

Auf Basis des hier vorgestellten Modells sollte der Fertigungsbetrieb auch das Modell für die Kostenrechnung in Bereich der Instandhaltung überdenken. Anstatt die Kosten in der Instandhaltung zu minimieren, kann die Zielvorgabe lauten, den Wert der Anlage zu maximieren. Bei repetitiver Durchführung des oben beschriebenen Prozesses können die erzielten Verbesserungen in der Anlage auch kostenmäßig erfasst werden. Die Kosten ergeben sich aus der Anzahl der Taktverluste, die nachweislich durch Verbesserungsmaßnahmen eingespart wurden und den Kosten pro Takt. Dies kann z.B. in einer Quartalsbilanz erfasst werden. Den Verbesserungen stehen die Kosten der Instandhaltung insgesamt gegenüber.

Auf Basis dieser Kostenbetrachtung kann errechnet werden, ob sich die Tätigkeit der Instandhaltung positiv oder negativ auswirkt. Die Instandhaltung kann hiermit ähnlich eines Profit Centers geführt werden.

Der beschriebene Prozess liefert detaillierte Daten, sodass Verbesserungen und Aufwendungen direkt jenem Bereich oder jener Zone zugeordnet werden können, die hiervon betroffen ist. Dies macht natürlich nur dann Sinn, wenn auch Kosten durch Taktverluste und Kosten durch Nacharbeitsaufwände oder Kundenreklamationen entsprechend erfasst und den einzelnen Bereichen zugeordnet werden. Hiermit sollte jeder Zonenleiter oder Meister ein Interesse an einer Zusammenarbeit mit der Instandhaltung zur Verbesserung der Anlage entwickeln, was auch Prozessen z.B. im Bereich TPM zugute kommen sollte.

Eine enge Kopplung zwischen dem Managementsystem für die Instandhaltung (z.B. SAP-PM) und dem MMS Server hilft, die Prozesse automatisiert ablaufen zu lassen und so die laufenden Aufwände für Abrechnungen und Kostenzuordnungen so gering wie möglich zu halten.