

# INSTANDHALTUNGS- MANAGEMENT

## - Ein neues Paradigma -

von John Moubray  
deutsche Bearbeitung  
Hans-Jürgen Taag

### **PARADIGMA:** Muster oder Modell

### **MAXIME:** Grundsatz

## Einleitung

Das Thema der Veränderung dominiert nahezu alles was über Management zurzeit geschrieben wird. Alle Bereiche werden ermahnt sich an die Änderungen in Organisationsaufbau, in Technologie, in Führungsfähigkeiten, in Kommunikation - in der Tat, in praktisch jedem Aspekt des Arbeitslebens - anzupassen. Vielleicht ist das nirgendwo mehr und intensiver zu spüren als im Management von technischen Anlagen.

Ein auffallendes Merkmal dieses Phänomens ist die Anzahl gleichzeitig aufgetretener Veränderungen. Manche erschienen auf einer strategischen - fast philosophischen - Ebene, während andere eher taktischer - oder technischer - Art sind. Aber noch auffälliger ist das Ausmaß der Veränderungen. Sie beinhalten nicht nur radikale Veränderungen der Richtung (manche genau umgekehrt wie Dinge bisher getan wurden), manche verlangen von uns mit den Bedingungen ganz neuer Konzepte zurecht zu kommen.

Dieser Beitrag behandelt fünfzehn Schlüsselbereiche der Veränderung. Jeder einzelne *für sich selbst* ist so weitreichend um in den meisten Unternehmen große Aufmerksamkeit zu erhalten. Zusammen ergeben sie ein ganz neues Paradigma. Dieses umzusetzen bedeutet für die meisten von uns, das Anlagenmanagement wird eine monumentale Übung in Veränderungsmanagement (Change Management) für die nächsten paar Jahre werden.

Jede dieser Veränderungen für sich selbst ist ausreichend, um ein - wenn nicht mehrere - Bücher zu füllen (man denke an all die verfügbaren Bücher allein über voraussehende Instandhaltung). Ein kurzer Beitrag wie dieser ist deshalb nicht in der Lage, alle Veränderungen im Detail zu behandeln. Tatsächlich nutzt es das andere Extrem indem es jeden Bereich der Veränderung auf zwei Maxime reduziert gefolgt von einer kurzen Erläuterung. In jedem Falle beschreibt eine Maxime die Art wie Dinge bisher waren und die andere fasst zusammen, wie Dinge heute sind oder sein sollten.

Es gibt eine Grenze zur Übereinfachung bei dem Versuch, jedes *einzelne* Thema in ein oder zwei Sätzen zusammenzufassen, um allein *fünfzehn* Themen übrigzulassen. Trotzdem erfüllt solch eine Zusammenfassung zweierlei Zwecke:

- Sie liefert einen schnellen Überblick darüber welches die Veränderungen sind
- Sie liefert die Basis für den Vergleich verschiedener Entscheidungs-Support-Werkzeuge und Management-Philosophien die für sich beanspruchen eine Basis für Maßnahmen zu liefern (RCM, FMECA, MSG3, HAZOP, TPM, Fehlerbaum-Analyse, RCM2 und andere).

Dieser Beitrag fasst lediglich die fünfzehn Bereiche der Veränderung zusammen. Aufgrund des Zeitdrucks kann das Nutzen dieser Zusammenfassung um unterschiedliche Instandhaltungswerkzeuge zu vergleichen nur Thema eines späteren Beitrags sein.

---

**MSC Maintenance Strategy Consult GmbH, Hindemithstr. 12, D-40789 MONHEIM am Rhein**

Dipl. Ing. Hans-Jürgen Taag, Tel. 02173 50582, Fax 02173 51636

Homepage: <http://www.msc-gmbh.info> , e-Mail: [Info@msc-gmbh.info](mailto:Info@msc-gmbh.info)

# Maxime 1

## ALT

Instandhaltung dient dazu,  
technische Anlagen zu erhalten

## NEU

Instandhaltung dient dazu, die  
Funktionen von Anlagen zu erhalten

Die meisten Leute werden Ingenieure weil sie eine Affinität mit materiellen Dingen fühlen, seien es mechanischer, elektrischer oder bautechnischer Art. Dieses führt dazu, dass man Anlagen die sich in einem guten Zustand befinden als angenehm empfindet, während man Anlagen in einem schlechten Zustand als unangenehm wahrnimmt.

Diese Reflexe waren immer im Kern des Gedankens der vorbeugenden Instandhaltung. Sie führten zu Konzepten wie 'Anlagenpflege', welche beinhalten wie der Name andeutet, dass die Anlagen *für sich* gepflegt werden. Sie haben auch die Instandhaltungs-Strategen dazu geführt zu glauben, dass Instandhaltung alles hinsichtlich Erhaltung der vorhandenen Zuverlässigkeit oder eingebauten Leistungsfähigkeit einer Anlage ist.

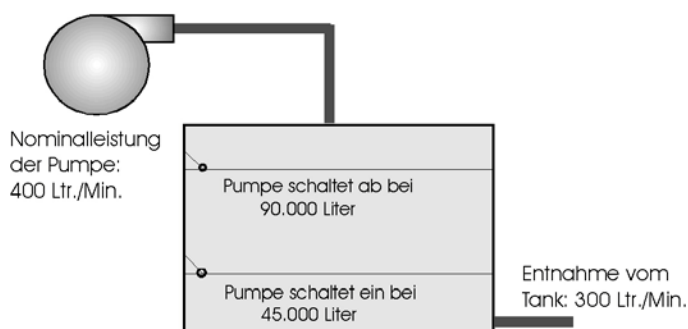
Tatsächlich ist das aber nicht so.

Je mehr wir ein tieferes Verständnis von der Rolle technischer Anlagen im Geschäftsleben gewinnen, beginnen wir die Bedeutsamkeit der Tatsache zu schätzen, dass jede Anlage in Betrieb genommen wurde weil jemand wollte, dass sie etwas tun sollte. Daraus folgt wenn wir eine Anlage instand halten, *der Status den wir zu erhalten wünschen muss einer sein, der sie veranlasst weiterhin das zu tun was immer ihre Benutzer von ihr wünschen*. Dieses wiederum beinhaltet, wir müssen uns vielmehr darauf konzentrieren instand zu halten was jede Anlage *tut* anstatt was sie *ist*.

Es ist klar, bevor wir das tun können, müssen wir ein kristallklares Verständnis von den Funktionen jeder Anlage zusammen mit ihren Leistungsnormen haben.

Abbildung 1 zum Beispiel, zeigt eine Pumpe mit einer Nominalkapazität von 400 Liter/Minute. Diese pumpt Wasser in einen Tank aus dem es mit einer Rate von 300 Liter/Minute entnommen wird. In diesem Fall ist die Primärfunktion der Pumpe "Wasser in den Tank liefern mit nicht weniger als 300 Liter/Minute". Irgendein Instandhaltungsprogramm für die Pumpe sollte versuchen sicherzustellen, dass ihre Leistung nicht unter 300 Liter/Minute sinkt. (Beachten Sie, beim Bestreben sicherzustellen, dass der Tank nicht leer wird, versucht das Instandhaltungsprogramm nicht sicherzustellen, dass die Pumpe weiterhin in der Lage ist Wasser in den Tank mit nicht weniger als 400 Liter/Minute zu liefern".)

Abbildung 1



Trotzdem, wenn genau die gleiche Pumpe zu einem anderen Tank gebracht wird, bei dem die Entnahme 350 Liter/Minute beträgt, verändert sich die Primärfunktion entsprechend. Das Instandhaltungsprogramm muss nun geändert werden um den höheren Leistungsanforderungen zu genügen.

Funktionen und Leistungserwartungen betreffen nicht nur den Ausstoß. Sie betreffen auch Fragen wie Produktqualität, Kundenservice, Wirtschaftlichkeit und Effizienz des Betriebs, Steuerung,

umhüllen/beinhalten (von Medien), Komfort, Schutz, Übereinstimmung mit Umweltvorschriften, Baustabilität und sogar das Aussehen einer Anlage.

## Maxime 2

ALT

Routinemäßige Instandhaltung dient dazu, um Störungen vorzubeugen

NEU

Routinemäßige Instandhaltung soll die Folgen von Störungen verhindern, reduzieren oder beseitigen

Eine detaillierte Analyse eines durchschnittlichen Industrieunternehmens wird wahrscheinlich zwischen fünf- und zehntausend mögliche Störarten ergeben. Jede dieser Störungen betrifft die Organisation auf irgendeine Art, aber in jedem Fall sind die Auswirkungen unterschiedlich. Sie können den Betrieb betreffen, aber ebenso die Produktqualität, Kundenservice, sowie Sicherheit oder Umwelt. Sie alle brauchen Zeit und kosten Geld für die Reparatur.

Es sind diese Folgen welche am meisten den Aufwand beeinflussen den wir treiben um zu versuchen jede Störung zu verhindern. Wenn eine Störart schwerwiegende Folgen hat, werden wir wahrscheinlich mit sehr viel mehr Aufwand versuchen der Störung vorzubeugen. Sind nur geringe oder keine Folgen zu erwarten, mögen wir entscheiden keine vorbeugende Maßnahmen durchzuführen.

In anderen Worten, die Folgen einer Störung sind sehr viel wichtiger als ihre technischen Merkmale.

Zum Beispiel ist eine Störung welche die Pumpe in Abbildung 1 betreffen könnte "Kugellager festgefressen aufgrund von normalem Verschleiß". Wenn es vier Stunden dauert ein ausgefallenes Kugellager zu tauschen, und die unerwartete Störung des Kugellagers für die Bedienmannschaft nur offensichtlich wird wenn der Tankpegel bis zum unteren Pegelschalter absinkt, dann enthält der Tank nur noch für 2,5 Stunden Wasser. Das bedeutet der Tank wird für 1,5 Stunden leer sein während das Kugellager repariert wird.

Eine zustandbedingte Maßnahme die für das Lager angewendet werden könnte, ist die Überwachung des Schwingungsverhaltens mit einem Gerät zur Schwingungsanalyse. Wenn eine sich anbahnende Störung entdeckt wird, ist die erste Priorität für die Bediener, den Tank aufzufüllen bevor das Lager festfrisst. Das gibt ihnen 5 Stunden um eine 4-Stunden-Maßnahme durchzuführen. Dieses wiederum ermöglicht ihnen, die Folgen eines leeren Tanks zu verhindern (und ebenfalls mögliche Folgeschäden an der Pumpe zu verhindern). *Die Maßnahme "rettet" nicht das Lager* - das verloren ist was auch immer passiert.

Dieses Beispiel zeigt, der Hauptgrund irgendwelche vorwegnehmende Instandhaltung zu tun ist, die *Folgen* einer Störung zu verhindern, zu reduzieren oder zu beseitigen. Eine förmliche Durchsicht von Störungsfolgen lenkt die Aufmerksamkeit auf Instandhaltungsmaßnahmen, welche die größten Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Unternehmens haben. Außerdem wird die eingesetzte Arbeitsenergie von den Störungen abgelenkt die nur wenig oder keine Auswirkungen haben. Dieses hilft sicherzustellen, dass alles was für Instandhaltung ausgegeben wird dort eingesetzt wird, wo es den besten Nutzen bringt.

## Maxime 3

ALT

Es ist der primäre Zweck der Instandhaltung, die Verfügbarkeit der Anlagen bei minimalen Kosten zu optimieren

NEU

Instandhaltung betrifft alle Aspekte von Effektivität und Risiko der Geschäftstätigkeit - Sicherheit, Umweltschutz, Energieeffizienz, Produktqualität und Kundenservice - nicht nur Anlagenverfügbarkeit und Kosten

Stillstandszeit hat immer die produktiven Möglichkeiten von Anlagen beeinflusst. Sei es durch reduzierten Ausstoß, erhöhte Betriebskosten und Beeinflussung des Kundenservices. In den 60er und 70er Jahren war dies bereits ein Hauptanliegen im Bereich Bergbau, Fertigung und Transport. In der Fertigungsindustrie verschlimmerten sich die Auswirkungen der Stillstandszeiten durch die weltweite Bewegung in Richtung Just-

in-Time Systemen. Hier führte die reduzierte Lagerhaltung im Fertigungsablauf dazu, dass relativ kleine Ausfälle die gesamte Fertigung stoppen konnten. Heutzutage wurden durch die wachsende Mechanisierung und Automatisierung die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit zu Schlüsselfragen in solch unterschiedlichen Bereichen wie Gesundheitswesen, EDV, Telekommunikation und Gebäudemanagement.

Die Kosten der Instandhaltung sind in den letzten Dekaden ebenfalls stetig gestiegen, sowohl in absoluten Zahlen, als auch im Verhältnis zu den Gesamtausgaben. In manchen Industriezweigen ist dies nun der zweithöchste oder sogar der höchste Einzelposten der Gesamtkosten. Die Instandhaltung ist somit in nur 40 Jahren von irgendwo in die obersten Ränge der Kosten-control-Prioritäten gerückt.

Die Wichtigkeit dieser beiden Aspekte für das Anlagenmanagement führt dazu, dass immer noch viele Instandhaltungsleiter diese als die einzigen signifikanten Ziele der Instandhaltung ansehen.

Dies ist jedoch nicht länger der Fall, weil die Funktion Instandhaltung nun eine Reihe weiterer Ziele hat. Diese werden in den folgenden Absätzen zusammengefasst.

Höhere Automatisierung bedeutet, dass mehr und mehr Störungen unsere Fähigkeit befriedigende Qualitätsstandards zu erreichen und sicherzustellen betreffen. Dies trifft sowohl für die Servicestandards als auch für die Produktqualität zu. So betreffen zum Beispiel Anlagenstörungen die Klimasteuerung in Gebäuden und die Pünktlichkeit von Transportnetzen wie sie auch das stetige Einhalten spezifischer Fertigungstoleranzen in der Herstellung beeinflussen.

Eine andere Folge der wachsenden Automatisierung ist die steigende Anzahl von Störungen die ernsthafte Sicherheits- oder Umweltfolgen haben, in einer Zeit in der die Normen in diesen Bereichen schnell wachsen. In vielen Teilen der Erde ist der Punkt erreicht, dass Unternehmen entweder mit den *Sicherheits- oder Umwelterwartungen* der Gesellschaft übereinstimmen oder sie müssen schließen. Dieses ergibt eine Größenordnung für unsere Abhängigkeit von der Integrität unserer technischen Anlagen - welche weit über die Kosten hinausgeht und einfach zu einer Überlebensfrage des Unternehmens wird.

Zur gleichen Zeit wie unsere Abhängigkeit von technischen Anlagen wächst, steigen auch die *Kosten diese zu betreiben und zu besitzen*. Um ein Maximum von Return on Investment zu erhalten, müssen sie effizient betrieben werden, solange deren Benutzer es wünschen.

Diese Entwicklungen bedeuten, dass die Instandhaltung nun eine wachsende zentrale Rolle bei der Erhaltung *aller* Aspekte der technischen, finanziellen und wettbewerbsfähigen Gesundheit des Unternehmens spielt. Dieses wiederum bedeutet, Instandhaltungsprofis schulden es sich selbst und Ihren Arbeitgebern, sich mit den Werkzeugen auszustatten die benötigt werden, um diese Themen kontinuierlich, vorwegnehmend und direkt anzugehen, als sich nur bei Bedarf oder wenn die Zeit es erlaubt darum zu kümmern.

## MAXIME 4

### ALT

Die meisten Geräte fallen  
häufiger aus je älter sie werden

### NEU

Die meisten Störungen werden  
*nicht* häufiger je älter die Geräte werden

Für Jahrzehnte war es gang und gäbe zur Optimierung der Leistung technischer Anlagen diese regelmäßig zu überholen oder Teile in festen Intervallen zu ersetzen. Dieses basierte auf der Annahme es gäbe einen direkten Zusammenhang zwischen der Zeitdauer (oder Anzahl Zyklen) die eine technische Anlage in Betrieb ist und der Wahrscheinlichkeit dass sie ausfallen wird, wie in Abbildung 2 dargestellt. Dieses suggeriert, dass die meisten Teile für eine bestimmte Zeitspanne "X" zuverlässig ihren Dienst versehen und dann verschlissen sind.

Nach der klassischen Denkweise ist es möglich "X" aufgrund von bisherigen Aufzeichnungen über Störungen zu bestimmen. Dieses soll es dem Benutzer der Anlage ermöglichen, vorbeugende Maßnahmen kurz vor dem Eintritt einer zukünftigen Störung durchzuführen. Dieser vorhersehbare Zusammenhang zwischen Alter und Störung ist tatsächlich für einige Störarten vorhanden. Er scheint



dort aufzutreten wo die Anlage in direkten Kontakt mit dem Produkt kommt. Beispiele sind Pumpenlaufräder, Ventilsitze, Brecheranlagen, Schneckenförderer und so weiter. Altersabhängige Störungen hängen auch oft mit Ermüdung und Korrosion zusammen.

Technische Geräte sind heute jedoch allgemein viel komplexer als sie es eben noch vor 15 Jahren waren. Dieses führte zu veränderten Mustern von Anlagenstörungen wie in Abbildung 3 dargestellt. Die Kurven zeigen die zustandsbedingte Wahrscheinlichkeit einer Störung über der Betriebszeit für eine breite Auswahl elektrischer und mechanischer Teile.

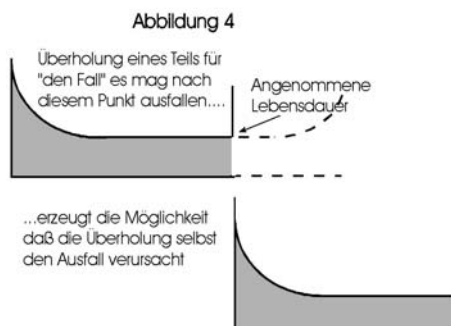
Muster A ist die bekannte "Badewannenkurve" und Muster B ist dieselbe wie in Abbildung 2. Muster C zeigt eine leicht ansteigende Wahrscheinlichkeit einer Störung ohne spezifisches Verschleißalter. Muster D stellt eine niedrige Störwahrscheinlichkeit zu Beginn dar, mit dann schnellem Anstieg auf ein konstantes Niveau. Das Muster E dagegen zeigt eine konstante Wahrscheinlichkeit über die gesamte Betriebszeit und Muster F beginnt mit einer hohen Störwahrscheinlichkeit (Kinderkrankheiten) und fällt dann auf ein konstantes oder sehr langsam steigendes niedriges Niveau.

Untersuchungen in der zivilen Luftfahrt zeigten, dass 4% der Teile mit Muster A übereinstimmen, 2% mit B, 5% mit C, 7% mit D, 14% mit E und nicht weniger als 68% mit Muster F. (Diese Verteilung in der Luftfahrt ist nicht notwendigerweise dieselbe wie in der Industrie, aber je komplexer technische Geräte werden, um so mehr Teile werden mit Muster F oder E übereinstimmen).

Diese Erkenntnisse widersprechen dem Glauben, dass es immer einen Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit und Betriebszeit gibt - der Glauben der zu der Meinung führte, je öfter ein Gerät überholt wird desto weniger wird es ausfallen. In der Praxis ist dies nahezu nie so. Außer bei dominierenden altersabhängigen Störarten helfen Überholung oder Austausch wenig oder gar nichts um die Zuverlässigkeit komplexer Teile zu verbessern.

Die meisten Instandhaltungsprofis sind sich dieser Erkenntnisse bewusst. Sie kommen mit den Bedingungen der Realität von Zufälligkeit nach Jahrzehnten der Badewannenkurve zurecht. Die Tatsache jedoch, dass die Badewannenkurve immer noch in so vielen Texten über Instandhaltung vorkommt beweist den fast mystischen Glauben den manche Leute in den Zusammenhang von Alter und Störung haben. In der Praxis hat dieser Glauben zwei ernsthafte Nachteile:

- Er führt zu der Annahme, wenn wir keine eindeutigen Fakten über die Existenz von altersabhängigen Störarten haben, dass es ratsam ist trotzdem das Gerät von Zeit zu Zeit "für alle Fälle" dass es vielleicht doch solch eine Störart gibt, zu überholen. Dieses vernachlässigt die Tatsache, dass Überholungen extrem eingreifende Maßnahmen sind, die stabile Systeme massiv beeinflussen. Als solche besitzen sie eine hohe Wahrscheinlichkeit Kinderkrankheiten zu erzeugen, die Störungen verursachen die man eigentlich dadurch verhindern wollte. Dies ist in Abbildung 4 dargestellt.



Leuten üblicherweise gar nicht mehr wahrgenommen. Noch ernsthafter wirkt sich aus, wenn diese die wichtigste Schlussfolgerung im Zusammenhang mit Maxime 4 einfach nicht akzeptieren, die wie folgt formuliert werden kann:

- Auf einer mehr philosophischen Ebene überzeugen die Badewannengläubigen sich selbst es sei konservativer (in anderen Worten sicherer) anzunehmen jedes Teil hat ein Leben - und deshalb die Geräte auf der Basis des angenommenen Lebens zu überholen - als anzunehmen es könnte zufällig ausfallen. Nach der Einführung von Instandhaltungsprogrammen die auf dieser Annahme basieren, nehmen sie dann auch an, dass keine Störung zwischen diesen Überholungen auftreten können und alles was trotzdem auftritt kann nichts mit Instandhaltung zu tun haben denn "wir haben es ja erst letzte Woche, letztes Jahr oder wann auch immer überholt". Die Möglichkeit, dass die Überholung selbst die Ursache einer Störung sein mag, wird von diesen

*In Abwesenheit jedes gegenteiligen Beweises, ist es konservativer Instandhaltungsstrategien zu entwickeln die annehmen die Störung könnte **jederzeit** (in anderen Worten, zufällig) auftreten, als anzunehmen sie werden nur nach einer bestimmten Betriebszeit auftreten.*

## Maxime 5

### ALT

Es müssen umfassende Daten über Ausfallraten vorhanden sein, bevor es möglich ist ein wirklich erfolgreiches Instandhaltungsprogramm zu entwickeln

### NEU

Entscheidungen über das Management von Anlagenstörungen werden nahezu immer mit unzureichenden Daten über Ausfallraten getroffen werden müssen

Eine erstaunliche Zahl von Leuten glauben, eine effektive Instandhaltungspolitik könnte nur formuliert werden auf der Basis von umfangreichen historischen Informationen über Störungen. Tausende manuelle und computerunterstützte Aufzeichnungssysteme für technische Daten, wurden weltweit auf der Basis dieses Glaubens installiert. Es führte auch zu der großen Betonung der Störmuster wie im vorherigen Absatz dieses Beitrags besprochen. Doch vom Standpunkt der Instandhaltung aus, sind diese Störmuster voller Probleme, Rätsel und Widersprüche. Einige davon werden nachfolgend zusammengefasst:

#### *Probengröße und -entwicklung:*

Große Industrieprozesse besitzen normalerweise nur eine oder zwei Anlagen eines Typs. Sie werden eher nacheinander in Betrieb genommen als gleichzeitig. Das heißt die Probengröße ist eher zu klein für statistische Verfahren um sehr überzeugend zu wirken. Für neue Anlagen mit der modernsten Technologie sind sie immer zu klein.

Diese Anlagen sind auch in einem kontinuierlichen Zustand der Weiterentwicklung und Änderung, speziell als Antwort auf neue Betriebsanforderungen und teilweise als Versuch Störungen zu beseitigen, die entweder ernsthafte Folgen haben oder die zuviel Kosten um sie zu verhindern. Das bedeutet, dass die Zeitspanne in der irgend eine Anlage in irgend einer speziellen Konfiguration betrieben wird, relativ kurz ist.

Deshalb sind versicherungsstatistische Verfahren von wenig Nutzen, da die Datenbasis sehr klein ist und sich dauernd ändert. (Die wichtigste Erwartung ist, Unternehmen benutzen eine große Zahl identischer Geräte in fast gleicher Weise.)

#### *Komplexität:*

Die reine Anzahl und Ungleichheit von vorhandenen Anlagen in den meisten Industrieunternehmen bedeutet, dass es einfach unmöglich ist eine komplette analytische Beschreibung der Zuverlässigkeitscharakteristiken eines ganzen Unternehmens zu erstellen - oder auch nur einer wichtigen Anlage im Unternehmen.

Dieses wird durch die Tatsache erschwert, dass viele Funktionsstörungen nicht durch zwei oder drei Störungsarten verursacht werden, sondern durch zwei oder drei Dutzend Störungsarten. Ein Ergebnis ist, während es sein mag, dass es recht einfach ist die Funktionsstörungen aufzulisten, ist es ein großes statistisches Unterfangen jedes Störungsmuster zu ermitteln und zu beschreiben, welches für jede Störart gilt. Dieses allein macht vernünftige versicherungsstatistische Analysen nahezu unmöglich.

#### *Störungsmeldung:*

Weitere Komplikationen treten auf durch unterschiedliche Meldeverfahren von einem Unternehmen zum anderen. Zum Beispiel, ein Teil mag in einer Fabrik ausgetauscht werden weil sich ein Ausfall anbahnt während es in einer anderen Fabrik ausgetauscht wird weil es ausgefallen ist.

Ähnliche Unterschiede werden durch unterschiedliche Leistungserwartungen verursacht. Eine Funktionsstörung ist definiert als die Unfähigkeit eines Teils die gewünschte Leistungsnorm zu erfüllen. Diese Leistungsnormen können natürlich für dieselbe Anlage unterschiedlich sein wenn die Betriebsbedingungen unterschiedlich sind, weshalb die Ansicht was gestört bedeutet ebenfalls unterschiedlich ist. Zum Beispiel die Pumpe in Abbildung 1 ist gestört, wenn sie unter den einen Bedingungen nicht in der Lage ist 300 Liter pro Minute zu liefern und unter anderen Bedingungen 350 Liter pro Minute.

Diese Beispiele zeigen, eine Störung in einem Unternehmen - oder auch nur einem Teil eines Unternehmens – muss nicht eine Störung in einem anderen sein. Dieses kann sich in zwei durchaus unterschiedlichen Stördaten für offensichtlich identische Teile ausdrücken.

*Der grundlegende Widerspruch:*

Ein Punkt der die ganze Frage der technischen Historie verhext ist die Tatsache, wenn wir Daten über Störungen sammeln ist es weil wir sie nicht verhindern. Die Einbeziehung dessen wird prägnant von Resnikoff (1978) in folgender Aussage zusammengefasst:

*"Die Gewinnung der Informationen welche Instandhaltungsplaner glauben zu benötigen - Informationen über kritische Störungen - ist im Prinzip unakzeptabel und ist Beweis für das Versagen des Instandhaltungsprogramms. Das ist so, weil kritische Störungen potentiell (in manchen Fällen sicher) den Verlust von Leben beinhalten, es jedoch keine Rate für den Verlust von Leben gibt die akzeptabel ist für eine (jegliche) Organisation als Preis für Informationen über Störungen die zur Erstellung einer Instandhaltungspolitik benötigt werden. So ist der Instandhaltungsplaner mit dem Problem konfrontiert, ein Instandhaltungssystem zu entwerfen, für das der erwartete Verlust an Leben kleiner sein wird als eins über die geplante Betriebslebensdauer der Anlage. Das bedeutet, beides in der Praxis und im Prinzip, die Politik muss erstellt werden ohne Benutzung von Erfahrungsdaten welche vom Auftreten der Störung, die eigentlich verhindert werden sollen, gewonnen werden."*

Trotz großer Anstrengungen der Instandhaltungsplaner, wenn eine kritische Störung aktuell auftritt, geben Nowlan und Heap (1978) folgenden Kommentar über die Rolle von versicherungsstatistischen Analysen:

*"Die Entwicklung eines Zusammenhangs von Alter und Zuverlässigkeit, ausgedrückt durch eine Kurve der zustandbedingten Wahrscheinlichkeit einer Störung, erfordert eine beträchtliche Menge an Daten. Wenn die Störung eine mit ernsthaften Folgen ist, wird dieser Datenpool nicht vorhanden sein, weil vorbeugende Maßnahmen notwendigerweise erst nach der ersten Störung getroffen werden können. So können versicherungsstatistische Analysen nicht benutzt werden um mit größter Sorgfalt Altersgrenzen festzustellen - welche notwendig sind die Betriebssicherheit zu schützen."*

Dieses führt zu dem grundlegenden Widerspruch die Vorbeugung von Störungen mit ernststen Folgen betreffend und den historischen Daten über solche Störungen: erfolgreiche vorbeugende Instandhaltung beinhaltet die Verhinderung des Sammelns historischer Daten welche wir glauben zu benötigen, um zu entscheiden welche vorbeugende Instandhaltungen wir tun sollten.

Dieser Widerspruch gilt umgekehrt für das andere Ende der Skala von Folgen. Störungen mit geringen Folgen tendieren dazu genau deshalb erlaubt zu sein, weil sie nicht von großer Bedeutung sind. Als ein Ergebnis sind eine große Menge historischer Daten über diese Störungen verfügbar, das heißt es gibt ausreichendes Material für genaue versicherungsstatistische Analysen. Diese können sogar einige Altersgrenzen enthüllen. Trotzdem, da die Störung nicht von Bedeutung ist, ist es ziemlich unwahrscheinlich, dass die daraus folgende Instandhaltungsmaßnahme in festen Intervallen kosteneffektiv sein wird. Während also die versicherungstechnische Analyse dieser Informationen exakt sein mögen, ist sie aber wahrscheinlich reine Zeitverschwendung.

*Schlussfolgerung:*

Die vielleicht wichtigste Schlussfolgerung aus den obigen Kommentaren ist, dass Instandhaltungsprofis ihre Aufmerksamkeit weg vom Störungszählen (in der Hoffnung eine elegant aufgebaute Punktetabelle wird uns sagen wie das Spiel in Zukunft zu spielen ist), hin zum vorhersehen oder vorbeugen von bedeutenden Störungen.

Deshalb, um wirklich effektiv zu sein, müssen wir uns einfach mit dem Gedanken der Unbestimmtheit anfreunden und Strategien entwickeln welche uns in die Lage versetzen damit Vertrauensvoll umzugehen. Wir müssen auch registrieren, dass wenn die Folgen von zu großer Unbestimmtheit nicht toleriert werden können, müssen wir die Folgen ändern. In extremen Fällen ist die einzige Möglichkeit dies zu tun, indem der betroffene Prozess aufgegeben wird.

## Maxime 6

### ALT

Es gibt drei Basistypen der Instandhaltung:

- vorhersehende
- vorbeugende
- korrektive

### NEU

Es gibt vier Basistypen der Instandhaltung:

- vorhersehende
- vorbeugende
- korrektive
- detektive

Das meiste das bis jetzt zum allgemeinen Thema Instandhaltungsstrategie geschrieben wurde, bezieht sich auf drei - und nur drei - Typen von Instandhaltung: vorhersehende, vorbeugende, korrektive. Vorhersehende (oder zustandorientierte) Maßnahmen beinhalten das Prüfen ob sich eine Störung anbahnt. Vorbeugende Instandhaltung bedeutet üblicherweise Teile zu überholen oder auszutauschen in festen Intervallen. Korrektive Instandhaltung, oder Instandsetzung, bedeutet die Dinge reparieren entweder wenn man feststellt dass sich ihr Zustand verschlechtert oder wenn sie ausgefallen sind.

Trotzdem gibt es eine ganze Familie von Maßnahmen die nicht in eine der obigen Kategorien fällt.

Wenn wir zum Beispiel periodisch den Feueralarm aktivieren, prüfen wir nicht ob sich eine Störung anbahnt. Wir machen auch sicherlich keine Überholung oder Austausch, und wir reparieren ihn auch nicht.

Wir prüfen nur ob er immer noch funktioniert.

Maßnahmen die erdacht wurden zu prüfen ob etwas immer noch arbeitet sind bekannt als „Funktionsprüfung“ oder „Fehler-Such-Maßnahmen“. (Um die gleiche Begriffswelt wie die anderen drei Maßnahmen zu benutzen, nennt der Autor und seine Kollegen diese auch „detektive“ Maßnahmen, weil sie dazu dienen eine aufgetretene Störung zu ermitteln - zu detektieren.)

Detektive Instandhaltung oder Fehler-Suche kann nur für verdeckte oder nicht offensichtliche Störungen angewandt werden, und verdeckte Störungen wiederum betreffen nur Schutzeinrichtungen.

Wenn man eine wissenschaftliche Analysetechnik zur Ermittlung der Instandhaltungsstrategie auf nahezu jedes moderne, komplexe Industriesystem anwendet, findet man bis zu 40% Störarten welche in die verdeckte Kategorie fallen. Weiterhin bis zu 80% dieser Störarten erfordern Fehler-Suche, so ist typischerweise, *ein Drittel der Maßnahmen die durch ein umfassendes, korrekt angewendetes Instandhaltungs-Strategie-Entwicklungsprogramm erzeugt werden, detektive Maßnahmen.*

Andererseits zeigt die gleiche Analysetechnik, dass es nicht ungewöhnlich ist wenn Zustandsüberwachung für nur 20% der Störarten technisch machbar ist und eine Investition sich nur bei der Hälfte dieser Fälle lohnt. (Dieses bedeutet nicht, dass Zustandsüberwachung nicht genutzt werden soll - wo es gut ist, ist es sehr, sehr gut - aber wir müssen daran denken passende Strategien für die Handhabung der anderen 90% Störarten zu finden.)

Eine eher beunruhigende Erkenntnis ist, dass die meisten traditionellen Instandhaltungsprogramme weniger als ein Drittel der Schutzeinrichtungen überhaupt berücksichtigen (und dann noch in ungeeigneten Intervallen). Die Personen welche die Fabrik mit diesen traditionellen Programmen betreiben und instand halten sind sich bewusst, dass ein weiteres Drittel dieser Schutzeinrichtungen existiert, aber nicht beachtet wird. Es ist auch nicht unüblich, dass sogar niemand von der Existenz des restlichen Drittels weiß. Dieser Mangel an Bewusstsein und Aufmerksamkeit bedeutet, dass die meisten Schutzeinrichtungen in der Industrie - unsere letzte Schutzlinie wenn etwas schief geht - schlecht oder gar nicht instand gehalten werden.

Diese Situation ist komplett unhaltbar.

Wenn die Industrie es ernst meint mit Sicherheit und Umweltschutz, dann muss der gesamten Frage von detektiver Instandhaltung - Fehler-Suche - höchste Priorität gegeben werden als eine vordringliche Angelegenheit. Weil mehr und mehr Instandhaltungsprofis sich dieses vernachlässigten Bereichs der Instandhaltung bewusst werden, wird es wahrscheinlich ein größeres Thema der Instandhaltungsstrategie in der nächsten Dekade werden als es die voraussehende Instandhaltung in den letzten zehn Jahren war.



# Maxime 7

## ALT

Die Frequenz von zustandorientierter Instandhaltung sollte sich nach der Häufigkeit der Störungen und/oder der Wichtigkeit des Teils richten

## NEU

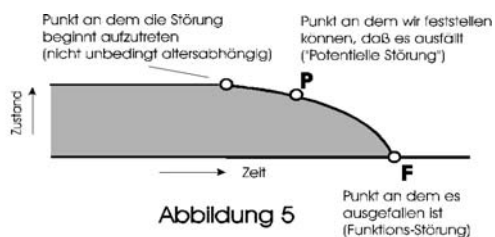
Die Frequenz von zustandorientierter Instandhaltung sollte sich nach der Störungsentwicklungsperiode (auch als "Vorlaufzeit der Störung" oder "P-F Intervall" bekannt) richten

Wenn Leute über die Frequenz von vorhersehenden (oder zustandorientierten) Maßnahmen diskutieren, hört man oft eine der beiden - manchmal beide - Aussagen:

- es fällt nicht so oft aus, deshalb brauchen wir es nicht so oft zu prüfen
- wir müssen die kritischen Fabrikteile öfter prüfen als die weniger kritischen.

In beiden Fällen ist die Aussage falsch.

Die Häufigkeit von vorhersehenden Instandhaltungs-Maßnahmen hat nichts zu tun mit der Häufigkeit der Störung und nichts mit der Wichtigkeit eines Teils. Die Frequenz jeder Form von zustandabhängiger Instandhaltung richtet sich nach der Tatsache, dass die meisten Störungen nicht plötzlich auftreten, und es oft möglich ist festzustellen, dass die Störung sich anbahnt während der letzten Stufen der Zustandsverschlechterung. Abbildung 5 zeigt diesen allgemeinen Prozess. Sie wird P-F Kurve genannt, weil sie



zeigt wie eine Störung anfängt und sich weiterentwickelt bis zu dem Punkt an dem sie festgestellt werden kann (der Punkt "P" der potentiellen Störung). Danach, falls es nicht festgestellt wird und entsprechende Maßnahmen getroffen werden, verschlechtert sich der Zustand weiter - normalerweise beschleunigt - bis der Punkt ("F") der Funktionsstörung erreicht ist.

Die Zeit (oder Anzahl Beanspruchungszyklen) die vergeht zwischen dem Punkt wo die potentielle Störung auftritt und es sich verschlechtert zur Funktionsstörung ist bekannt als das P-F

Intervall, wie in Abbildung 6 gezeigt.

Das P-F Intervall bestimmt die Häufigkeit mit welcher die vorhersehende Maßnahme durchgeführt werden muss. Das Prüfintervall muss signifikant kleiner sein als das P-F Intervall, wenn wir die potentielle Störung feststellen wollen bevor sie zur Funktionsstörung wird.

Das P-F Intervall kann in beliebigen Einheiten der Beanspruchung gemessen werden (Betriebszeit, Ausstoßeinheiten, Stop-Start-Zyklen, etc.), aber es wird am meisten in abgelaufener Zeit gemessen. Für unterschiedliche Störarten kann das P-F Intervall variieren von Bruchteilen einer Sekunde bis zu mehreren Jahrzehnten.

Der Zeitaufwand der benötigt wird um auf irgendeine festgestellte potentielle Störung zu reagieren, beeinflusst ebenfalls die Intervalle von zustandabhängigen Maßnahmen. Grundsätzlich beinhaltet diese Reaktion irgendeine oder alle der folgenden Punkte:

- führe Maßnahmen durch um die Folgen der Störung zu vermeiden
- plane korrektive Maßnahmen, so dass sie ohne Produktionsunterbrechung durchgeführt werden können und/oder andere Instandhaltungsmaßnahmen
- organisiere die Ressourcen die benötigt werden um die Störung zu berichtigen.

Der Zeitaufwand für diese Reaktionen variiert ebenfalls von einigen Stunden (z.B. bis zum Ende des Betriebszyklus oder Schichtende), Minuten (um das Gebäude zu räumen das zusammenbricht) oder sogar Sekunden (um die Maschine oder den Prozess abzuschalten die außer Kontrolle geraten sind) bis zu Wochen oder gar Monate (z.B. bis zur Hauptrevision).

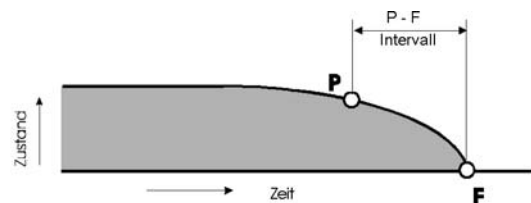


Abbildung 6

Es sei denn es gibt einen guten Grund was anderes zu tun, ist es normalerweise ausreichend als Prüfintervall das halbe P-F Intervall zu wählen. Dieses stellt sicher, dass die Maßnahme die potentielle Störung vor dem Auftreten der Funktionsstörung ermittelt. Außerdem liefert es ein Nettointervall von mindestens dem halben P-F

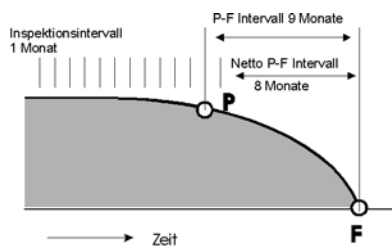


Abbildung 7

Intervall um etwas zu tun. Trotzdem ist es manchmal notwendig ein Prüfintervall zu wählen, das ein anderer Bruchteil des P-F Intervall ist. Zum Beispiel zeigt Abbildung 7 wie sich aus einem P-F Intervall von 9 Monaten und einem Prüfintervall von 1 Monat ein netto P-F Intervall von 8 Monaten ergibt.

Wenn das P-F Intervall zu kurz ist um eine praktikable Prüfung für die potentielle Störung durchzuführen, oder wenn das netto P-F Intervall zu kurz ist für irgendeine vernünftige Maßnahme die durchgeführt werden muss wenn die potentielle Störung entdeckt wurde, dann ist die zustandsabhängige Maßnahme nicht geeignet für die betrachtete Störart.

## Maxime 8

### ALT

Wenn beides, regelmäßige Überholung oder Austausch in festen Intervallen, technisch geeignet ist, dann ist üblicherweise beides billiger und effektiver als zustandsabhängige Instandhaltung.

### NEU

Wenn beides technisch geeignet ist, wird nahezu immer zustandsabhängige Instandhaltung, billiger und effektiver sein, als Überholung / Austausch in festen Intervallen über die Lebensdauer der Anlage.

Die neue Maxime 8 wird von den meisten Instandhaltungsprofis sehr gut verstanden, und die Änderung ist wirklich nur hier aufgeführt aus Gründen der Vollständigkeit. Trotzdem gibt es immer noch eine kleine Anzahl Leute welche der alten Maxime anhängen weshalb es Wert ist, kurz zusammenzufassen warum die neue Maxime gültig ist. Vielleicht ist es der beste Weg dieses an einem Beispiel zu tun.

Die meisten Länder heutzutage definieren eine minimale zulässige Abnutzung für Reifen (üblicherweise 2 mm). Reifen die unter diese Profiltiefe abgenutzt sind müssen entweder ausgetauscht oder runderneuert werden. In der Praxis zeigen Lastwagenreifen, speziell an gleichen Fahrzeugen in einzelnen Flotten auf den gleichen Strecken betrieben - einen engen Zusammenhang zwischen Alter und Beginn des Ausfalls aufgrund normaler Abnutzung. Runderneuern stellt nahezu den ursprünglichen Abnutzungsvorrat wieder her. So können die Reifen für das Runderneuern nach einer bestimmten Laufleistung eingeplant werden. Das bedeutet, alle Reifen in der Flotte würden nach einer bestimmten Anzahl Kilometer runderneuert ob sie es brauchen oder nicht.

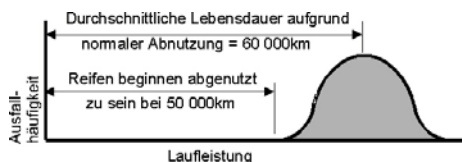


Abbildung 8

Abbildung 8 zeigt hypothetische Verschleißdaten für solch eine Flotte woraus wir entnehmen, die meisten Reifen halten zwischen 50 000 km und 70 000 km. Wenn eine Politik zur Runderneuerung in festen Intervallen festgelegt wird um alle Ausfälle aufgrund Abnutzung zu verhindern, müssen auf der Basis dieser Informationen die Reifen alle 50 000 km erneuert

werden. Trotzdem bedeutet diese Politik, dass viele Reifen runderneuert werden lang bevor es wirklich notwendig ist. In manchen Fällen werden die Reifen bis 70 000 km halten, werden aber bei 50 000 km erneuert, sie verlieren also bis zu 20 000 km nutzbare Lebensdauer.

Andererseits ist es möglich eine Bedingung für eine potentielle Störung der Reifen bezogen auf die Abnutzung zu definieren. Prüfen der Profiltiefe ist einfach und schnell, deshalb ist es ein Einfaches die Reifen (sagen wir alle) 3 000 km zu prüfen und die Erneuerung vorzunehmen wenn es wirklich nötig ist. Dieses würde dem Flottenleiter ermöglichen eine durchschnittliche Laufleistung von 60 000 km zu erreichen ohne seine Fahrer zu gefährden. Anstatt 50 000 km, die er bei einer geplanten Überholung (Runderneuerung) wie oben

beschrieben erhält - eine Steigerung des nutzbaren Lebens der Reifen um 20%. So ist in diesem Fall die vorhersehende Maßnahme wesentlich kosteneffektiver als die geplante Überholung.

Dieses Beispiel zeigt, vorhersehende Maßnahmen sollten immer zuerst betrachtet werden, aus folgenden Gründen:

- Sie können nahezu immer ausgeführt werden ohne die Anlage zu bewegen und üblicherweise während sie betrieben wird. Deshalb beeinflussen sie selten die Produktion und sind ebenso leicht zu organisieren.
- Sie ermitteln spezifische Bedingungen für potentielle Störungen wodurch Instandsetzungsmaßnahmen klar definiert werden können bevor sie beginnen. Das reduziert den Aufwand an durchzuführenden Reparaturarbeiten und ermöglicht die schnellere Durchführung.
- Durch die Identifizierung der Geräte am Punkt der potentiellen Störung wird ihnen ermöglicht das meiste ihrer nutzbaren Lebensdauer zu realisieren. Die Anzahl der Austauschs ist nur wenig höher als sie durch Auftreten der Funktionsstörung wäre, wodurch Reparaturkosten und Ersatzteilanforderungen minimiert sind.

## Maxime 9

### ALT

Ernsthafte Zwischenfälle bzw. katastrophale Unfälle die multiple Anlagenstörungen beinhalten, werden üblicherweise als ein unglückliches Ereignis oder als höhere Gewalt bezeichnet und sind deshalb nicht handhabbar.

### NEU

Bis zu einem beträchtlichen Ausmaß ist die Wahrscheinlichkeit einer multiplen Störung eine handhabbare Variable, speziell in geschützten Systemen.

In der Vergangenheit bestand die Tendenz große Industrieunfälle lediglich als weiteren Teil des Gesamtrisikos der Geschäftsausübung zu sehen. Man hatte das Gefühl es sei einfach zu teuer (wenn nicht unmöglich) industrielle Systeme in solch ausreichendem Detail zu analysieren um in der Lage zu sein die Risiken mit irgendeiner Glaubwürdigkeit handhaben zu können.

In jüngster Zeit haben Spezialisten für Zuverlässigkeit starke Verfahren entwickelt (wie z.B. Probabilistik oder quantitative Risikoabschätzung) um die kumulativen Wahrscheinlichkeiten von Störungen und den dazugehörigen Gesamtlevel der Risiken, die in komplexen Systemen enthalten sind, zu analysieren.

Trotzdem, als eine Einschränkung dieser Techniken bestand die Tendenz, speziell bei der Anwendung auf geschützte Systeme, die Wahrscheinlichkeit einer Störung der geschützten Funktion und der Schutzeinrichtung als fixiert zu betrachten. Das führt zu dem Glauben der einzige Weg die Wahrscheinlichkeit einer multiplen Störung im Zusammenhang mit solch einem System zu ändern ist die Geräte zu verändern (in anderen Worten, das System zu modifizieren), vielleicht durch hinzufügen von weiterem Schutz oder ersetzen von vorhandenen Komponenten durch solche von denen man annimmt sie sind zuverlässiger.

Tatsächlich zeigt sich heute aber, es ist möglich beides zu variieren, die Wahrscheinlichkeit der Störung einer geschützten Funktion und (speziell) die Ausfallzeit der Schutzeinrichtung indem eine passende Instandhaltungspolitik und Betriebsart angewendet wird. Als ein Ergebnis, ist es auch möglich durch passende Betriebsart und Instandhaltungspolitik, die Wahrscheinlichkeit einer multiplen Störung auf nahezu jedes gewünschte vernünftige Niveau zu bringen. (Null ist natürlich ein unerreichbares Ideal.)

Die Wahrscheinlichkeit die als tolerierbar betrachtet wird für irgendeine multiple Störung, hängt ab von deren Folgen. Manchmal sind die tolerierbaren Niveaus durch Behörden oder Vorschriften vorgegeben, aber in den meisten Fällen muss diese Festlegung durch den Benutzer der Anlage getroffen werden. Da die Folgen von System zu System sehr stark variieren, ist das was als tolerierbar erachtet wird ebenfalls sehr unterschiedlich. Das bedeutet es gibt keine universellen Risikostandards die auf alle Systeme eines bestimmten Typs angewendet werden können (zumindest noch nicht).

Aber *jemand* muss die Entscheidung treffen welches Risikoniveau akzeptabel ist, bevor es möglich ist zu entscheiden was getan werden muss um geschützte Systeme zu konstruieren, zu betreiben und instand zu halten. (Tatsächlich, nur die verantwortlichen Leute zu überreden zu akzeptieren dass dieses eine handhabbare Variable ist, *welche diese deshalb handhaben müssen*, ist eine der momentan größten Herausforderungen an Instandhaltungsprofis.)

# Maxime 10

## ALT

Der schnellste und sicherste Weg die Leistung einer vorhandenen "unzuverlässigen" Anlage zu verbessern ist die Konstruktion zu überarbeiten

## NEU

Es ist nahezu immer kosteneffektiver zu versuchen die Leistung einer unzuverlässigen Anlage durch Verbesserung der Art wie sie betrieben und instand gehalten wird zu erreichen und nur die Konstruktionsänderung zu betrachten, wenn dieses nicht die geforderte Leistung liefert.

Je mehr wir darüber lernen was getan werden muss um unsere Anlagen erfolgreich instand zu halten, desto mehr erkennen wir, wieviel Instandhaltungsprobleme am Konstruktionsbrett verhindert oder beseitigt werden könnten. Dies führt zu einer lang überfälligen Erkenntnis, dass Anlagenkonstrukteure nicht nur berücksichtigen sollten was getan werden muss um neue Anlagen die funktionieren zu entwickeln, sondern auch was getan werden muss sie am funktionieren zu halten.

Trotzdem zeigt diese Erkenntnis eine manchmal alarmierende Tendenz auf das Management vorhandener Anlagen unangemessen angewendet zu werden. Eine kleine aber laute Minderheit von Leuten scheinen zu glauben, die beste Art mit Zuverlässigkeitsproblemen umzugehen sei direkt zum Konstruktionsbrett zurück zu gehen, ohne zu fragen ob fortgeschrittene Instandhaltungspraxis in der Lage sein mag nicht tatsächlich die beste Lösung des Problems zu sein.

In der Praxis sollte Instandhaltung aus drei Gründen vor Konstruktionsänderung berücksichtigt werden:

- Die meisten Modifikationen brauchen 6 Monate bis zu 3 Jahre von der Konzeption bis zur Ausführung, abhängig von Kosten und Komplexität der neuen Konstruktion. Andererseits muss der heute zuständige Instandhalter die Geräte so wie sie heute existieren instand halten, nicht was da sein sollte oder könnte irgendwann in der Zukunft. Es muss also die heutige Realität zuerst behandelt werden vor der morgigen Änderung der Konstruktion.

- Die meisten Unternehmen haben viel mehr offenbar wünschenswerte Möglichkeiten zur Konstruktionsverbesserungen als physikalisch und wirtschaftlich machbar. Indem zuerst versucht wird von den Anlagen die gewünschte Leistung zu erhalten so wie sie zur Zeit konfiguriert sind, hilft das viel um rationale Prioritäten für diese Projekte zu entwickeln, speziell weil es die notwendigen von den nur wünschenswerten trennt.

- Es gibt keine automatische Garantie, dass eine neue Konstruktion das aktuelle Problem lösen wird. Die Schrottplätze der Welt sind voll mit Modifikationen die "nicht richtig funktionierten" - stille Zeugenaussagen, dass die zweite Vermutung der Originalkonstrukteure (wie es richtig sein könnte) oft eine teure Übung in Sinnlosigkeit wird.

Dennoch ist es nicht gedacht anzudeuten, dass wir niemals existierende Anlagen umkonstruieren sollten. Es tauchen oft Anlässe auf, wo die gewünschte Leistung der Anlage die innewohnende Zuverlässigkeit übersteigt, wobei dann kein Aufwand an Instandhaltung die gewünschte Leistung liefern kann. In solchen Fällen kann "bessere" Instandhaltung das Problem nicht lösen, weshalb wir dann jenseits der Instandhaltung nach Lösungen suchen müssen. Dies enthält die Optionen der Konstruktionsänderung der Anlage, ändern der Betriebsprozeduren oder die Erwartungen zurücknehmen und zu entscheiden mit dem Problem zu leben.

# Maxime 11

## ALT

Für die meisten Typen technischer Anlagen kann eine allgemeine Instandhaltungspolitik entwickelt werden

## NEU

Allgemeine Instandhaltungspolitik sollte nur für identische Anlagen angewendet werden deren Betriebsbedingungen, Funktionen und gewünschte Leistungsnormen auch identisch sind

Der Glaube allgemeine Instandhaltungspolitik kann und sollte für die meisten Typen von Anlagen angewendet werden, liegt tief im Herzen fast jedes traditionellen Instandhaltungsprogramms. Zum Beispiel, wie oft hört man Leute Dinge sagen wie "die Instandhaltungspolitik die wir für alle unsere Pumpen anwenden ist X" oder "wir haben eine Kalibrierungspolitik vom Typ Y für alle unsere Instrumente"?

Dennoch haben wissenschaftliche Formulierungstechniken für Instandhaltungsstrategien ergeben, dass der unangemessene Gebrauch von allgemeiner Instandhaltung einer der Hauptgründe ist weshalb so viele traditionelle Instandhaltungsprogramme nicht ihr volles Potential erreichen. Die folgenden Absätze erläutern, warum allgemeine Politiken mit großer Vorsicht behandelt werden sollten:

- *Funktionen:* Die Beschreibung zu Abbildung 1 auf Seite 2 erläutert wie eine Pumpe eine Leistungserwartung haben kann an einem Platz, und eine andere Erwartung an einem anderen Platz. Unterschiedliche Leistungsnormen dieser Art fordern unvermeidlich auch unterschiedliche Standards der Instandhaltung. (Dieses gilt speziell, wenn identische Maschinen benutzt werden um Produkte mit sehr unterschiedlichen Qualitätsstandards herzustellen.)

- *Störarten:* Wenn andererseits identische Ausrüstung an sogar ziemlich unterschiedlichen Orten benutzt wird, (ein Bereich mit hoher Feuchtigkeit, eine sehr staubige Umgebung) oder führt recht unterschiedliche Tätigkeiten aus (ein härteres als sonst übliches Metall schneiden, bei höherer Temperatur betreiben, eine mehr abrasive oder saure Flüssigkeit pumpen), variieren die Störarten sehr drastisch. Dies wiederum bedeutet, dass das Störungsmanagement auch entsprechend variieren muss.

- *Störungsfolgen:* Unterschiedliche Störungsfolgen fordern ebenfalls unterschiedliche Instandhaltungsstrategien. Dieses wird dargestellt an den sonst identischen drei Pumpen in Abbildung 9. Pumpe A steht alleine, wenn sie also ausfällt wird der Betrieb früher oder später betroffen sein. Als ein Ergebnis werden die Benutzer und/oder Instandhalter von Pumpe A wahrscheinlich einen bestimmten Aufwand treiben um den Ausfall vorherzusehen oder ihm vorzubeugen. (Wie stark sie dies versuchen werden wird bestimmt werden von beidem, den Auswirkungen auf den Betrieb und der Schwere und Häufigkeit der Pumpenstörungen.)

Wenn Pumpe B ausfällt, schalten die Bediener einfach auf Pumpe C um, so ist die einzige Folge der Störung von Pumpe B, dass sie repariert werden muss. Ein Ergebnis ist wahrscheinlich, die Bediener von B werden zumindest erwägen die Pumpe B *auf Störung laufen* zu lassen (speziell wenn die Störung von B keine signifikanten Sekundärschäden verursacht).

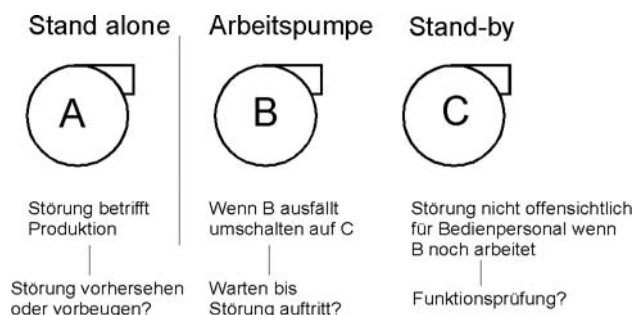


Abbildung 9

Dieses Beispiel zeigt wie drei identische Anlagen drei total unterschiedliche Instandhaltungspolitik haben können, weil die Störungsfolgen in jedem Fall unterschiedlich sind.

- *Instandhaltungsmaßnahmen:* Unterschiedliche Unternehmen - oder nur unterschiedliche Bereiche desselben Unternehmens - stellen selten Leute mit identischen Fähigkeiten ein. Das bedeutet, die Leute die an einer Anlage arbeiten mögen einen Typ vorwegnehmender Instandhaltungstechnologie bevorzugen (sagen wir Hightech

Wenn andererseits die Pumpe C ausfällt während Pumpe B immer noch arbeitet (zum Beispiel wenn jemand ein Teil von C irgendwo anders benötigt) ist es wahrscheinlich, dass die Bediener nicht einmal wissen, dass C ausgefallen ist bis auch B ausfällt. Um sich gegen diese Möglichkeit zu wappnen mag eine aufmerksame Instandhaltungsstrategie sein, *von Zeit zu Zeit Pumpe C einzuschalten um herauszufinden ob sie ausgefallen ist.*

Condition-Monitoring) um Störungen zu verhindern, während eine andere Gruppe bei Arbeiten an einer identischen Anlage sich wohl fühlt mit einer anderen Technologie (z.B. eine Kombination von Leistungsüberwachung und menschliche Sinne). Es ist erstaunlich wie oft das keine Rolle spielt solange die gewählten Techniken kosteneffektiv sind. Tatsächlich beginnen viele Instandhaltungsorganisationen zu verstehen, dass öfter mehr zu gewinnen ist wenn sichergestellt ist, dass die Leute welche die Arbeiten durchführen sich wohlfühlen mit dem was sie tun als alle zu zwingen das gleiche zu tun. (Die Bewertung unterschiedlicher Maßnahmen wird auch beeinflusst durch die Betriebsbedingungen der Anlage. Wie zum Beispiel der Umgebungsgeräuschpegel die Prüfung auf Geräuscentwicklung beeinflusst.)

All das bedeutet, es ist besondere Vorsicht geboten um sicherzustellen dass die Betriebsbedingungen, Funktionen und gewünschte Leistungsnormen alle praktisch identisch sind, bevor eine Instandhaltungspolitik entwickelt für eine Anlage auf eine andere angewendet wird.

## Maxime 12

### ALT

Instandhaltungspolitik sollte von Managern definiert werden und Instandhaltungspläne von gut qualifizierten Spezialisten oder externen Vertragspartnern (die top-down Vorgehensweise)

### NEU

Instandhaltungspolitik sollte von den Leuten die der Anlage am nächsten sind definiert werden. Die Rolle des Managements ist dabei, die notwendigen Tools zu liefern um ihnen zu helfen die richtigen Entscheidungen zu treffen und sicherstellen, dass die Entscheidungen vernünftig und zu vertreten sind.

Die traditionelle Abteilung für Instandhaltungsplanung stand typischerweise für die alte Maxime. Eine Schlüsselverantwortlichkeit für diese Abteilung war normalerweise Instandhaltungspläne zusammenzustellen für alle Anlagen in der Fabrik. Instandhaltungsplaner investierten oft einen enormen Aufwand an Zeit und Energie für diese Aufgabe (der Autor weiß das - er war auch einer). Trotzdem, eher öfter als weniger starben deren Pläne dann, wenn sie die Werkstatt erreichten. Dies hatte zwei Hauptursachen:

- *Technische Gültigkeit*: Die Planer welche die Pläne schrieben waren üblicherweise nicht mit der Anlage in Berührung. Ein Resultat war, sie hatten oft ein weniger als adäquates Verständnis der Funktionen, der Störungsarten und -auswirkungen und der Störungsfolgen der Anlage für welche sie die Pläne schrieben. Dies bedeutet die Pläne waren normalerweise von allgemeiner Natur, weshalb die Leute die sie ausführen sollten diese oft als inkorrekt oder total irrelevant ansehen.

- *Besitztum*: Die Leute in der Werkstatt (Meister und Handwerker) tendieren dazu die Pläne als unwillkommenen Papierkram zu sehen, der aus irgendeinem Elfenbeinturm kommt und wieder verschwindet wenn er abgelehnt wurde. Viele fanden es komfortabler die Pläne abzulehnen und zurückzuschicken, als wie es gedacht war sie auszuführen. (Dies führte zu einer inflationären Änderungsrate welche wiederum die Planer erfreute.) Der Hauptgrund für das fehlende Interesse war zweifelsohne allein fehlendes Besitztum (an den Planinhalten).

Der einzige Weg für diese Probleme um technische Gültigkeit und fehlendem Besitztum ist, die Werkstattleute direkt in den Prozess zur Definierung der Instandhaltungsstrategien einzubinden. Dieses weil sie diejenigen sind, die wirklich verstehen wie die Ausrüstung arbeitet, was schief geht, wieviel ein Ausfall stört und was getan werden muss um ihn zu beseitigen.

Der beste Weg um Zugang zu deren Wissen auf einer systematischen Basis zu bekommen ist, für diese eine Reihe von formalen Besprechungen zu organisieren. Dennoch ist notwendig darauf zu achten, dass diese Besprechungen nicht einfach in weitere unnütze Plauderrunden ausarten. Dies kann erreicht werden indem für die Teilnehmer ein Training in den am meisten bekannten und effektiven Techniken zur Strategieermittlung organisiert wird und man ihnen eine qualifizierte Führung für die Anwendung dieser Techniken zur Verfügung stellt.

Bei korrekter Ausführung erzeugt dies nicht nur Pläne mit einem viel höheren Grad an technischer Gültigkeit als alles was vorher gemacht wurde, sondern auch ein außergewöhnlich hohes Niveau an Besitztum an den endgültigen Resultaten.

(Ein Wort der Vorsicht an dieser Stelle: Es ist Weise der Versuchung zu widerstehen externe Vertragspartner zu Ermittlung der Instandhaltungsstrategien zu benutzen. Eines Außenstehenden gänzliche Ignoranz von nahezu all den Punkten die in Verbindung mit den Maximen 1 bis 11 diskutiert wurden insoweit sie Ihre Fabrik betreffen bedeutet, alles was sie wahrscheinlich erhalten ist ein Satz elegant abgeschlossener Formulare die nur wenig oder nichts Wert sind. Solche Leute für die Entwicklung von Instandhaltungsstrategie-Programmen einzusetzen ist wie umherschweifen in einer diesigen - und gefährlichen - Region, in der Delegation zur Abdankung wird.)

## Maxime 13

### ALT

Die Instandhaltungsabteilung alleine kann ein erfolgreiches dauerhaftes Instandhaltungsprogramm entwickeln

### NEU

Ein erfolgreiches, dauerhaftes Instandhaltungsprogramm kann nur in Zusammenarbeit von Instandhaltern und den Anlagenbenutzern entwickelt werden

Die vorherige Maxime 12 erinnert uns an die Notwendigkeit das Werkstattpersonal ebenso wie Instandhaltungsmanager in den Prozess der Entwicklung der Instandhaltungsstrategie mit einzubinden. Maxime 13 betrifft etwas das viel öfter eine viel schwierigere Herausforderung in vielen Unternehmen ist - die fast undurchdringbare Teilung zwischen der Funktion Instandhaltung und Produktion.

Tatsächlich, wie die erste Maxime in dieser Serie klar macht, ist Instandhaltung alles um sicherzustellen dass eine Anlage weiterhin funktioniert nach den von den Benutzern geforderten Leistungsnormen. In nahezu allen Fällen sind die "Benutzer" die Funktion Produktion oder Betrieb. Das bedeutet, moderne Instandhaltungsstrategie-Entwicklung beginnt mit der Befragung der Benutzer was sie wünschen, unter dem Aspekt Anlagenmanagement-Programme aufzustellen deren einziges Ziel es ist sicherzustellen, dass die Benutzer das erhalten was sie wünschen. Es ist klar, damit das möglich ist muss der Benutzer in der Lage sein genau zu spezifizieren was er fordert. (Wenn diese sich nicht bemühen die gewünschte Leistung für jede Anlage mit der notwendigen Genauigkeit festzulegen, können sie natürlich auch nicht die Instandhaltung für die Lieferung der Leistung verantwortlich machen.) Beide, Benutzer und Instandhalter, müssen sich auch in diesem Stadium davon überzeugen, dass die Anlage von Beginn an in der Lage war die geforderte Leistung zu erbringen.

Zusätzlich zur Aussage was sie von der Anlage erwarten, haben Anlagenbediener einen vitalen Beitrag zu leisten für den Rest des Prozesses der Formulierung einer Strategie.

Durch die Teilnahme an einer passend ausgerichteten FMEA (Failure Mode and Effekt Analysis - Störungsart und Auswirkungs-Analyse) lernen diese sehr viel über Störungsursachen verursacht durch menschliche Fehler, und somit was sie tun müssen um Ausfälle ihrer Maschinen zu verhindern. Sie spielen ebenfalls eine Schlüsselrolle bei der Bewertung der Störungsfolgen (Offensichtlichkeit der Störung, tolerierbare Risikoniveaus, Auswirkung auf Ausstoß und Produktqualität) und sie haben eine unschätzbare persönliche Erfahrung von den meisten üblichen Warnzeichen von Störungen (speziell diejenigen die durch menschliche Sinne ermittelt werden). Letztendlich hilft die Einbindung in diesen Prozess den Benutzern viel klarer zu verstehen warum es manchmal notwendig ist die Maschine für Instandhaltung freizugeben, und ebenso warum Bediener mit der Durchführung bestimmter Instandhaltungsmaßnahmen beauftragt werden müssen.

Kurz gesagt, von einem rein technischen Gesichtspunkt aus gesehen wird es schnell klar, dass es praktisch unmöglich ist ein lebensfähiges, dauerhaftes Instandhaltungsprogramm in den meisten industriellen Unternehmen aufzustellen, ohne die Benutzer der Anlagen einzubinden. (Diese Fixierung auf den Benutzer - oder Kunden - ist natürlich der Kern von TQM.) Wenn deren Einbindung auf allen Stufen des Prozesses gewährleistet werden kann, ist diese notorische Barriere schnell dabei zu verschwinden und die zwei Abteilungen beginnen, oft für das allererste Mal, als ein echtes Team zu funktionieren.

# Maxime 14

## ALT

Anlagenhersteller haben die besten Voraussetzungen um Instandhaltungsprogramme für neue technische Anlagen zu entwickeln

## NEU

Anlagenhersteller können nur eine begrenzte (aber immer noch wichtige) Rolle spielen bei der Entwicklung von Instandhaltungsprogrammen für neue technische Anlagen

Ein allgemeiner Bestandteil traditioneller Anlagenbeschaffung ist das Beharren darauf, dass der Anlagenhersteller ein Instandhaltungsprogramm liefern soll als Teil des Liefervertrags für neue Anlagen. Abgesehen von irgendwelchen anderen Dingen bedeutet dies, dass der Hersteller alles weiß was man wissen muss um passende Instandhaltungsprogramme zu erstellen.

Tatsächlich sind Hersteller jedoch im günstigsten Fall nicht besser informiert als traditionelle Instandhaltungsplaner betreffend der Betriebsbedingungen der Anlage, gewünschte Leistungsnormen, zusammenhangspezifische Störungsarten und -auswirkungen, Störungsfolgen und die Fähigkeiten der Bediener und Instandhalter des Benutzers. Viel öfter weiß der Hersteller überhaupt nichts über diese Dinge. Als ein Ergebnis sind deshalb Pläne von Herstellern nahezu immer allgemein mit allen Nachteilen wie unter Maxime 11 diskutiert.

Anlagenhersteller haben auch andere Kriterien wenn sie Instandhaltungsprogramme definieren (nicht das Geringste davon ist, Ersatzteile zu verkaufen). Noch mehr, sie verpflichten entweder die Ressourcen des Benutzers die Instandhaltung zu machen (in welchem Fall sie nicht dafür zu bezahlen haben, weshalb sie nur wenig Interesse haben das zu minimieren) oder sie bieten sogar an die Instandhaltung selbst durchzuführen (in welchem Fall sie begründetes Interesse daran haben, so viel wie möglich zu tun).

Diese Kombination von äußeren kommerziellen Kriterien und die Ignoranz gegenüber den Betriebszusammenhängen bedeutet, dass Instandhaltungsprogramme, definiert durch Hersteller, dazu tendieren einen hohen Grad an Überinstandhaltung (manchmal so lächerlich) gekoppelt mit massiv überteuerten Ersatzteilen zu enthalten. Die meisten Instandhaltungsprofis sind sich dieses Problems bewusst. Dennoch, trotz unseres Bewusstseins bestehen die meisten von uns weiterhin darauf die Hersteller aufzufordern solche Programme zu liefern um zu akzeptieren, dass diese befolgt werden müssen um die Garantieansprüche aufrecht zu erhalten (und somit binden wir uns selbst vertraglich die Arbeit zu tun, mindestens für die Garantiedauer).

Nichts davon soll den Eindruck erwecken die Hersteller führen uns absichtlich in die Irre wenn sie Ihre Empfehlungen zusammenstellen. Tatsächlich tun sie normalerweise ihr Bestes im Zusammenhang mit ihren eigenen Geschäftszielen und mit den Informationen die sie zur Verfügung haben. Wenn überhaupt jemand falsch liegt, so sind es wir - die Benutzer - durch unvernünftige Forderungen an Unternehmen die nicht in der besten Lage sind diese zu erfüllen.

Eine kleine aber wachsende Zahl von Benutzern löst dieses Problem durch Anwendung einer total anderen Vorgehensweise zur Entwicklung von Instandhaltungsprogrammen für neue Anlagen. Dieses beinhaltet die Hersteller zu bitten einen erfahrenen Montagetechniker bereitzustellen der, zusammen mit den Leuten die eventuell die Anlage bedienen und instand halten werden, Instandhaltungsprogramme entwickelt die beide Seiten zufriedenstellen.

Für das Anwenden dieser Vorgehensweise sollten Punkte wie Garantien, Copyrights, Sprachen welche die Beteiligten fließend sprechen sollten, technische Unterstützung, Vertraulichkeit und so weiter, im Stadium von Angebot/Vertragsgespräche behandelt werden, so dass jeder weiß was vom Anderen zu erwarten ist.

Beachten Sie den Vorschlag eher Montagetechniker / -ingenieure als Konstrukteure zu benutzen (Konstrukteure sind oft überraschend widerstrebend zuzugeben, dass ihre Konstruktion versagen könnte, was deren Möglichkeiten reduziert bei der Entwicklung eines vernünftigen Störungs-Management mitzuwirken). Der Montagetechniker sollte natürlich unbehinderten Zugang zur Unterstützung durch Spezialisten für die Beantwortung schwieriger Fragen haben.

Auf diesem Weg gewinnt der *Benutzer* Zugang zu den nützlichsten Informationen die der Hersteller liefern kann, während der Entwicklung eines Instandhaltungsprogramms welches am direktesten zu den Bedingungen, unter denen die Anlage wirklich benutzt werden wird, passen wird. Der *Hersteller* mag ein wenig im Verkauf von Ersatzteilen und Instandhaltung verlieren, aber er wird definitiv all die langfristigen Vorteile gewinnen



verbunden mit der verbesserten Anlagenleistung, geringere Lebensdauerkosten und einem viel besseren Verständnis der realen Bedürfnisse seines Kunden. Eine klassische Win-Win Situation, d.h. beide Seiten gewinnen.

## Maxime 15

### ALT

Es ist möglich eine Schnellschuss-Lösung für all unsere Probleme der Instandhaltungseffektivität zu finden

### NEU

Instandhaltungsprobleme werden am besten in zwei Etappen gelöst: (1.) Verändere die Denkweise der Leute, (2.) bringe sie dazu ihre veränderte Denkweise für technische- / Verfahrens-Probleme anzuwenden - eins nach dem Anderen

Wenn man sich ein bisschen Zeit nimmt um die Breite und Tiefe die der Paradigmawechsel der vorhergehenden Absätze beinhaltet zu betrachten, wird es bald klar wie weit die meisten Unternehmen gehen müssen um die neuen Maximen anzuwenden. Dies kann einfach nicht über Nacht geschehen.

Trotz allem ermöglicht die mächtigste neue Instandhaltungs-Strategie-Entwicklungstechnik, dass die meisten Benutzer den größten Teil der hier beschriebenen Änderungen in weniger als einem Jahr in die Praxis umsetzen und das damit verbundene Investment innerhalb von Monaten (wenn nicht Wochen) zurückgewinnen. Dennoch, ist die Besessenheit in vielen Geschäftsbereichen so groß was schnelle Ergebnisse betrifft, dass sogar dieses nicht schnell genug ist. Finanzieller, gesetzlicher und Wettbewerbsdruck verschwören sich alle um die Leute dazu zu bringen dauerhafte Änderungen *sofort* zu wollen. Ein Ergebnis ist, dass sie dazu tendieren in die letzte und oft trübsinnigste Falle von allen zu treten - das Streben nach Kürzungen.

Unglücklicherweise, in der Erfahrung des Autors, ist dieses Streben unveränderlich kontraproduktiv. Erstens kostet die Bestimmung der Kürzungen selbst Zeit - Zeit die verbraucht wird zum Wiedererfinden des perfekt runden Rades anstatt weiter zu arbeiten bei der Verbesserung der Anlagenleistung. Zweitens enden Kürzungen oft in halb-optimalen Lösungen - so oft wie sie auch in wenig oder gar keiner Änderung resultieren.

Tatsächlich sollten Leute, die ein dauerhaftes Instandhaltungsprogramm suchen das allgemeine Unterstützung genießt, nicht aus dem Auge verlieren, dass die Tatsache der Verbesserung eine Reise ist und nicht das Ziel (das Wesen der Kaizen-Philosophie). Im Bereich des Anlagenmanagement bedeutet dies, dass wir uns abwenden von der Suche nach dem goldenen Schuss der all unsere Probleme in einem Augenblick wegbläst - die 1 x 100% Lösung. Erfolg kann so weit wahrscheinlich besser gesichert werden wenn wir in Formen einer "goldenen Schuss (Zwiebel-) Schale" denken, und wir uns daran machen die Probleme wegzublasen eine Schale (oder eine Störart) nach der anderen - die 1000 x 0,1% Vorgehensweise die praktisch 100% Erfolg garantiert für diejenigen mit der Geduld es zu versuchen.

Vielen Dank - und gute Suche!

#### Quellen:

Moubray, John 1996, "RCM Die Hohe Schule der Zuverlässigkeit von Produkten und Systemen"

Verlag Moderne Industrie, Landberg

Nowlan, F.S. und Heap, H. 1978 "Reliability-centred Maintenance"

National Technical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, Virginia

Resnikoff, H.L. 1978 "Mathematical Aspects of Reliability-centred Maintenance"

Dolby Access Press, Los Altos, California

Der Autor John Moubray (1949-2004) war der Gründer der ALADON LLC, USA

Dipl. Ing. Hans-Jürgen Taag ist Geschäftsführer der MSC Maintenance Strategy Consult GmbH,  
D-40789 Monheim, Tel. 02173 50582, Fax. 02173 51636, e-Mail: HJTaag@msc-gmbh.info