

RELIABILITY-CENTRED MAINTENANCE

Eine Einführung in die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung

<u>INHALT</u>	<u>SEITE</u>
1. Instandhaltung im Wandel	1
2. Instandhaltung und RCM	3
3. RCM: Sieben Grundfragen	4
3.1 <i>Funktionen und Leistungsnormen</i>	4
3.2 <i>Funktionsstörungen</i>	4
3.3 <i>Störungsarten</i>	5
3.4 <i>Störungsauswirkungen</i>	5
3.5 <i>Störungsfolgen</i>	5
3.6 <i>Vorwegnehmende Maßnahmen</i>	6
3.7 <i>Standardmaßnahmen</i>	7
3.8 <i>Das Auswahlverfahren für RCM-Maßnahmen</i>	7
4. Die Umsetzung von RCM	8
5. Was RCM erreicht	9
6. Zusammenfassung	10



1996

Copyright held by Aladon Ltd

Instandhaltung im Wandel

In den letzten zwanzig Jahren hat sich die Instandhaltung verändert, vielleicht mehr als jede andere Managementdisziplin. Die Ursachen dafür liegen in einer zahlenmäßig enorm gestiegenen und dabei wesentlich vielfältigeren und komplexeren Ausrüstung (Maschinen, Anlagen, Gebäude), die weltweit instand gehalten werden muß, in neuen Instandhaltungstechniken und in einer veränderten Auffassung von Instandhaltungsverantwortung und -organisation.

Auch die Erwartungen haben sich geändert, und die Instandhaltung hat auf diese Änderungen reagiert. Beispiele dafür sind das zunehmende Bewußtsein über die möglichen Folgen für die Sicherheit und die Umwelt bei einer Anlagenstörung, die Erkenntnis über die intensive Verzahnung von Instandhaltung und Produktqualität und der zunehmende Druck, eine hohe Maschinenverfügbarkeit erreichen zu müssen, um die Kosten halten zu können.

Diese Veränderungen sind eine Herausforderung an die Anpassungs- und Entwicklungsfähigkeit in allen Industriebereichen, die bis an die äußerste Grenze geht. Instandhalter müssen lernen, wie Ingenieure und Manager zu denken und zu handeln. Gleichzeitig werden die Grenzen von Instandhaltungssystemen mehr und mehr deutlich, unabhängig in welchem Umfang dabei Computer eingesetzt werden.

Konfrontiert mit dieser Änderungswelle suchen Manager überall nach neuen Ansätzen für die Instandhaltung. Natürlich möchten sie dabei Fehlstarts und Sackgassen, die immer Begleiterscheinung größerer Umwälzungen sind, vermeiden. *Deshalb suchen sie nach einem strategischen Rahmen, der die neuen Entwicklungen homogen zusammenfügt und mit dem sie diese Entwicklungen bewerten und die geeignetsten in ihrem Unternehmen einsetzen können.*

Dieser Beitrag beschreibt eine Philosophie, die genau diesen Rahmen anbietet. Er trägt die Bezeichnung 'zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung' (Reliability-centred Maintenance) oder RCM.

Richtig angewandt führt RCM zu einer Wandlung in den Unternehmen die es einsetzen, bei bereits vorhandenen Anlagen und Maschinen und bei Mitarbeitern, die diese bedienen und instand halten. Auch neue Anlagenkomponenten können mit RCM schnell, sicher und zielgenau in Betrieb genommen werden.

Dieser Beitrag gibt eine kurze Einführung in RCM. Er beginnt mit einem Überblick über die Entwicklung der Instandhaltung im Verlauf der letzten fünfzig Jahre.

Seit den dreißiger Jahren läßt sich die Entwicklung der Instandhaltung über drei Generationen verfolgen. Heute, in der dritten Generation, ist RCM im Begriff, sehr schnell zu einem Grundpfeiler zu werden. Diese Entwicklung kann aber nur im Licht der ersten und der zweiten Generation richtig verstanden werden.

Die erste Generation

Die erste Generation erstreckt sich über die Zeit bis zum zweiten Weltkrieg. In jenen Tagen war die Mechanisierung der Industrie noch nicht allzu weit fortgeschritten. Stillstandszeiten bedeuteten deshalb kein großes Problem. In den Überlegungen der meisten Manager hatten daher vorbeugende Maßnahmen gegen Maschinenausfälle keinen hohen Stellenwert. Hinzu kam, daß die mechanischen Anlagen größtenteils sehr einfach aufgebaut und überdimensioniert waren, wodurch sie sehr zuverlässig und leicht zu reparieren waren. Folglich gab es auch keinen Bedarf für systematische Instandhaltung irgendwelcher Art, abgesehen von der routinemäßigen Reinigung, Inspektion und Abschmierung. Spezielle Kenntnisse und Fertigkeiten waren weit weniger gefordert, als dies heute der Fall ist.

Die zweite Generation

Der zweite Weltkrieg führte zu dramatischen Veränderungen. Auf der einen Seite brachte der Krieg einen höheren Bedarf an Gütern aller Art, aber gleichzeitig ging die Zahl der Industriearbeiter rasch zurück. Die Folge war eine zunehmende Mechanisierung mit dem Ergebnis, daß in den fünfziger Jahren die Zahl der Maschinen in allen Industriebereichen stark gestiegen war. Auch die Komplexität dieser Maschinen hatte drastisch zugenommen. Die Industrie war dabei, von diesen Maschinen abhängig zu werden.

Mit dieser immer größeren Abhängigkeit gewannen die Stillstandszeiten an Bedeutung. Das führte schließlich zu der Idee, daß man Ausfällen durch entsprechende Maßnahmen vorbeugen könnte und dies auch tun sollte. So entstand das Konzept der *vorbeugenden Instandhaltung*. In den sechziger Jahren bedeutete das vor allem Überholung der Betriebsanlagen in festgelegten Intervallen.

Im Vergleich zu den anderen Betriebskosten begannen die Instandhaltungskosten nun rasch anzusteigen. Das wie-

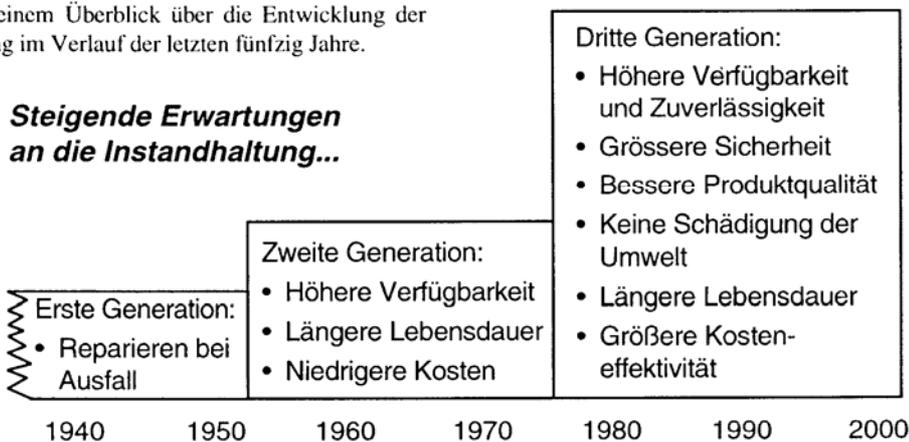


Abbildung 1: Steigende Erwartungen an die Instandhaltung

derum führte zum Ausbau der *Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssysteme*. Diese haben stark dazu beigetragen, die Instandhaltung kontrollierbar zu machen. Heute sind sie ein etablierter Bestandteil der Instandhaltungspraxis.

Schließlich führte dann die Höhe des Kapitals, das in diesen Sachwerten gebunden war, und die schnell steigende Kosten für dieses Kapital dazu, nach Wegen zu suchen, wie man die Lebensdauer dieser Sachwerte maximieren könnte.

Die dritte Generation

Mitte der siebziger Jahre gewann die Dynamik des Veränderungsprozesses in der Industrie sogar noch an Schwung. Diese Veränderungen können heute unter den Begriffen *neue Erwartungen, neue Forschungsergebnisse und neue Techniken* zusammengefaßt werden.

- Neue Erwartungen

Abbildung 1 zeigt, wie sich die Erwartungen an die Instandhaltung entwickelt haben. *Stillstandszeiten* haben immer eine negative Auswirkung auf die Produktionsmöglichkeiten der Betriebsanlagen. Sie führen zu verringertem Ausstoß, erhöhten Betriebskosten und beeinflussen das Geschäft mit dem Kunden. Das war in den sechziger und siebziger Jahren bereits eine der Hauptsorgen im Bergbau-, im Fertigungs- und im Transportsektor. In der Fertigung bekamen Stillstandszeiten noch zusätzliches Gewicht durch die Entwicklung von Just-in-time-Systemen, bei denen die verringerte Lagerhaltung für die laufende Fertigung die Wahrscheinlichkeit erhöht, daß schon ein kleinerer Ausfall zum Stillstand der gesamten Fertigungsstraße führt. In jüngster Zeit hat eine immer weiter zunehmende Mechanisierung und Automatisierung dazu geführt, daß *Zuverlässigkeit* und *Verfügbarkeit* nun auch eine Schlüsselstellung auf so unterschiedlichen Gebieten wie Gesundheitswesen, Datenverarbeitung, Telekommunikation und Immobilienverwaltung einnehmen.

Mehr Automation bedeutet auch, daß uns eine immer größere Zahl von Ausfällen beeinträchtigt, zufriedenstellende *Qualitätsnormen* zu gewährleisten. Das gilt gleichermaßen für die Produktqualität wie für Dienstleistungsstandards. Zum Beispiel können sich Maschinenausfälle auf die Klimasteuerung eines Gebäudes oder auf den Zeitplan eines Transportsystems ebenso auswirken wie etwa auf die Einhaltung bestimmter Toleranzen in einem Produktionsprozeß.

Mehr und mehr Ausfälle haben ernsthafte Auswirkungen auf die *Sicherheit* oder die *Umwelt*, und das zu einem Zeitpunkt, zu dem die Normen auf diesen Gebieten zu-

nehmend verschärft werden. In einigen Teilen der Welt nähern wir uns dem Punkt, an dem sich ein Unternehmen entweder an die Sicherheits- und Umwelterwartungen der Gesellschaft anpassen oder seinen Betrieb einstellen muß. Dadurch erhält unsere Abhängigkeit von der Integrität unserer Betriebseinrichtungen eine neue Dimension - eine Dimension, die über die Kostenfrage hinausgeht und schlicht zur Überlebensfrage für das Unternehmen wird.

Zur selben Zeit, zu der unsere Abhängigkeit von den Betriebseinrichtungen wächst, steigen auch die *Kosten* für diese Einrichtungen - für ihren *Betrieb* und ihren *Besitz*. Um die Investition, die sie bedeuten, so rentabel wie nur irgend möglich zu machen, müssen sie so lange in Betrieb bleiben, wie es uns richtig erscheint.

Schließlich steigen auch die *Instandhaltungskosten* weiter an, sowohl absolut als auch proportional zu den Gesamtkosten. In einigen Industriebereichen stehen sie nun an Platz zwei oder sogar an Platz eins der Betriebskosten. Das bedeutet, daß sie innerhalb von nur dreißig Jahren von nahezu Null an die Spitze gewandert sind und Priorität bei der Aufgabe, diese Kosten unter Kontrolle zu halten, haben.

- Neue Forschungsergebnisse

Abgesehen von größeren Erwartungen verändern neue Forschungsergebnisse viele unserer grundlegenden Meinungen über Alter und Ausfall. Vor allem wird offensichtlich, daß bei den meisten Maschinen immer weniger ein Zusammenhang zwischen Betriebszeit und Ausfallwahrscheinlichkeit besteht. Abbildung 2 zeigt, daß man ursprünglich einfach der Meinung war, je älter ein Gegenstand wird, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt auftritt. Die zunehmende Erkenntnis des „Burn-in-effekts“ führte dann in der zweiten Generation zu der weitverbreiteten Überzeugung von der Gültigkeit der „Badewannenkurve“.

Dagegen zeigen die Forschungsergebnisse der dritten Generation, daß es in der Praxis nicht nur ein oder zwei, sondern sechs verschiedene Störungsmuster gibt. Dieser Punkt wird später noch im einzelnen diskutiert. Er hat ebenfalls tiefgreifende Auswirkungen auf die Instandhaltung.

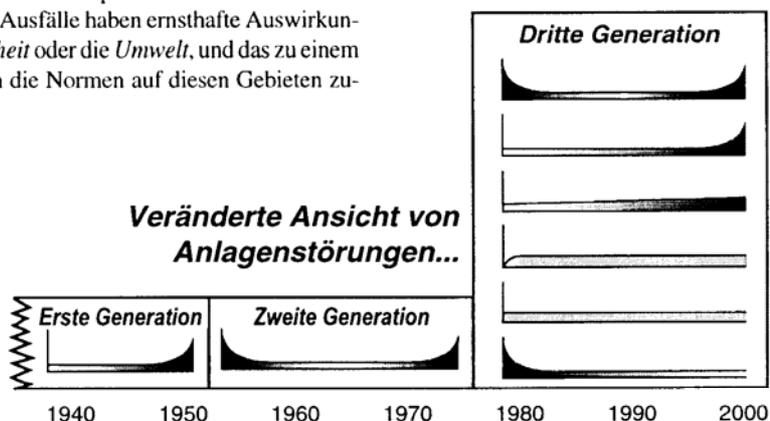


Abbildung 2: Entwicklung der Ansichten über Anlagenstörungen

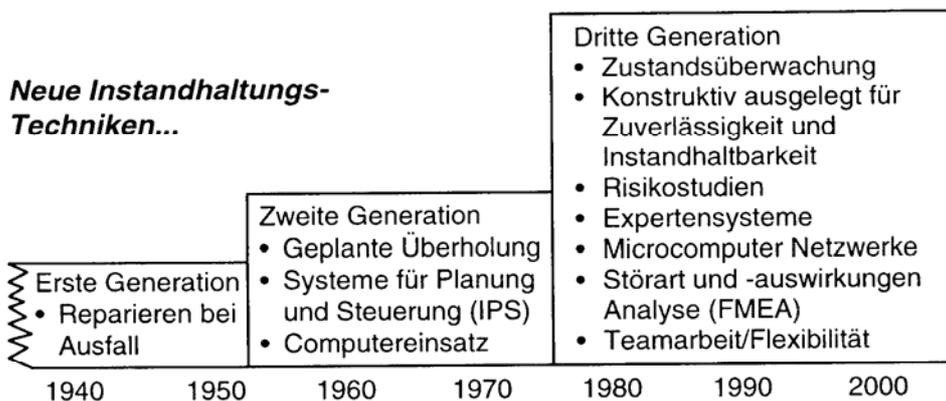


Abbildung 3: Entwicklung der Instandhaltungstechniken

- Neue Techniken

Die Zahl neuer Instandhaltungskonzepte und -techniken hat geradezu explosionsartig zugenommen. Hunderte davon wurden in den letzten fünfzehn Jahren entwickelt, und jede Woche kommen weitere hinzu.

Abbildung 3 zeigt, wie immer mehr Gewicht auf Überholungen und administrative Systeme gelegt wurde, um den zahlreichen Neuentwicklungen auf einer Reihe unterschiedlicher Gebiete gerecht zu werden.

In den neuen Entwicklungen sind enthalten:

- *Werkzeuge für die Entscheidungsfindung* wie Risikostudien, Analyse von Störungsart und -auswirkungen (FMEA) und Expertensysteme
- *Neue Instandhaltungstechniken* wie Zustandsüberwachung
- *Maschinenkonstruktionen* mit stärkerer Ausrichtung auf Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit
- Ein *tiefgreifendes organisatorisches Umdenken* hin zu Mitarbeiterbeteiligung, Teamwork und Flexibilität

Eine große Herausforderung für Instandhalter ist heute, daß sie nicht nur lernen müssen, was diese Techniken beinhalten, sondern auch entscheiden müssen, welche davon für ihren Betrieb rentabel sind und welche nicht. Wenn wir die richtige Wahl treffen, dann ist es möglich, die Maschinenleistung zu steigern und gleichzeitig die Instandhaltungskosten zu halten oder sogar zu senken. Treffen wir die falsche Wahl, erzeugen wir damit neue Probleme und verschlimmern die vorhandenen.

Herausforderung für die Instandhaltung

Die wichtigsten Herausforderungen für moderne Instandhaltungsmanager können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Auswahl der bestangepassten Techniken,
- Beherrschung aller Arten von Maschinenstörungen
- mit dem Ziel, den Erwartungen der Eigentümer, der Anwender und der Gesellschaft gerecht zu werden,
- auf die rentabelste und nachhaltigste Weise und
- mit der aktiven Unterstützung und Mitarbeit aller Beteiligten.

RCM bietet einen Rahmen, der es dem Anwender ermöglicht, auf dieser Herausforderungen schnell und einfach zu reagieren. Das ist möglich, weil RCM niemals die Tatsache außer acht läßt, daß es sich bei den Anlagen, die instand gehalten werden müssen, um materielle Dinge handelt. Gäbe es diese Anlagen nicht, dann gäbe es auch keine Instandhaltung. Deshalb beginnt RCM mit einem umfassenden, bei Null beginnenden Überblick über die Instandhaltungsanforderungen für jede einzelnen Anlagenkomponente unter Beachtung der jeweiligen spezifischen Betriebsbedingungen.

Viel zu oft werden diese Anforderungen als selbstverständlich angesehen. Dies endet gewöhnlich in der Entwicklung von Organisationsstrukturen, dem Einsatz von Ressourcen und der Einführung von Systemen auf der Basis unvollständiger oder falscher Annahmen über die wirklichen Anforderungen der Anlage. Andererseits ist es möglich, vorausgesetzt diese Anforderungen werden korrekt und entsprechend dem modernen Verständnis definiert, beachtliche Schrittweisen in der Verbesserung der Instandhaltungsleistung und -effektivität zu erzielen.

Der verbleibende Teil dieses einführenden Beitrags befaßt sich mit den Details von RCM. Es beginnt mit der Erklärung des Begriffs „Instandhaltung“. In einem zweiten Schritt wird dann RCM definiert, und es werden die sieben grundlegenden Schritte für die Anwendung dieses Verfahrens beschrieben.

Technisch betrachtet gibt es zwei Elemente für das Management materieller Anlagenkomponenten jeglicher Art. Jede Komponente muß instand gehalten und von Zeit zu Zeit modifiziert werden.

In den maßgebenden englischsprachigen Wörterbüchern wird der Begriff Instandhalten (maintain)

als *veranlassen, fortzufahren* (cause to continue (Oxford)) oder als *in einem bestehenden Zustand erhalten* (keep in an existing state (Webster)) definiert. Daraus könnte man entnehmen, daß Instandhaltung bedeutet, etwas zu bewahren. Andererseits ist aber auch die *Modifikation* darin enthalten, was in gewisser



Weise auch eine *Änderung* bedeutet. Die DIN 31051 besagt, Instandhaltung besteht aus *Wartung, Inspektion und Instandsetzung* und dient der *Bewahrung des Sollzustandes*. Ist aber der Sollzustand nicht in der Lage die Anforderungen zu erfüllen, ist die Modifikation meist unumgänglich. Die tiefgreifende Konsequenzen, die sich aus dieser Unterscheidung von Instandhaltung und Änderung ergeben, werden in RCM ausführlich behandelt. In diesem Beitrag wollen wir uns auf die Instandhaltung konzentrieren.

Wenn wir etwas instand halten möchten, was ist dann eigentlich dieses Es, das wir *veranlassen* möchten, *fortzuführen*? Was ist der *bestehende (Soll-)Zustand*, den wir erhalten möchten?

Die Antwort auf diese Frage ergibt sich aus der Tatsache, daß jede materielle Komponente dazu verwendet wird, eine oder mehrere spezifische Funktionen zu erfüllen. Daraus folgt, daß wenn wir eine Komponente instand halten wollen, der Zustand, den wir zu erhalten beabsichtigen, so beschaffen sein muß, daß die Komponente ihre vorgesehenen Funktionen auch weiter erfüllt.

Instandhaltung: Sicherstellen, daß materielle Komponenten weiterhin das tun, was deren Benutzer von ihnen fordern.

Was der Anwender von seiner Anlage fordert, hängt letztendlich davon ab, wo und wie genau diese eingesetzt wird (Betriebsbedingungen). Daraus ergibt sich die folgende Definition von zuverlässigkeitsorientierter Instandhaltung:

Zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung: Ein Verfahren zur Bestimmung der Instandhaltungsanforderungen beliebiger materieller Komponenten unter den zugehörigen Betriebsbedingungen

In der Verbindung mit der obigen Definition von Instandhaltung könnte eine vollständige Definition von RCM lauten: „Ein Verfahren zur Bestimmung, *was getan werden muß, um sicherzustellen, daß eine beliebige materielle Komponente weiterhin das tut, was deren Benutzer von ihr fordern, unter den gegebenen Betriebsbedingungen*“.

Ein Bestandteil des RCM-Verfahrens sind die folgenden sieben Fragen, die für jede Ausrüstungskomponente bzw. jedes System gestellt werden:

- ***Welche Funktionen und damit verbundenen Leistungsnormen gibt es für die Anlagenkomponente unter Berücksichtigung der momentanen Betriebsbedingungen?***
- ***Auf welche Art kann die Ausführung der Funktion gestört sein?***
- ***Welche Ursachen hat jede Funktionsstörung?***
- ***Was passiert wenn jede Störung auftritt?***
- ***Macht es etwas aus, wenn jede Störung auftritt?***
- ***Was kann getan werden, um die Störung vorherzusehen oder ihr vorzubeugen?***
- ***Was sollte unternommen werden, wenn keine annehmbare vorhersehende oder vorbeugende Maßnahme gefunden werden kann?***

Diese Fragen werden in den folgenden Abschnitten kurz erklärt.

3.1 Funktionen und Leistungsnormen

Bevor es möglich ist, ein Verfahren anzuwenden, mit dem festgelegt wird, was getan werden muß, um sicherzustellen, daß eine Anlagenkomponente unter den gegebenen Betriebsbedingungen alle Forderungen des Anwenders erfüllt, müssen wir zwei Dinge tun:

- Bestimmen was der Anwender von ihr fordert
- Sicherstellen, daß sie diese Forderungen auch erfüllen kann

Aus diesem Grund ist der erste Schritt im RCM-Verfahren, die Funktionen jeder Anlagenkomponente unter den betreffenden Betriebsbedingungen zusammen mit den damit verbundenen erwünschten Leistungsnormen zu definieren. Die Erwartungen des Anwenders, was eine Anlagenkomponente leisten kann, können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- ***Primärfunktionen***, die zusammenfassen, aus welchem Grund vor allem die Anlagenkomponente beschafft wurde. In diese Kategorie fallen Geschwindigkeit, Ausstoß, Lagerkapazität, Produktqualität, Kundenservice usw.
- ***Sekundärfunktionen***, die berücksichtigen, daß von jeder Anlagenkomponente mehr als nur die einfache Erfüllung der Primärfunktion erwartet wird. Anwender haben auch Erwartungen in bezug auf Sicherheit, Kontrollierbarkeit, Bedienungsfreundlichkeit, Wirtschaftlichkeit, Wirkungsgrad, Erfüllung von Umweltvorschriften und nicht zuletzt das Aussehen der Anlagenkomponente.

Gewöhnlich verfügen die Benutzer von Anlagenkomponenten über die besten Voraussetzungen, um genaue Auskunft darüber geben zu können, was und wieviel die einzelnen Anlagenkomponenten zum Wohl des gesamten Unternehmens beitragen. Es ist deshalb essentiell, daß sie von Beginn an am RCM-Verfahren beteiligt werden.

Dieser Schritt alleine benötigt, wenn er richtig durchgeführt wird, bis zu einem Drittel der Gesamtzeit für die RCM-Analyse. Einer seiner Folgen ist gewöhnlich, daß das Team, das die Analyse durchführt, bemerkenswert viel - häufig erschreckend viel - darüber lernt, wie die Anlagen tatsächlich funktionieren.

3.2 Funktionsstörung

Die Instandhaltungsziele für eine Anlagenkomponente sind definiert durch ihre Funktionen und die damit verbundenen Leistungserwartungen. Wie können nun diese Zielvorgaben durch eine Instandhaltung erreicht werden?

Wenn die Komponente entsprechend konstruiert und gebaut ist, dann ist das einzige Ereignis, das es wahrscheinlich macht, daß sie ihre vorgesehenen Funktionen nicht mehr erfüllt, irgendeine Art von Störung. Das bedeutet, daß die Instandhaltung die vorgegebenen Ziele erreicht, indem ein geeigneter Ansatz für das Störungsmanagement gefun-

den wird. Aber bevor wir einen geeigneten Satz von Werkzeugen dafür einsetzen können, müssen wir bestimmen, welche Arten von Störungen überhaupt auftreten können. Beim RCM-Verfahren geschieht dies in zwei Schritten:

- Zunächst, indem festgestellt wird, welche Umstände zusammen den Zustand der Störung ergeben,
- und dann, indem gefragt wird, welche Ereignisse die Störung auslösen können.

In der RCM-Welt sind Störungszustände als *Funktionsstörung* bekannt, da sie auftreten, wenn eine Anlagenkomponente *unfähig ist, eine Funktion entsprechend einer Leistungsnorm in einer für den Benutzer akzeptablen Weise zu erfüllen*.

Neben einem vollständigen Ausfall der Funktion ist in dieser Definition auch eine teilweise Störung enthalten. Dabei funktioniert die Anlagenkomponente zwar noch, kann aber die geforderte Leistungsnorm nicht mehr erfüllen (einschließlich unzureichender Qualität oder Genauigkeit). Es ist verständlich, daß diese Mängel erst identifiziert werden können, nachdem die Funktionen und Leistungsnormen der Komponente bestimmt wurden.

3.3 Störungsarten

Wie im vorigen Abschnitt erwähnt, ist der nächste Schritt nach der Identifizierung der einzelnen Funktionsstörungen, zu versuchen, alle Ereignisse zu identifizieren, die mit einer gewissen *Wahrscheinlichkeit zu den Funktionsstörungen führen*. Diese Ereignisse werden als *Störungsarten* bezeichnet. Mit eingeschlossen in diese Störungsarten „mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit“ sind solche, die bei gleichen oder ähnlichen Anlagen unter gleichen Betriebsbedingungen bereits aufgetreten sind, Störungen, denen durch ein bereits vorhandenes Instandhaltungsprogramm vorgebeugt werden soll und Störungen, die bisher noch nicht eingetreten sind, die aber in dem fraglichen Zusammenhang als reale Möglichkeit eingeschätzt werden.

Die meisten herkömmlichen Listen von Störungsarten enthalten Störungen, die durch Zustandsverschlechterung oder normale Abnutzung verursacht werden. Diese Liste sollte aber auch Störungen einschließen, die auf menschliche Fehler (von Maschinen- oder Instandhaltungsmitarbeitern) oder Konstruktionsschwächen zurückgehen, um alle Ursachen von Anlagenstörungen, für die eine gewisse Wahrscheinlichkeit besteht, identifizieren und entsprechend behandeln zu können. Dabei ist wichtig, den Grund jeder einzelnen Störung soweit im Detail zu identifizieren, daß gewährleistet ist, daß keine Zeit mit der Behandlung von Symptomen anstelle von Ursachen verschwendet wird. Andererseits ist es genau so wichtig, daß wir nicht zuviel Zeit auf die Analyse selbst verwenden, indem wir zu sehr ins Detail gehen.

3.4 Störungsauswirkungen

Im vierten Schritt des RCM-Verfahrens werden die *Störungsauswirkungen* aufgelistet. Sie beschreiben, was geschieht, wenn eine Störungsart eintritt. Diese Beschreibung sollte die gesamte Information enthalten, die für die Beurteilung der Folgen der Störung benötigt wird, wie zum Beispiel:

- Welchen Beweis (falls überhaupt) gibt es, daß eine Störung eingetreten ist?

- In welcher Weise (falls überhaupt) stellt es eine Bedrohung der Sicherheit oder der Umwelt dar?
- In welcher Weise (falls überhaupt) beeinträchtigt es die Produktion oder den Betrieb?
- Welche materiellen Schäden (falls überhaupt) verursacht die Störung?
- Was muß unternommen werden, um die Störung zu beheben?

Durch dieses Abklären der Funktionen, Funktionsstörungen, Störungsarten und Störungsauswirkungen kommen überraschende und häufig ausgezeichnete Möglichkeiten zur Verbesserung von Leistung und Sicherheit und Vermeidung von Ausschub zutage.

3.5 Störungsfolgen

Eine detaillierte Analyse eines durchschnittlichen Industrieunternehmens ergibt im Normalfall zwischen drei- und zehntausend mögliche Störungsarten. Jede einzelne Störung beeinträchtigt das Unternehmen auf irgend eine Weise. Aber in jedem Fall sind die Auswirkungen anders. Sie können sich auf den Fertigungsablauf auswirken oder auf die Produktqualität, den Kundenservice, die Sicherheit oder die Umwelt. Immer wird aber für die Reparatur Geld und Zeit benötigt.

Diese Folgen sind es, die den Umfang unserer Vorbeugemaßnahmen weitestgehend beeinflussen. Mit anderen Worten, wenn eine Störung schwerwiegende Folgen hat, dann werden wir vermutlich mit großer Anstrengung versuchen, sie zu vermeiden. Im anderen Fall, wenn sie keine oder nur geringe Auswirkungen hat, könnte die Entscheidung lauten, keine Vorbeugemaßnahmen zu treffen, die über die routinemäßige Reinigung und Abschmierung hinaus gehen.

Eine große Stärke von RCM ist, daß es die Tatsache berücksichtigt, daß die Folgen von Störungen wesentlich wichtiger sind als ihre technischen Charakteristiken. In der Tat ist der einzige Grund bei RCM für jede Art von vorbeugender Instandhaltung, die Störungsfolgen zu vermeiden oder wenigstens abzumildern, und nicht etwa, Störungen um ihrer selbst willen zu verhindern. Das RCM-Verfahren teilt diese Folgen in vier Gruppen ein wie folgt:

- **Verdeckte Störungsfolgen:** Verdeckte Störungen haben keine direkte Auswirkungen, aber sie setzen das Unternehmen der Gefahr einer multiplen Störung mit ernststen, oftmals katastrophalen Folgen aus. (Die meisten dieser Störungen stehen in Zusammenhang mit Schutz-einrichtungen, die selbst nicht ausfallsicher sind.)
- **Folgen für die Sicherheit und die Umwelt:** Eine Störung hat Sicherheitsfolgen, wenn dadurch jemand verletzt oder getötet werden könnte. Sie hat Umweltfolgen, wenn dadurch entsprechende Gesetze, Vorschriften oder Normen, auf betrieblicher, regionaler oder nationaler Ebene verletzt werden könnten.
- **Betriebsabhängige Folgen:** Eine Störung hat Auswirkungen auf den Betrieb, wenn die Produktion beeinträchtigt wird (Ausstoß, Produktqualität, Kundenservice, Betriebskosten zusätzlich zu den direkten Reparaturkosten).

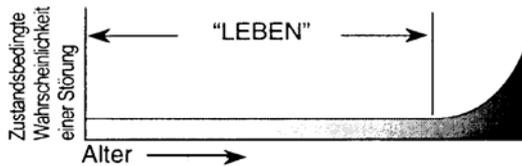


Abbildung 4: Die traditionellen Ansichten über Störung

- **Betriebsunabhängige Folgen:** Offensichtliche Störungen, die in diese Kategorie fallen, beeinträchtigen weder die Sicherheit noch die Produktion. Sie verursachen deshalb nur direkte Reparaturkosten.

Wir werden später sehen, wie das RCM-Verfahren diese Kategorien für einen strategischen Rahmen bei der Entscheidungsfindung für die Instandhaltung verwendet. Indem es einen strukturierten Überblick über die Folgen der einzelnen Störungsarten in Form der obigen Gruppen erzwingt, schließt es die Fertigungs-, Umwelt- und Sicherheitsziele der Instandhaltungsfunktion mit ein. Das trägt mit dazu bei, Sicherheit und Umwelt in den Ablauf des Instandhaltungsmanagement einzubringen.

Bei diesem Verfahren zur Evaluierung der Folgen liegt die Betonung nicht mehr auf der Vorstellung, daß alle Störungen durchgehend schlecht sind und verhindert werden müssen. Es lenkt vielmehr den Blick auf diejenigen Instandhaltungsaktivitäten, welche die Unternehmensleitung am stärksten beeinflussen, und entzieht die Aufmerksamkeit jenen, die keine oder nur eine geringe Bedeutung haben. Es ermutigt uns auch, die verschiedenen Möglichkeiten für das Störungsmanagement in einem größeren Zusammenhang zu sehen, anstatt uns nur auf die Verhinderung von Störungen zu konzentrieren. Die Techniken für das Störungsmanagement werden in zwei Kategorien unterteilt:

- **Vorwegnehmende Maßnahmen:** Diese werden durchgeführt, bevor eine Störung eintritt, um zu verhindern, daß das Teil in einen fehlerhaften Zustand übergeht. Sie umfassen das, was traditionell als „vorausschauende“ und „vorbeugende“ Instandhaltung betrachtet wird, obgleich RCM, wie wir später sehen werden, die Begriffe geplante Überholung, geplanter Austausch und zustandsbezogene Instandhaltung verwendet.
- **Standardmaßnahmen:** Diese behandeln den fehlerhaften Zustand und werden dann gewählt, wenn keine effektive vorwegnehmende Maßnahme gefunden werden kann. Standardmaßnahmen beinhalten *Störsuchmaßnahmen, Konstruktionsänderungen und 'fahren bis Störung auftritt'*.

Das Beurteilungsverfahren für die Folgen wird weiter unten besprochen. Der nächste Abschnitt befaßt sich näher mit vorwegnehmenden Maßnahmen.

3.6 Vorwegnehmende Maßnahmen

Viele Menschen glauben immer noch, der beste Weg für die Optimierung der Anlagenverfügbarkeit bestehe darin, eine Art von routinemäßiger vorwegnehmender Instandhaltung durchzuführen. Die Erkenntnisse aus der zweiten Generation verführen zu der Annahme, daß diese Präventivmaßnahmen aus Überholung oder Austausch von kritischen Teilen in regelmäßigen Abständen bestehen. Abbildung 4 illustriert diese Sichtweise der festen Intervalle von Störungen.

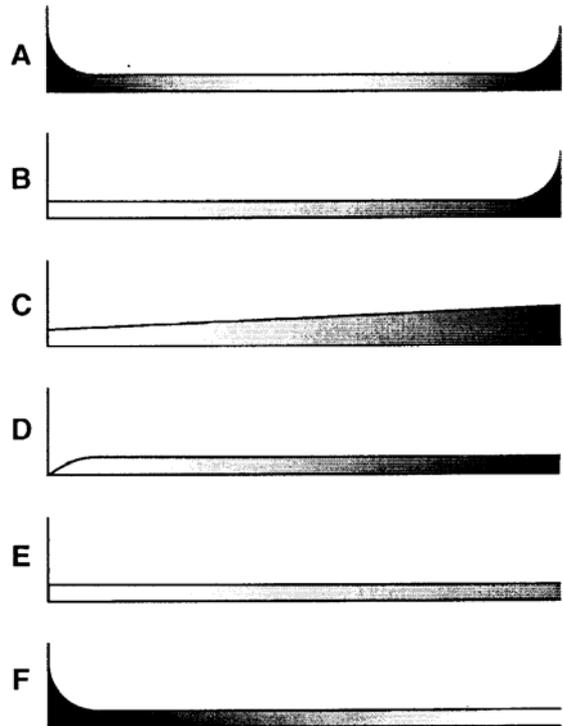


Abbildung 5: Sechs Störungsmuster

Abbildung 4 geht von der Annahme aus, daß die meisten Teile oder Komponenten über einen Zeitraum „X“ zuverlässig arbeiten und dann abgenutzt sind. Die klassische Vorstellung besagt, daß mit Hilfe von umfassenden Aufzeichnungen über Maschinenausfälle diese Lebensdauer bestimmt und damit ein Plan erstellt werden kann, mit dessen Hilfe zukünftig kurz vor der anstehenden Störung vorbeugende Maßnahmen ergriffen werden können.

Die Annahme trifft für bestimmte einfache Anlagenkomponenten und für einige komplexe Komponenten mit dominanten Störungsarten zu. Verschleißcharakteristiken werden häufig bei Anlagen angetroffen, die in direkten Kontakt mit dem Produkt kommen. Beispiele sind Brechmaschinen, Schneckenförderer, Laufräder von Pumpen oder die Schamottauskleidung von Brennkammern. Altersbedingte Störungen sind häufig mit Materialermüdung, Korrosion, Abrieb oder Verdampfung verbunden.

Anlagen sind ganz allgemein viel komplexer, als sie noch vor zwanzig Jahren waren. Das hat zu erstaunlichen Veränderungen bei den Störungsmustern geführt, wie dies in Abbildung 5 dargestellt ist. In diesen Diagrammen ist die zustandsbedingte Wahrscheinlichkeit von Störungen gegen die Betriebszeit aufgetragen. Sie gelten für einen weiten Bereich elektrischer und mechanischer Einrichtungen.

Muster A stellt die bekannte „Badewannenkurve“ dar. Sie beginnt mit einer hohen Störungshäufigkeit (bekannt als *Infant Mortality* oder *Burn-in*), gefolgt von einer konstant bleibenden oder langsam steigenden zustandsbedingten Störungswahrscheinlichkeit und endet in einer Verschleißzone. Muster B weist eine konstante oder langsam steigende Störungswahrscheinlichkeit auf, die ebenfalls in einer Verschleißzone endet (entsprechend Abbildung 4).

Muster C zeigt eine stetig ansteigende zustandsbedingte Störungswahrscheinlichkeit, aber ohne ein erkennbares



Verschleißalter. Muster D zeigt eine geringe zustandsbedingte Störungswahrscheinlichkeit, wenn das Teil neu ist oder gerade in Betrieb genommen wurde, gefolgt von einem steilen Anstieg bis auf ein dann gleichbleibendes Niveau. Bei Muster E bleibt die Störungswahrscheinlichkeit dagegen über die gesamte Lebensdauer konstant (Zufallsstörung). Muster F beginnt mit einer hohen zustandsbedingten Ausfallrate in der Anfangsphase (Burn-in), die dann auf ein konstantes oder nur sehr langsam steigendes Niveau absinkt.

Studien aus der zivilen Luftfahrt haben ergeben, daß sich vier Prozent entsprechend Muster A, zwei Prozent nach B, fünf Prozent nach C, sieben Prozent nach D, 14 Prozent nach E und nicht weniger als 68 Prozent nach Muster F verhalten. (Diese Zahlen aus der Luftfahrt müssen nicht notwendigerweise auch für andere Industrien gelten. Es besteht aber kein Zweifel, daß wir mit zunehmender Anlagenkomplexität mehr und mehr die Muster E und F sehen werden).

Diese Erkenntnisse widersprechen der Meinung, daß es immer einen Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit und Betriebsdauer gibt. Der Glaube an diesen Zusammenhang hat zu der Idee geführt, daß eine Störung um so unwahrscheinlicher wird, je häufiger eine Überholung durchgeführt wird. Dies trifft heute kaum noch zu. Wenn es bei komplexen Komponenten keine dominante altersbezogene Störungsart gibt, ändern Betriebszeitbegrenzungen nur wenig oder nichts an der Zuverlässigkeit. Im Gegenteil können regelmäßige Überholungen die Gesamtausfallrate sogar noch *erhöhen*, da sie in einem sonst stabilen System Frühausfälle bei den ausgetauschten Komponenten (Infant Mortality) hervorrufen kann.

Im Bewußtsein dieser Tatsache haben manche Unternehmen den Gedanken an eine vorwegnehmende Instandhaltung vollständig verworfen. In der Tat kann das die richtige Entscheidung sein für Störungen mit geringfügigen Folgen. Wenn die Folgen aber schwerwiegend sind, dann muß etwas getan werden, um die Störungen zu vermeiden oder zumindest die Folgen zu verringern.

Das bringt uns zurück zu der Frage der vorwegnehmenden Maßnahmen. RCM berücksichtigt alle drei Hauptkriterien der vorwegnehmenden Maßnahmen wie folgt:

- geplante Überholungsmaßnahmen
- geplante Austauschmaßnahmen
- geplante zustandsbedingte Maßnahmen

Geplante Überholungs- und Austauschmaßnahmen

Geplante Überholung bedeutet eine Überarbeitung einer einfachen oder Überholung einer komplexen Komponente vor oder bei Ablauf einer festgelegten Zeitspanne, unabhängig vom Zustand der Komponente zu diesem Zeitpunkt. Entsprechend bedeutet geplanter Austausch, daß eine Komponente vor oder bei Ablauf einer festgelegten Zeitspanne oder Lebensdauer ausgetauscht wird, unabhängig von ihrem Zustand zu diesem Zeitpunkt.

Beide Maßnahmen zusammen sind allgemein als *vorbeugende* Instandhaltung bekannt. Sie waren die am weitesten verbreitete und angewendete Form der vorwegnehmenden Instandhaltung. Aus den oben genannten Gründen werden sie aber heute weniger häufig eingesetzt als noch vor zwanzig Jahren.

Zustandsbedingte Maßnahmen

Die fortgesetzte Notwendigkeit, bestimmten Arten von Störungen vorzubeugen, und das zunehmende Unvermögen der klassischen Techniken, dieses Ziel zu erreichen, bilden den Hintergrund für das Aufkommen neuer Wege für das Störungsmanagement. Ein Großteil dieser Techniken baut auf der Tatsache auf, daß es bei den meisten Störungen vor ihrem Eintritt eine Art von Vorwarnung gibt. Diese Warnungen werden unter dem Begriff *potentielle Störung* zusammengefaßt. Sie werden definiert als *erkennbarer physikalischer Zustand, der anzeigt, daß eine Funktionsstörung kurz vor ihrem Eintritt oder in der Entstehung ist*.

Diese neuen Techniken werden eingesetzt, um potentielle Störungen zu entdecken, damit Schritte unternommen werden können, ihre Folgen, die andernfalls eintreten würden, zu vermeiden. Sie werden als *zustandsbedingte* Maßnahmen bezeichnet, da das Teil in Betrieb bleibt *unter der Bedingung*, daß es auch weiterhin die geforderte Leistungsnorm erfüllt. (Die zustandsbedingte Instandhaltung umfaßt *vorausschauende Instandhaltung, zustandsorientierte Instandhaltung und Zustandüberwachung*.)

Richtig eingesetzt sind zustandsbedingte Maßnahmen ein sehr guter Weg für das Management von Störungen. Sie können aber auch mit einem großen Zeitaufwand verbunden sein. RCM ermöglicht, daß auf diesem Gebiet besonders vertrauensvolle Entscheidungen getroffen werden können.

3.7 Standardmaßnahmen

Bei RCM gibt es für Standardmaßnahmen die folgenden drei Hauptkategorien:

- *Fehlersuche*: Bei Fehlersuchmaßnahmen werden verdeckte Funktionen in regelmäßigen Abständen überprüft, um festzustellen, ob diese Funktion bereits ausgefallen ist (im Gegensatz dazu soll mit zustandsbezogenen Maßnahmen festgestellt werden, ob ein Prozeß in Gang ist, der zu einer Störung führt).
- *Konstruktionsänderung*: Überarbeitung bzw. Konstruktionsänderung bedeutet, daß einzelne Änderungen an den systemeigenen Fähigkeiten vorgenommen werden. Das schließt Hardwareänderungen und Änderungen von Abläufen oder Verfahren mit ein.
- *Keine geplante Instandhaltung*: Wie aus dem Begriff hervorgeht, wird bei dieser Standardmaßnahme nichts unternommen, um Störungsarten frühzeitig zu erkennen oder ihnen vorzubeugen. Erst wenn die Störung eintritt, wird eine Reparatur durchgeführt. Diese Standardmaßnahme wird auch *fahren bis Störung auftritt* „run-to-failure“ genannt.

3.8 Das Auswahlverfahren für RCM-Maßnahmen

Eine Stärke von RCM liegt in der Weise, auf die es einfache, genaue und leichtverständliche Kriterien für die Entscheidung liefert, welche (und ob eine) vorwegnehmende Maßnahme in einem beliebigen Zusammenhang technisch machbar ist und wenn sie machbar ist, wie häufig und von wem sie durchgeführt werden sollte.

Ob eine vorwegnehmende Maßnahme technisch machbar ist oder nicht, wird bestimmt durch die *technischen Merkmale* der Maßnahme und der Störung, die verhindert werden soll. Ob es *sich lohnt*, die Maßnahme durchzuführen, hängt davon ab, wie positiv sich die Maßnahme auf die

Folgen, welche die Störung nach sich zieht, auswirkt. Kann keine vorwegnehmende Maßnahme gefunden werden, die technisch machbar und rentabel ist, dann muß eine geeignete Standardmaßnahme durchgeführt werden. Welche dafür in Frage kommt, hängt von den Störungsfolgen ab:

- Für *verdeckte Störungen* lohnt sich eine vorwegnehmende Maßnahme dann, wenn dadurch das Risiko einer multiplen Störung aufgrund des Ausfalls der verdeckten Funktion auf ein annehmbar niedriges Niveau sinkt. Kann keine entsprechende Maßnahme gefunden werden, dann muß in regelmäßigen Intervallen eine **Fehlersuchmaßnahme** durchgeführt werden. Kann auch keine geeignete Fehlersuchmaßnahme gefunden werden, dann ist die nächste Standardentscheidung die konstruktive Überarbeitung dieser Komponente (abhängig von den Folgen der multiplen Störung).
- Für Störungen mit Folgen für die *Sicherheit oder die Umwelt* lohnt sich eine vorwegnehmende Maßnahme nur, wenn sie das Risiko für diese Störung selbst auf ein sehr niedriges Niveau senkt oder die Störung vollständig ausschließt. Kann keine entsprechende Maßnahme gefunden werden, dann **muß die Komponente konstruktiv überarbeitet oder der Prozeß geändert werden**.
- Für Störungen mit *betriebsabhängigen Folgen* lohnt sich eine vorwegnehmende Maßnahme nur, wenn die daraus entstehenden Gesamtkosten über einen bestimmten Zeitraum kleiner sind als die Kosten für den gleichen Zeitraum, die aus der veränderten Arbeitsweise oder der Reparatur der Maschine entstehen. Mit anderen Worten: Die Bewertung der Maßnahme muß aus ökonomischer Sicht vorgenommen werden. Ist sie nicht gerechtfertigt, dann lautet die erste Standardentscheidung: **keine geplante Instandhaltung**. (Wenn dieser Fall eintritt und die Folgen für den Betrieb der Maschine aber nicht akzeptabel sind, dann ist die nächste Standardentscheidung wieder eine konstruktive Überarbeitung.)
- Für Störungen mit *betriebsunabhängigen Folgen* lohnt sich eine vorwegnehmende Maßnahme nur, wenn die

Kosten dieser Maßnahme für einen bestimmten Zeitraum niedriger sind als die Reparaturkosten in diesem Zeitraum. Maßnahmen dieser Art müssen deshalb ebenfalls ökonomisch gerechtfertigt sein. Ist eine Maßnahme nicht gerechtfertigt, dann lautet die erste Standardentscheidung wiederum: **keine geplante Instandhaltung**. Sind die Reparaturkosten zu hoch, dann ist die nächste Standardentscheidung ebenfalls konstruktive Überarbeitung.

Dieser Ansatz besagt, daß vorwegnehmende Maßnahmen nur für Störungen festgelegt werden, für die ein tatsächlicher Bedarf besteht, was letztendlich zu einer wesentlichen Verringerung des Routinearbeitsumfangs führt. Weniger Routinearbeit bedeutet aber, daß die verbleibenden Aufgaben mit größerer Wahrscheinlichkeit sorgfältig ausgeführt werden. Zusammen mit der Beseitigung von unproduktiven Arbeiten führt dies zu einer effektiveren Instandhaltung.

Vergleichen Sie diesen Ansatz mit dem traditionellen Ansatz für die Entwicklung von Instandhaltungsstrategien. Beim traditionellen Ansatz wird der Instandhaltungsbedarf für jedes Teil ausschließlich nach seinen tatsächlichen oder angenommenen technischen Merkmalen beurteilt. Die Folgen, die sich aus einem eventuellen Ausfall ergeben, werden dabei nicht berücksichtigt. Die auf diese Weise erstellten Pläne werden für alle entsprechenden Teile gleichermaßen angewandt, wiederum ohne zu berücksichtigen, daß unterschiedliche Betriebsbedingungen auch unterschiedliche Störungsfolgen nach sich ziehen. Das Ergebnis ist dann eine Unsumme von Plänen, die alle eine Verschwendung bedeuten, nicht weil sie im technischen Sinn „falsch“ sind, sondern weil sie nichts bewirken.

Beachten Sie auch, daß das RCM-Verfahren zuerst den Instandhaltungsbedarf jeder einzelnen Komponente berücksichtigt, bevor die Frage nach der Notwendigkeit einer Änderung der Komponente gestellt wird. Der Grund dafür ist schlicht und einfach, daß der Instandhaltungsingenieur, der *hier und jetzt* seinen Dienst versieht, die Betriebsanlagen so, wie sie *hier und jetzt* sind, warten muß und nicht, wie sie irgendwann in der Zukunft sein könnten oder sein sollten.

4.

Die Umsetzung von RCM

4

Vor dem Beginn einer Analyse der Instandhaltungsanforderungen für die Anlagen einer Organisation müssen wir wissen, welches die Anlagen sind und entscheiden, welche in das RCM-Analyseverfahren mit eingebunden werden sollen. Das bedeutet, daß ein Anlagenregister vorbereitet werden muß, falls noch keines existiert. In der Praxis existieren in den meisten Organisationen solche Anlagenregister, die in der Regel für die RCM-Analyse verwendet werden können.

Planung

Richtig angewandt führt RCM zu einer beachtlichen Verbesserung der Wirksamkeit der Instandhaltung und das in oft überraschend kurzer Zeit. Grundlage für eine erfolgreiche Anwendung von RCM ist aber eine sorgfältige Planung und Vorbereitung. Für den Planungsprozeß gibt es folgende Schlüsselemente:

- Entscheidung, welche Anlagenkomponenten wahrscheinlich am meisten und auf welche Weise von RCM profitieren
- Beurteilung der Ressourcen, die für die Anwendung von RCM benötigt werden
- Wenn die voraussichtlichen Vorteile die Investition rechtfertigen, detaillierte Entscheidung, wer das RCM-Verfahren durchführen soll, wer die Auditoren der einzelnen Analysen sein sollen, wann und wo sie durchgeführt werden soll, und Vorbereitung von geeigneten Schulungsmaßnahmen für die Beteiligten
- Sicherstellung, daß die Betriebsbedingungen der Anlagenkomponente vollständig verstanden werden.

Analysegruppen

Wir haben gesehen, wie das RCM-Verfahren auf sieben Grundfragen aufbaut. In der Praxis können aber

Instandhaltungsmitarbeiter nicht alle diese Fragen selbst beantworten. Einige (wenn nicht die meisten) der Antworten können nur von der Produktion oder vom Bedienungspersonal kommen. Das gilt ganz besonders für Fragen, die Funktionen, die angestrebte Leistung oder Auswirkungen und Folgen von Störungen betreffen.

Aus diesem Grund sollte der Instandhaltungsbedarf für alle Komponenten von kleinen Teams erarbeitet werden, denen zumindest ein Mitarbeiter aus der Instandhaltung und ein Mitarbeiter aus dem Betrieb angehört. Das Dienstalter der Teammitglieder ist dabei weniger wichtig als sein fundiertes Wissen über die betreffende Anlage. Jedes Mitglied dieses Teams sollte auch eine RCM-Schulung absolviert haben. Die Zusammensetzung eines typischen Teams für diese Aufgabe ist in Abbildung 6 dargestellt.

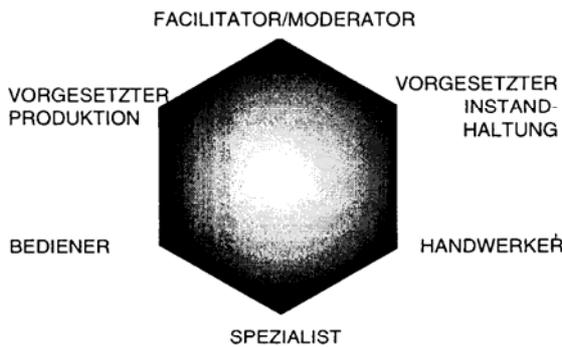


Abbildung 6: Eine typische RCM-Analysegruppe

Die Verwendung solcher Teams ermöglicht nicht nur dem Management einen systematischen Zugang zu dem Wissen und der Expertise jedes einzelnen Gruppenmitglieds. Auch die Gruppenmitglieder selbst erhalten ein viel besseres Verständnis der Komponenten unter den jeweiligen Betriebsbedingungen.

Facilitatoren / Moderatoren

RCM-Analysegruppen arbeiten unter der Moderation von hervorragend geschulten RCM-Spezialisten. Diese Spezialisten werden als Facilitatoren bezeichnet. Facilitatoren sind die wichtigsten Beteiligten bei einem RCM-Analyseverfahren. Ihre Aufgabe ist es sicherzustellen, daß

- RCM auf der richtigen Stufe eingeführt wird, die Grenzen des Systems eindeutig definiert sind, keine wichtigen Anlagenkomponenten übersehen wurden und die Ergebnisse der Analysen in geeigneter Weise aufgezeichnet werden,
- RCM von den Gruppenmitgliedern richtig verstanden und angewandt wird,
- die Gruppe aktiv und in einer geregelten Weise einen Konsens erreicht und dabei die Begeisterung und das Engagement der einzelnen Mitglieder nicht verloren geht,
- die Analyse zügig vorangeht und in der vorgegebenen Zeit abgeschlossen wird.

Die Facilitatoren arbeiten auch mit RCM-Projektmanagern oder -Sponsoren zusammen, um sicherzustellen, daß alle Analysen richtig geplant sind, und die Logistik und das Management der Analysen in geeigneter Weise unterstützt werden.

Auditoren

Unmittelbar nachdem die Planung für alle wichtigen Anlagenkomponenten abgeschlossen ist, muß sich das Management, das die Gesamtverantwortung für die Anlagen trägt, Gewißheit darüber verschaffen, daß sie ordnungsgemäß durchgeführt wurde und daß es der Beurteilung der Störungsfolgen sowie der Auswahl der Maßnahmen seine Zustimmung geben kann. Das Management muß diese Audits nicht selbst vornehmen. Es kann sie an eine Person oder Personengruppe delegieren, in deren Urteil es genügend Vertrauen hat.

Die Ergebnisse einer RCM-Analyse

Wenn RCM auf die oben beschriebene Weise umgesetzt wird, dann führt eine RCM-Analyse zu folgenden vier wichtigen Ergebnissen:

- Ein wesentlich erweitertes Verständnis der Funktionsweise einer Anlagenkomponente in Verbindung mit einem klaren Bild über deren Leistungsfähigkeit (was sie kann und was sie nicht kann).
- Ein besseres Verständnis dafür, auf welche Weise eine Anlagenkomponente gestört sein kann in Verbindung mit den tieferen Ursachen jeder Störung. Das bedeutet, daß die Arbeit, die in die Instandhaltung gesteckt wird, auch für die richtigen Probleme aufgewendet wird. Das trägt nicht nur dazu bei, unvorhersehbaren Störungen vorzubeugen, sondern verhindert auch, daß Störungen durch Mitarbeiter verursacht werden.
- Listen mit vorgeschlagenen Maßnahmen, durch die sichergestellt werden soll, daß eine Anlagenkomponente

auch weiterhin auf dem geforderten Leistungsniveau arbeitet. dafür gibt es drei Arten:

- Instandhaltungspläne, ausgeführt von der Instandhaltungsabteilung
- überarbeitete Betriebsanleitungen für das Bedienungspersonal
- eine Liste mit den Bereichen, in denen Änderungen (gewöhnlich Konstruktionsänderungen) notwendig sind, weil durch Instandhaltung alleine eine Maschine oder Anlage in ihrer momentanen Konfiguration die erwünschte Leistung nicht erreichen kann.
- Eine wesentlich verbesserte Teamarbeit.

Wie Unternehmen, die RCM einsetzen, Vorteile daraus ziehen

So erstrebenswert diese Ergebnisse auch sind, sie sollten lediglich als Mittel zum Zweck betrachtet werden. Insbesondere sollten sie die Instandhaltung in die Lage versetzen, alle Erwartungen zu erfüllen, die in Abbildung 1 am Anfang



dieses Beitrags aufgelistet sind. Auf welche Weise das geschieht, ist in den folgenden Abschnitten kurz zusammengefaßt.

- **Größere Sicherheit und verbesserter Schutz der Umwelt:** Bei RCM haben Sicherheits- und Umweltaspekte bei allen Arten von Störungen Vorrang vor den Auswirkungen auf den Betrieb der Maschine. Das bedeutet, daß Schritte unternommen werden, um alle identifizierbaren anlagenbezogenen Sicherheits- und Umweltrisiken zu minimieren oder sogar auszuschließen. Indem die Sicherheitsfrage in den Prozeß der Entscheidungsfindung für die Instandhaltung eingebunden wird, verbessert sich auch die Einstellung der Mitarbeiter zu Sicherheitsproblemen.
- **Verbesserte Betriebsleistung (Ausstoß, Produktqualität und Kundenservice):** RCM berücksichtigt, daß alle Instandhaltungsarten ihren Wert haben, und gibt Regeln an die Hand, mit denen entschieden werden kann, welche Instandhaltung in welcher Situation optimal ist. Auf diese Weise trägt RCM dazu bei, daß sichergestellt ist, daß für jede Maschine nur die effektivste Instandhaltungsart gewählt wird und daß entsprechende Maßnahmen getroffen werden, wenn durch Instandhaltung das Problem nicht gelöst werden kann. Dieser punktgenaue Einsatz der Instandhaltung führt zu Quantensprüngen in der Leistung der vorhandenen Anlagen.

RCM wurde entwickelt, um Luftfahrtgesellschaften bei der Aufstellung von Wartungsprogrammen für neue Flugzeugtypen vor deren Inbetriebnahme zu unterstützen. Es stellte sich heraus, daß es ein idealer Weg war für die Entwicklung von Instandhaltungsprogrammen für neue Anlagen, besonders für komplexe Anlagen, bei denen es nur wenig Informationen über ihre Vorgeschichte gibt. Das erspart einen Großteil des mühseligen Wegs nach dem Try-and-error-Prinzip, das so häufig in der Entwicklung von neuen Instandhaltungsprogrammen angewendet wird - ein Probieren, das frustrierend und zeitaufwendig ist, mit Irrtümern, die sehr kostspielig sein können.

- **Größere Rentabilität der Instandhaltung:** RCM konzentriert die Aufmerksamkeit ständig auf diejenigen Instandhaltungsaktivitäten, welche die größte Auswirkung auf die Maschinenleistung haben. Das trägt dazu bei, sicherzustellen, daß alle Energien für die Instandhaltung dort aufgewendet werden, wo sie die größtmögliche Wirkung erzielen.

Hinzu kommt, daß RCM, wenn es bei vorhandenen Instandhaltungssystemen richtig angewandt wird, den Umfang an *Routearbeit* (mit anderen Worten, vorwegnehmende Instandhaltung auf zyklischer Basis) gewöhnlich um 40 - 70 Prozent senkt. Wird RCM bei der Entwicklung eines neuen Instandhaltungssystems verwendet, dann ist der Umfang fest geplanter Arbeiten

wesentlich geringer als bei der Planung des Systems mit traditionellen Methoden.

- **Verlängerte Nutzungsdauer von teuren Anlagen** durch eine sorgfältig vorgenommene Ausrichtung auf zustandsbedingte Instandhaltungstechniken.
- **Umfassende Instandhaltungsdatenbank:** Ein Ergebnis am Ende einer RCM-Analyse sind umfassende, verlässliche und vollständig dokumentierte Aufzeichnungen über den Instandhaltungsbedarf aller wichtigen Anlagenkomponenten, die in diesem Unternehmen eingesetzt werden. So ist eine *Anpassung an veränderte Bedingungen* (wie geänderte Schichtenteilung oder neue Technologien) möglich, ohne die Instandhaltungspolitik von Grund auf zu überarbeiten. Es ermöglicht zudem den Anlagenbenutzern zu beweisen, daß die Instandhaltungsprogramme auf einer rationalen Basis beruhen (ein *Nachweis* der zunehmend von Aufsichtsbehörden gefordert wird). Es *mildert auch die Auswirkungen der Personalfuktuation* mit dem damit verbundenen Verlust an Erfahrung und Expertise.

Die Überprüfung und Planung des Instandhaltungsbedarfs für jede einzelne Komponente mit RCM ergibt auch ein viel klareres Bild, *welche Fertigkeiten für die Instandhaltung jeder Anlagenkomponente benötigt werden*, und hilft bei der Entscheidung, *welche Ersatzteile auf Lager gehalten werden sollten*. Ein wertvolles Nebenprodukt dabei sind *verbesserte Zeichnungen und Handbücher*.

- **Bessere Motivation der Mitarbeiter:** Das gilt besonders für Mitarbeiter, die an der Analyse beteiligt sind. Diese Beteiligung führt zu einem stark verbesserten Allgemeinverständnis für die Anlagen unter den gegebenen Betriebsbedingungen in Verbindung mit einem erweiterten Verantwortungs- und Zuständigkeitsbewußtsein für Instandhaltungsprobleme und deren Lösung. Es bedeutet auch, daß Lösungen mit größerer Wahrscheinlichkeit dauerhaft werden.
- **Verbesserte Teamarbeit:** RCM bietet eine allgemeine, leicht verständliche technische Terminologie für alle, die sich in irgendeiner Weise mit Instandhaltung befassen. Das verbessert das gegenseitige Verständnis von Instandhaltungs- und Produktionsmitarbeitern dafür, was eine Instandhaltung erreichen kann (und was nicht) und was zur Erreichung dieses Ziels getan werden muß.

Alle diese Punkte sind Kernbestandteile des Instandhaltungsmanagements, und viele davon sind bereits Ziele von Verbesserungsprogrammen. Der Unterschied bei RCM ist, daß RCM einen effektiven, schrittweise aufgebauten Rahmen bietet, bei dem *alle Punkte* in einem Zug bearbeitet und alle betroffenen Mitarbeiter beteiligt werden können.

In der richtigen Weise eingesetzt, führt RCM zu schnellen Ergebnissen. In der Tat können die meisten Unternehmen eine vollständige RCM-Analyse mit der vorhandenen Belegschaft innerhalb eines Jahres abschließen. In der Folge kommt es zu einer Wandlung der Ansichten, sowohl über

den Instandhaltungsbedarf der Anlagen als auch über die Funktion der Instandhaltung. Das Ergebnis ist eine wirkungsvollere, harmonischere und um einiges billigere Instandhaltung.