

2.1 Definitionen der Instandhaltung

Nach Afnor (Frankreich): Instandhaltung ist die Gesamtheit aller Aktivitäten zur Aufrechterhaltung oder Rehabilitation einer Anlage/Maschine in einem bestimmten Zustand oder zur Sicherung einer bestimmten Dienstleistung.

- **Gesamtheit der Aktivitäten:** umfasst Instrumente, technische Maßnahmen zur Durchführung der Instandhaltung
 - **Aufrechterhaltung:** Vorbeugung von Ausfällen zur Aufrechterhaltung des Betriebszustands der Anlagen/ Maschinen
 - **Rehabilitation:** Reparatur oder Wiederherstellung des Anfangszustands der Anlagen/ Maschinen
 - **Bestimmter Zustand oder bestimmte Dienstleistung:** festgestellte und quantifizierte Ziele
- **Laut BS 3811: 1984 (England):** Instandhaltung ist die Gesamtheit aller technischen Maßnahmen und Managementmaßnahmen zur Aufrechterhaltung oder Rehabilitation der Anlagen in einem Zustand, in dem die Anlagen die geforderten Funktionen erfüllen können.
- **Nach Total Productivity Development AB (Thuy Diên):** Instandhaltung ist die Gesamtheit aller Maßnahmen, die durchgeführt werden, um Anlagen in einem bestimmten Zustand aufrechtzuerhalten oder sie in diesem zu rehabilitieren.
- **Laut Dimitri Kececioglu (USA):** Instandhaltung ist jede Aktivität zur Aufrechterhaltung der Anlagen in einem zuverlässigen und sicheren Betriebszustand. Wenn die Anlagen defekt sind, dann werden sie wieder in diesem Zustand rehabilitiert.

2.2 Kategorien der Instandhaltung:

2.2.1 Ungeplante Instandhaltung

darunter wird eine Instandhaltung verstanden, die ohne Plan oder ohne Informationen während des Betriebes der Anlagen bis zum Ausfall durchgeführt wird. Beim Auftreten von Anlagenausfällen wird es repariert oder ersetzt.

1.Rehabilitationsinstandhaltung:

Eine Form der Instandhaltung, die nicht geplant werden kann. Eine Arbeit, die in die Kategorie ungeplante Rehabilitationsinstandhaltung eingestuft wird, wenn die Zeit für diese Arbeit weniger als 8 Stunden benötigt wird. Deshalb ist es nicht möglich einen zweckmäßigen Arbeitsplan zu erstellen, damit die Arbeit parallel durchgeführt werden kann. Aktivitäten der Instandhaltung werden durchgeführt bei unerwarteten Anlagenausfällen zur Wiederherstellung des normalen Betriebes der Anlagen, damit die geforderten Funktionen erfüllt werden können.

2.Eilinstandhaltung:

Ist Instandhaltung, die sofort nach dem Auftreten des Anlagenausfalls durchgeführt werden muß, damit Folgeschäden vermieden werden können

► Hohe Kosten der Instandhaltung.

⇒ Eine ungeplante Instandhaltung führt zu hohen Kosten der direkten und indirekten Instandhaltung, weil die Anlagenausfälle unvorhergesehen sind.

2.2.2 Geplante Instandhaltung

ist eine Instandhaltung, die nach einem kontrollierten Plan organisiert und durchgeführt wird.

1. Vorbeugungsinstandhaltung:

Ist geplante Instandhaltungsaktivitäten, die nach bestimmten Schritten durchgeführt werden, zur Vorbeugung der Anlagenausfälle oder zur rechtzeitigen Identifizierung von Fehlern bevor sie schwerwiegend werden und Ausfälle und Produktionsstillstand verursachen. Es gibt 2 Maßnahmen zur Implementierung der Strategie der Vorbeugungsinstandhaltung:

- Direkte Vorbeugungsinstandhaltung

(Fixed-Time Maintenance/FTM): wird regelmäßig durchgeführt (nach Operationszeit, km etc.) zur Vorbeugung der Anlagenausfälle durch direkte/n Einfluß auf und Verbesserung von physikalischen Zustand der Anlagen und Maschinen: Ersatz von Zubehören, Inspektion von Anlagenteilen, Ölschmieren, Reinigung der Anlagen und Maschinen etc.

- Indirekte Vorbeugungsinstandhaltung:

wird zur Suche der Fehler der Anlagen und Maschinen von Anfang an, bevor sie auftreten könnten, durchgeführt. Anstatt der Einflußnahme auf den physikalischen Zustand der Anlagen werden Techniken der objektiven und subjektiven Zustandsüberwachung angewandt, zur Feststellung oder Schätzung der Ausfälle (*auch als zustandsbasierte Instandhaltung genannt, CBM- Condition Based Maintenance*).

Um richtig den Zustand und die Betriebsbedingungen der Anlagen zu jedem Zeitpunkt feststellen zu können, wendet man

die Technik der Zustandsüberwachung an

⇒ zur Lieferung von Informationen drüber, um welches Problem es geht, und viel wichtiger, welche Ursachen es gibt.

➤ Subjektive Zustandsüberwachung: ist eine Überwachung mittels der Sinnesorgane der Menschen: Hören, Sehen, Berühren, Schmecken und Riechen zur Auswertung des Zustands der Anlage.

- Objektive Zustandsüberwachung: ist eine Überwachung mittels der Meßtechnik und verschiedener Meßgeräte:
Unterbrochene Überwachung: der Kontrolleur geht ran an die Maschine und mißt die erforderlichen Parameter mit Hilfe von Handmeßgeräten. Die Daten werden erfasst oder gespeichert für spätere Analysen.
Kontinuierliche Überwachung: wird durchgeführt bei schneller Erscheinung der Ausfälle ⇒ teure Geräte

2. Verbesserungsinstandhaltung:

wird durchgeführt, wenn Anlagen ersetzt werden sollten oder eine Verbesserung der Arbeit der Instandhaltung erforderlich ist.

Zur Rekonstruktion einiger Maschinenteile, um Fehler zu beheben oder die Nutzungsdauer der Maschinenteile und der gesamten Maschine zu verlängern.

Rekonstruktionsinstandhaltung:

ist eine verbesserte Konstruktion zur totalen Behebung der existierenden Fehler der Anlagen und Maschinen.

Instandhaltung zur Verlängerung der Lebensdauer:

ist eine Lösung zur Verlängerung der Lebensdauer der Anlagen und Maschinen durch den Einsatz von neuen Materialien oder eine neue Konstruktion.

2. Präzisionsinstandhaltung:

wird durchgeführt mittels der Sammlung von Daten der Schätzungsinstandhaltung, um die Umgebung und Parameter der in Betrieb genommenen Anlagen zu ändern, und damit die Produktivität, Effektivität sowie die Lebensdauer der Anlagen zu maximalisieren.

4. Vorratsinstandhaltung:

wird durchgeführt, indem Maschinen und Ersatzteile parallel zu den vorhandenen Maschinen und Ersatzteilen bereitgehalten werden; Diese müssen einsatzbereit sein und in die Produktion integriert werden können, wenn die vorhandene Anlage plötzlich ausfällt .

5. Produktionsorientierte Instandhaltung:

(im Originaltext wird Total Productive als Totale Produktivität ausgedrückt: der Übersetzer) (Total Productive Maintenance-TPM) wird durchgeführt von allen Mitarbeitern in kleinen Arbeitsgruppen ⇒ Erreichung der maximalen Auslastung, Verhinderung von Schäden im Produktionsprozeß. Zur Erreichung des Ziels:

☞ "Kein Unfall, Kein Fehler, Kein Ausfall"

TPM wird angewendet in allen Abteilungen und für alle Mitarbeiter vom Top Management bis zum Facharbeiter

6. Zuverlässigkeitsfokussierte Instandhaltung (*Reliability-Centred Maintenance-RCM*)

ist ein systematischer Prozeß, der zur Anwendung kommt, um den Anforderungen an die Instandhaltung und die Anlagenverfügbarkeit gerecht zu werden. Dies dient der quantitativen Auswertung des Arbeitsvolumens oder Prüfung der Aktivitäten und Pläne der Instandhaltung.

7. Rehabilitationsinstandhaltung:

umfaßt Instandhaltungsaktivitäten zur Rehabilitation der Anlagen entsprechend den Produktionsplänen. Ersatzteile, Bedienungsanleitungen und andere Unterlagen sowie Instandhalter stehen zur Verfügung vor der Durchführung der Instandhaltungsmaßnahme.

8. Eilinstandhaltung:

Egal wie gut die Instandhaltungsstrategie ist, sind unvorhersehbare Anlagenausfälle nicht vermeidbar. Deshalb ist die Strategie über eine Eilinstandhaltung eine erforderliche Auswahl.

2.3 Instandhaltungsmethoden

Wenn eine Strategie über die Instandhaltung existiert, kann man zwischen verschiedenen Methoden der Instandhaltung auswählen. In der Praxis gibt es Kombinationen mit verschiedenen Methoden aufgrund der Vielfältigkeit der Anlagen und Maschinen in der Fabrik sowie auf Grund von wirtschaftlichen Verlusten, die vom unerwarteten Anlagenausfall verursacht werden.

1. Nutzung bis zum Ausfall oder nichtgeplante Rehabilitationsinstandhaltung

- Geringer Index der Anlagenverfügbarkeit, hohe Kosten der Instandhaltung. Hohe Kosten der Anlagenausfälle , geringe Wirksamkeit und Effektivität der Instandhaltung. Die Instandhaltung steht unter Druck und stellt manchmal Gefahr dar, weil Sicherheitsmaßnahmen normalerweise nicht beachtet werden.
- Anwendung nur für bestimmte ausgewählte Anlagen und Maschinen aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen. Wenn alle Instandhaltungsaktivitäten Reparaturen bei Anlagenausfällen sind, dann ist diese Strategie über Instandhaltung falsch.

2. Regelmäßige Instandhaltung

- Niedrige Kosten der Instandhaltung und Reduzierung der Zeit der Anlagenausfälle im Vergleich mit dem Betrieb der Anlagen bis zum Ausfall.
- Instandhaltungsaktivitäten werden geplant für wichtige Maschinen. Zubehöre mit schätzbarer Lebensdauer werden ersetzt oder erneuert.
- Unnötige Kosten entstehen, da einige Ersatzteile zu oft ersetzt werden.
- Ergebnisse der Instandhaltung sind nicht wie erwartet, weil jeder Ersatzteil eine andere Lebensdauer hat.
- Es entstehen hohe Kosten der Anlagenausfälle, weil einige Teile bis zum Ausfall genutzt werden und noch nicht ersetzt werden können.


3. Zustandsbasierte Instandhaltung

- Hohe Anlagenverfügbarkeit, optimale Instandhaltungskosten und hohe Rentabilität ⇒ rechtzeitige Instandhaltung
- Überwachung des Zustands der Anlagen während ihres Betriebes
 - ↳ Flexibilität in der Erstellung und Durchführung der Pläne der Rehabilitationsinstandhaltung entsprechend den Produktionsplänen
- Erhebliche Reduzierung der Zeit von Anlagenausfällen, weil die Zeit des Produktionsstillstands aufgrund der Änderungen von Produkten, Instrumenten etc. für die Instandhaltung genutzt wird.

4. Rekonstruktionsinstandhaltung

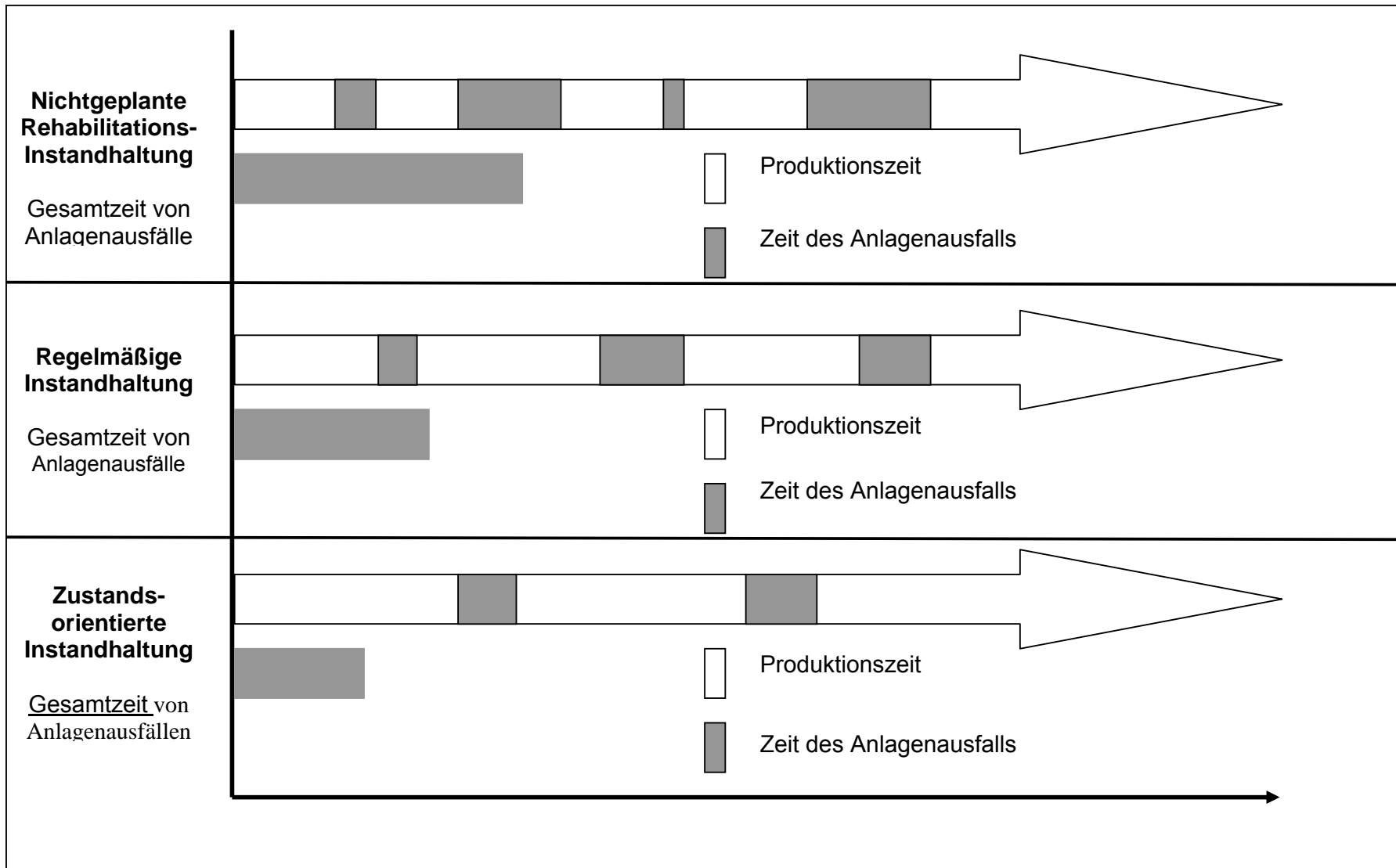
- Reduzierung des Instandhaltungsbedarfes, Erhöhung des Indexes der Anlagenverfügbarkeit
- Beschaffung von billigsten Maschinen verursachen normalerweise hohe Kosten der Instandhaltung ⇒ kurze Lebensdauer der Maschinen, geringe Anlagenverfügbarkeit.

5. Instandhaltung zur Verlängerung der Lebensdauer

- Änderung, Erneuerung von Materialien eines Maschinenteils zur Verlängerung der Lebensdauer.
-  Reduzierter Bedarf an Vorbeugungsinstandhaltung und Rehabilitationsinstandhaltung

6. Vorratsinstandhaltung

- Minimale Zeit von Anlagenausfällen ⇒ teuer
- Behebung von Folgen, die vom nichtgeplanten Anlagenausfall verursacht werden.

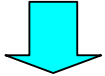


Zeit des Anlagenausfalls und der Produktion entsprechend anderen IH-Methoden

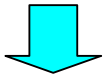
2.4 Auswahl der Instandhaltungsmethoden

Auswahl der Instandhaltungsmethoden durch Fragen und Antworten nach den folgenden Schritten:

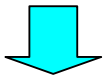
Könnte eine neue Konstruktion (der Maschine) Ausfälle vermeiden?



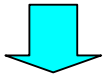
Ist das möglich, die Lebensdauer der Maschinenteile zu verlängern?



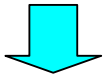
Kann eine Überwachung des Zustands der Maschinen während des Betriebes der Maschinen erfolgen ?



Kann eine Zustandsüberwachung während des geplanten Stillstands der Maschinen erfolgen ?



Kann ein regelmäßiger Ersatz erfolgen ?



Kann eine Vorratsinstandhaltung erfolgen ?





Betrieb bis zum Ausfall

2.5 Vorbeugungsinstandhaltung:

1. Einführung

- Aufrechterhaltung der nützlichen Lebensdauer der Anlagen und Maschinen und Vermeidung von unerwarteten Schäden (Reinigung, Ölschmieren, Steuern, regelmäßige Instandhaltung, regelmäßige Kontrolle und Überwachung der Maschinen)
- Frühzeitige Entdeckung der Gefahren zur Vermeidung von späteren nicht erlaubten Schäden

 Ein Arbeitsplan kann erstellt und effektiver durchgeführt werden.

 Kontrolle und Überwachung sind lebensnotwendig zur Verbesserung der geplanten Instandhaltungsaktivitäten, zur Erhöhung der Effektivität der Instandhaltung und zur Reduzierung von akuten Anlagenausfällen, die einer Eilinstandhaltung erforderlich machen ⇒ Reduzierung der Kosten.

2. Nutzen der Vorbeugungsinstandhaltung

- Die Anzahl der Anlagenausfälle wird reduziert: weil die Zustandsüberwachung für eine rechtzeitige Entdeckung von Problemen sorgt, bevor sie Schaden richten könnten.
- Besser geplante Instandhaltung.
- Die Anzahl der Eilinstandhaltung wird reduziert.
- Die Zeit der nichtgeplanten Instandhaltung wird reduziert.
- Die Lebensdauer der Anlagen wird verlängert (bis zu 20%).

- Mitarbeiter für die Instandhaltung werden besser eingesetzt: Eine Eilinstandhaltung kostet normalerweise mehr als 15% im Vergleich mit einer Instandhaltung, die vorher geplant wird. ⇒ effektiver & höhere Produktivität.
- Verbessertes Betrieb von Anlagen: Sorgfältig gewartete Anlagen werden besser genutzt.
- Reduzierung der Zeit von Anlagenausfällen ⇒ Höherer Ertrag.
- Reduzierung der Kosten der Instandhaltung: die Gesamtkosten eines Programms „Vorbeugungsinstandhaltung“ entsprechen ca. 4 % der Beschaffungskosten einer Anlage. Im normalen Fall, betragen die Kosten einer Vorbeugungsinstandhaltung ungefähr 10% der Kostenersparnisse aus der Anwendung dieses Programms.

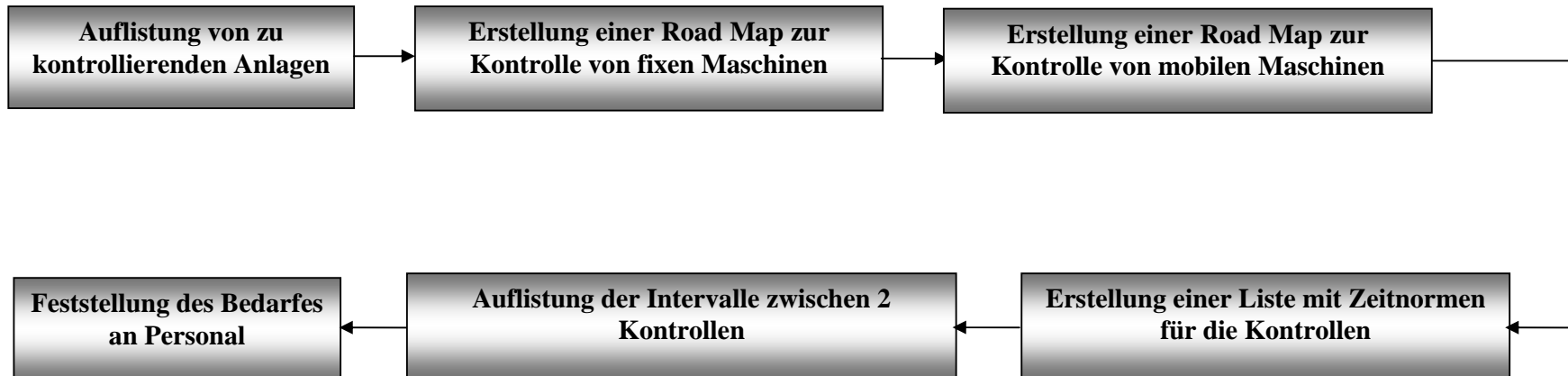
3. Kontrolle in der Vorbeugungsinstandhaltung:

Die Kontrolle der Anlagen ist die wichtigste Aktivität des Programms „Vorbeugungsinstandhaltung“ ⇒ Erhaltung von erforderlichen Daten über den Zustand der Anlagen ⇒ Frühzeitige Entdeckung von Problemen ⇒ Erstellung von Instandhaltungsplänen (Materialien, Zubehöre, Kostenvoranschläge, Personal, Kooperation mit Produktionseinheiten bzgl. Abstimmung über geplanten Stillstand der Maschinen)

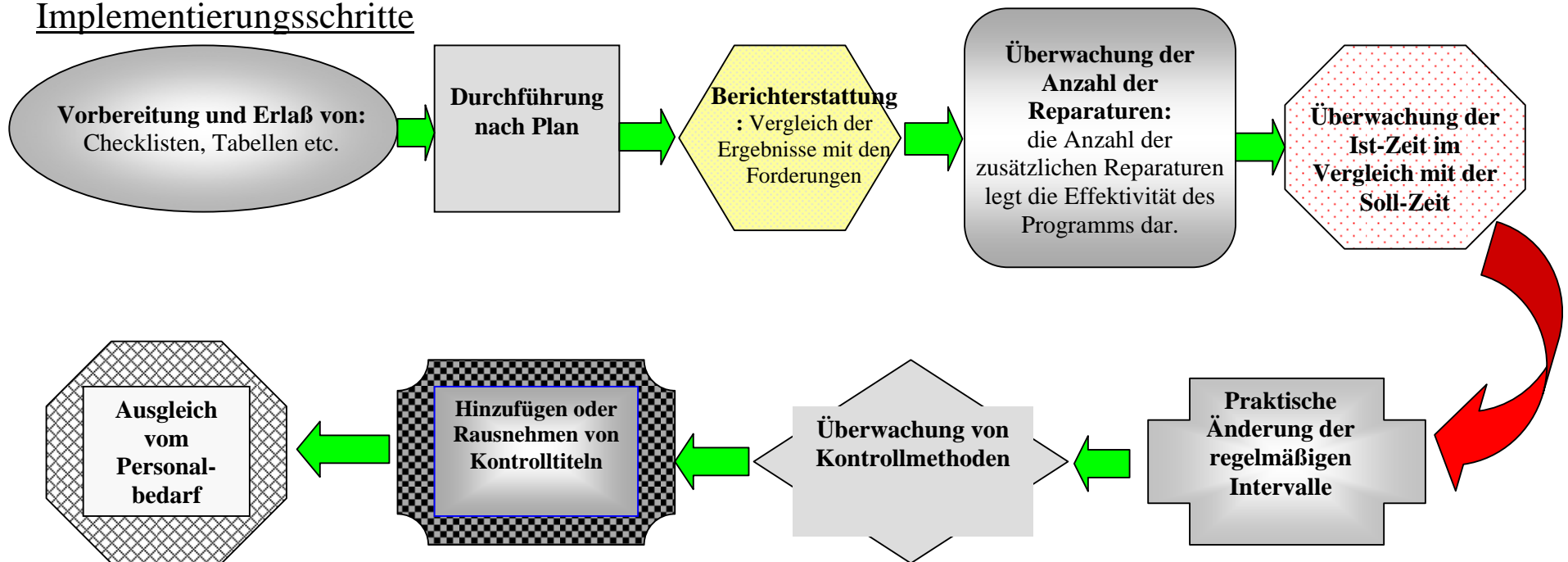
3. Durchführung der Vorbeugungsinstandhaltung

umfasst 2 Gruppen: Organisation und Implementierung mit den folgenden Schritten :

Organisationsschritte



Implementierungsschritte



5. Technik der Zustandsüberwachung:

- Ein Prozeß zur Feststellung des Zustands einer Anlage während ihres Betriebes oder in einem Stillstand, um Informationen über den Zustand der Anlage sowie die Geschwindigkeit dieser Änderung zu liefern. Diese Info dient der geplanten Rehabilitation ⇒ Minimalisierung der Ausfallmöglichkeiten, Vorbestellung von Ersatzteilen, Erstellung des Personalplans, Reduzierung der Lagerkosten, Vermeidung von Schäden, Unsicherheiten und Unfallgefahren etc.
⇒ Verbesserung des Betriebes der Maschinen
- ➔ **Implementierung der Strategie über eine zustandsbasierte Instandhaltung**

Auswahlkriterien für eine Zustandsüberwachung:

- **Auswahl der Maschinen nach Produktivitätsverlust**; normalerweise sind es folgende Maschinen:
Die Maschinen sollten im kontinuierlichen Betrieb und im Zusammenhang mit einem einzelnen Prozeß stehen; die Maschinen sollten die kleinste „parallele“ Kapazität haben und im Zusammenhang mit einer wichtigen Transportfunktion stehen.
- **Auswahl der Maschinen aufgrund der von Anlagenausfällen verursachten Schäden**
Maschinen, die direkte hohe Fehlerquote haben, sind normalerweise:
Maschinen, die in einer/em hohe/m Luftdruck, Temperatur oder Spannung operiert werden; Maschinen, die gefährliche Komponenten steuern; Maschinen, deren Teile sich mit einer hohen Trägheit und Geschwindigkeit bewegen.

● **Auswahl der Maschinen aufgrund der Sicherheit**

Explosionsmotor, vom Maschinenfehler geschleuderte Materialien; Maschinen, die für den Transport von Produkten eingesetzt werden

● **Welche Maschinenteile von den ausgewählten Maschinen sollten überwacht werden ?**

überwachte Maschinenteile, die die höchste Effektivität liefern, sind normalerweise:

Teile, die wichtig für die Zuverlässigkeit der Maschinen sind, in hohem Ausmaß beansprucht werden, eine lange Ersatzzeit und eine kürzere Lebensdauer als andere Teile haben. .

6. **Übersicht über Methoden der Zustandsüberwachung:**

Erkennung des Zustands einer Maschine, damit Instandhaltung rechtzeitig und richtig durchgeführt werden kann. Erkennung des Zustands einer Maschine kann in zwei Stufen sein: + Erkennung der Existenz eines Problems + Identifizierung dieses Problems

● **Subjektive Überwachung:**

- ❖ **Sehen:** Überwachung von Löchern, Luken, Rauch, Farbenänderung etc.
- ❖ **Riechen:** Erkennung der Erscheinungen von Überhitzung oder Durchsickerung etc.
- ❖ **Hören:** Überwachung von unnormalen Geräuschen
- ❖ **Berühren:** Überwachung von Schwankungen und unnormaler Temperatur
- ❖ **Kombination von Sinnesorganen:** zur Schätzung der Leistung der Maschinen

● **Objektive Überwachung:**

Nutzung von Meßgeräten mit digitalen Anzeigern zur Vermeidung von persönlichen Fehlern (bei der subjektiven Überwachung). Diese Daten können verglichen werden mit Daten der Maschinen im normalen Zustand, die von den Herstellern angegeben werden, oder verglichen werden mit den Daten, die früher mit dem gleichen Meßgerät erfasst wurden ➔ Richtige Erkennung der Fehler in der Anlage.

Obwohl es sehr viele Techniken und Instrumente gibt, die benutzt werden, aber gibt es in der Tat nur 4 Hauptmethoden der Zustandsüberwachung:

- ❖ **Überwachung mit den Augen:** Maschinenteile werden mit den Augen kontrolliert, um den Zustand der Maschine festzustellen.
- ❖ **Überwachung der Leistung:** der Zustand der Maschinenteile und einer Maschine kann durch ihre Leistung (Erledigung einer vorgegebenen Arbeit) ausgewertet werden. In der Praxis hängt diese Methode mit der Untersuchung von Funktionen, welche von einem Teil des Systems erfordern, zusammen.
- ❖ **Überwachung von Schwankungen:** der Zustand eines Maschinenteils oder einer operierenden Maschine wird ausgewertet auf Grund von der Stärke und dem Wesen der Schwankungen, die von dieser Maschine verursacht werden.
- ❖ **Partikelüberwachung:** Die Oberfläche eines Maschinenteils hängt von der Last ab und steht im Zusammenhang mit Bewegungen. Sie wird ausgewertet mittels Partikel, die aus Verschleiß entstehen. Die Sammlung und Analyse von Verschleißpartikeln werden durchgeführt mit Hilfe von Schmieröl.

7. Auswahl von Überwachungsmethoden

Es ist notwendig, zuverlässige Methoden und Geräte zu haben, um Ursachen der Fehler der Maschinen zu finden:

- Frühzeitige Erkennung von Fehlern, die demnächst auftreten werden.
 - Effektive Steuerung der Parameter
 - Möglichste Vermeidung von allen Faktoren von draußen, die Aktivitäten der Überwachungsmethode stören.
- ⇒ Bei der Auswahl der angemessenen Methode zur Überwachung des Zustands der Maschinen sollte darauf geachtet werden, welche Teile der Ausfallgefahr ausgesetzt werden und was für Fehler es sind.

8. Tendenzen der Zustandsüberwachung:

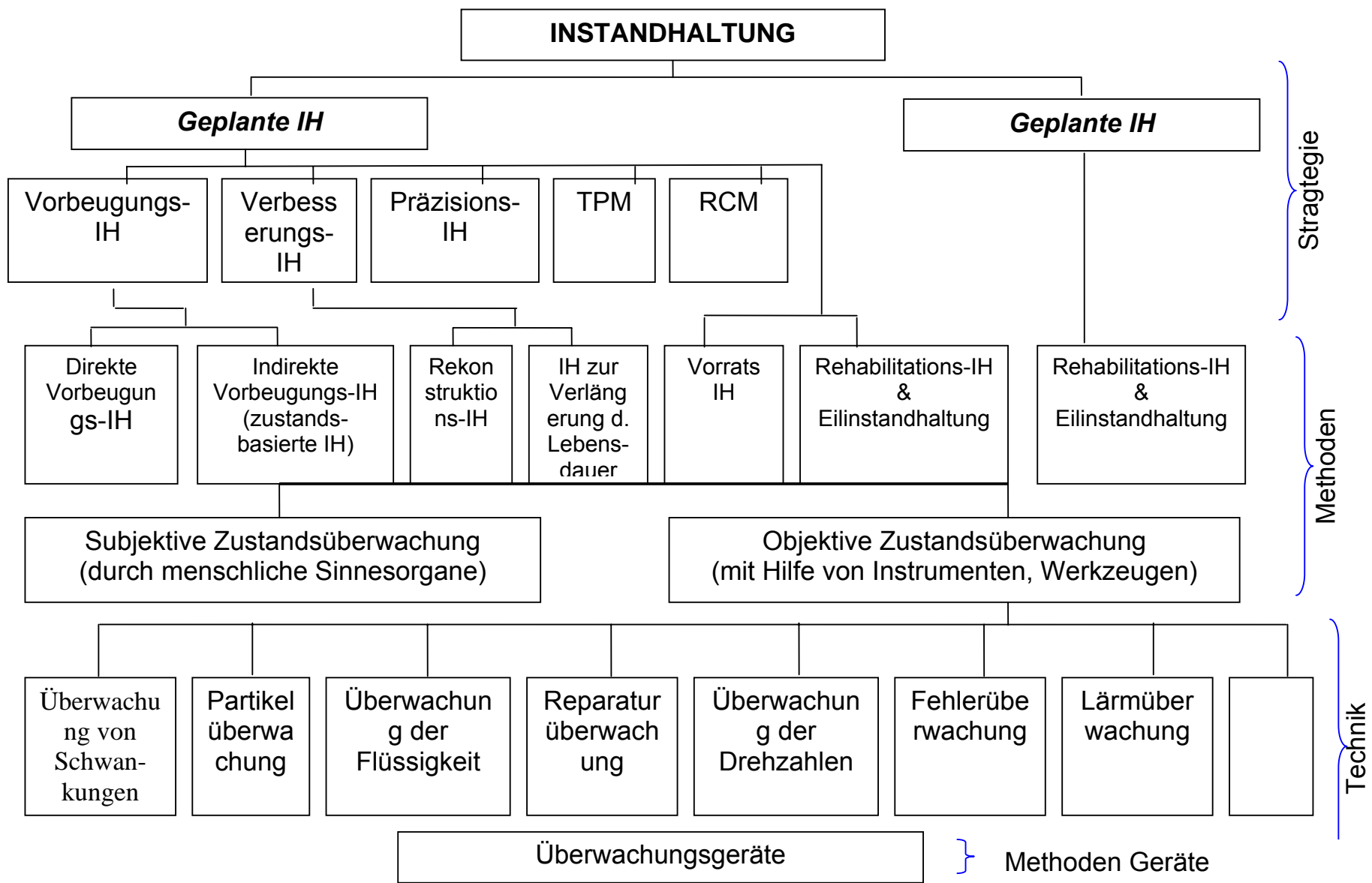
- Spektralanalyse der Schwankungen: um tatsächliche Fehler der Maschinen vor der Außerbetriebnahme der Maschine zu diagnostizieren.
- Analyse der Verschleißpartikel: Messung von Partikeln im Ölbehälter der Maschine.
- Überwachung der Leistung: diese Methode hängt mit der Untersuchung von Funktionen, welche von einem Teil des Systems erfordern, zusammen.
- Entwicklung der künstlichen Intelligenz: Lieferung von Instrumenten und Überwachungstechniken, die professionell sind und immer in der Bereitschaft zur Entdeckung der Ursachen für die Anlagenausfälle sein, bevor die Fehler die Anlagen stilllegen.

9. Probleme der Techniken der Zustandsüberwachung in den Entwicklungsländern:

- *Instrumente werden noch nicht richtig bei der Zustandsüberwachung eingesetzt. Ausbildung sowie Fortbildung der Mitarbeiter werden noch nicht gut durchgeführt. Die Instrumente, die bei der Zustandsüberwachung eingesetzt werden, werden selbst noch nicht richtig gewartet.*
- *Die meisten ausländischen Hersteller haben nur Partnerfirmen in den Entwicklungsländern, die ihre Produkte verkaufen. Die technischen Dienstleistungen, die angeboten werden, sind noch limitiert. Dies hindert die Aktualisierung von neuen Technologien der Zustandsüberwachung.*

10. Nutzen der Zustandsüberwachung:

- Verlängerung der Lebensdauer der Maschinenteile und Anlagen
- Maximale Leistung der Maschinen
- Minimale Zeit des nicht planmäßigen Anlagenausfalls
- Sichere Verlängerung der Zeit der Generalreparatur
- Reduzierung der Reparaturzeit
- Verbesserung der Qualität von Produkten
- Erhebliche Reduzierung der Instandhaltungskosten
- Reduzierung der Herstellungskosten der Produkte
- Erhöhung der Sicherheit der Maschinen



Anlage:

Einleitung

Die Wettbewerbssituation Ende der neunziger Jahre zwingt speziell europäische Unternehmen, zu deren Randbedingungen ein sehr hohes Lohnniveau gehört, zu einer Verbesserung der aktuellen Performance. Durch den immer größer werdenden Kostendruck im Zuge der europaweiten Liberalisierung können es sich Betriebe heutzutage nicht mehr leisten, vorbeugende Instandhaltung zu praktizieren. Es gilt, im Spannungsfeld Wirtschaftlichkeit - Sicherheit - Verfügbarkeit, die richtigen Entscheidungen zu treffen.

Der Begriff TPM (Total Productive Maintenance)

Wie schon in den 70er Jahren in Japan hat sich heute auch in Europa die Instandhaltungsorganisation vielfach in Richtung Mitarbeiterbeteiligung und Dezentralisierung entwickelt und es gibt eine neue Auffassung von Instandhaltungsverantwortung. Die klassische vorbeugende Instandhaltung wird daher heute nur noch selten praktiziert. TPM kann kurz als "Produktive, autonome Instandhaltung" bezeichnet werden. Im Gegensatz zur klassischen Instandhaltung, die als Hilfsbetrieb oder als Servicefunktion der Produktion verstanden wird, verfolgt TPM eine viel weitergehende Zielsetzung, da alle Mitarbeiter in den Verbesserungsprozeß miteinbezogen werden. Darum wird die Abkürzung TPM auch oft für "Total Productive Management" verwendet, da die Maximierung der Anlageneffizienz, wie auch schon bei der präventiven Instandhaltung, eines der Hauptziele von TPM ist.

Geschichte von TPM

Außerhalb Japans ist TPM erst in den 90er Jahren bekannt geworden. Mit der Einführung der *Vorbeugenden Instandhaltung* in Japan bereits in den 50er Jahren wurde die bis dahin praktizierte *Ausfallsbehebung* ersetzt. Dieses als "american-style Preventive Maintenance" bezeichnete Instandhaltungskonzept führte zu einer wesentlichen Reduktion der Anlagenstillstände.

Die *Produktive Instandhaltung*, bei der die Verantwortung für das Instandhalten der Produktionsanlagen allein von der

Instandhaltungsabteilung getragen wird, ist eine Weiterentwicklung dieses Konzepts. Ende der 60er Jahre wurden unter dem Titel "Job Enrichment" jedem Maschinenarbeiter Befugnisse für routinemäßige Instandhaltungsmaßnahmen an der jeweiligen Anlage erteilt.

Aus diesen Erfahrungen entwickelte sich das Konzept "Total Productive Maintenance (TPM)", das erstmals von Nippondenso 1971 verwirklicht wurde, wobei der Begriff "**Total**" für **Totale Anlageneffizienz, Totale Anlagenerhaltung** und die **Totale Mitarbeitermotivation und -identifikation** steht.

Kennzeichen von TPM

TPM muß, um erfolgreich zu sein, durch alle Ebenen und Abteilungen hindurch praktiziert werden. Die zielgerichtete Einbeziehung der Mitarbeiter in Problemlösungsprozesse heißt allerdings nicht, daß es bei TPM keine zentrale Instandhaltungsabteilung bzw. zentrale Instandhaltungsaktivitäten mehr gibt. Die alte organisatorische Trennlinie zwischen

Maschinenbediener und Instandhaltungsarbeiter existiert nicht mehr, sondern es entsteht ein gemeinsamer Aufgabenbereich. Bild 1 zeigt ein Beispiel für einen solchen Aufgabentransfer, in dem fünf Aufgaben identifiziert wurden, die für die Arbeitsanforderungen sowohl an die Fertigung als auch an die Instandhaltung notwendig waren. Nach einer Analyse wurden die Aufgaben 1, 2 und 5 in den gemeinsamen Aufgabenbereich transferiert, wogegen die Aufgaben 3 und 4 zu hohe Fertigungsgrade voraussetzten und für die Übertragung nicht geeignet waren [1].

Ziele von TPM

Um eine Maximierung des Outputs (Produktion, Qualität, Kosten, Lieferungen, Sicherheit, Gesundheit, Umwelt und Arbeitsmoral) und eine Minimierung des Inputs (Arbeitskraft, Maschinen und Material) zu erreichen, beschäftigt sich TPM mit der Beseitigung der sechs großen Verlustquellen, die extreme Hindernisse für die Anlagenverfügbarkeit bedeuten (Tabelle 1).

Bei TPM werden im Gegensatz zu herkömmlichen Instandhaltungssystemen, wo leistungsfähige Kennzahlensysteme propagiert werden, nur drei Kennzahlen zwingend vorgegeben, mit deren Hilfe die Gesamtanlageneffizienz ausgerechnet

werden kann. Es handelt sich dabei um Verfügbarkeits-, Leistungs- und Qualitätskennzahlen, die messen, wie sich die sechs großen Verluste auswirken.

Tabelle 1: Die sechs großen Verluste mit den zugehörigen TPM-Kennzahlen

Verlustzeiten	<p>1. Anlagen-/Maschinenausfall durch Störungen</p> <p>2. Rüsten und Einstellen - z. B. Werkzeugwechsel, Formenwechsel in Pressen etc.</p>
TPM-Kennzahl: Verfügbarkeitsrate =	
Geschwindigkeits-Verluste	<p>3. Leerlauf und geringfügige Unterbrechungen - durch fehlerhafte Arbeitsweise von Sensoren, Blockierung von Werkstücken auf Zuführschächten, etc.</p> <p>4. Verringerte Bearbeitungsgeschwindigkeit - durch Unterschiede zwischen vorgesehener und tatsächlicher Geschwindigkeit der Anlagen</p>
TPM-Kennzahl: Leistungsindex =	
Fehler	<p>5. Prozeßfehler - verursachen Ausschuß, Nacharbeit und Qualitätsminderung</p> <p>6. Reduzierte Ausbringung durch Anlaufverluste während des Produktionsanlaufs bis zum stabilen Prozeß</p>
TPM-Kennzahl: Qualitätsrate =	
Gesamtanlageneffizienz = Verfügbarkeitsrate * Leistungsindex * Qualitätsrate	

Bild 1: Transferdiagramm für TPM-Aufgaben [1]

Viele Unternehmen besitzen eine Gesamtanlageneffizienz von unter 60%, wobei es bei Betriebsvergleichen darauf ankommt, daß die Kennzahlenermittlung nachvollziehbar ist und um welche Branchen es sich handelt.

Die idealen Bedingungen für Produktionsbetriebe wären eine Verfügbarkeitsrate von über 90%, ein Leistungsindex von über 95% und eine Qualitätsrate von über 99%. Nach einer erfolgreichen TPM-Einführung sollte die Gesamtanlageneffizienz über 85% liegen.

Einführung von TPM

Die wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche TPM-Einführung ist ein konkret für das eigene Unternehmen "maßgeschneidertes" Programm. Damit können mit den eigenen Mitarbeitern und den eigenen Anlagen die besten Ergebnisse erzielt werden. Die in der Presse und auf Fachkongressen vorgestellten Erfolge bei der TPM-Einführung sind nur bei entsprechender Vorbereitung und Anpassung der TPM-Philosophie an europäische Randbedingungen möglich.

Im folgenden wird die TPM-Einführung anhand der Management-, der Maschinenarbeiter- und der Anlagenseite (Bild 2) beschrieben.

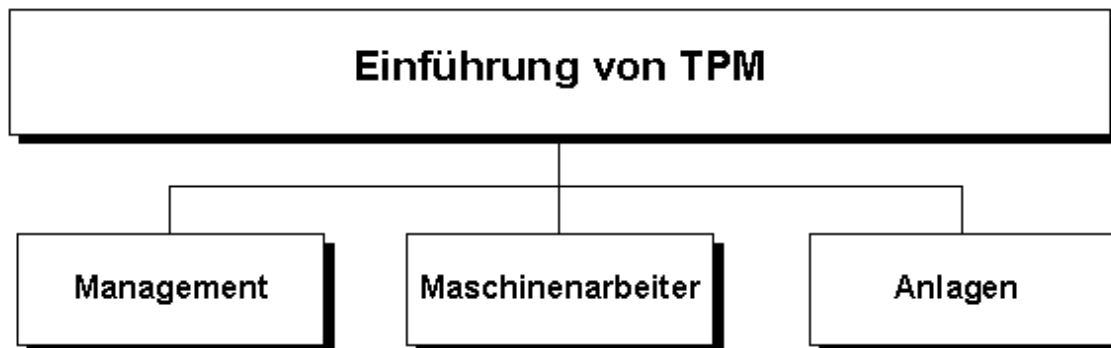


Bild 2: TPM-Einführung in verschiedenen Bereichen [3]

TPM-Bewußtsein auf der Managementseite

Jeder Betrieb muß seinen eigenen Aktionsplan für die Einführung von TPM entwickeln, da er von der Art des Unternehmens, den Produktionsmethoden und vom Zustand der Anlagen abhängt. Das Management jedes Unternehmens muß individuell entscheiden, wie genau es sich an die japanischen Vorgehensweisen zur TPM-Einführung, die in der Literatur und vom Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) vorgeschlagen werden, hält. Weiters muß dem Management bewußt sein, daß die eine Einführung von TPM- zumindest 3 Jahre dauert.

Die Nutzung von Mitarbeiterpotentialen zur kontinuierlichen Unternehmensoptimierung und -entwicklung ist ein Kernbereich der TPM-Philosophie. Das JIPM schlägt die Sieben-Schritte-Methode zur Einführung der selbständigen Bedienerinstandhaltung vor, wobei diese Maßnahmen individuell an das jeweilige Unternehmen angepaßt werden müssen. Es ist nicht ohne weiteres möglich die japanische "Vorlage" 1:1 auf europäische Unternehmen anzuwenden. Trotzdem haben es schon einige europäische Unternehmen geschafft, den "Award for TPM-Excellence", der jährlich vom JIPM vergeben wird, zu erlangen. In Bild 3 sind eine Auswahl der Bewertungskriterien zur Vergabe des TPM-Awards angeführt. Die Prozedur zur Erreichung des Awards dauert laut Bericht eines Betroffenen etwa 3 Jahre.

<i>Award for TPM Excellence 1st Category</i>
Auszeichnung für: <ul style="list-style-type: none">• Hervorragende Zielführung• Kontinuierliche Verbesserung in kleinen Schritten• Qualifizierung der Mitarbeiter• Verlagerung der Instandhaltung zu geplanten Maßnahmen• Steuerung der Prozesse zu Null-Fehler-Produktion• Deutliche Steigerung der Produktivität und Qualität in den administrativen Bereichen• Hervorragende Gewährleistung von Sicherheit gegen Gefahren aus den Prozessen• Meßbare Veränderung des Arbeitsklimas• Deutliche Verbesserung der Unternehmensergebnisse

Bild 3: Themenbereiche, die bei der Vergabe des TPM-Awards bewertet werden

TPM-Einführung auf der Maschinenarbeiterseite

Die oben erwähnten 7 Schritte zur TPM-Einführung werden von kontinuierlichen Schulungsprogrammen für die Maschinenarbeiter begleitet. Die autonome Bedienerinstandhaltung kann nur funktionieren, wenn die Maschinenarbeiter auf die für sie ungewohnte Mehrverantwortung und Handlungsautonomie vorbereitet werden.

Der **1. Schritt** beinhaltet die Beseitigung von Staub und Verunreinigungen hauptsächlich an den Hauptteilen der Anlagen, das Festziehen von Schrauben und Muttern sowie die Entdeckung und Korrektur von Problemen.

Im **2. Schritt** werden Ursachen der Verunreinigungen erforscht, schwer zu reinigende Teile verbessert und eine Reduzierung der für Reinigung und Schmierung erforderlichen Zeit angestrebt.

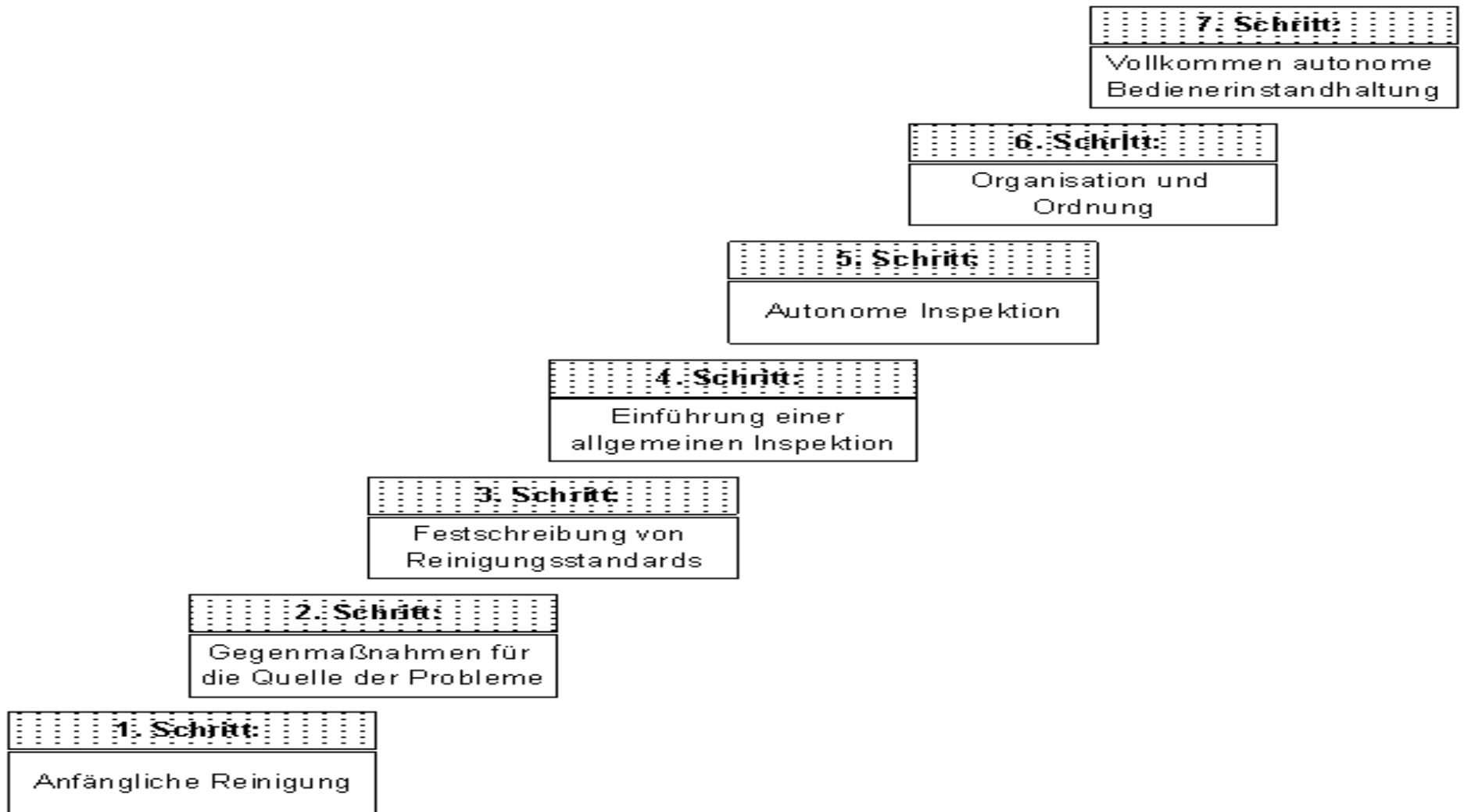
Die Schritte 1 und 2 verlangen eine genaue Analyse des Maschinenparks, um den grundlegenden Zustand der Anlagen zu erkennen. Je nach Unternehmensgröße und Mitarbeiteranzahl, die für TPM-Aktivitäten verfügbar sind, dauern die ersten beiden Schritte bis zu zwei Jahre.

Im **3. Schritt** werden Standards für Basisinstandhaltungsarbeiten (z.B. Reinigungs- und Schmierungsstandards) mit täglichen und periodischen Aufgaben festgelegt.

Der Schulungsstand der Mitarbeiter sollte nach dem 3. Schritt so weit fortgeschritten sein, daß die Funktion und die Struktur der Maschine gekannt wird.

Im **4. Schritt** wird versucht, den Zustand der gesamten Produktionsanlage durch eine allgemeine Inspektion festzustellen und die Mitarbeiter entsprechend zu schulen. Die Schulung erfolgt anhand des Inspektionshandbuchs und muß gewährleisten, daß

die Mitarbeiter die für sie neuen Tätigkeiten der Instandhaltung ausführen können. Da alle Maschinenarbeiter die Fähigkeit entwickeln müssen, Abweichungen zu erkennen und zu korrigieren, wird auch dieser vierte Schritt relativ viel Zeit in Anspruch nehmen. Dafür zeigen sich nach diesem Schritt erstmals erstaunliche Resultate, wie zum Beispiel eine Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz auf über 80%.



Im **5. Schritt** werden Prüfformulare für die selbständige Inspektion entwickelt und eingesetzt. Dafür werden die in den ersten drei Schritten eingeführten vorläufigen Standards für Reinigung, Schmierung und Inspektion überarbeitet und um die im 4. Schritt gewonnenen Erfahrungen verbessert.

Schritte 1 bis 5 beschränken sich auf die Produktionsanlagen. Im **6. Schritt** werden die Aktivitäten auf das gesamte Arbeitsumfeld ausgeweitet. Es werden Gesichtspunkte festgelegt, wie der Arbeitsplatz zu führen ist. Die Instandhaltungskontrolle wird systematisiert.

Der **7. Schritt** stellt die Weiterentwicklung der Unternehmensziele und -politik sowie den Start des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses dar. Durch die Zusammenarbeit zwischen der Instandhaltungsabteilung und der Produktion sowie der Bildung von Verbesserungsteams wird versucht, die vorhandenen Potentiale optimal zu nutzen.

TPM auf der Anlagenseite

Bereits beim Maschinenkauf erfolgt die Weichenstellung für eine Maximierung der Gesamtanlageneffizienz. Schon die durch die Konstruktion der Betriebsmittel bedingte Instandhaltbarkeit und Prozeßsicherheit tragen wesentlich zur Erhöhung der Verfügbarkeit bei. Bei der Installation von Neuanlagen zeigen sich Probleme oft schon während des Testlaufs, der Inbetriebnahme und des Anlaufbetriebes.

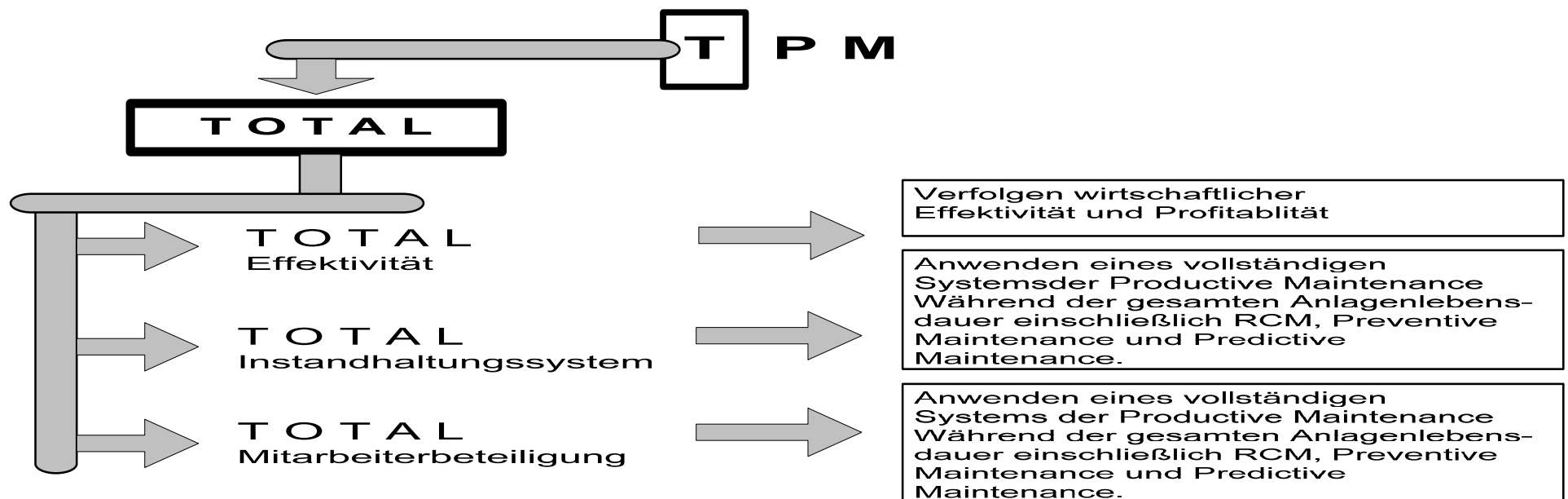
Die Beseitigung der sechs großen Verlustquellen beginnt schon vor dem Kauf der Maschinen, wobei die vom Anlagenhersteller garantierte Prozeßfähigkeit eine wichtige Kenngröße darstellt. Die Abnahme der Maschine sollte in bezug auf die praktische Arbeit an den Teilen erfolgen, um Anlaufverluste zu vermeiden.

Die für eine Verwirklichung von TPM notwendige Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit solcher Fertigungseinrichtungen läßt sich nicht mehr durch die klassische, präventive Instandhaltung erreichen. Das heißt, es wird der Maschinenzustand beobachtet und notwendige Instandhaltungsmaßnahmen werden bei Bedarf gesetzt. Dies ist heute wegen der vielfältigen Diagnosetechniken möglich, die ein Auftreten von Abweichungen sofort anzeigen und deren schnelle Behebung ermöglichen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die selbständige autonome Bedienerinstandhaltung kann als Hauptmerkmal von TPM angesehen werden. Das gestiegene Verantwortungsbewußtsein, die entsprechende Ausbildung der Mitarbeiter und ein qualitativ hochwertiger Maschinenpark sind die Erfolgsfaktoren für dieses Konzept.

Die Instandhaltungsabteilung wird durch die Einführung von TPM nicht überflüssig. Sie gewinnt sogar noch an Bedeutung, da von ihr aus weiterhin das gesamte Instandhaltungs-Management unter Einbeziehung eventueller Wartungsverträge durchgeführt wird. Nur durch eine Kooperation zwischen der Instandhaltungsabteilung und der autonomen Bedienerinstandhaltung kann der Weg in Richtung einer hundertprozentigen Anlagenverfügbarkeit erfolgreich beschritten werden.



TPM - Praxis

Der Inhalt in Stichpunkten

Instandhaltung in Unternehmen heute

TPM - Die totale produktive Instandhaltung ■ ungenutzte Potentiale ■ Herausforderungen für die Praxis

Die vier Säulen von TPM

Maschinen-/Anlagenmanagement ■ Vorbeugende Instandhaltung ■ Vorausschauende Instandhaltung ■ Eigenverantwortliche Instandhaltung

Eigenverantwortliche Instandhaltung - aber wie

Schulungswesen und Organisation ■ Zertifizierungssysteme ■ Die Grenzen der eigenverantwortlichen Instandhaltung

Die TPM-Organisation

Organisationselemente ■ TPM-Teams und ihre Funktionen ■ Organisation der TPM-Teams in Großunternehmen ■ Organisation der TPM-Teams in kleinen und mittelgroßen Unternehmen ■ TPM-Schlüsselfunktionen

Welche Chancen bietet TPM?

Vorteile für die Mitarbeiter ■ Vorteile für das Unternehmen ■ Die wichtigsten Ansätze zur Kostenreduktion und Leistungssteigerung

TPM-Kennzahlen - wie ermitteln?

Maschinen-/Anlagenverluste ■ OEE - Brutto-Maschinen-/Anlagen-Effektivität ■ NEE - Netto-Maschinen-/Anlagen-Effektivität ■ TEEP - Totale-Effektive-Maschinen-/Anlagen-Produktivität ■ Zusammenhänge der Kennzahlen ■ Interpretation der Kennzahlen ■ Der rote Faden zur OEE-Verbesserung ■ Praxisbeispiele

Die richtige Instandhaltungsstrategie

PM - Vorbeugende Instandhaltung ■ CBM - zustandsorientierte Instandhaltung ■ RBI - risikoorientierte Instandhaltung ■ Auswahl der optimalen Instandhaltungs-Strategie ■ Praxisbeispiele

Methoden und Instrumente für TPM

MALog - Das Maschinen-/Anlagen-Logbuch ■ Inhalt und Aufbau des MALog ■ Fehlererfassung, Fehleranalyse und Problemlösung ■ Strichlisten ■ Pareto-Analyse ■ Ishikawa-Diagramm ■ FMEA ■ Schwachstellenanalyse ■ Prozessanalyse ■ SPC ■ Muster eines MALog

Die TPM-Machbarkeitsstudie

Zeitraumen ■ Musterzeitplan ■ Schulung für das Team ■ die Ausgangsposition ermitteln ■ den status quo der Instandhaltung bewerten ■ den status quo der Belegschaft bewerten

Effektives Wartungs- und Instandhaltungsmanagement

Auswahl der IH-Objekte ■ Definition der IH-Aktionen ■ Auswahl der optimalen IH-Strategie ■ Beschreibung der IH-Aktionen ■ allgemeine Randbedingungen ■ Dringlichkeitsstufen ■ Ersatzteilwesen ■ kombinierte Maschinen- und Personal-Einsatzplanung ■ Arbeits-Tabellen zur Ermittlung der Netto-Stückzahlen bzw. der benötigten Schichten

Der Begriff Reliability Centered Maintenance (RCM)

Kurzfassung

In der heutigen Instandhaltung treten Aspekte der Zuverlässigkeit und Schwachstellenreduzierung verstärkt in den Vordergrund, um den gestiegenen Anforderung nach einer hohen, aber gleichzeitig auch wirtschaftlichen Anlagenverfügbarkeit gerecht zu werden. Eine durchgängige periodisch vorbeugende Instandhaltung ist für viele Unternehmen zu kostenintensiv. Auch die in jüngster Zeit vermehrt angewandte zustandsorientierte Instandhaltung setzt häufig sehr hohe Investitionen in Diagnosesysteme voraus. Für ein modernes Anlagenmanagement ist es daher wichtig, die richtige Wahl zwischen reaktiver, periodischer und zustandsorientierter Instandhaltung zu treffen.

Das Konzept Reliability Centered Maintenance (RCM) stellt ein modernes Verfahren zur Ermittlung der Instandhaltungsarbeiten dar, die notwendig sind, damit jede Anlage und Maschine ihre geforderte Funktion erfüllt. Ziel dieses Konzepts ist es, die Zuverlässigkeit der gesamten Produktionsanlage durch eine angepasste Instandhaltungsstrategie nachhaltig zu erhöhen.

Diese Sammlung von Informationen wird Informations-Arbeitsblatt genannt und entspricht in wesentlichen Teilen einer FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse). Für jede Störungsursache im Informations-Arbeitsblatt wird anschließend mit Hilfe eines klar strukturierten Entscheidungsdiagramms geprüft, ob eine zustandsbedingte, vorbeugende oder detektive Maßnahme möglich ist und sich lohnt. Für jede Störungsursache erfolgt dann eine Bewertung der Störungsauswirkungen.

Wenn keine der Maßnahmen sinnvoll ist, werden Konstruktionsänderung oder geänderte Bedienungsregeln betrachtet.

Das Optimum wird bei RCM dann erreicht, wenn alle an der Maschine eingebundenen Mitarbeiter beteiligt sind, also in der Regel Maschinenbediener und Instandhalter.

Die RCM-Analyse wird detailliert beschrieben - ausgehend von sieben Grundfragen:

1. Welche Funktionen erfüllt die Maschine?
2. In welcher Weise kann die Maschine bei der Erfüllung dieser Funktion gestört sein?
3. Wodurch wird jede dieser einzelnen Funktionsstörungen verursacht?
4. Was passiert, wenn diese Störungen auftreten?
5. Wie gravierend wirken sich jede dieser Störungen aus?
6. Wie kann man jede dieser Störungen vermeiden oder vorhersagen?
7. Was ist zu tun, wenn eine Störung weder vorhersehbar noch vermeidbar erscheint