

Instandhaltung ist der laufende Prozeß der täglichen Pflege und der regelmäßigen Wartung des Betriebsvermögens.

**Die Instandhaltung ist branchenübergreifend mit allgemeinen und speziellen Inhalten und Tätigkeiten im (in der)**

Maschinen-, Geräte-, Werkzeug- und Anlagenbau  
Automobilindustrie, KFZ-Technik, Transportwesen  
Elektro- und Elektronikindustrie, Recyclingtechnik  
Chemische Industrie, Pharmazie, Verfahrenstechnik  
Kunststofftechnik, Papierindustrie, Textilindustrie  
Bergbau, Untertage- Übertagerwerke, Fördertechnik  
Montanindustrie/ Hochöfen- Metallurgie, Kranbau  
Walzwerk- und Hüttentechnik, Gießereien  
Energietechnik, Heiz- und Kraftwerke, Talsperren  
Raumfahrt u. Flugzeugbau, Kraft- u. Schmierstoffe  
Schiffbau, See- u. Wasserwirtschaft, Leitungsbau  
Bauindustrie, Baustoffbetriebe, Straßenwesen  
Land- und Forstwirtschaft, Sägewerke, Mühlen  
Sanatorien, Kliniken, Rehabilitation, Medizintechnik  
Betriebs- und Sportstätten, Großgebäude, Sanierung  
Gaststätten- und Hotelbranche, Tourismus  
technisches Dienstleistungsgewerbe, Verwaltung  
Kaufhaus- und Handelsketten, Sicherheitstechnik

## 6 Fragen, 6 Antworten zum Thema INSTANDHALTUNG

### ■ 1. Frage: Was ist Instandhaltung ?

Der Begriff der Instandhaltung ist ein Ober- oder Sammelbegriff für Maßnahmen, die getroffen bzw. durchgeführt werden zur

- Bewahrung oder bedarfsweisen Wiederherstellung des Sollzustandes technischer Objekte jeglicher Art (in diesen Fällen als *Wartung* bzw. *Instandsetzung* bezeichnet) und zur
- Feststellung und Beurteilung des Objekt- Ist Zustandes (dann *Inspektion* genannt)

Zur Erhaltung eines Sollzustandes (beispielsweise die Erhaltung der Fahrtüchtigkeit eines Autos) bedarf es regelmäßiger Arbeiten wie *Pflege* und *Reinigung*, *Ergänzung* der Betriebsstoffe und evtl. auch des *Austausches* von Verbrauchsmaterialien.

Die Wiederherstellung eines Sollzustandes (z.B. nach einer *Störung* (= Unterbrechung oder Beeinträchtigung der Funktionserfüllung einer Betrachtungseinheit) oder nach einem *Ausfall* (=Unterbrechung der Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit) wird mit *Instandsetzung* bezeichnet.

Dies umfasst die *Fehler-* bzw. *Schadensidentifizierung* und *-verifizierung*, die *Behebung* eingetretener *Störungen* oder *Schäden* durch zweckmäßige *Maßnahmen* (beispielsweise durch *Austausch* der geschädigten Teile) sowie die *Funktionsprüfung*.

Die *Feststellung* und *Beurteilung* des *Ist Zustandes* (*Inspektion*) ist bei solchen technischen Objekten angebracht und nützlich, die einer mit der Zeit zunehmenden *Abnutzung* (*Verschleiß*, *Ermüdung*, *Alterung*, *Korrosion*) unterliegen, um in *Abhängigkeit* des ermittelten *Schädigungszustandes* *korrektive Maßnahmen* ergreifen zu können (ein praktisches Beispiel ist die regelmäßige *Inspektion* des eigenen Autos).

In der DIN 31051 sind die vorangegangenen Begriffe verbindlich festgelegt und erläutert.

## ■2. Frage: Wo wird Instandhaltung benötigt ?

Instandhaltung ist immer und überall dort notwendig, wo die Verfügbarkeit und die Funktionsfähigkeit technischer Objekte sichergestellt und bewahrt werden sollen.

Technische Objekte werden heute in allen Bereichen des Lebens verwendet, in Handel und Gewerbe, Industrie und Handwerk, für Gebäude und Bauwerke, im Verkehr, in der Land- und Forstwirtschaft, in der Landesverteidigung, im Gesundheitswesen, nicht zuletzt in Heim und Hobby.

## ■3. Frage: Wer übt Instandhaltung aus ?

Im Umgang mit technischen Objekten übt jeder Mensch - bewusst oder unbewusst - Instandhaltung aus. Die Pflege und Reinigung technischer Objekte in seiner unmittelbaren Umgebung erledigt der Mensch häufig selbst, während er Inspektion und Instandsetzung meistens Spezialisten überlässt. Doch hin und wieder muss er auch zur Selbsthilfe greifen.

Instandhaltung ist also ein sehr verschiedenartiges, interdisziplinäres technisches Arbeitsgebiet, auf dem Menschen, haupt- oder nebenberuflich, ständig oder zeitweise tätig sind.

## ■4. Frage: Wie kann Instandhaltung eingeteilt werden ?

Zur besseren Veranschaulichung des weiten Feldes der Instandhaltung ist es mitunter nötig, das Feld aufzuteilen, zu unterteilen oder sonst wie zu strukturieren. Eine derartige Gliederung ist jedenfalls nur sach- und fallbezogen möglich.

- Eigeninstandhaltung
- Fremdinstandhaltung
- Kundendienst

Eigeninstandhaltung umfasst sämtliche Instandhaltungsleistungen, die in Betrieben/Unternehmen ausschließlich mit eigenem Personal und lediglich für den eigenen Bedarf erbracht werden.

Fremdinstandhaltung sind diejenigen Instandhaltungsarbeiten, die Unternehmen als Dienstleistung für Dritte ausführen (auch zur Ergänzung der Eigeninstandhaltung bei Kunden)

Kundendienst an verkauften Produkten obliegt Herstellern technischer Erzeugnisse oder beauftragten (lizensierten) Betrieben.

Vielfach sind ebenso branchen- oder objektbezogene Einteilungen üblich, beispielsweise

- Maschinen- und Anlageninstandhaltung
- Gebäudeinstandhaltung
- Kraftfahrzeuginstandhaltung
- Flugzeuginstandhaltung usw., usf.

## ■ 5. Frage: Gibt es den Beruf des Instandhalters ?

Instandhalter ist kein Lehr- oder Studienberuf, sondern die Bezeichnung einer Berufskategorie wie "Ingenieur", "Beamter" oder "Verkäufer".

Die Verschiedenartigkeit des Fachgebietes Instandhaltung verlangt eine objektbezogene, technische Grundausbildung (Facharbeiter, Handwerker, Meister, Techniker oder Ingenieur) **und** die Aneignung instandhaltungsspezifischer Zusatzkenntnisse.

Diese Zusatzkenntnisse sind abgestuft auf allen Berufsebenen notwendig und erwerbbar: Bereits in der beruflichen Grundausbildung (Lehre) werden spezielle Kenntnisse der Instandhaltung ergänzend vermittelt. Die berufliche Weiterbildung in Industrie und Handwerk sieht Spezialisierungen vor (z.B. Instandhaltungsmeister, Instandhaltungstechniker, Instandhaltungsmanager). An Hochschulen werden im Rahmen der Ingenieurausbildung ebenfalls Zusatzstudien auf dem Gebiet der Instandhaltung angeboten.

Kennzeichnend für die Berufskategorie Instandhalter ist die Zugehörigkeit zu einer Gruppe technisch unterschiedlich vorgebildeter Menschen mit einer speziellen Aufgabe, nämlich der Instandhaltung ihnen vertrauter Objekte. Die Erfüllung dieser Aufgabe ist technisch und wirtschaftlich nur bei Vorhandensein und Anwendung instandhaltungsspezifischer

- Strategien, Methoden und Verfahren
- Technologien und Techniken sowie
- ausgeprägter Erfahrung

## 1.1 Entwicklung der Instandhaltung

### 1 – *Geschichte der Instandhaltung*

Instandhaltung gab es bereits, seitdem die Menschheit in der Lage war, Werkzeuge verschiedener Art zu benutzen, insbesondere seit der Erfindung von Rädern. Aber erst in den letzten Jahrzehnten wurde der Instandhaltung eine angemessene Bedeutung beigemessen, als Anlagenvermögen wie Maschinen, Anlagen, Werkstätten in der industriellen Produktion sowohl in der Quantität und als auch in der Vielfältigkeit erhöht werden.

Überall in der Welt kann man davon ausgehen, dass durchschnittlich Kosten in Höhe von etwa 4 bis 40mal der Beschaffungskosten von Maschinen und Anlagen für laufende Inspektionen, Wartungen und Instandsetzungsmassnahmen während ihrer gesamten Lebensdauer gebraucht werden.

## 2 – Instandhaltung in 3 Generationen

**Die erste Generation:** bis vor dem 2. Weltkrieg. In dieser Zeit war die Industrie noch nicht entwickelt. Die Produktion erfolgte mit einfachen Maschinen. Der Ausfall von Maschinen hatte noch keinen großen Einfluß auf die Produktion, deshalb war die Instandhaltung noch einfach. Die Instandhaltung hatte noch keinen großen Einfluß auf die Qualität und Arbeitsproduktivität, deshalb waren den meisten Managern noch nicht bewußt, Anlagen vor dem Ausfall vorzubeugen. Es gab keine angemessenen Instandhaltungsmassnahmen. Instandhaltung bedeutete damals Reparatur von Maschinen und Anlagen bei Schadensfall.

**Die zweite Generation:** alles änderte sich während des zweiten Weltkrieges. Der Druck des Krieges führte zur Erhöhung des Bedarfes an verschiedenen Produkten, während die Anzahl der Arbeitskräfte beachtlich zurückgegangen ist. Infolgedessen wurde die Mechanisierung in großem Ausmaß vorangetrieben, um den Mangel an Arbeitskräften auszugleichen. In den 50er Jahren wurden komplexe Maschinen und Anlagen verschiedener Art verstärkt in der Produktion eingesetzt. Die Industrie wurde immer mehr abhängig von Maschinen und Anlagen.

Da diese Abhängigkeit immer mehr wurde, wurde dem Anlagenausfall auch größere Aufmerksamkeit geschenkt. Manchmal wurde eine Frage aufgeworfen „Menschen kontrollieren Maschinen oder Maschinen steuern Menschen?“. Wenn Instandhaltung in Fabriken gut durchgeführt wurde, kontrollieren Menschen die Maschinen, andersrum brachten kaputte Maschinen den Menschen Schwierigkeiten.

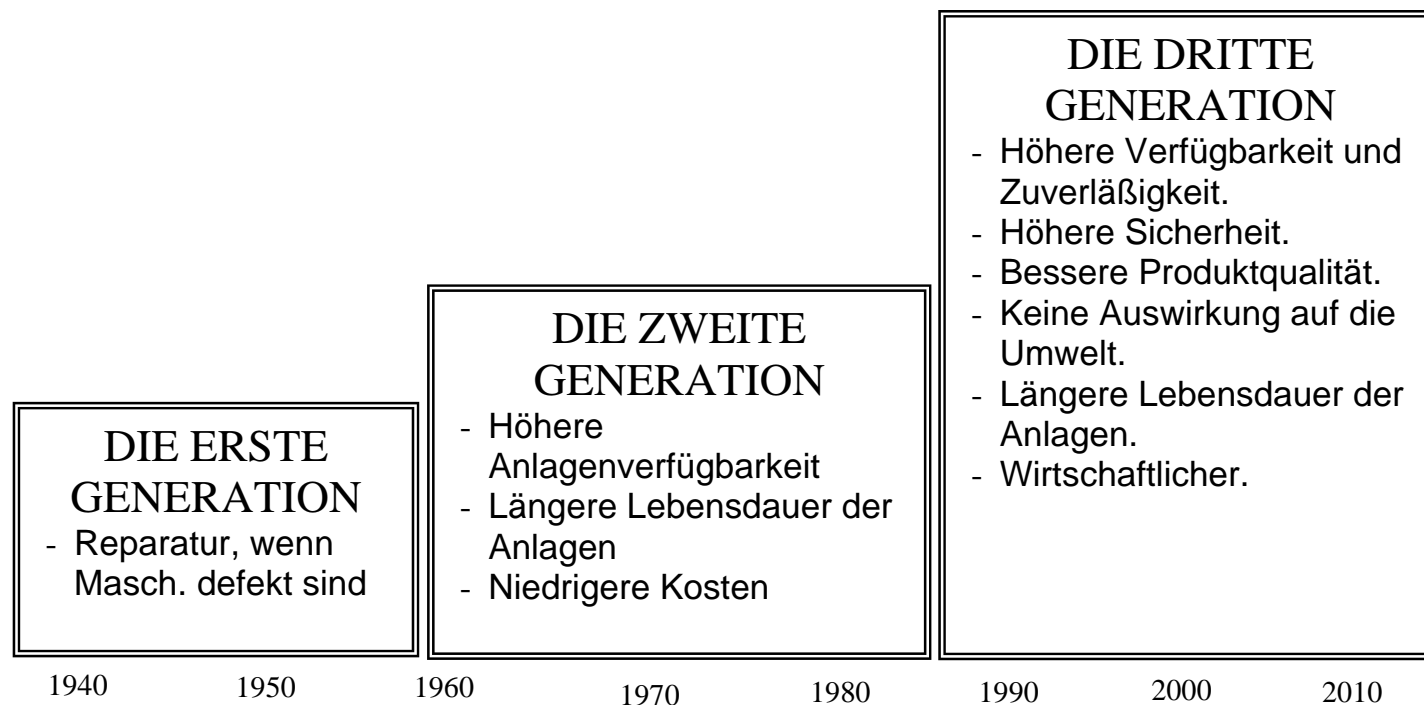
Deshalb gab es Meinungen, daß Anlagenausfall vermieden werden kann und sollte, um Zeitverschwendung zu vermeiden bei Schadensfall oder Notfall. Seitdem entstand der Begriff Instandhaltung, dessen Ziel war es, den stabilen Betriebszustand der Maschinen aufrechtzuerhalten, und nicht Reparatur vorzunehmen bei Schadensfall (khi hong hoc,

VN). In den 60er Jahren waren Instandhaltungsmassnahmen hauptsächlich Generalüberholung (dai tu, VN) der Anlagen in bestimmten Zeitabständen.

Die Instandhaltungskosten stiegen deutlich im Vergleich zu anderen Betriebskosten. Dies führte zur Entwicklung der Kontrollsysteme und der Instandhaltungsplanung.

Letztendlich stieg die Gesamtinvestition in Anlagevermögen beachtlich, deshalb hat man begonnen, entsprechende Massnahmen zu finden, um die Lebensdauer dieser Vermögen zu maximieren.

**Die dritte Generation:** Seit der Mitte der 80er Jahre gab es große Änderungen in der Industrie der Welt. Diese Änderungen erfordern und erwarten von der Instandhaltung immer mehr, s. Abbildung 1.1.



*Abb. 1.1 Zunehmende Erwartungen von der Instandhaltung*



### **3 - Neue Erwartungen von der Instandhaltung**

Der Anlagenausfall beeinträchtigt immer die Produktionsfähigkeit der Anlagen durch die Reduzierung von Produktionsvolumen, Steigerung von Betriebskosten und Störung des Kundendienstes. In den 60er und 70er Jahren war dies bereits die Hauptsorge von einigen großen Industriezweigen wie Maschinenbau, Bergbau und Transport. Die Folgen des Anlagenausfalls werden schlimmer, da die verarbeitende Industrie tendenziell eine „Just-in-time“- Produktion betreibt. Der Lagerbestand und die Anzahl der Halbprodukte sinken dramatisch, deshalb nur ein kleiner Fehler einer bestimmten Anlage kann zum Stillstand einer ganzen Fabrik führen. Die Entwicklung der Mechanisierung und Automatisierung in den letzten Jahren machen die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit die wichtigsten Faktoren in der Industrie und in Dienstleistungszweigen wie Gesundheitswesen, Informationsverarbeitung, Telekommunikation, IT und Bauwesen. Im Juni 2000 verursachte nur eine Stunde Stromausfall einen Verlust in Höhe von mehr als 100 Mio. USD für die IT-Firmen in Silicon Valley.

Zunehmende Automatisierung bedeutet auch, daß Fehler der Anlagen größere Auswirkung auf Qualitäts- und Dienstleistungsstandards haben. Ein Beispiel: Defekte Steuerungskomponenten könnten die Klimaanlage in den Gebäuden beeinträchtigen, oder wenn ein Vorgang in einer automatisierten Produktionskette nicht gut durchgeführt wird wegen Fehler der Anlage, wirkt dies auf die Qualität der Produkte der ganzen Produktionskette aus.

Immer mehr Folgen hinsichtlich der Sicherheit und Umwelt werden von Fehlern der Anlagen verursacht, während in verschiedenen Bereichen mehr Qualitätsstandards gesetzt und mehr Dienstleistungen angeboten werden. In vielen

Ländern werden Unternehmen und Fabriken geschlossen, weil Sicherheits- und Umweltstandards nicht eingehalten werden.

Typisch war der Unfall im Tchernobyl Atomkraftwerk im Jahre 1986, welcher damals die Aufmerksamkeit der Menschheit auf sich gezogen hat. Deshalb planen ein paar Länder wie Schweden, Deutschland die Schließung von allen Atomkraftwerken auf ihrem Territorium in den nächsten Jahren.

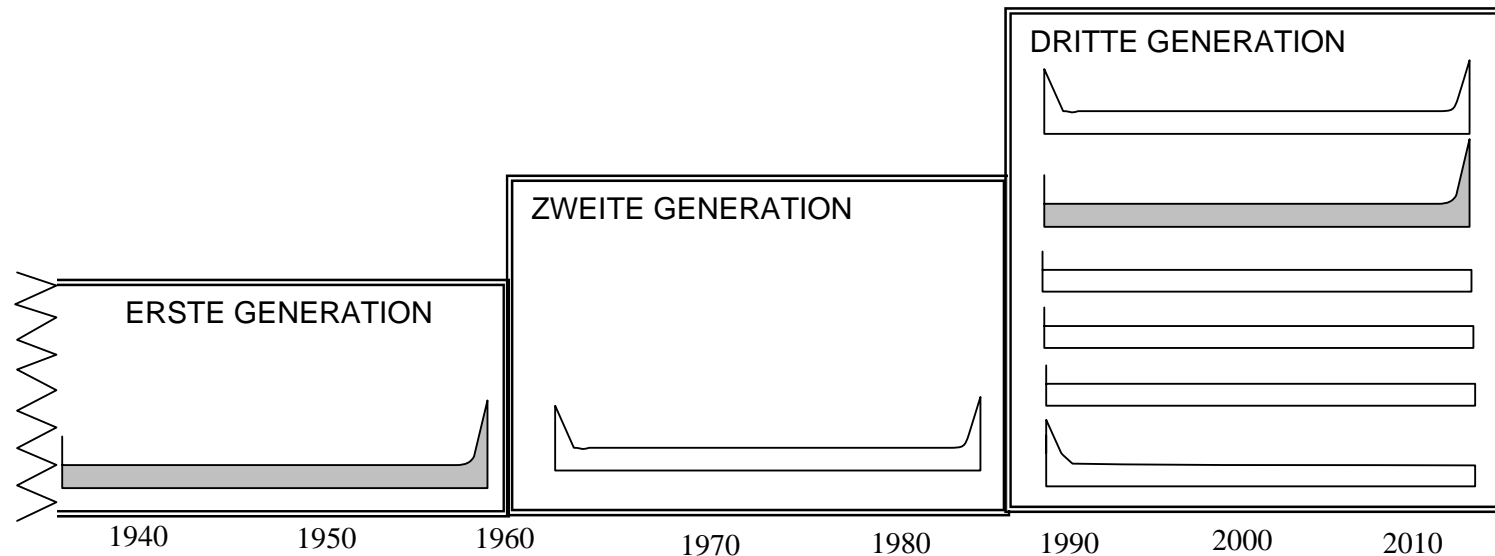
Mit größerer Abhängigkeit der Menschen von Anlagenvermögen und Maschinen erhöhen sich ihre Betriebskosten. Um die Investitionskosten des Anlagenvermögens maximal zurückzuholen, müssen die Anlagen effektiv eingesetzt werden und eine möglichst lange Lebensdauer haben.

Selbst die Instandhaltungskosten steigen, mit einem absoluten Betrag und werden als ein Teil der Gesamtkosten berechnet. In einigen Industriezweigen nehmen die Instandhaltungskosten den 2. Platz oder gar den 1. Platz unter den Betriebskosten ein. Das Ergebnis ist, daß in den letzten 30 Jahren die Instandhaltungskosten zuerst für nicht so wichtig gehalten wurden und jetzt eine von den Menschen prioritär zu kontrollierende Kostenstelle sind.

Die Situation sieht momentan so aus, daß normalerweise 90% der Kosten zur Qualitätssicherung in der Industrie für die Fehlerbehebung in der Entwicklung und Herstellung von Produkten aufgewendet werden, während ca. 10% der Kosten ausgegeben werden zur richtigen Herstellung von Produkten von Anfang an. Die Bemühungen der Instandhaltung sollten in der Zukunft diese Situation ändern.

#### 4 – Neue Studien über Instandhaltung

Neue Studien haben das Verständnis über Lebensdauer der Anlagen und ihre Fehler grundlegend geändert.



*Abb. 1.2 Entwicklung der Standpunkte über Anlagenausfall*

Selbstverständlich gibt es eine Beziehung zwischen dem Fehlergrad und der Lebensdauer der Anlagen. Die Abbildung 1.2 zeigt, daß man früher dachte, Anlagenausfall auf „alte“ Maschinen zurückzuführen ist. Später in der 2. Generation gab es zusätzlich eine Meinung, daß die „Warmlauf“-Phase auch Einfluß auf Anlagenausfall hat. Seitdem entstand ein neuer Standpunkt, welcher in Form einer „Badewanne“ dargelegt wird.

Aber Studien in der 3. Generation haben bewiesen, daß es in der Praxis nicht nur eine oder zwei sondern 6 Formen des Anlagenfehlers gibt.

## **5 – Neue Techniken der Instandhaltung**

Es gibt eine rasche Entwicklung der neuen Techniken der Instandhaltung. In den letzten 20 Jahren wurden Hunderte von Instandhaltungstechniken in der Produktion eingeführt und zur Zeit kommen wöchentlich ein paar neue Techniken hinzu. Instandhaltungstechniken ändern sich zunehmend und werden in der Abbildung 1.3 dargelegt.

## 6 – Neue Entwicklungen der Instandhaltung

- -Instrumentarien zur Entscheidungsfindung: Risikoanalyse, Analyse der Arten und Folgen von Anlagenfehlern.
- Neue Techniken der Instandhaltung: Überwachung des Zustands,

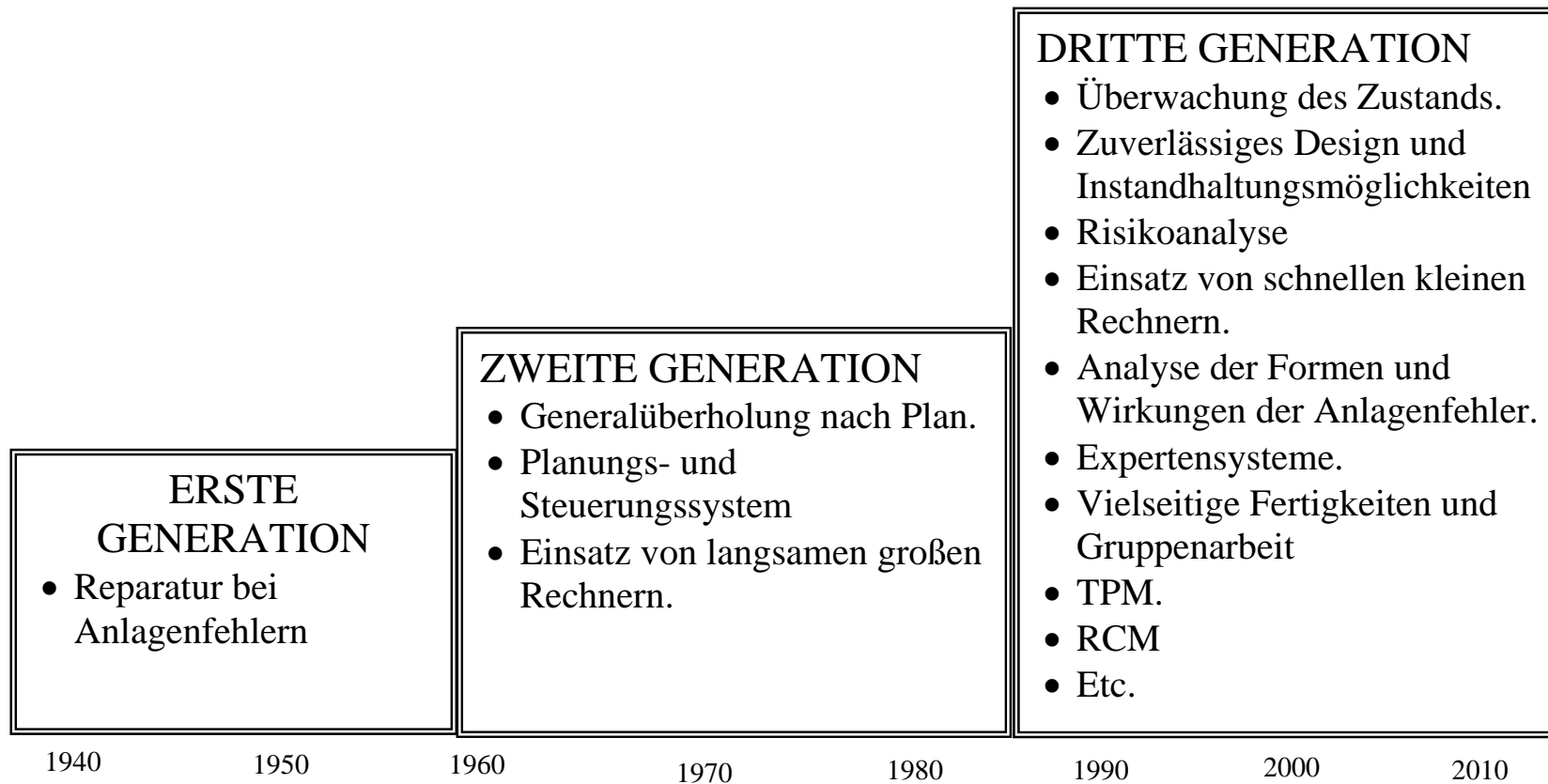


Abb. 1.3 Änderungen der Techniken der Instandhaltung

- Anlagendesign mit besonderem Fokus auf Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten.
- Neues Bewußtsein bezüglich der Instandhaltungsorganisation im Hinblick auf Partizipation, Gruppenarbeit und Flexibilität in der Durchführung.

### **7 – Bedeutung der Instandhaltung in der heutigen Zeit.**

Heute spielt die Instandhaltung eine große Rolle in der Produktion, vergleichbar mit der Feuerwehr. Das Feuer muß schnell wie möglich gelöscht werden beim Brandfall, um große Schäden vermeiden zu können. Allerdings ist das Feuerlöschen nicht die Hauptaufgabe der Feuerwehr, sondern die Brandvorbeugung. Deshalb besteht die Hauptrolle der Instandhaltung darin:

- ❖ Anlagenausfälle vorzubeugen.
- ❖ und die Produktivität zu maximieren.
- ❖ dank eines wunschgemäß kontinuierlichen Betriebes der Anlagen, d.h. einer entsprechend längeren Lebensdauer der Anlagen.
- ❖ dank einer maximalen Anlagenverfügbarkeit und einer minimalen Ausfallzeit (für die Instandhaltung).
- ❖ dank einer ständigen Verbesserung des Produktionsprozesses.
- ❖ Optimierung der Anlagenauslastung:
- ❖ Effektiverer stabilerer Betrieb der Anlagen, weniger Betriebskosten und gleichzeitig qualitativ bessere Produkte.
- ❖ Schaffung von sicheren Arbeitsbedingungen.

Heute nimmt die Instandhaltung zunehmend einen wichtigen Platz ein. In den Entwicklungsländern werden viele alte Anlagen eingesetzt. Ersatzteile sind ein Faktor, dem Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte, da es schwierig ist, Ersatzteile für Anlagen zu finden und wenn sie überhaupt gefunden werden, sind sie normalerweise sehr teuer und muß mit Devisen gezahlt werden. Wenn Instandhaltung gut gemacht wird, wird für die Vorbeugung der Folgen von Anlagenausfällen gesorgt, und dann ist das Problem zum Teil schon gelöst.

## **8 – Herausforderungen an die Instandhaltung**

Mit der Entwicklung der Technik werden die Anlagen komplexer. Die Herausforderungen, die an moderne Instandhaltungsmanager gestellt werden, umfassen:

- ❖ Auswahl der angemessenen Technik der Instandhaltung.
- ❖ Unterscheidung der Typen von Ausfallprozessen.
- ❖ Erwartungen der Anlagenbesitzer, Anlagenbediener und der ganzen Gesellschaft.
- ❖ Effektivste Durchführung der Instandhaltung.
- ❖ Instandhaltung mit Unterstützung und aktiver Beteiligung aller Betroffenen.

### **1.2 Ziele der Instandhaltung**

In der ersten Generation hatte die Instandhaltung keinen großen Einfluß auf die Rentabilität der Produktion, deshalb wurde ihm wenig Aufmerksamkeit geschenkt. In der Instandhaltung heute können nicht viele Ressourcen mobilisiert werden für die Reparatur von Anlagen beim Schadensfall. Bei Eintritt eines Anlagenausfalls ist die Instandhaltungsstrategie offensichtlich nicht wirksam. Modernes Instandhaltungsmanagement bedeutet Gewährleistung

eines stabilen Anlagenbetriebes nach dem Plan der Produktionsabteilung. Anlagen müssen betriebsbereit zur Herstellung von qualitativ guten Produkten sein. Instandhaltungsmanager und Produktionsmanager sollten Indikatoren der Anlagenverfügbarkeit feststellen, um auf diese Basis die angemessenste Produktionsvorgabe machen zu können.

Ziele der Instandhaltung sind

- Durchführung eines umfassenden Instandhaltungsprogramms inkl. Beschaffung, Forschung, Entwicklung, Herstellung, Qualitätskontrolle, Kontrolle, Verpackung, Transport, Installation, Inbetriebnahme, Dienstleistung vor Ort, Fehlerbehebung irgendwo und irgendwann wenn erforderlich. Die Merkmale der Zuverlässigkeit und umfassende Instandhaltungsmöglichkeiten werden in alle Aktivitäten des Unternehmens, die zu tun haben mit Produkten, integriert.
- Feststellung der Zuverlässigkeit und optimalen Instandhaltungsmöglichkeiten. Diese Faktoren sollten in die Produkte integriert werden, um Kosten des Lebenszyklus zu minimieren.
- Erfassen von Betriebszeiten bis zum Anlagenausfall und Darlegung einer badewannenförmiger Kurve (zur Erfassung der Ausfallquote eines Anlagenteils oder einer Anlage gemessen an ihre Lebensdauer. Diese Kurve hilft, folgende Faktoren festzustellen:
  - ❖ Optimale Zeit des Warmlaufs.
  - ❖ Optimale Garantiezeit und entsprechende Kosten.
  - ❖ Optimale vorbeugende Ersatzzeit der wichtigen Anlagenteile.
  - ❖ Optimaler Bedarf an Ersatzteilen.
- Analyse der Typen, Wirkungen und Fristen der Anlagenfehler, um Teile festzustellen, die man nochmal design, forschen und entwickeln aus dem Gesichtspunkt der Instandhaltung sollte.



- Analyse der Folgen von Anlagenfehlern zur Feststellung des Schadens der Teile und der in Abhängigkeit stehenden Anlagen, sowie zur Feststellung der Verluste in Produktion, Gewinn und Menschenleben, und des Schadens des unternehmerischen Ansehens.
- Forschung der Fehlertypen der Maschinenteile, Produkte, des Systems und der entsprechenden Fehlerquote, damit es um neue Konstruktion, Forschung und Entwicklung zur Minimalisierung der Fehler gebeten wird.
- Realisierung der Verbesserungsvorschläge hinsichtlich der Konstruktion, die aus den Bemühungen einer umfassenden Analyse der Typen, Wirkungen und Fälligkeit der Fehler stammen.
- Ermittlung der Aufteilung der Betriebszeiten bis zum Ausfall der Anlagenteile, Produkte und Systeme, zur Unterstützung der Ermittlung der Fehlerquote und des Zuverlässigkeitsgrades.
- Ermittlung der Instandsetzungszeiten für die defekten Anlagen. Diese Zeiten sollten alle Komponenten der Ausfallzeiten und jede Ausfallzeit wie Analysezeit, Zeit für Logistik und Administration, Reparaturzeit etc.
- Ermittlung der Durchschnittszeit und Änderungsmöglichkeiten aller Komponenten der Ausfallzeiten, die im vorhergehenden Abschnitt festgestellt werden, zur Identifizierung von Problembereichen und gleichzeitig zur Reduzierung der Durchschnittszeit und Änderungsmöglichkeiten der Instandhaltungsmassnahmen, die einen großen Teil der gesamten Ausfallzeit ausmachen.
- Reduzierung der Anlagenteile in der Konstruktion der Anlagen.
- Einsatz von Anlagenteilen und Benutzung einer besseren Konfiguration im Hinblick auf die Zuverlässigkeit.
- Ermittlung der Vorräte zur Erreichung der erwarteten Zuverlässigkeit, wenn andere Methoden nicht erfolgreich sind.
- Auswahl von besser angemessenen und besseren Materialien.

- Auswahl der richtigen Verhältnisse zwischen der Verformung, Dauerhaftigkeit und Zeit in der Konstruktion der Anlagenteile zur optimalen Erreichung der Zuverlässigkeit.
- Nutzung von Instandsetzungstechnischen Karten in allen Operationsphasen der Anlagen.
- Aufbau eines Berichterstattungssystems über Anlagenausfall und Instandsetzung, um wissenschaftlich Daten über die Zuverlässigkeit und notwendige Instandsetzungsmöglichkeiten zu sammeln.
- Bestimmung der Verantwortungen für Anlagenausfall bezüglich der Technik, Konstruktion, Beschaffung, Qualitätskontrolle, Kontrolle, Verpackung, Transport, Verkauf, Dienstleistung vor Ort, Inbetriebnahme, Nutzung.
- Hinweise für Entscheidungsfindung zur Instandsetzung, um Anlagenfehler zu minimieren, die Reparaturzeit zu reduzieren und Fehler in der Konstruktion zu vermeiden.
- Durch Proben wird es festgestellt, ob Änderungen zur Erhöhung der Lebensdauer, Verlässlichkeit und zur Verbesserung der Instandsetzungsmöglichkeiten entsprechend den gewünschten Erwartungen notwendig sind.
- Untersuchung der Anlagenkonstruktion, Verlässlichkeit, Möglichkeiten der Instandsetzung und Verbesserung der technischen Konstruktion, Beschaffung, Herstellung, Qualitätskontrolle, Proben, Warmlauf der Maschinen, Verpackung, Transport, Installation und Inbetriebnahme, damit Anlagen von Anfang an richtig konstruiert und hergestellt werden.
- Minimalisierung der Konstruktionsfehler durch die Checkliste der Instandsetzungsmöglichkeiten des Konstruktionsentwurfes.
- Minimalisierung der Herstellungsfehler durch die Checkliste der Verlässlichkeit und Instandsetzungsmöglichkeiten.
- Minimalisierung der Fehler der Installation, Qualitätskontrolle und Prüfung durch die Checkliste und entsprechende Trainingsmaßnahmen.

- Gewährleistung der Inbetriebnahme der Anlagenteile dank einer richtigen Installation und des Vorhandenseins eines guten Instandsetzungshandbuches. Zusätzlich sollte der Instandhaltungsmitarbeiter praktische Erfahrungen über vorbeugende Instandhaltung und Instandsetzung.
- Ermittlung der Größe und Qualifikation der Instandhaltungsmitarbeiter sowie der erforderlichen Qualifikation für die Instandhaltung der einzelnen Anlagentypen.
- Bestimmung der Zeiten für vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen, des Durchschnittswertes und ihrer Änderungsmöglichkeiten.
- Einsatz von Warntafeln und Überwachungsgeräten, damit der Anlagenbediener nicht immer die maximale Kapazität und Geschwindigkeit ausnutzt.
- Minimalisierung der falschen Nutzung von Funktionen der Anlagen dadurch, daß technische Parameter und Eigenschaften zur Verfügung gestellt und Trainingsmaßnahmen für Ingenieure, Verkäufer und Service-Mitarbeiter organisiert werden.
- Durchführung eines effektiven Instandhaltungssystems inkl. Sammeln von Daten vor Ort über die Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten, Analyse und Realisierung von Verbesserungen.
- Überwachung der effektiven Nutzung von Anlagen, Untersuchung der Instandhaltungsmöglichkeiten und Ermittlung der Reparaturquote von defekten Anlagenteilen. Wenn Instandsetzungsmöglichkeiten und die Reparaturquote niedriger als Zielvorgaben in der Konstruktion, dann müssen sofort entsprechende Massnahmen getroffen werden, bevor schwerwiegende Anlagenfehler eintreten.

- Durchführung von neuen Studien über die Beziehung zwischen der Zuverlässigkeit, den Möglichkeiten der Instandsetzung, Kosten, Operationssmöglichkeiten, dem Gewicht, Volumen und der Sicherheit, um die wirtschaftlichste Lösung zu finden.
- Bestimmung des besten Erprobungsplans und Prüfung der Mustermessungen, um Instandsetzungsmöglichkeiten und die durchschnittliche Reparaturzeit auszuwerten und zu prüfen.
- Identifizierung von zuverlässigen preiswerten Ersatzteilen, die optimal für die Anlagen sind, damit Lagerkosten reduziert werden können.
- Reduzierung der Garantiekosten durch reduzierte Reparaturkosten mit Ersatzteilen und Produktunterstützung innerhalb der Garantiezeit.
- Wirtschaftsfördernde Massnahmen durch Werbung: daß Produkte nur minimale Instandhaltungskosten in Anspruch nehmen, weil die Produkte mit besten Instandhaltungsmöglichkeiten konstruiert wurden.
- Maximalisierung der Einsatzbereitschaft der Anlagen und Maximalisierung der Betriebszeit der Anlagen.
- Verbesserung der Zufriedenheit und Sympathie der Kunden dadurch, daß Produkte angeboten werden, die leichter instandzuhalten sind und eine höhere Anlagenverfügbarkeit für die Produktion haben.
- Umsatzsteigerung durch höhere Zufriedenheit und Sympathie der Kunden.
- Der Gewinn wird erhöht oder mit dem gleichen Gewinn werden den Kunden Produkte geliefert, die zuverlässiger und leichter instandzuhalten sind.
- Umkehrung der Tendenz heute, in der mehr als 90% der Kosten für die Zuverlässigkeit, Instandsetzungsmöglichkeiten und Qualität in der Industrie ausgegeben werden, um Fehler bezüglich der Zuverlässigkeit, Instandsetzungsmöglichkeiten

und Konstruktion zu beheben, während weniger als 10% ausgegeben werden, um die Konstruktion und Herstellung richtig von Anfang an durchzuführen.

### **1.3 Nutzen aus der Instandsetzung.**

Untersuchungen haben gezeigt, wenn man in einem Jahr den Index der Anlagenverfügbarkeit um 1% erhöht, wird den Unternehmen ein großer wirtschaftlicher Nutzen gebracht.

- Eine Untersuchung in verschiedenen Ländern hat gezeigt, daß die Ausgabe von einem USD für ein Zustandsüberwachungsprogramm zur Einsparung von 5 USD im allgemeinen und insbesondere von 10 bis 22 USD in der Plastikindustrie führt.
- Die US-Marine schätzt, daß in einem Zustandsüberwachungsprogramm die Relation zwischen Nutzen und Kosten etwa 18/1 beträgt.
- Ende des Jahres 1999 hat eine Untersuchung in einer Firma, die plastische Verpackungen in Ho Chinh Minh Stadt herstellt, gezeigt, daß innerhalb von 6 Monaten, vom 1.7.1998 bis 01.01.1999 eine Maschine die Gesamtzeit des Betriebsstillstands von 155 Stunden hat und einen Verlust im Wert von 1,6 Milliarde VND für das Unternehmen verursacht hat. Wenn dieses Unternehmen unterstützt wird bei der guten Durchführung von vorbeugenden Massnahmen zur Überwachung des Zustands der vorhandenen Anlagen, könnte der Umsatz um mindestens 11 Milliarden VND erhöht werden, wobei ein großer Teil davon Gewinn ist; das bedeutet das Fünffache des Gewinns von diesem Unternehmen in diesem Jahr. Ähnlich ist es in einer anderen Firma, die plastische Produkte herstellt, in der der Umsatz um mindestens 7 Milliarden (um 20% des Umsatzes, größtenteils auch Gewinn) erhöht werden könnte.

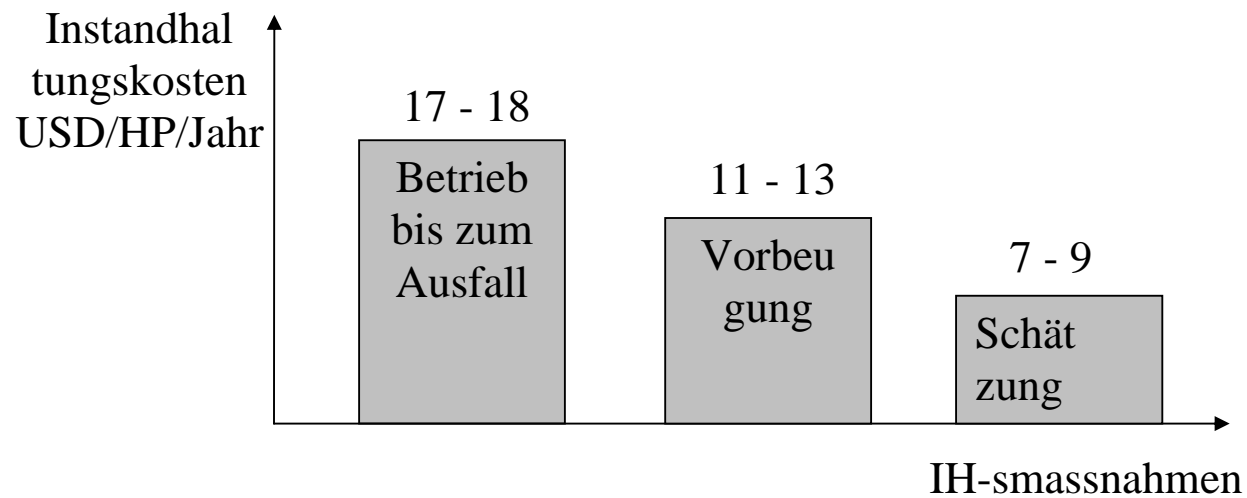
- Das Stromforschungsinstitut in den Staaten hat ein Instandsetzungsprogramm (mit Fokus auf Schwankungsüberwachung) im Eddystone Kraftwerk in Philadelphia seit 1987 durchgeführt. Einem Bericht während einer Konferenz zufolge, wurde ein Gewinn in Höhe von mehr als 5 Millionen USD innerhalb von 5 Jahren dank der Schwankungsüberwachung gemacht.
- Im Jahre 1989 hat die Elektro- und Gasfirma San Diego berichtet, 700.000 USD innerhalb von 2 Jahren gespart zu haben.
- Die älteste amerikanische Papierfabrik hat jeden Tag einen Produktionsstillstand von 2 bis 3 Stunden, mit einem Verlust von 10.000USD/h. Mit der Einführung des Programms zur Zustandsüberwachung wird der Verlust der Produktionszeit auf 2 Stunden/Tag reduziert. Bei richtiger Anwendung eines Instandsetzungsprogramms sinkt der Verlust noch mehr, auf eine halbe Stunde/Tag. Die gesamten eingesparten Kosten betragen 61 Millionen USD.
- In der Zementfabrik Busan (Südkorea) wird ein Anlagenausfall von 80 Stunden pro Jahr dank des Einsatzes des Zustandsüberwachungssystems vermieden; dadurch werden 1,5 Millionen USD gespart.
- Eine vor kurzem durchgeführte Studie der britischen Regierung zeigt, daß die Industrie dieses Landes 1,3 Milliarden USD jährlich dank der Vorbeugungsinstandhaltung spart. Steigt die Anlagenverfügbarkeit nur um 5%, wird die Produktivität um 30% erhöht.
- Die kanadische Marine hat berichtet: dank einer auf den Anlagenzustand basierenden Instandhaltungsstrategie wird die Anlagenausfallquote einer Flotte (20 Schiffe) um 45% reduziert und 2 Millionen USD werden jährlich eingespart.
- Im Jahre 1958 war die Erfolgsquote der USA beim Abschluß von Satelliten in den Weltall 28%, während heute diese Quote bei mehr als 92% und die Zuverlässigkeit ständig steigt von Jahr zu Jahr.
- Dank der Anwendung von Instandhaltungstechniken kann ein Hersteller von elektronischen Instrumenten 70% der Garantiekosten reduzieren bei gleichzeitiger Erhöhung des Umsatzes um 25%.

- Hydraulische Kompressoren eines Flugzeuges haben eine durchschnittliche Lebensdauer von 1.200 Stunden. Dank der Überwachung der Fehler und Fehlertypen sowie Änderung der Konstruktion zur Verbesserung der Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten, wird diese Zeit auf 4.000 Stunden und in einigen Fällen auf bis 5.800 Stunden erhöht.
- Eine Fluggesellschaft hat ein Programm zur Verbesserung der Zuverlässigkeit eingeführt, um zu behaupten, daß die Zuverlässigkeit eine Erhöhung der ersten Investition verursacht, aber Instandhaltungskosten erheblich reduzieren kann. Für das Waffensystem F – 105 wurde ein umfassendes Zuverlässigkeitsprogramm angewandt, mit dem Ergebnis, daß die Zuverlässigkeitsrate von 0,7263 auf 0,8986 erhöht wurde. Die Kosten für dieses Programm betragen 25.500.000 USD, während jährlich 54.000.000 USD Instandhaltungskosten eingespart werden.
- In der Petroleumindustrie muss für jede Reparatur von Pumpen durchschnittlich 4.000 USD gezahlt werden. Die durchschnittliche Betriebszeit zwischen 2 Ausfällen der Pumpen beträgt 18 Monate. Die Firma Exxon hat viele Pumpen, deshalb müssen jährlich etwa 3 Millionen USD für Reparaturen gezahlt werden. Das Unternehmen hat ein Programm zur Reduzierung der Anlagenausfälle eingeführt und nennenswerte Ergebnisse erzielt, wie Reduzierung der Anlagenausfälle um 29% schon im ersten Jahr der Einführung.
- Die Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten eines Steuerungssystems oder eines Hubschraubers können erheblich dadurch verbessert werden, daß ein mechanisches Steuerungssystem durch ein optisch- digitalen Steuerungssystem ersetzt wird. Ein Vergleich zwischen beiden Systemen zeigt, daß die Flugsicherheit um 600% , die Zuverlässigkeit um 400% und Instandhaltungsmöglichkeiten um 250% erhöht werden.
- Der Instandhaltungsverantwortliche der Firma Tapco hat gesagt, daß Instandhaltungstechniken und die Zuverlässigkeit Gewinn in verschiedenen Formen bringen.

- Standards: 50 Sets von Schrauben und Ringen im Preis von 10 USD je Set werden eingesetzt für die Herstellung eines Produktes. Dies wird kontrolliert von der Arbeitsgruppe Instandhaltungsstandards. Die Arbeitsgruppe hat vorgeschlagen, ein anderes Material einzusetzen, das die gleiche Funktion hat, aber preiswerter ist. Durch Forschung und Anwendung der Grundsätze der Technik und Standardisierung hat die Arbeitsgruppe die Herstellungskosten des Produktes um 1/3 reduziert.
- Studium der Entwürfe: die Zusammenarbeit zwischen der Arbeitsgruppe Instandhaltungsstandards und den Konstrukteuren bringt höchste Effektivität und höchsten Gewinn. In der ersten Phase der Produktentwicklung sollte der Entwurf der Konstruktion genau untersucht und kontrolliert werden. Wenn Fehler vorliegen, dann betragen die Kosten 1 USD für die Änderung des Konstruktionsentwurfes, 10 USD nach der Fertigstellung des Konzeptes, 100 USD in der Herstellung der Prototypen, 1.000 USD in der Vorproduktionsphase und 10.000 USD in der Produktionsphase.
- Zusammenarbeit mit den Zulieferern: Tapco hat Erprobung durchgeführt, die Zuverlässigkeit der Materialien und Halbprodukte der Zulieferer mit statistischer Methode kontrolliert. Dadurch kann die Firma nicht nur die Qualität ihrer Produkte, sondern auch die Beziehung mit den Zulieferern verbessern.
- Instandhaltung: Tapco hat Instrumente und Techniken der Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten für das Programm der Vorbeugungsinstandhaltung eingesetzt. Deshalb erhöht sich die Betriebszeit zwischen beiden Ausfällen; die Lebensdauer der Anlagen wird auch verlängert.
- Zustandsüberwachung/"Schätzungsinstandhaltung" wird durchgeführt zur Reduzierung der gesamten Instandhaltungskosten. Die Abbildung 1.4 legt die tatsächlichen Instandhaltungskosten bei Anwendung von Schätzungstechniken im Vergleich mit anderen Lösungen (Betrieb bis zum Anlagenausfall oder Vorbeugungsinstandhaltung) dar. Die Programme der nächsten Generationen fokussieren nicht nur auf eine Reduzierung



der Instandhaltungskosten, sondern auch auf eine erhebliche Erhöhung der Produktivität der Fabrik und auf Unterstützung zur Erhöhung der Qualität der Produkte.



*Abb. 1.4 Instandhaltungskosten*

## Vom Anlagenausfall verursachte Verluste

Den Untersuchungen zufolge entstehen folgende Verluste, die innerhalb einer Stunde Produktionsstillstand in einigen Industriezweigen verursacht werden:

- └ Petroleum : ein paar Millionen USD
- └ Stahlindustrie: 10.000 USD.
- └ Papierherstellung: 10.000 – 20.000 USD
- └ Metallverarbeitung: 5.000 USD.
- └ Chemieindustrie: 2.000 USD
- └ Stromerzeugung: 10.000 USD.
- └ Produktion von Bierdosen: 9.000 USD
- └ Züchten von Seidenraupen (1 Anlage): 500 USD.

Produktion von plastischen Produkten (1 Anlage): 200 USD.

- Eine südkoreanische Fabrik, die in der Petrochemieindustrie operiert, muß ihre Produktion vorübergehend unterbrechen, wegen eines Taifuns. Als die Fabrik ihren Betrieb wieder aufnimmt, hat man bei der Überwachung des Zustands der Anlage festgestellt, daß es Schwankungen in den Ventilatoren gibt. Nachdem man kontrolliert, werden schwerwiegende Schäden der Ventilatoren festgestellt. Wenn diese Fehler nicht rechtzeitig identifiziert werden, könnte dies ein Verlust in Höhe von 0,5 Million USD für die Firma bedeuten.
- Dank einer regelmäßigen Überwachung in einer Gasverarbeitungsfabrik im Mittelosten hat man Schwankungen in einem Rotor eines Kompressors festgestellt. Man hat den Fall mit einem ähnlichen Fall früher verglichen und zu dem Ergebniss gekommen, daß diese Schwankungen zurückzuführen sind auf ein Ungleichgewicht des Rotors. Deshalb musste dieser Rotor ersetzt werden, aber die Fabrik hatte keine Ersatzteile, damit man sofort diese Arbeit vornehmen konnte. Die Ingenieure dieser Fabrik hatte fundiertes Wissen über den Zustand der Maschine und konnten somit das Problem unter Kontrolle zu halten, indem Lasten auf den Rotor reduziert wurden, während ein neuer Rotor gebaut wurde. Wenn dieser

Fehler nicht rechtzeitig und richtig erkannt würde, damit entsprechende Änderungen in der Produktion vorgenommen wurden, würde ein Produktionsstillstand einen geschätzten Verlust von 2 Millionen USD pro Tag verursachen.

- Eine französische Ölraffinerie hat Schwankungen einer Achse eines Mixers im Vergleich zu früher beim Start festgestellt. Die Achse berührte das Gehäuse der Maschine und die Ringe der Maschine. Die Ringe hinderten die Zutatmaterialien und diese sammelten sich im Gehäuse der Maschine. Dank einer regelmäßigen Überwachung des Zustands der Maschine hat man die Entscheidung getroffen, die Zutatmaterialien zu eliminieren, indem Wasser beim Betrieb des Mixers gegen diese gespritzt wurde. Das Ergebnis war normale Schwankungen des Mixers. Mit dieser Lösung hat diese Fabrik einen Verlust in Höhe von ca. 1 Million Franken pro Tag vermieden.

- “ Ein außerplanmäßiger Anlagenausfall entspricht etwa 10 Stunden Produktionsstillstand und einem Verlust von 65.000 USD in einer Fabrik, die Stahl walzt. In einem Jahr kommt es ungefähr 5mal vor. Alle diese Fälle können durch Instandhaltungstechniken wie Überwachung von Schwankungen vermieden werden.” (Dr Don Mahadevan, bei der 3. Internationale Konferenz über Schätzungsinstandhaltung)

**Durch Konditionmonitoring und mit dem Einsatz der Schwingungsanalyse lassen sich Defekte vor dem Schaden und dem damit verbundenen Anlagenstillstand lokalisieren.**

**Lange Ausfallzeiten, Ausfallkosten und Kosten der Instandhaltung werden somit minimiert.**

## 1.5 Praktische Anwendungen der Instandhaltungstechniken

Instandhaltungstechniken liefern theoretische und praktische Anwendungen, um:

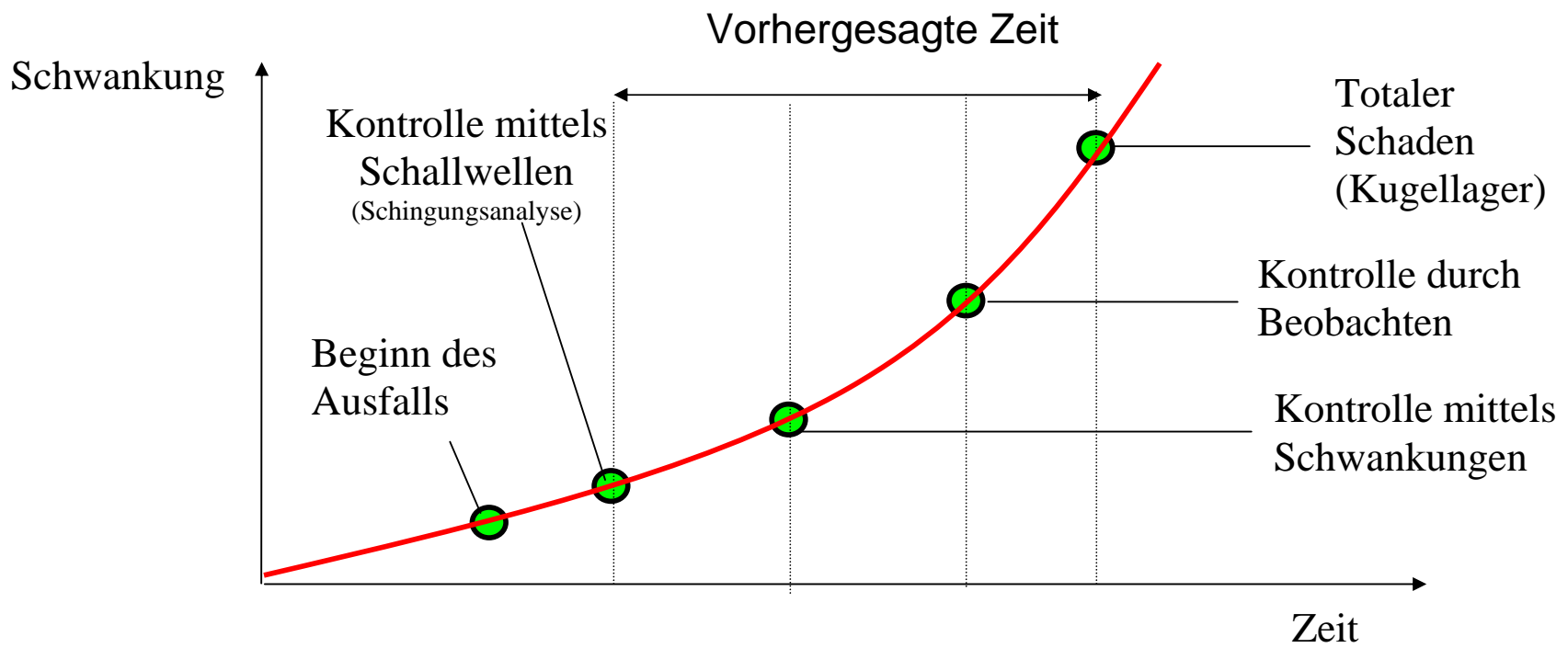
- Schätzung der Zuverlässigkeit der Maschinenteile aus den Daten über Anlagenausfälle zu machen.
- Lösungen zur Erreichung der Systemszuverlässigkeit zu anbieten.
- Anzahl der Ersatzmaschinen gemäß der Konstruktion auszuwerten und Anzahl der zusätzlichen Ersatzmaschinen zu bestimmen.
- Anzahl der erforderlichen Ersatzmaschinen für die erwartete Zuverlässigkeit zu schätzen.
- Komponenten und Maschinenteile zu bestimmen, wobei eine Änderung der Konstruktion den größten Nutzen hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Reduzierung der Kosten bringt.
- eine Grundlage für den Vergleich zwischen 2 oder mehreren Entwürfen der Konstruktion zu bilden.
- Die Relation zwischen der Zuverlässigkeit, Kosten, Gewicht, Operationsmöglichkeiten und Sicherheit zu analysieren.
- erforderliche Daten zur Darstellung von badewannenförmigen Kurven zu liefern, wobei „Fehlerrate“ der Anlagen nach der Betriebszeit dargestellt wird. Diese Kurven helfen zu bestimmen:
  - die optimale Zeit des Erprobungs- und Warmlaufbetriebes.
  - optimale Garantiezeit und -kosten.
  - den optimalen Bedarf an Zubehör.
  - Die Anfangsphase der starken Verschleißerscheinungen.
- Den Zeitpunkt für ein Maschinenteil zu bestimmen, welches ersetzt werden soll, vor der starken Verschleißerscheinung oder totalem Ausfall.

- die Verantwortung für den Ausfall festzustellen, sei sie in der Konstruktion, Maschinenbau, Qualitätskontrolle, Erprobung, Verkauf oder Dienstleistung.
- Hinweise für die Entscheidungsfindung über Instandsetzungsmassnahmen zu geben, damit Anlagenausfälle minimalisiert werden.
- Bereiche mit Potential für finanzielle Investitionen in Forschung und Entwicklung der Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten zu identifizieren.
- Fehler zu einem bestimmten Zeitpunkt der Betriebszeit der Anlage festzustellen und Vorbereitungsmaßnahmen zu treffen.
- Hinweise für die Untersuchung der Instandhaltungsmöglichkeiten und Zuverlässigkeit zu geben.
- Hinweise für den Prozess der Qualitätskontrolle zu geben.
- richtige Informationsmaterialien für effektive/n Werbungen und Verkauf zu liefern.
- Bereiche zu identifizieren, deren aus Verantwortungslosigkeit verursachte Kosten reduziert werden sollen (Produktion von fehlerhaften Produkten, Produktion von Produkten, die mehrmals repariert werden, zurückgegebene Produkte,...).
- eine Kostenanalyse-Methode zu liefern, wobei die Zuverlässigkeit und optimale Instandhaltungsmöglichkeiten entsprechend den minimalen Gesamtkosten des Produktes für die Kunden bestimmt werden. Die Gesamtkosten, oder auch als Kosten des Lebenszyklus genannt, sind die Summe der Anschaffungskosten und anderen Dienstleistungskosten, Betriebskosten und Instandhaltungskosten sowie Anlagenausfallkosten während der gesamten Lebensdauer der Anlagen gemäß der Konstruktion.
- Lagerkosten zu reduzieren dank der rechtzeitigen Lieferung von Ersatzteilen.
- den Handel zu fördern auf Grundlage der Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten der hergestellten Produkte.

- Anzahl der erforderlichen Prototypen zu errechnen, die erprobt werden zur Bestimmung der Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten der Produkte.
- Garantiekosten zu reduzieren oder die Garantiezeit zu erhöhen mit den gleichen Kosten.
- das System zu reparieren nach Plan.
- Ergebnisse der Analyse von Berichten über Anlagenausfälle zu liefern, um zu erkennen, ob Fehler der gleichen Art sind, Verpackungen und der Transport geeignet sind, welche Relation besteht zwischen der Anzahl der Ausfälle und die Dauer des Betriebes der Anlagen, ob genug Instandhalter dort arbeiten, Zeit der Anlagenausfälle und die Reparaturzeit plangemäß sind und welche Änderungen gibt es, die die Lebensdauer und gewünschte Instandhaltungsmöglichkeiten beeinflussen.
- erforderliche Zeit zur Erprobung der Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten zu bestimmen.
- Hinweise zur Auswertung der potenziellen Lieferanten zu geben, aufgrund der Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten ihrer Produkte.
- Hinweise zur Feststellung der Instandhaltungsmöglichkeiten des Systems sowie der Lieferungsmöglichkeiten von Ersatzteilen und Sets von Ersatzteilen mit minimalen Kosten zu geben.
- die erforderliche Zeit zur regelmäßigen Reparatur des Systems festzustellen.  
die Anlagenverfügbarkeit und den zu erreichenden Wert festzustellen.
- die Kapazität des Systems und den zu erreichenden Wert festzustellen.
- Nutzungsfaktoren des Systems und den zu erreichenden Wert festzustellen.

- Instandhaltungsmöglichkeiten des Systems und den zu erreichenden Wert festzustellen.
- die gesamten erforderlichen Arbeitsstunden für alle Instandhaltungsaktivitäten festzustellen.
- Analyse der Typen, Wirkungen und des wahrscheinlichen Zeitpunktes des Anlagenausfälle durchzuführen, um Anlagenteile zu identifizieren, die neu konstruiert, geforscht und entwickelt und erprobt werden. für eine ständige Verbesserung der Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten der Produkte.
- die Zufriedenheit und Sympathie der Kunden zu erhöhen.
- den Umsatz und Marktanteil zu steigern.
- den Gewinn zu steigern.
- ein Teil des Gewinns in die Erneuerung von Produktionsstätten zu reinvestieren, um die Produktivität dieser Produktionsstätten zu erhöhen und dadurch Produktionskosten zu reduzieren.
- ein Teil des Gewinns in Forschung und Entwicklung zu reinvestieren, um die Topposition bei globalen Wettbewerbsbedingungen einzunehmen.
- die Lebensqualität der Arbeiter durch „sharing“ zu verbessern, die die Produkte herstellen.

Eine der heutzutage wichtigsten Instandhaltungstechniken ist nämlich die Technik der Zustandsüberwachung. Die Abbildung 1.5 zeigt ein Musterbeispiel über moderne Techniken der Zustandsüberwachung zur Lieferung von zuverlässigen Daten, die Ausfall von Kugellagern vorhersagen, damit rechtzeitig Vorbeugungsmassnahmen gegen außerplanmäßigen Anlagenausfall getroffen werden können.



*Abb. 1.5 Technik der Zustandsüberwachung*



## 1.6 Vergleich zwischen der Instandhaltung und dem Gesundheitswesen

Obwohl die Instandhaltung und das Gesundheitswesen zwei unterschiedliche Bereiche sind (ein dient den Menschen und ein dient den Anlagen und Maschinen), gibt es einige Beziehungen, die in der Tabelle 1.1 dargestellt werden.

Tabelle 1.1 Vergleich zwischen der Instandhaltung und dem Gesundheitswesen

<b>Gesundheitswesen</b>	<b>Instandhaltung</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Menschen</li><li>- Krankheit</li><li>- Medizinisches Attest</li><li>- Unterlagen der Patienten</li><li>- Untersuchen</li><li>- Diagnostizieren</li><li>- Kontrolle der Organe</li><li>- Zustandsüberwachung</li><li>- Operation von Patienten</li><li>- Ersetzen von einigen Organen</li><li>- Blutuntersuchung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Maschinen</li><li>- Ausfall</li><li>- Tagebuch der Maschinen</li><li>- Unterlagen der Maschinen</li><li>- Untersuchung der Maschinen</li><li>- Diagnostizieren</li><li>- Kontrolle der Maschinenteile</li><li>- Zustandsüberwachung</li><li>- Auseinandernehmen von Maschinen</li><li>- Ersetzen von einigen Maschinenteilen</li><li>- Öluntersuchung</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>- Meßgerät Elektrokardiogramm</li><li>- Ultraschallkontrolle</li><li>- Messung der Körpertemperatur</li><li>- Messung der Herzschritte</li><li>- Lebenserwartung</li><li>- Gesundheit</li><li>- Tod</li><li>- Krankheitsvorbeugung ist besser als Heilen von Krankheiten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Oscilloscope</li><li>- Ultraschallkontrolle</li><li>- Messen von Temperatur</li><li>- Messung von Schwankungen</li><li>- Lebensdauer der Maschinen</li><li>- Anlagenverfügbarkeit</li><li>- Tod (Maschinen)</li><li>- Vorbeugung ist besser als Reparatur von Fehlern</li></ul>
--	---