Instandhaltung von technischen Anlagen, Teil I

Autor(en): **Schärer, Frank**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 23

PDF erstellt am: **12.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75475

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Instandhaltung von Technischen Anlagen – Teil I

Von Frank Schärer, Winterthur

Um die Verfügbarkeit einer steigenden Anzahl immer komplexerer technischer Anlagen bzw. Produkte sicherzustellen, müssen definierte und wirtschaftliche Methoden angewendet sowie mehr und bessere Instandhalter eingesetzt werden. Dies gilt für die Instandhaltung der betriebseigenen Anlagen – eine Aktivität, die man entweder selbst durchführt oder nach auswärts vergibt –, hat aber auch Gültigkeit für den Kundendienst oder «Service» als zunehmend gefragte Dienstleistung an gelieferten Produkten.
Die heutige Entwicklung stellt das Fachgebiet Instandhaltung vor interessante und verantwortungsvolle Aufgaben. Der Beitrag der Instandhaltung an die Schonung der Rohstoff- und Energie-Reserven sowie der Umwelt ist von steigender Bedeutung.

Anlagen und ihre Eigenschaften

Anlagen

Der Gegenstand der Instandhaltung sind die Anlagen, also Bauten, Betriebsmittel wie Maschinen, Transportgeräte, auch Armee-Ausrüstungen, kurz, alle materiellen Güter. Der englische Ausdruck «physical assets» zeigt noch deutlicher, was darunter zu verstehen ist.

Die Schweizer Norm [1] definiert die Anlage als «technisches Mittel zur Erfüllung eines Aufgabenkomplexes». Eine Anlage ist in der Regel der technische Bestandteil eines Systems.

Für wirtschaftlichen Betrieb solcher Anlagen müssen ihre Eigenschaften bekannt sein. Die Auswirkungen dieser Eigenschaften begegnen uns in unserem technisierten Leben auf Schritt und Tritt.

Beanspruchung und Zustand

Wir wissen aus dem Umgang mit technischen Gütern jeder Art, dass diese als neu einen Abnahmezustand haben, dass sie sich dann infolge *Beanspruchung* abnützen und irgendwann einmal ihren Dienst versagen (Bild 1). Dabei kann die Beanspruchung auch an einer ruhenden Maschine auftreten, z.B. durch korrosive Gase in einem Betriebsraum. Der Zustand der Anlagenkomponenten kann mit Grössen verschiedenster Arten charakterisiert sein, wie

- x/100 mm Abnutzungstoleranz einer Welle,
- Resistenz gegen chemische Veränderungen in Betriebsstunden, oder
- Standzeit bei hohen Temperaturen.

Der Begriff «Zustand» steht somit für verschiedenste Grössen, die sich in technischer Hinsicht nicht als Summe quantifizieren lassen; ihm entspricht somit das Potential des betreffenden Teils, welches durch Beanspruchung abgebaut wird und durch den Instandhalter wiederhergestellt werden soll.

In der Bundesrepublik wird dieses Potential als «Abnutzungsvorrat» bezeichnet.

Ausfall und Ausfallverhalten

Sinkt wegen der Summe aller Beanspruchungen der Anlagenzustand bis zur unteren Zustandsgrenze ab, so verliert die Anlage ihre Funktionsfähigkeit; sie erleidet einen *Ausfall*. Die Definition des Begriffes «Ausfall» hängt wesentlich von den an die betreffende Anlage gestellten Ansprüchen ab. So wird ein abgerissener Aschenbecher in einem Automobil vom Lenker kaum als Ausfall seines *Fahrzeuges* empfunden; hingegen hört die Funktionsfähigkeit des Automobils mit einem platten Reifen oder mit dem Versagen der Zündkerzen sofort auf.

Wir wissen auch, dass Anlagen aufgrund ihrer Konstruktionsart ein ganz bestimmtes, charakteristisches Ausfall-Verhalten haben. So verändert sich zum Beispiel der Automotor vom Abnahme-Zustand in einem kontinuierlichen Prozess bis zur Schadengrenze, während für elektronische Bauelemente der plötzliche Ausfall typisch ist.

Zuverlässigkeit

Die reziproke Grösse der Ausfallwahrscheinlichkeit kennen wir unter der Bezeichnung *«Zuverlässigkeit»*.

Die quantifizierte Zuverlässigkeit der Bauelemente und ganzer Anlagen ist Gegenstand mathematischer Modelle und Methoden, die vor allem für Massengüter, ferner für hochkomplexe Anlagen wie z.B. Raumflugkörper und Kernreaktoren Anwendung finden.

Beim Betreiben von Anlagen sind die Ausfallcharakteristik jedes Maschinenelementes und die Zuverlässigkeitsforderungen des Betreibers an die ganze Anlage in Übereinstimmung zu bringen.

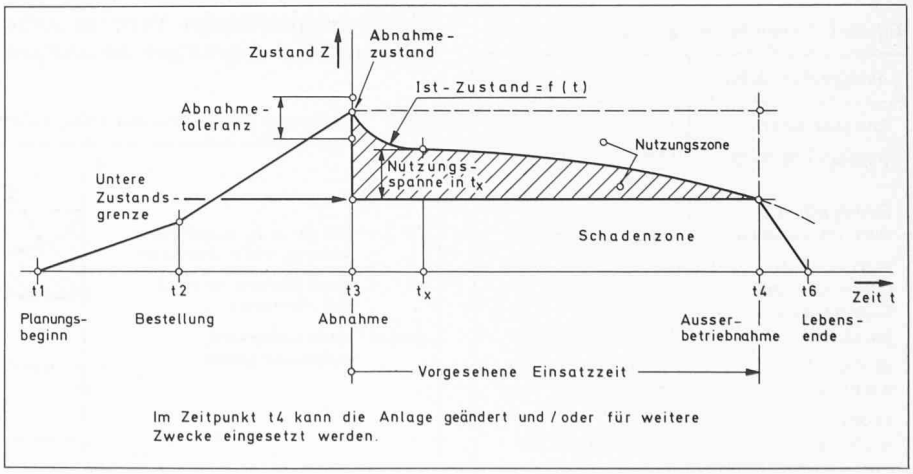
Ein typisches Beispiel ist die Elektronik in der Luftfahrt: Mit Transistoren, also mit Bauelementen, die ihre Funktionsfähigkeit abrupt verlieren, muss eine *Ausfall-Wahrscheinlichkeit* erreicht werden, die gegen Null strebt, weil hier Menschenleben auf dem Spiele stehen. Dieses Ziel wird mit zwei Massnahmen erreicht:

1. Mit mehrfacher Parallelschaltung solcher Elemente, was mit *«Redundanz»* bezeichnet wird, und
2. mit dauernder Zustandsüberwachung.

Verfügbarkeit

Muss die geforderte Zuverlässigkeit unter bestimmten Betriebsbedingungen und über eine geplante Zeit hinweg erreicht werden, so sprechen wir von der Verfügbarkeit der Anlage.

Bild 1. Anlagen-Zustand in Funktion der Zeit



Was ist Anlagen-Instandhaltung?

Der Zustand beanspruchter Anlagen verändert sich fortwährend gegen die Schadenzone hin. Soll dabei die Anlage den ihr zugedachten Zweck dauernd erfüllen, so haben wir ihren Zustand innerhalb festgelegter Limiten, das heisst innerhalb der Nutzungszone, zu halten. Dies sind die Aufgaben der Instandhaltung, wie sie in der Schweizer Norm [1] definiert sind:

Gesamtheit der Massnahmen an Anlagen
- zur Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustandes sowie
- zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes.

Konkreter ausgedrückt bestehen die Instandhalte-Massnahmen darin:
- den Zustand der Anlagen zu überwachen und zu beurteilen
- die Abnutzung klein zu halten, nämlich durch
  - abnutzungsarme Konstruktion
  - Wartung
  - sorgfältiges Betreiben, ferner
- abgenützte Teile aufzuarbeiten oder zu ersetzen, was unter dem Begriff der Instandsetzung zusammengefasst wird.

Anlagenüberwachung/Inspektion

Bei bestimmten *Konsumgütern*, zum Beispiel beim Fernseher, wird es in der Regel genügen, festzustellen, dass uns das Programm in richtiger Qualität dargeboten wird oder, im anderen Fall, dass das Gerät ausgefallen ist. Die Feststellung des Zustandes ergibt sich augenfällig. Der Ausfall des Fernsehgerätes ist wohl unangenehm, aber kaum lebenswichtig. Wir können uns somit auf die reine *Ausfallerfassung* beschränken und werden normalerweise auch auf die Bereitstellung eines Reservegerätes (Redundanz) verzichten.

Anders liegen die Verhältnisse bei kontinuierlich sich abnützenden Bauteilen, wie z.B. der Lagerung einer Antriebswelle, muss doch, um vor dem Überschreiten der zulässigen Masstoleranzen eingreifen zu können, der Stand des fortschreitenden Verschleissprozesses periodisch oder dauernd festgestellt werden. In diesem Falle ist *Zustandsüberwachung* notwendig. Wo immer Instrumente zur Zustandserfassung entwickelt sind und zu wirtschaftlichen Bedingungen eingesetzt werden können, geht heute der Trend in diese Richtung.

Tabelle 1. Arten der Anlagenüberwachung

Anlagenüberwachung	*Beispiel*
Ausfallerfassung	Fernseher steigt aus
Störungs-Erfassung	Ölbrenner: Stromausfall
Zustandsüberwachung, dauernd	Flugzeugelektronik
Inspektion als intermittierende Zustandsüberwachung	Lager-Vibrationen
Zeitliche Überwachung	Kalender-, Uhrzeitabhängig
Leistungs-Überwachung	... nach 10 000 km

Die Zustandsüberwachung ist definiert [1] als «Massnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes». Die entsprechenden Tätigkeiten sind: Prüfen, Messen, Vergleichen, Beurteilen, Massnahmen auslösen.

Sechs Arten der Anlagenüberwachung sind zu unterscheiden (Tabelle 1). Entsprechend den (einzeln oder kombiniert anzuwendenden) Überwachungsarten werden die zugehörigen Instandhalte-Massnahmen ausgelöst.

Wartung

Ist eine Maschine konstruiert, beschafft und aufgestellt, so wird ihre Lebenserwartung durch Wartung massgeblich erhöht, die definiert ist als: «Massnahmen zur Bewahrung des Soll-Zustandes» [1]. Die zugehörigen Tätigkeiten sind z.B. Schmieren, Ölwechsel, Reinigen, Nachstellen. Der Einfluss der Wartung ist in Bild 2 dargestellt; die Einsatzzeit wird durch die Wartungsmassnahmen entscheidend verlängert.

Für Wartungsarbeiten ist auch die richtige Auslösungsart festzustellen. So gewährleistet der kilometerabhängige Ölwechsel sowohl für das Auto des Sonntagsfahrers als auch des Geschäftsreisenden die Wahl des richtigen Zeitpunktes für diese Wartungsmassnahme. In diesem Fall sprechen wir von *«leistungsabhängiger Auslösung»*. Mit rein zeitabhängiger Auslösung wäre dem Autobesitzer nicht gedient.

Für Massenprodukte wie Ölbrenner, Geschirrspüler, Waschmaschinen, Autos, Aufzüge, Öltankanlagen usw. werden die Wartungsarbeiten auch als Dienstleistung angeboten. Dem Abschluss entsprechender Verträge sollte unbedingt ein sorgfältiges Abschätzen der Risiken und Kosten vorausgehen. Für gewisse Anlagen bestehen auch gesetzliche Verpflichtungen zur Überwachung und Wartung.

Instandsetzung

Müssen an einer Anlage abgenützte oder zerstörte Teile wiederhergestellt oder ersetzt werden, so sprechen wir von Instandsetzung. Diese Tätigkeit ist als «Massnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes» definiert [1]. In der Praxis, insbesondere in der Kostenerfassung, sind die geplante Instandsetzung und die ungeplante Instandsetzung (Reparatur) konsequent auseinanderzuhalten.

Geplante Instandsetzung

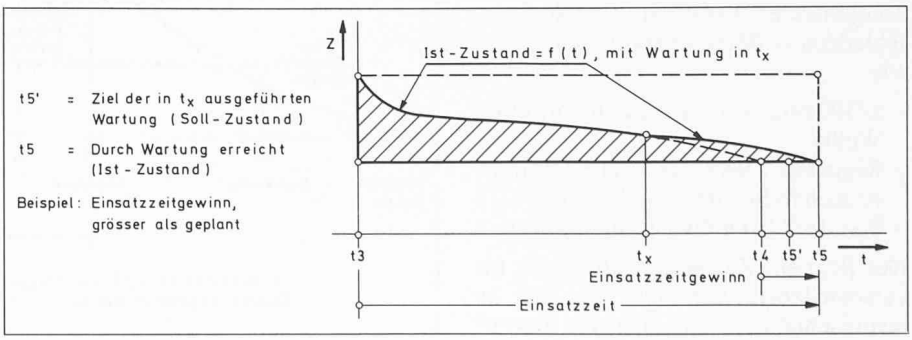
Geplante Instandsetzung, d.h. planmässiges Wiederherstellen des Soll-Zustandes der *funktionsfähigen Anlage* (Bild 3), wird ausgelöst bei Erreichen
- einer Leistungsgrenze, zum Beispiel 80 000 km für den Austausch der Auto-Kupplung,
- eines vorausbestimmten Datums oder
- einer definierten, unteren Zustandsgrenze.

Diese planmässige Tätigkeit ist das Resultat
- einer Beurteilung des Ausfallrisikos und
- der Wahl der dem Risiko entsprechenden Überwachungsart.

Die richtige Methodenwahl soll den Anlagen-Zustand innerhalb der geforderten Grenzen halten. Die *zeit- und die leistungsabhängige Auslösung* der Instandsetzung haben den Nachteil, dass Anlagen oft stillgelegt und demontiert werden, bevor die untere zulässige Zustandsgrenze erreicht ist. Dabei wird unnötige Arbeit geleistet, und neue Fehler werden eingebaut.

Kann jedoch der Zustand durch spezielle Instrumente erfasst werden, so erfolgt die Instandsetzung genau im richtigen, wirtschaftlich optimalen Zeitpunkt (Bild 4). Diesem Vorteil stehen Investitionen für die Überwachungsin-

Bild 2. Einfluss der Wartung auf den Anlagen-Zustand



strumente sowie der Zeitaufwand für die Inspektion gegenüber.

Die geplante Instandsetzung hat den grossen Vorteil, dass die entsprechenden Arbeiten vorbereitet und darum rationell erfolgen. Bild 4 aus der Schweizer Norm [1] zeigt den Einfluss geplanter Instandsetzung auf den Anlagen-Zustand.

Ungeplante Instandsetzung (Reparatur)

Den Fall ungeplanter Instandsetzung (Bild 5), d.h. den Reparaturfall, kennen wir aus dem Alltag: Ein technisches Gerät versagt seinen Dienst. So bricht etwa in einem Maschinengetriebe aus irgendwelchen Gründen ein Zahnrad. Der Zustand dieser Maschine sinkt plötzlich in die Schadenzone ab und erheischt Stillegung und Instandsetzung zu ungelegenem Zeitpunkt. Reparieren heisst oft Improvisieren.

Methodenwahl

Das Bild 6 zeigt die besprochenen Überwachungs- und Auslösungsarten, die zugehörigen Betriebszustände sowie die entsprechenden Instandhaltungs-Tätigkeiten im Gesamtüberblick und hilft bei der Methodenwahl. So kann für den Fall der *«Ausfallerfassung»* festgestellt werden, dass

- die Massnahmen *ausfallbedingt* ausgelöst werden,
- dabei die *Funktionsfähigkeit* des Betriebsmittels *unterbrochen* ist und
- wir zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit *ungeplante* Instandsetzungsmassnahmen einleiten müssen, das heisst im landläufigen Begriff, dass wir *«reparieren»* müssen.

Die Methodenwahl ist in Bild 7 einprägsam dargestellt.

Zusammengefasst sind die drei wichtigsten Instandhaltungs-Massnahmen

□ die *Anlagenüberwachung* einschliesslich Inspektion,
□ die *Wartung* und
□ die *Instandsetzung* als geplante oder ungeplante Massnahme.

Durchführung der Instandhaltung

Ist die Instandhaltungs-Methode festgelegt, so können die Arbeiten vorbereitet und anschliessend ausgeführt werden. Je nach Art der Anlage und der Anforderungen werden dafür Fachleute verschiedener Fachrichtungen benötigt: mechanische Fachrichtung, Elektriker und Elektroniker sowie bauliche Fachrichtung.

Die Anforderungen an das technische Personal sind wegen der raschen technischen Entwicklung hoch, und insbesondere bei den Elektrikern ist eine intensive Fortbildung notwendig. Das Stichwort «Elektronik» spricht hier für sich. Breites Fachwissen und vor allem gründliche Kenntnisse der zu betreuenden Anlagen sind wichtige Merkmale eines guten Instandhalters, nicht zuletzt aber auch gute Charaktereigenschaften, da er oft allein und häufig in kritischen betrieblichen Situationen tätig ist.

Störungssuche und Schwachstellenbehebung

Störungssuche

Besondere Fähigkeiten, insbesondere gutes Systemdenken, sind Voraussetzung, um in komplexen Steuerungen und Maschinen Störungsherde zu lokalisieren. Kann dies bei Serieprodukten dank mitgelieferten oder selbst erstellten Anleitungen und Checklisten bis zur Routinearbeit erleichtert werden, so lohnt sich dieser Aufwand in der Einzelfertigung nicht immer; daraus können sich erhöhte Anforderungen an den Instandhalter ergeben.

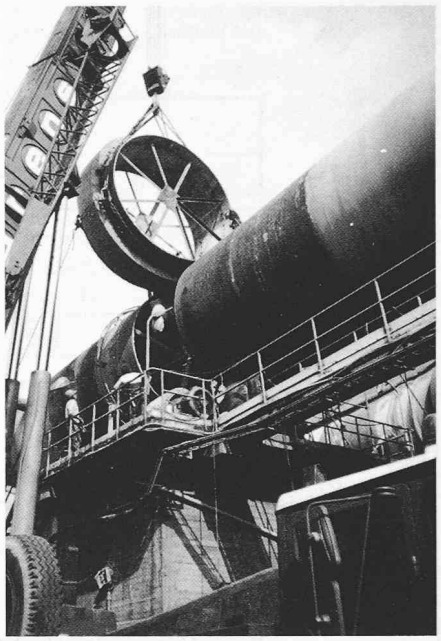


Bild 3. Austausch eines Laufrings an einem Zementofen

Bild 4. Einfluss der geplanten Instandsetzung auf den Anlagen-Zustand

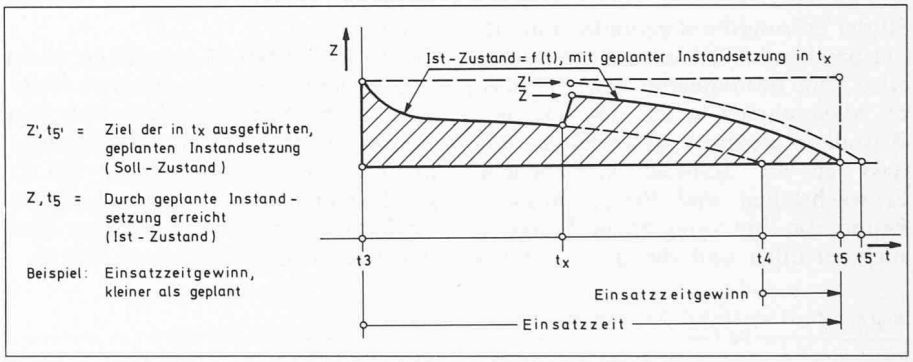


Bild 5. Einfluss der ungeplanten Instandsetzung (Reparatur) auf den Anlagen-Zustand

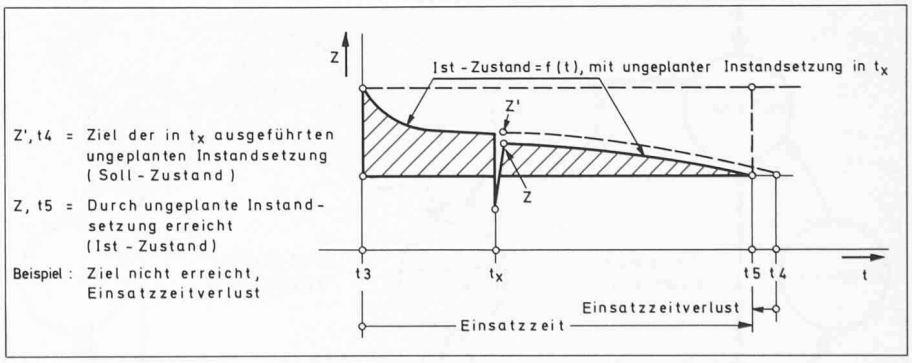


Bild 7. Methodenwahl der Instandhaltung

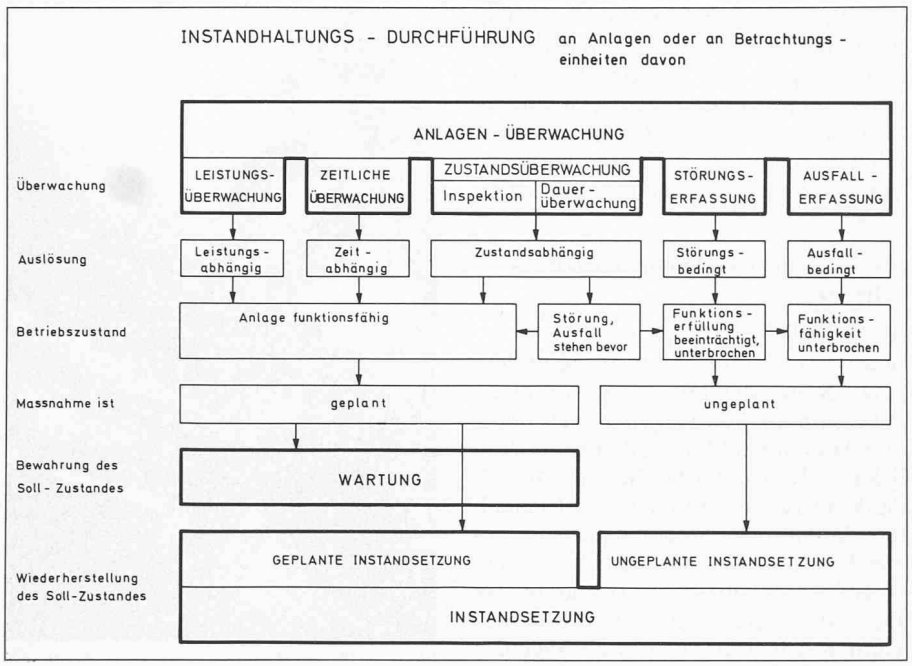


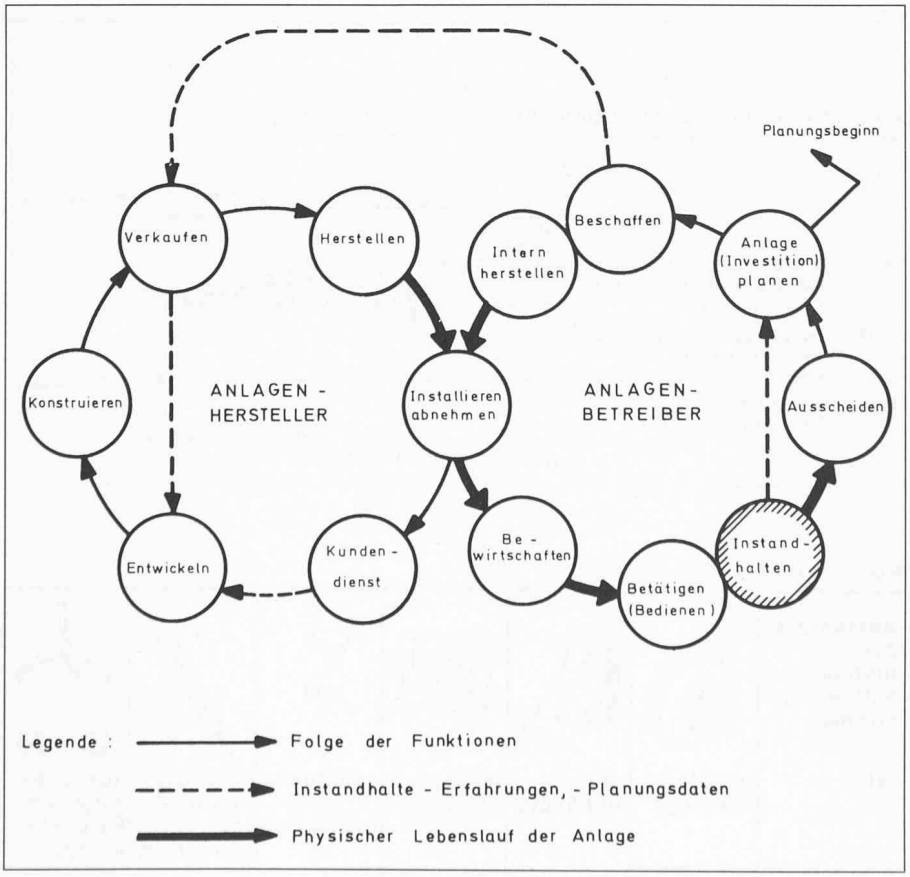
Bild 6. Instandhaltungs-Durchführung: Methodenwahl

Schwachstellenbehebung

Ist der Störungsherd gefunden und der entsprechende Teil instand gesetzt, so wird vom Instandhalter erwartet, dass er Massnahmen trifft, den gleichen Ausfall in Zukunft zu verhüten, d.h. dass er die Schwachstelle behebt. Schwachstellen sind Betrachtungseinheiten, die ihre vorgesehene Funktion nicht erfüllen und die mit technisch möglichen und wirtschaftlich gerechtfertigten Mitteln verbessert werden können.

Die Skala solcher Massnahmen reicht von der an Ort vorgenommenen Änderung am betreffenden Werkstück über Empfehlungen an den Bedienungsmann bis zum Ersatzteildienst. Bei enger Zusammenarbeit mit dem Lieferanten kann der Weg sogar bis zum Konstrukteur an den Zeichentisch führen.

Bild 8. Zweikreis-Modell: Instandhaltung im Lebenslauf einer Anlage



In der Seriefertigung und bei grossen verfahrenstechnischen Anlagen kann sich die Schwachstellen-Ermittlung und -Behebung durch Codierung der Anlagenteile und der Schadenarten lohnen. In grösseren Betrieben der Seriefertigung wird dafür auch die Datenverarbeitung eingesetzt.

Abnutzung klein halten

Neben der Wartung sind zwei weitere Massnahmen zu erwähnen, welche die Abnutzung klein halten:

- ☐ die abnutzungsarme Konstruktion
- ☐ das sorgfältige Betreiben.

Das Naheliegendste ist die instandhaltungsarme Gestaltung der Anlage durch den Anlagen-Konstrukteur, indem er zum Beispiel Werkstoffpaarungen optimal vornimmt und für gute Zugänglichkeit sorgt.

Diese so banal tönende Feststellung ist in der Praxis eine nicht immer leicht zu realisierende Zielsetzung, wie ein Blick auf das *Zweikreis-Modell* zeigt (Bild 8). Wenn wir bedenken, dass diese Forderung vom Maschinen-Betreiber zum Instandhalter und über die Einkaufsabteilung dem Hersteller verbindlich «beigebracht» werden muss, ist damit angedeutet, wo die Schwierigkeiten in der Praxis liegen. Ferner ist zu beachten, dass der Instandhalter beim Konstrukteur nicht allein ansteht, bringen doch auch die Arbeitssicherheit, der Umweltschutz und das Qualitätswesen entsprechende Wünsche. Es ist aber zu hoffen, dass hier langfristig die Marktkonkurrenz sanierend wirkt.

Auch der *Betreiber* der Anlage hat *seinen Beitrag* zur minimalen Abnutzung der Anlage zu leisten. Der Beanspruchung der Maschinen sind Grenzen gesetzt, die nicht ohne Folgen überschritten werden. Für optimale Verhältnisse ist enge Zusammenarbeit zwischen dem Arbeiter an der Maschine, dem Meister, dem Arbeitsplaner und dem Instandhalter unbedingt notwendig.

Beispiel aus der Praxis

Bisher wurde Grundsätzliches zu den Anlagen-Eigenschaften und zu den Instandhalte-Methoden gesagt. An dieser Stelle soll ein Beispiel aus der Praxis die Theorie ergänzen, nicht zuletzt mit dem Ziel, praktische Beziehungen zu den anschliessend zu behandelnden organisatorischen Elementen der Instandhaltung herzustellen.

Am Beispiel einer grossen Drehbank (Bild 9) in den Werken von Gebrüder Sulzer AG wird der Lebenslauf einer Anlage bildlich dargestellt. Auf jene

Elemente ist besonders hinzuweisen, die für die Instandhalte-Massnahmen dieser Maschine von besonderer Bedeutung sind.

Voraussetzungen

Für die beschriebenen Lösungen kann von den Voraussetzungen einer ausgebauten Betriebsabrechnung, einer geordneten Budget- und Projektorganisation sowie von einem zeitgemässen Führungsmodell ausgegangen werden.

Planungsphase

Der Lebenslauf jeder Anlage beginnt mit dem Auftreten des Bedarfes für diese Anlage. In der Produktion können z.B. neu herzustellende Produkte oder technisches Veralten bestehender Maschinen oder das Überschreiten erforderlicher Toleranzen Anlass dazu sein, eine neue Maschine zu beschaffen.

Hat der Betriebsleiter seine Wünsche formuliert und überblickt er grob den Einsatz-Zeitpunkt und die Kosten für die Neuanlage, so wird er die entsprechende Investition zum gegebenen Zeitpunkt in der *mittelfristigen Planung* beantragen.

Zu den ersten Planungsarbeiten gehört die *Layout-Planung*, d.h. die zweckmässigste Aufstellung, unter Berücksichtigung der räumlichen Gegebenheiten und des Materialflusses. Diese Planung wird schrittweise verfeinert und umfasst auch die Fundamente, die Energiezufuhr, die Zu- und Ableitungen für verschiedene Medien, die Beleuchtung sowie die erforderlichen Abstellflächen. Das Unterbringen des Zubehörs und der Werkzeuge, der Standort des Schaltkastens für die Energiezufuhr sowie für die Steuerung der Maschine gehören ebenfalls zu einem solchen Layout.

Zur Vorbereitung des Budget- und Investitionsantrages ist eine *Angebotsevaluation*, ferner eine erste *Kostenplanung* und *Wirtschaftlichkeitsrechnung* durchzuführen.

Die als Beispiel ausgewählte Spitzendrehbank wurde seinerzeit in das *Investitionsbudget* des Jahres 1970 aufgenommen. Voraussetzung für die Freigabe des entsprechenden Budgetkredites war ein bereinigter *Investitionsantrag*, der sich auf gültige Offerten sowie auf den Wirtschaftlichkeitsnachweis stützen musste.

In dieser Phase wurde der zu beschaffenden Maschine die Objekt-Nummer 13023 zugeteilt. In dieser Objekt-Nummer bedeuten die ersten zwei Ziffern, das heisst die 13, dass es sich um eine Drehmaschine mit einer Spitzenhöhe über 500 mm handelt; die hinteren drei Ziffern sind reine Ordnungsnummern.

Die Kombination der Beschreibung der Maschinenart und gleichzeitig der Identifikation der Maschine in der gleichen Nummer hat verschiedene Probleme gebracht. Nach 25 Jahren Erfahrung mit diesem System würde heute einem zweiteiligen System der Vorzug gegeben (vgl. Abschnitt «Organisation der Instandhaltung»).

Mit der *Einkaufsbestellung* für diese Spitzendrehbank mit einem Investitionsbetrag von etwa Fr. 300 000.– sind, mit Blick auf die *Instandhaltung*, die Bedienungsanleitungen, Stromlaufpläne, Getriebezeichnungen und Wartungsvorschriften, insbesondere Schmierpläne, mitzubestellen. Bei ausländischen Lieferanten müssen die Sprache der angeforderten Unterlagen sowie die zugrunde liegenden Normen und Vorschriften (z.B. über die Kennzeichnung der elektrischen Leiter) besonders beachtet werden.

Die für Fertigungsmittel zuständige Betriebsstelle legt nun eine *Objekt-Mappe* an, in der alle Unterlagen der bestellten Maschine sukzessive eingeordnet werden.

Die *fertige Maschine* wird oft schon im Herstellerwerk einer ersten Abnahme unterzogen, dann an den Betrieb ausgeliefert, auf die vorbereiteten Fundamente gestellt und an die erstellten Leitungen angeschlossen. Die endgültige *Abnahme* erfolgt im Betrieb des Käufers und wird eingehend protokolliert, womit die Beschaffungsphase ihren Abschluss findet. Die vereinbarte Garantiezeit beginnt anschliessend.

In der Zwischenzeit hat die Finanzabteilung die neue Drehbank in ihren *Anlagenbestand* aufgenommen. Die entsprechenden Daten werden im Anlagenstammband festgehalten und können parallel dazu in einer Anlagenkartei sichergestellt werden.

Die Instandhaltungs-Gruppe erstellt die Ersatzteilübersicht und gibt die für den Betrieb wesentlichen Wartungsanleitungen aus.

Bild 10 zeigt das Objekt-Nummer-Schild und die Schmieranleitung in Form einer Symboltabelle. Ferner wird an der Maschine beim Betriebsstundenzähler die Überwachungskarte angebracht.

Einsatzphase, Instandhaltung

Das im Dezember 1981 aufgenommene Bild 11 zeigt einen Stand des Betriebsstundenzählers von 13813 h. Sobald der Stundenzähler den Wert von 14 000 h erreicht, wie dies auf der Wartungskarte darunter vorgegeben ist, geht diese Karte an den Instandhaltungsdienst, der die entsprechenden Massnahmen auslöst. Diese können z.B.

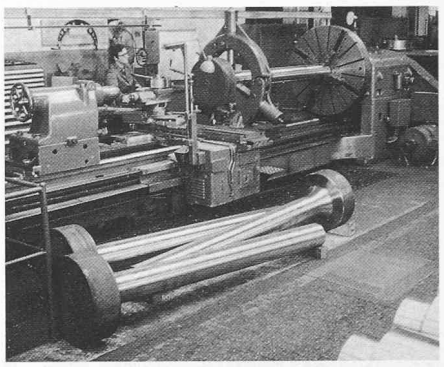


Bild 9. Spitzendrehbank Oerlikon, Spitzenweite 5000 mm. Bearbeitung einer Kolbenstange

Bild 10. Objekt-Nummer-Schild und Schmieranleitung

Bild 11. Betriebsstundenzähler und Überwachungskarte

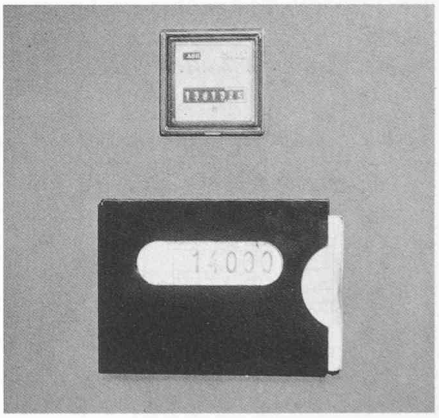


Bild 12. Schlosser spült Getriebekasten einer Spitzendrehbank

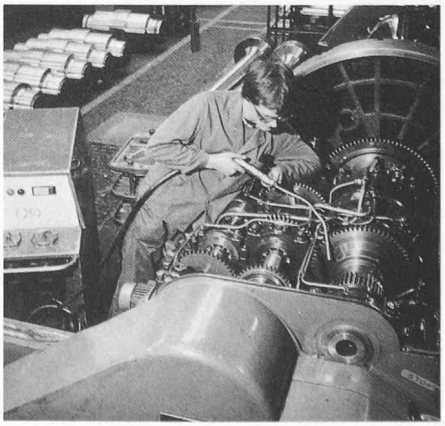


Bild 13. Elektroniker prüft Einschubeinheit

- mechanischer Art sein, wie (Bild 12) das Ausspülen eines Getriebes mit sauberem Öl durch den Schlosser oder
- das Prüfen (Bild 13) einer Einschubeinheit der zugehörigen Elektronik.

In beiden Fällen steht die Maschine für diese Eingriffe still; sie muss möglichst rasch wieder in Betrieb kommen. Der Leistungsdruck zwingt somit auch den Instandhalter, die Maschine so schnell wie möglich wieder der Produktion zu übergeben.

Auch die Arbeit des Instandhalters wird geplant und nach der Durchführung ausgewertet. Analog den Produktionsarbeiten beginnt die Vorbereitung der Instandhaltungsarbeiten im Normalfall mit dem Ausstellen des entsprechenden *Unterhaltsauftrages.*

Die Vorbereitung umfasst auch das Bereitstellen der erforderlichen Werkzeuge, Werkstoffe, eventuell von Zeichnungen und selbstverständlich die Auftragserteilung an die entsprechende Person oder Gruppe.

Auswertung

In diesem praktischen Beispiel aus den Sulzer-Werken haben wir bis hierher

- in der *Planungsphase* die Beschaffung und Abnahme der Drehbank verfolgt, dann
- in der *Einsatzphase* die leistungsabhängige Auslösung von Instandhaltungsarbeiten aufgrund des Betriebsstundenzählers dargestellt.

Da die nächsten Planungen wieder aus aktuellen Daten gespiesen werden, ist nun auch zu zeigen, welche Daten aus diesem betrieblichen Geschehen gewonnen werden.

Der Instandhalter hält den *Stunden- und Materialaufwand* auf dem Unterhaltsauftrag fest. Im Störungsfall ist sehr erwünscht, dass er auf dem Werkstattpapier auch Hinweise anbringt, mit welchen Massnahmen die gleiche Störung in Zukunft zu vermeiden ist. Den abgerechneten Unterhaltsauftrag legt der Meister in der *Instandhaltungs-Objekt-Kartei* bei der Objekt-Nummer 13023 ab und hat damit den Überblick, welche planmässigen und welche ausfallbedingten Arbeiten an der Maschine nötig waren. Diese Kartei dient auch anderen Stellen, insbesondere dem Werkzeugmaschinen-Einkauf, zur Überwachung der Bewährung der Maschine einerseits, vielleicht aber auch als Übersicht über personalbedingte Maschinenschäden.

Vorerst wird der Instandhaltungsaufwand im *Soll-Ist-Vergleich* der belasteten Kostenstelle und im betreffenden Monat erscheinen. Da jedoch eine Kostenstelle in der Regel mehrere Maschinen enthält, ist aufgrund des Soll-Ist-Vergleichs eine objektbezogene Analyse nicht möglich. Darum werden in einem weiteren Schritt der Datenverarbeitung die relevanten Daten zusätzlich objektweise erfasst. Diese können nach Zeit, Ort, Objektwert und Kosten selektiv abgerufen werden. In Tabelle 2 sind die wesentlichen Daten einer solchen Auswertung dargestellt. Von besonderem Interesse ist hier die Instandhaltungsrate von 0,6%, das heisst, die im Jahr 1981 aufgelaufenen Instandhaltungs-Kosten in Prozenten des Anschaffungswertes.

In einem dritten Schritt verdichtet die Datenverarbeitung die Instandhalte-Kosten und die zugehörigen Anschaffungswerte pro Objektgruppe, d.h. je für eine Familie ähnlicher Maschinen. Die daraus gewonnenen, durchschnittlichen Instandhalte-Raten haben eine recht gute Aussagekraft und können beispielsweise in aufsteigender Folge dargestellt werden. Davon später mehr. Zur Auswertung der Instandhaltearbeiten gehört selbstverständlich auch die *Schwachstellenermittlung und -behebung,* auf die wir schon vorher eingetreten sind.

Tabelle 2. Wesentliche Daten der objektweisen Aufwanderfassung

		Inhalt	*Beispiel*
Tabellen-Kopf	*Zeit*	Jahr Monat Berichts-Periode	1981 Dezember Januar bis Dezember (kumulativ)
	Ort	Konzernbereich Abteilung Betrieb Kostenstelle	Maschinenfabrik Winterthur Werkstätten Teilefertigung Diesel Dreherei
	Objekt	Objekt Objekt-Nr. Anschaffungsjahr Anschaffungswert: - 1971 - korrigiert	Spitzendrehbank 13 023 1971 Fr. 300 000.- (BW) Fr. 450 000.- (KW)
Aufwand	*Spalten* 1 Zeile p. Auftrag	Monat Ausführende Stellen Stunden Kostenarten Kostenarten Kostenarten Kosten	Januar bis Dezember Instandhaltungsbetriebe Pro Auftrag Mechanisch } je geplant und Elektrisch } ungeplant Baulich Pro Auftrag
	Summen-zeilen	Berichts-Periode Seit Inbetriebnahme	68 Std./Fr. 3200.- 0,9% von BW } Ih-Rate 0,6% von KW } Analog oben

Ausscheidungsphase

Die als Beispiel herangezogene Spitzendrehbank steht heute immer noch in Betrieb. Für dieses Objekt wird sich dereinst in der Ausscheidungsphase die Frage des Ersatzes/Nicht-Ersatzes oder der Grossinstandsetzung stellen. Auch der Instandhalter steuert wesentliche Kriterien zu solchen Entscheiden bei.

Adresse des Verfassers: *F. Schärer,* Betriebsingenieur c/o Gebr. Sulzer AG, 8401 Winterthur; Vizepräsident des Schweiz. Vereins für Anlagen-Instandhaltung SVI und Leiter der schweiz. Normengruppe SN 138, Anlagen-Instandhaltung und Tribologie.

Teil II folgt

Literatur

[1] Schweizer Normen: SN 113 001 Anlagen-Instandhaltung, Teile 1 bis 4

[2] Schweizer Normen: SN 113 011 Tribologie, Teile 1 bis 3

Weitere Literaturstellen zum Thema Anlagen-Instandhaltung sind im Teil II angegeben.