

# Aufgaben, Leistungen und Ziele der Instandhaltung in der chemischen Industrie

Herrn Prof. Dr. Matthias Seefelder zum 60. Geburtstag

Hanns-Günter Krüger\*

In der chemischen Industrie der Bundesrepublik Deutschland wurden 1979 ca. 5 Mrd. DM für die Instandhaltung aufgewendet, nur geringfügig weniger als für Forschung oder für Investitionen. Damit wurden nicht nur die Produktions-einrichtungen und die gesamte Infrastruktur voll leistungsfähig, sondern gleichzeitig die Anlagensicherheit auf hohem Niveau gehalten. Das Steigen der Instandhaltungskosten und das Sinken der Erträge verlangt Bemühungen auf allen die Instandhaltung berührenden Gebieten. Suchte man vor Jahren Hilfe in der „Vorbeugenden Instandhaltung“, so geht heute der Blick weit darüber hinaus: instandhaltungs-freundliche Planung, Schadensfrüherkennung; Rationalisierung in der Instandsetzungstechnik; Einsatz von Arbeitsvorbereitung, Planung; Qualitätswesen; Integration des Ersatzteilwesens; Standardisierung der Einrichtungen u. a. m. In der Zukunft wird die schwierige Aufgabe darin bestehen, steigende Personalkosten zu dämpfen und verschiedene gesellschaftspolitisch bezogene Probleme zu lösen.

**Duties, performance, and objectives of maintenance services in the chemical industry.** In the West German chemical industry, about DM 5000 million will be spent on maintenance in 1979. This figure is only slightly less than the amount to be spent on research or capital investment. The expenditure ensures peak performance from production installations and the infrastructure as a whole and a high level of plant safety. Increasing costs and reduced earnings demand greater efforts on the part of all maintenance services. The remedy in the past lay in preventive maintenance, but much higher targets are being set today: planning of easily maintainable plants, early recognition of damage; rationalisation of maintenance techniques; work preparation and scheduling; quality control; integration of spare parts inventories; standardisation, etc. The difficult task for the future will be to find solutions to the rising labour costs and various human problems.

## 1 Einleitung

Seit einigen Jahren erhalten die Begriffe Instandhaltung, Wartung, Inspektion und Reparatur in Verbindung mit Kosten, Plänen, Vorschriften, Normen zunehmend Bedeutung in der Fachpresse, den gesetzgebenden Institutionen, Produktions- und Werkstättenabteilungen und Unternehmens-Direktionen. Das hat zwei Gründe: Zum einen haben sich die jährlich für die Instandhaltung der Produktionseinrichtungen und der Infrastruktur aufzuwendenden Ausgaben zu einem beachtenswerten Faktor in der Kostenbilanz entwickelt, zum anderen hat die Diskussion um Anlagen- und Arbeitssicherheit in der Chemie sowohl der Produktion als auch der Instandhaltung große Aufmerksamkeit gefunden.

Obwohl die wichtigsten Begriffe seit 1974 genormt sind, sich auch nach und nach einbürgern, seien an dieser Stelle die Definitionen noch einmal aufgeführt [1].

**Instandhaltung:** Gesamtheit der Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes, sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes.

**Wartung:** Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes.

**Inspektion:** Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes.

**Instandsetzung:** Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes.

Der Begriff Instandhaltung wird jedoch nicht nur als eine Gesamtheit von Maßnahmen verwendet, sondern auch als Synonym für die organisatorische Einheit bzw. Gruppierung in einem Unternehmen, welche diese Maßnahmen durch-

führt. Der Instandhalter ist danach ein Mitarbeiter, der sich zu einem Teil oder ganz der Funktion „Instandhaltung“ widmet.

### 1.1 Kostenaspekt

Im Jahr 1979 wurden in der chemischen Industrie der Bundesrepublik Deutschland für Investitionen 5,5 Mrd., für Forschung 5 Mrd. [2] und für die Instandhaltung ebenfalls ca. 5 Mrd. DM aufgewendet. Die Zahlen für Instandhaltung werden zwar nirgends ausgewiesen, lassen sich aber über verschiedene Kennzahlen recht gut ermitteln.

Bezogen auf den sog. Wiederbeschaffungswert betragen die Instandhaltungskosten bei deutschen Unternehmen zwischen 4 und 5% pro Jahr. Ermittelt man sie für einzelne Anlagen oder Anlagenteile, so erhält man Zahlen zwischen 2 und 10%. Die 20 umsatzstärksten Chemieunternehmen der USA, die nach den SEC-Regeln ihre Maintenance-Kosten + Replacement-Kosten ausweisen müssen, nennen für 1976 und 1977 einen Durchschnittswert von 4% [3].

Bezieht man die Kosten auf den Gesamt-Umsatz der in der Bundesrepublik Deutschland tätigen Chemieunternehmen, so machen diese zwischen 5 bis 6% aus. Die Zahlen decken sich auch mit Angaben aus USA, wo 5,7% (1976) bzw. 5,8% (1977) des Umsatzes als Maintenance-Kosten genannt werden [3].

Man mag über die Genauigkeit solcher Zahlen streiten, nicht streiten kann man darüber, daß die Höhe der Beträge alle Verantwortlichen zwingt, intensiv darüber nachzudenken, wie man durch Einsparungen von wenigen Prozenten die Gewinnsituation eines Unternehmens wesentlich verbessern kann.

### 1.2 Sicherheitsaspekt

Die Diskussion um die Anlagensicherheit hat sich vor ein paar Jahren von der Kernenergie auf die Chemie ausgeweitet.

\* Dr.-Ing. H.-G. Krüger, BASF Aktiengesellschaft, 6700 Ludwigshafen/Rh.

Dazu haben einige wenige spektakuläre Unglücksfälle und die anschließende, leider sehr unsachlich geführte Berichterstattung und Diskussion in den Medien beigetragen. Innerhalb dieser Diskussion nimmt die Instandhaltung, oder wie meist gesagt wird, die Wartung, einen recht breiten Raum ein. Auch im Zusammenhang mit der Umweltschutzgesetzgebung der letzten Jahre wird die Instandhaltung zu einem wesentlichen Element herausgestellt.

In dieser Übersichtsdarstellung soll aufgezeigt werden, daß in der Vergangenheit von Ingenieuren und Chemikern, von Herstellern und Betreibern, von Verfahrens- und Fertigungsingenieuren, mehr geleistet wurde, als im allgemeinen, auch in den Unternehmen selbst, bekanntgeworden ist. Will man allerdings die Kosten weiter spürbar verringern, dann muß systematischer vorgegangen werden als bisher.

Es ist deshalb nützlich und nötig, die Aufgaben, welche die Instandhaltung im Rahmen der gesamten Anlagenwirtschaft hat, zu kennen, gegebenenfalls abzugrenzen und sich über die Ziele der nächsten Jahre klar zu werden.

## 2 Aufgaben der Instandhaltung

Die Aufgabe der Instandhaltung besteht, wie es die DIN 31051 ausführt, im Bewahren und Wiederherstellen von Anlagen, Gebäuden und Arbeitsmitteln hinsichtlich ihrer funktionellen, sicherheitstechnischen und betriebswirtschaftlichen Anforderungen. Dies natürlich unter Einhaltung einer Reihe von Randbedingungen:

Erzielen eines Minimums von Instandhaltungs- plus Ausfallkosten,

stetiges Aufrechterhalten (oder Verbessern) der Anlagensicherheit,

Einhalten der Arbeitssicherheit,

stetige Verbesserung der Verfahren, das heißt Beseitigen von Engpässen, von Energieverlusten, von Schwachstellen,

Einhalten der Kostenplanung.

### 2.1 Aufgaben-Basis

Ausgangspunkt und Basis aller Aufgaben sind die Arbeiten, die am Objekt, das heißt an den Einrichtungen und Anlagen erfolgen: So gehören

zur **Wartung**: Schmieren, Ölen, Fetten, Reinigen, Nachstellen, Justieren, Auswechseln von Kleinteilen, Hilfsstoffen und Entfernen produktionsbedingter Verunreinigungen.

Zur **Inspektion**: Messen, Vergleichen, Beurteilen, mit den Sinnesorganen, mit Meßgeräten und Meßwerkzeugen und indirekt über verfahrenstechnische Daten;

und zur **Instandsetzung** (Reparatur): Demontage, Nachbessern oder Neufertigen von Teilen, Austausch, Montage und Prüfung.

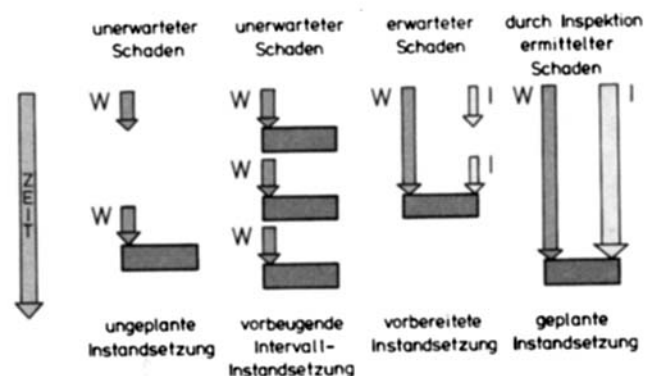
Die tägliche Arbeit eines Instandhaltungshandwerkers, -meisters oder -ingenieurs beinhaltet nicht nur diese Tätigkeiten, sondern auch solche Maßnahmen, die im engeren Sinn nicht zur Instandhaltung gehören, wie z. B. die Erweiterung oder die Ergänzung eines Anlagenteiles, etwa für Belange des Umweltschutzes. Derartige Anlagenergänzungen und Anlagenänderungen werden meist mit der Instandhaltung zusammen erledigt. Die Kosten sind deshalb oft nicht voneinander zu trennen.

### 2.2 Strategien

Als nach dem Krieg die Wirtschaft wieder aufgebaut wurde und die Produktion durch Neuinvestitionen von Jahr zu Jahr gewaltig anstieg, fragte niemand nach der Wirtschaftlichkeit der Instandhaltung. Es galt, die Anlagen auf hoher Verfüg-

barkeit zu halten, kostete es was es wolle. Das wurde in den 60er und 70er Jahren anders. Man dachte über Strategien nach, wie man wohl die volle Leistungsfähigkeit der Anlagen bei minimalem Instandhaltungsaufwand erhalten kann.

Einige wichtige Strategien sollen hier erläutert werden. Dazu ist jedoch nötig, stark zu vereinfachen, die prinzipiellen Unterschiede zu sehen und nicht so sehr eine klare Definition zu suchen, s. Abb. 1.



W Wartung I Inspektion □ Instandsetzung  
[B4328.1]

Abb. 1. Instandhaltungsstrategien.

#### 2.2.1 Ungeplant

Die in der Vergangenheit übliche Praxis bestand darin, Wartung meist nur sporadisch zu betreiben und auf unerwartete Schäden zu reagieren. Die ungeplanten Instandsetzungen erforderten viel Aufwand, zeigten wenig Effektivität.

#### 2.2.2 Vorbeugend

So wurde die Idee der Vorbeugenden Instandhaltung geboren: Man wartet und ersetzt Teile in regelmäßigen Abständen, bevor sie ausfallen.

Diese Strategie erforderte allerdings die Kenntnis des Ausfallverhaltens von Elementen, Bau- bzw. ganzen Anlagenteilen. Man untersuchte die verschiedensten Teile auf wissenschaftliche Weise und erfaßte Beobachtungen aus der Praxis. Ergebnis war die berühmte Badewannenkurve, Abb. 2.

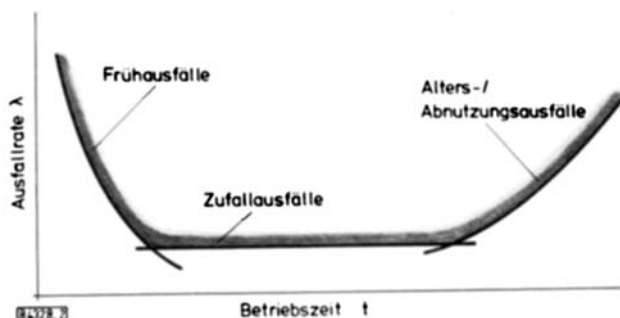


Abb. 2. Ausfallverhalten von Anlagen oder -teilen.

Das Ausfallverhalten von Bauteilen in Abhängigkeit von der Zeit zeigt drei Phasen:

Die Frühausfälle (Kinderkrankheiten), die Zufallausfälle und die Altersausfälle.

Schlußfolgerung: Wenn man vorbeugend ein Bauteil durch ein neues ersetzt, kann dieses ein schlechteres Ausfallverhalten haben, als das herausgenommene. Der erhoffte Vorteil der

Vorbeugenden Instandhaltung stellte sich deshalb nicht oder nur in wenigen Bereichen ein.

In der Flugzeugindustrie, die auch ein besonders hohes Sicherheitsbedürfnis erfüllen muß, hat man die Vorbeugende Instandhaltung so intensiv praktiziert, daß ihr pro Flugzeug jährliche Instandhaltungskosten bis zu 25% seines Wiederbeschaffungswertes entstanden. Die chemische Industrie ist nur zögernd bzw. gar nicht auf diese Strategie eingegangen, da bei ihr wegen der Vielfalt der Verfahrensbedingungen und Medien selten ein definiertes Ausfallverhalten bestimmt werden konnte.

### 2.2.3 Vorbereitet

Nachdem sich unter Technikern die Auffassung durchgesetzt hatte, daß andere Strategien nötig sind, um von der ungeplanten Reparatur wegzukommen, lief die Entwicklung zur sog. „Vorbereiteten Instandsetzung“: Man wartet die Anlagen gut und systematisch. Die Inspektion wird stärker praktiziert. Instandsetzungen erfolgen allerdings erst, wenn Schäden eingetreten sind. Durch gute Vorbereitung kann die Instandsetzung hier kosten- und termingünstig ablaufen [4].

### 2.2.4 Geplant

Die beste, meist auch kostengünstigste und deshalb anzustrebende Strategie ist die „Inspektion mit anschließender Instandsetzung“: Wartung und Inspektion erfolgen systematisch und mit modernsten Mitteln. Aus den Ergebnissen der Inspektion heraus werden alle Instandsetzungsmaßnahmen optimal auf die Belange der Produktion abgestimmt, geplant ausgeführt.

Auf dem Markt sind heute für die Inspektion eine Vielzahl von Geräten erhältlich, um die verschiedensten Zustands- und Verhaltensweisen von Anlagenteilen messen zu können. Bevorzugt werden Methoden, die ein Abstellen der Anlage nicht erforderlich machen, so daß die Inspektion meist mit der Wartung verknüpft wird, s. u. a. [5, 6].

Eine noch mehr zu beachtende Inspektionsmethode ist die Möglichkeit, aus den Verfahrensdaten, die in der Meßwerte angezeigt oder geschrieben werden, Schlüsse auf den Zustand von Anlagenteilen zu ziehen [7]. — Die Inspektionstechnik wird in den nächsten Jahren sehr große Fortschritte machen.

Zwischen den Arbeitsgebieten der Materialprüfung, des Qualitätswesens, des Betreibers und der Instandhaltung gibt es in Fragen der Inspektion fließende Übergänge. Wenn sich Schwerpunkte gebildet haben bzw. wenn Lücken zu füllen sind, ist dies häufig eine Folge der vorhandenen Organisation. Ist hier von weiteren Fortschritten die Rede, so ist vor allem an den Bereich der Vor-Ort-Instandhaltung und des Betriebes gedacht.

## 2.3 Weitere Aufgaben

Nun einige weitere Aufgaben der Instandhaltung, auf die hier lediglich kurz eingegangen werden kann.

Die Reserveteilbevorratung darf nicht als Aufgabe der Materialwirtschaft angesehen werden. Die dort geltenden Optimierungsgesichtspunkte sind für die Instandhaltung nur teilweise bestimmend. Fragen nach Umschlaghäufigkeit und nach Wertbindung müssen mit Blick auf die Instandsetzungszeit und somit auf die Produktionsausfallzeit beantwortet werden [8].

Mitwirkung bei Planung, Konstruktion, Beschaffung und Errichtung der Anlagen ist noch zu intensivieren. Dies wird teilweise von Konstrukteuren, Planern und Einkäufern als überflüssig angesehen. Daß bei

der Herstellung von Anlagenteilen und Einrichtungen stets fertigungstechnische und nicht instandhaltungstechnische Gesichtspunkte im Vordergrund stehen, ist verständlich [9]. Wie bei einer Instandhaltung die Elemente eines Anlagenteiles zugänglich sind, interessiert den Hersteller nicht in erster Linie. Es ist Aufgabe der Instandhaltung, dafür zu sorgen, daß sowohl bei durchkonstruierten Anlagenteilen, wie z. B. Pumpen, Ventilen, aber erst recht bei neu zu konstruierenden, wie z. B. Behältern, Kolonnen, auf Instandhaltbarkeit geachtet wird [10]. Die sich hier anschließende Überlegung, beim Kaufpreis einer Sache auch deren zukünftige Instandhaltungskosten zu beachten, wird noch zu wenig quantifiziert. Leider wird sehr oft falschen kaufmännischen Gesichtspunkten Vorrang eingeräumt.

Auch die so oft zitierte Schwachstellenermittlung und -beseitigung bietet ein weites Aufgabenfeld. Wenn ein Anlagenteil aus mehreren Elementen besteht, so haben diese Elemente meist ein unterschiedliches Ausfallverhalten. Beispiel: Eine Pumpe hat neben anderen die Elemente Gleitringdichtung und Lagerstuhl. Bringt nun ein Element die gesamte Pumpe in einer auf die anderen Elemente bezogenen zu kurzen Zeitspanne zum Ausfall, so liegt eine Schwachstelle vor. Es ist selbstverständlich, daß jeder Ingenieur solche Schwachstellen zu beseitigen sucht. Das ist häufig gar nicht so einfach, da man meistens ein sehr schlecht harmonisiertes Ausfallverhalten vorfindet.

Eine weitere, oft nicht genügend beachtete Aufgabe ist die Planung, Erfassung und Auswertung von Kosten. Das Aufstellen eines Budgets für das Unternehmen muß auf die Ermittlung der Einzelbudgets der Betriebe zurückgreifen. Dieser häufig sehr heftig diskutierte Teil einer Gesamtkostenplanung ist für eine moderne Unternehmensführung unerlässlich. Auf die Genauigkeit der Sollwerte wird großer Wert gelegt, um bei einem Vergleich zu den Istwerten realistische Schlußfolgerungen ziehen zu können.

Für eine gute Produktkostenrechnung ist es außerdem wichtig, die Instandhaltungskosten für die einzelnen Anlagenteile zu kennen. Schließlich möchte der Ingenieur eine gute, auf das Objekt bezogene Zuordnung und hier wiederum in einer Aufteilung, die die Art der Instandhaltung erkennbar macht.

Neben den bereits genannten Aufgaben, die alle auch der Anlagensicherheit dienen, ist im handwerklichen Bereich die Einhaltung der Arbeitssicherheit vordringliche Aufgabe. In der letzten Zeit sind umfassende Veröffentlichungen erschienen, so daß ein Hinweis auf diese Literatur genügt [11–14].

Am Ende einer Instandsetzungsmaßnahme erfolgt eine Qualitätsprüfung, die dem instandgesetzten Gegenstand vor allem bezüglich der Sicherheit gleiche Eigenschaften wie dem Neugegenstand bescheinigt. Auch wenn durch die Instandsetzung der Sollwert einer Leistung nicht wieder erreicht werden kann oder soll, z. B. bei der Verkleinerung der Wärmeaustauscherfläche durch Verschließen von Rohren, so werden Schweißnahtkontrollen, Druckproben u. a. m. in gleicher Weise wie bei einem neuen Apparat vorgenommen.

Die Techniken der Instandhaltung sind im großen und ganzen dieselben, die bei der Herstellung von Neuanlagen angewendet werden: Schweißen, Drehen, Bohren, Fräsen, Messen, Demontieren und Montieren, Prüfen, Transportieren usw. Bei der Instandhaltung werden sie jedoch häufig unter erschwerten Bedingungen oder in abgewandelter Weise eingesetzt. So haben sich auch neue, spezielle Instandhaltungstechniken und -verfahren entwickelt. Der Arbeitskreis Planmäßige Instandhaltung beim Verband der Chemischen Industrie hat kürzlich eine Sammelmappe

herausgebracht, in der solche von den Unternehmen praktizierte Techniken beschrieben sind [15].

Eine weitere Aufgabe, die der Instandhalter mitträgt, ist die Weiterbildung und die Ausbildung. Die Berufsbilder der einzelnen Berufe – auch der gehobenen technischen Berufe – nahmen bisher auf die Besonderheiten der Instandhaltung keine Rücksicht. Das lag daran, daß zwischen den Tätigkeiten bei Neufertigung und bei Instandhaltung keine gut definierbaren Unterschiede herauszustellen waren und somit auch nicht in die Programme der Ausbildungsabteilungen aufgenommen werden konnten. Ein in der Instandhaltung Tätiger wird jedoch vieles erst nach seiner Ausbildung, je nach Beruf, in den folgenden 2 bis 5 Jahren lernen. Den Zeitraum abzukürzen, vielseitig einsetzbare, geistig bewegliche und örtlich mobile Mitarbeiter heranzuziehen, ist heute noch Aufgabe der Instandhalter.

Will ein Instandhaltungsingenieur alle diese Aufgaben erfolgreich lösen, so ist er auf eine wenig aufwendige aber doch aussagefähige Dokumentation angewiesen. In unserem Unternehmen hat ein Betriebsingenieur mit seinem Team im Durchschnitt folgendes Inventar zu betreuen:

- 210 Pumpen
- 35 Verdichter und Gebläse
- 70 Druckbehälter
- 80 Wärmeaustauscher
- 45 Getriebe
- 30 Rührwerke.

Multipliziert man diese Zahlen mit den für Instandhaltung unerläßlichen Daten aus Spezifikation des Anlageteils beim Kauf, aus Instandhaltungsanleitungen, aus Spezifikationen für Reserveteile und Hilfsstoffe, von Schadensfällen mit ihren Analysen, von Inspektionsergebnissen usw., so ist klar, daß das Führen einer geeigneten Dokumentation notwendig, wenngleich nicht einfach ist. Ich halte die EDV erst in einigen Jahren, nach erfolgter stärkerer Normung, Standardisierung und branchenweiter Codierung für eine wesentliche Hilfe.

## 2.4 Werkstätten

Schließlich braucht der Instandhalter für die Lösung seiner Aufgaben neben geschultem Personal Werkstätten mit einer angemessenen, modernen Ausrüstung. Der Einsatz von Personal und Einrichtungen kann je nach Methode zu recht unterschiedlichen Ergebnissen führen. Es soll hier nur ganz kurz, stichwortartig aufgezeigt werden, wo der Instandhalter ansetzen kann, um seine Kosten günstig zu beeinflussen. Es ist eine Schlüsselaufgabe, die Effektivität der Handwerker zu erhöhen. Das kann auf verschiedene Weise geschehen, so z.B. durch Einführung bzw. Weiterentwicklung des Leistungslohnes, durch Anwendung der Arbeitsplanung und -steuerung, Spezialisierung bestimmter Instandhaltungsaufgaben (und damit einhergehend) mit einer Zentralisierung und schließlich mit einer Rationalisierung von Arbeitsschritten in den Werkstätten [16].

## 2.5 Personalplanung

Überlagert werden alle hier genannten Aufgaben von der Eigenart, daß der Anfall von Instandhaltungsaufgaben beachtlichen Schwankungen unterliegt. Diese Schwankungen haben ihre Ursachen darin, daß die Behebung unerwarteter Störungen oder Schäden vielfach noch den größeren Teil des gesamten Instandhaltungsaufwandes ausmacht. Die vorhandene Kapazität wird deshalb einmal über-, ein andermal unterfordert. Ein Ausgleich durch andere, oben schon genannte Arbeiten ist deshalb unbedingt erforderlich. Bei zentralisierten Instandhaltungswerkstätten sind die Schwankungen besonders jahreszeitlicher Art. Sie hängen

auch stark von der Auslastung der Produktionsbetriebe in einem Unternehmen ab. Die alles überlagernden, konjunkturellen Schwankungen sind nur auszugleichen, wenn man stets in einem angemessenen Rahmen (zwischen 10 und 20%) mit Fremdfirmenpersonal arbeitet.

## 3 Leistungen der Instandhaltung

Wollte man die Leistungen der Instandhaltung beschreiben oder gar in Zahlen ausdrücken, dann würde man sehr schnell feststellen, daß es eigentlich nur eine Leistung aller mit der Instandhaltung verknüpften Fachbereiche gibt, z. B. der verschiedenen Werkstätten, der Materialprüfung, des Qualitätswesens, der Materialwirtschaft, der Lieferanten und der Betreiber der Anlagen, s. Abb. 3.

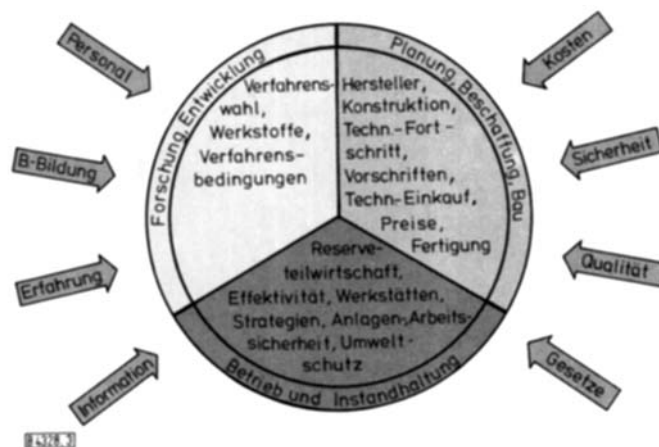


Abb. 3. Verknüpfungen in der Instandhaltung.

### 3.1 Verknüpfungen

Betrachtet man die Güte einer Anlage aus der Sicht der Instandhaltung, stellt man unschwer fest, daß bereits bei Forschung und Entwicklung der Grundstock für die späteren Kosten gelegt wird. Die Einfachheit des Verfahrens (Druckstufen, Temperaturen, Aggregatzustände der Medien) und die Einfachheit der Apparate, Maschinen und Geräte sind Basis nicht nur für die Höhe der Investitionen und der späteren Betriebskosten. Natürlich sind hier z. B. durch die Gesetze des chemischen Gleichgewichts und die Art der einzusetzenden Medien Grenzen gesteckt.

Die Phase der Planung und Errichtung der Anlage ist ebenso wichtig. Hier wird die „Art“ der Einrichtung festgelegt, die Konstruktion im Detail ausgearbeitet, über Werkstoffe, Maschinenelemente, Fertigungsverfahren u. a. m. entschieden. Schließlich wird der Lieferant ausgewählt und damit in gewissem Umfang über die Güte von Fertigung und späterer Montage entschieden.

Betreiber und Instandhalter, die bei einer guten Planung ihre Erfahrungen und Wünsche einbringen konnten, haben auf mechanischen und chemischen Verschleiß, auf Alterung, auf äußere Einwirkungen nun nur noch wenig Einfluß. Sie werden ansetzen bei der Verbesserung des Verfahrens, beim Beseitigen von Schwachstellen, bei der Auswahl und Ausbildung des Bedienungspersonals, beim rationellen Einsatz der Technik und des Instandhaltungspersonals.

Die Verflechtung ist total, bestes Zusammenwirken ist nötig.

### 3.2 Entwicklungen

Seit Gründung unserer Unternehmen hat sich die Instandhaltung überall von einem Meisterbetrieb zu einem modernen

Industriebetrieb entwickelt. Die Zusammenarbeit mit den eben genannten Funktionen eines Unternehmens hat sich positiv auf die Kosten und die Anlagen- und Arbeitssicherheit ausgewirkt.

Die Darstellung der 23jährigen Entwicklung des Anlagevermögens (WBW) und der Zahl der Handwerker für Instandhaltung, wie sie in der Tendenz auch für andere Unternehmen der Chemie gelten dürfte, zeigt sehr eindrucksvoll die Leistung, die von allen mit der Instandhaltung befaßten Stellen erbracht wurde. Diese Darstellung ist inflationsbereinigt, da sonst die allgemeine Lohn- und Materialkostensteigerung das Ergebnis nicht sichtbar machen würde: In 23 Jahren ist das Instandhaltungspersonal auf 60% gesunken, obwohl das von ihm betreute Anlagevolumen auf das fast 4fache angestiegen ist, s. Abb. 4.

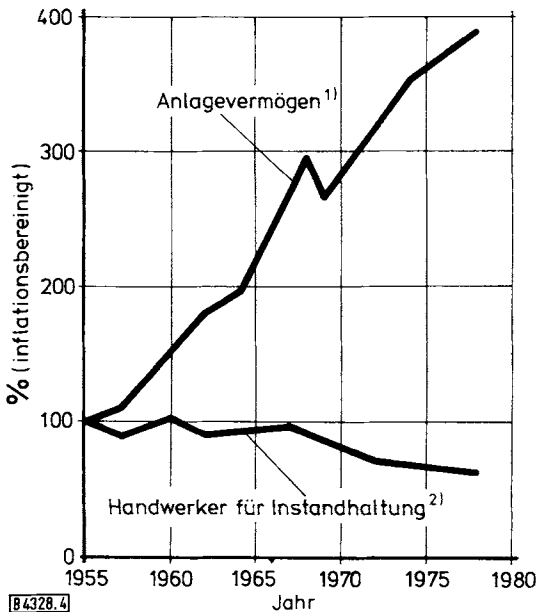


Abb. 4. Entwicklung der Zahl der Handwerker in der Instandhaltung und des Anlagevermögens.

1) WBW bezogen auf 1978, 2) Anwesende, eigene und fremde.

In einer anderen Darstellung wird die Steigerung des pro Handwerker betreuten Anlagevermögens in Mio. DM pro anwesenden Instandhaltungshandwerker gezeigt, Abb. 5. Dies ist nicht allein das Verdienst der Instandhaltung. Wesentlichen Anteil haben die Entwicklung der Verfahrenstechnik (vom diskontinuierlichen zum kontinuierlichen Verfahren, von der Mehrstrang- zur Einstranganlage), die Verbesserung der Anlagenelemente. Hersteller und Betreiber haben in oft langer gemeinsamer Entwicklungsarbeit Konstruktion, Werkstoff und Ausführung verbessert, so z. B. bei Gleitringdichtungen. Einen weiteren großen Anteil haben die Entwicklungen in der Fertigungstechnik.

Ein nicht zu unterschätzender Anteil jedoch wurde durch Fortschritte in der Instandhaltung erzielt. Hierbei sind besonders zu erwähnen die Verbesserung der Instandsetzungstechnik. Werkstätten und Hersteller haben Verfahren und Geräte entwickelt, die es ermöglichen, die selben Instandhaltungsmaßnahmen mit geringerem Zeitaufwand durchzuführen. Die Instandhaltung erzielte höhere Effektivität bei der Arbeitsausführung durch Arbeitsvorbereitung und Leistungslohn, eine Verbesserung der Anlagen durch Mitarbeit bei Planung und Errichtung, eine Verringerung von Schäden durch verstärkte Einführung

von Inspektionsmethoden, durch gezielte Auffindung von Schwachstellen u. a. m.

### 3.3 Beispiele

An zwei Beispielen soll gezeigt werden, daß eine Vielzahl von Einzelleistungen zu dem Gesamtergebnis in den Abb. 4 und 5 beigetragen haben.

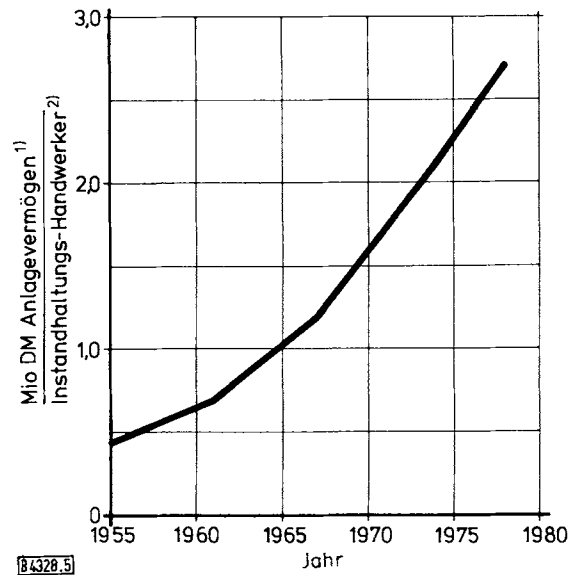


Abb. 5. Entwicklung des von einem Instandhalter betreuten Anlagevermögens.

1) WBW inflationsbereinigt bezogen auf 1978, 2) Anwesende, eigene und fremde.

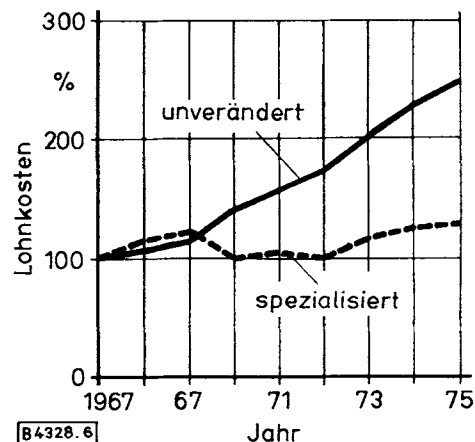


Abb. 6. Entwicklung der Lohnkosten in der Instandhaltung.

Beispiel 1: Für Aggregate, die in größeren Stückzahlen in einem Werk vorhanden sind, wurden zentrale Werkstätten eingerichtet, z. B. je für Pumpen, Getriebe, Rotationsverdichter, Druckluftwerkzeuge, Werkzeugmaschinen, Stapler u. a. m. Abb. 6 zeigt, daß durch die Änderung der Arbeitsabläufe, durch Verwendung von Spezialeinrichtungen, durch die direkte Anbindung des Ersatzteillagers und nicht zuletzt durch die Spezialerfahrungen und Fertigkeiten der Handwerker neue Vorgabezeiten für den Leistungslohn geschaffen wurden und somit die Ausgaben für Löhne verringert werden konnten.

Beispiel 2: Mit der Einführung einer Arbeitsvorbereitung in einem Werk eines mittleren Chemieunternehmens wurde die Effektivität der Handwerker, das heißt die produktive

Tätigkeit am Werkstück (gemessen durch Multimomentstudien) von früher 35% der Gesamtarbeitszeit auf 57% erhöht, Abb. 7. Eigene Untersuchungen und Vergleiche mit Instandhaltungsabteilungen in USA zeigen die gleichen Erkenntnisse, nämlich, daß die Effektivität der Handwerker bei vorbereiteten Arbeiten bis zu ca. 50% höher liegt als bei unvorbereiteten.

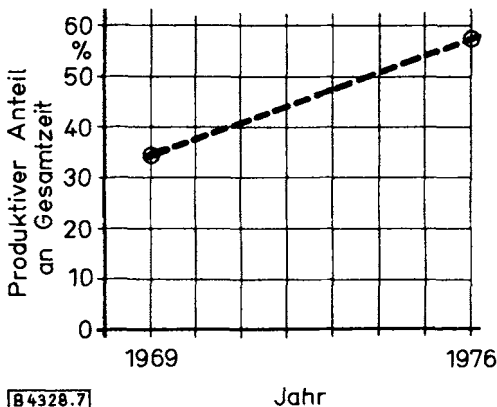


Abb. 7. Entwicklung der Effektivität der Instandhaltung durch Einführen einer Arbeitsvorbereitung für die Instandhaltung.

### 3.4 Sicherheit

Die Instandhaltung hat auch bei der Anlagen- und Arbeitssicherheit besondere Leistungen aufzuweisen. In der Zusammenarbeit mit dem Betreiber wurde in den letzten Jahren sehr viel erreicht. In unserem Unternehmen verringerte sich die Anzahl der Brandfälle in den letzten 10 Jahren auf weniger als die Hälfte [11]. In der Arbeitssicherheit waren die Erfolge noch größer. Abb. 8 zeigt die Entwicklung der 1000-Mann-Quote in den Jahren 1970 bis 1978 [11].

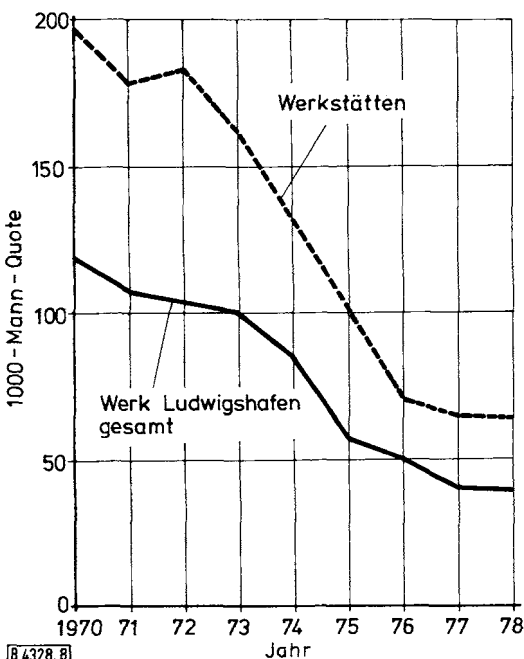


Abb. 8. Entwicklung der Unfallhäufigkeit.

## 4 Ziele der Instandhaltung

Zum Abschluß sollen als Gegenüberstellung zu ungelösten Problemen noch einige Ziele formuliert werden, Ziele, deren

Erreichen von allen Verantwortlichen erwartet wird, wenn sie die Instandhaltung als Fachgebiet laufend an die allgemeine technische und wirtschaftliche Entwicklung anpassen wollen.

### 4.1 Probleme

Die Instandhaltung hat jedoch noch eine Reihe von Problemen zu bewältigen.

Die gesellschaftspolitische Entwicklung steht im Widerspruch zur Aufgabenstellung der Instandhaltung. Eine Anpassung an Kapazitätsschwankungen durch Überzeit oder Arbeitsplatzwechsel, Weiterbildung zur Mehrfachqualifikation, Anwendung der Leistungsentlohnung u. a. m. sind immer schwieriger zu erzielen.

Der Bedarf an Junghandwerkern ist heute geringer als das Angebot. Das wird Mitte der 80er Jahre umgekehrt sein. Außerdem fällt die durchschnittliche Qualität der Junghandwerker, da die Besten weiterbildende Schulen besuchen.

Der Konkurrenzkampf in der Investitionsgüterindustrie führt zu einer immer stärkeren Ausnutzung aller konstruktiven und fertigungstechnischen Möglichkeiten. Die Folge ist meist weniger Instandhaltungsfreundlichkeit der Produkte.

In Betriebsleitung und Instandhaltung wird immer mehr durch Gesetze, Verordnungen und Richtlinien eingegriffen. In Verbindung mit der Umweltschutz- und Sicherheitsgesetzgebung entstehen für die Unternehmen Verpflichtungen, die weit über das hinausgehen, was aufgrund des gesicherten Standes der Technik erforderlich ist. Was die Industrie für Recht ansieht, ist die Vorgabe eines Rahmens, dessen Ausgestaltung in der Verantwortung der Unternehmen liegen soll. Nur so ist es möglich, die unvermeidliche Bürokratie klein zu halten und zu verhindern, daß die Entwicklung auf dem Gebiet der Instandhaltung nicht gehemmt wird.

### 4.2 Lösungsmöglichkeiten

Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, muß die Instandhaltung den Anteil der planbaren Arbeiten erhöhen und mithelfen, die Anlagen so zu gestalten, daß wir mit einem Minimum an Handwerkern auskommen. Sie muß die Anlagen mehr inspizieren und besser warten, damit größere Schäden erst gar nicht entstehen. Die Instandsetzungen müssen mit wirtschaftlicheren Methoden ausgeführt, und es muß durch geeignete Methoden – wahrscheinlich mit Hilfe der EDV – die Bürokratie abgebaut werden.

Alle Mitarbeiter – vom Hilfsarbeiter bis zum Ingenieur – müssen sich stärker weiterbilden, so daß sie mobil und auf dem neuesten technischen Stand sind.

Die Anlagenteile sind noch viel stärker als bisher zu standardisieren, damit die Herstellung und Bevorratung von Reserve-teilen kostengünstiger wird. Durch Mitarbeit in Ausschüssen und Gremien ist dafür zu sorgen, daß die unvermeidlichen Gesetze, Vorschriften und Richtlinien so ausgestaltet werden, daß sie praktikabel und sinnvoll sind.

So, wie es den Verfahreningenieur stört, wenn er einen Wärmeaustauscher lediglich mit  $k$ -Werten auslegen muß, die er noch nicht errechnen kann, so muß es einen Ingenieur in der Instandhaltung unbefriedigt lassen, wenn er Instandsetzungsarbeiten durchführen muß, die entweder vermeidbar waren oder zumindest kostengünstiger hätten erledigt werden können. Die Instandhaltung muß deshalb vor allen Dingen eines tun: dieses überaus komplexe Gebiet und die Fülle der Aufgaben mit einer der Höhe der Kosten angemessenen Intensität und einer ingenieurmäßigen, systematischen Arbeitsweise angehen.

Eingegangen am 5. Oktober 1979 [B 4328]

## Literatur

- [1] DIN 31051 Teil 1 „Instandhaltung, Begriffe“, Beuth Verlag GmbH, Berlin – Köln 1974.
- [2] Chemie-Nachrichten 26. 1. 79, Verband der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt/M.
- [3] Chemical week July 6 (1977) S. 33, July 5 (1978) S. 49.
- [4] Planmäßige Instandhaltung in der chemischen Industrie, Verband der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt 1975.
- [5] Collacott, R. A., Mechanical Fault Diagnosis and Condition Monitoring, Chapman and Hall, London 1977.
- [6] Meß- und Prüfgeräte in der Instandhaltung (Marktübersicht I), Instandhaltung (1974) Nr. 2, S. 21; (1974) Nr. 3, S. 22; (1974) Nr. 4, S. 34; (1974) Nr. 5, S. 23, Febr. (1978) S. 20; April (1978) S. 15; Jun. (1978) S. 30; Aug. (1978) S. 18.
- [7] Higgins and Morrow, Maintenance Engineering Handbook. 3. Ed., Kapitel 13ff., McGraw Hill, New York.
- [8] Krüger, H.-G.: Verfahrenstechnik 12 (1978) Nr. 9, S. 550/558.
- [9] Kessler, C.: Z. Wirtsch. Fertig. 74 (1979) Nr. 6, S. 273/281.
- [10] Laak, H. v. (Hrsg.): Projektierung und Konstruktion von instandhaltungsgerechten Chemieanlagen, Erfahrungsbericht des Arbeitskreises Planmäßige Instandhaltung beim Verband der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt/M. 1977.
- [11] Marré, L.; Reichert, M.; Peine, H. G.; Birkhan, W.; Wallis, A.; Nagel, O.; Schoemer, E.; Spähn, H., in: Sicherheit in der Chemie, BASF-Symposium vom 15. 11. 1978, Verlag Wissenschaft und Politik, Köln 1979.
- [12] Grein, W.; Braubach, H. O.; Wiesner, D.: Technische Sicherheit und Verfügbarkeit von Chemieanlagen, VDI-Berichte 260 (1976).
- [13] Klapp, E. U.; Chem.-Ing.-Tech. 49 (1977) Nr. 7, S. 535/541.
- [14] Kremer, G.; Chem.-Ing.-Tech. 49 (1977) Nr. 11, S. 857–864.
- [15] Krüger, H.-G.; Mai, B. (Hrsg.): Sondereinrichtungen und Verfahren der Instandhaltung. Erfahrungsaustausch des Arbeitskreises Planmäßige Instandhaltung beim Verband der Chemischen Industrie e.V., Frankfurt/M. 1978.
- [16] Kost, W.; Krüger, H.-G.; Andermann, H.: Werkstatttech. Z. ind. Fertig. 64 (1974) S. 387/391.

# Fragen der Lärminderung in der chemischen Industrie (Geräuschsituation innerhalb und außerhalb der Werke)\*

Hans-Werner Dunker\*\*

Der Lärm am Arbeitsplatz dürfte für die Chemie im allgemeinen keine Probleme aufwerfen. Bei den Fragen des Nachbarschaftsschutzes können jedoch Schwierigkeiten entstehen. Unter diesem Aspekt erfordert die offene Bauweise von Industrieanlagen Sondermaßnahmen an vielen Einzelschallquellen. Fragen der Sicherheit müssen sorgfältig beachtet werden. Die erhöhten Anforderungen bedingen, daß auch Rohrleitungen und Apparate mit in die akustische Planung einbezogen werden müssen. Zwischen Industriegebieten mit chemischen Werken und Wohngebieten sind ausreichende Übergangszonen notwendig; durch fehlerhafte städtebauliche Entwicklungen sind jedoch wünschenswerte Schutzabstände vielfach nicht vorhanden. – Neuanlagen können heute 7 bis 10, in bestimmten Fällen auch über 10 dB (A) leiser gebaut werden als noch vor 10 Jahren.

**Questions of noise reduction in the chemical industry (noise levels inside and outside industrial sites).** In the chemical industry there are hardly any noise problems as far as working conditions are concerned. However, certain difficulties are to be expected in the neighbourhood of chemical plant. Open-air plants require special noise reduction measures at many individual noise sources. Safety aspects must have priority. The increased demands necessitate inclusion of piping and equipment in acoustic planning. There should be adequate transition zones separating industrial and residential areas, but owing to lack of town planning desirable screening distances hardly exist. New plants can now be built with noise levels some 7 to 10 dB (A), in certain cases even more than 10 dB (A), lower than ten years ago.

## 1 Lärm am Arbeitsplatz

Fragen des Lärms in der chemischen Industrie sind in den vergangenen 10 Jahren sehr aktuell gewesen und sind es teilweise noch. Dies gilt für den Lärm am Arbeitsplatz, insbesondere aber für Geräusche in der Nachbarschaft. Die Vielseitigkeit der chemischen Produktionsanlagen mit den zugehörigen Labors und Werkstätten hat zu sehr unterschiedlichen Arbeitsplatzbedingungen in der Chemie

geführt. Dabei ist eine mögliche Lärmbelastigung eine Komponente, der man schon immer in Gebäuden mit vielen Arbeitsplätzen mehr Aufmerksamkeit geschenkt hat als der in Freianlagen.

Bereits vor Jahrzehnten haben große Chemiewerke Schalllabors eingerichtet, die sich unter anderem um die Lärminderung an Arbeitsplätzen gekümmert haben. Das ist mit ein Grund, warum von den rd. 20 000 im Jahre 1977 angezeigten Fällen von Lärmschwerhörigkeit nur etwa 5% auf die BG Chemie entfallen, von denen jedoch erfahrungsgemäß nur weniger als 10% als Berufskrankheit anerkannt werden. Das Risiko für Gehörschäden in Freianlagen der Chemie ließ sich beim Bau von neuen Anlagen in den letzten Jahren praktisch auf nahezu Null reduzieren, da durch gezielte

\* Vortrag auf der Festsitzung der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) auf derACHEMA am 21. Juni 1979 in Frankfurt/M.

\*\* Dr.-Ing. H.-W. Dunker, Postfach 752 002, 5000 Köln 71.