

# Kapitel 7

## Strukturierung und Dimensionierung von Instandhaltungswerkstätten

**Zielsetzung** Nach diesem Kapitel

- kennen Sie die allgemeinen Fabrikplanungsgrundsätze,
- kennen Sie den grundlegenden Prozessablauf zur Vorbereitung und Planung von Investitionen im Bereich Instandhaltung,
- kennen Sie die grundlegenden Aspekte der Wandlungsfähigkeit von Instandhaltungsstrukturen,
- sind Sie in der Lage
  - die Funktion von Instandhaltungsstrukturen zu bestimmen,
  - Instandhaltungswerkstätten zu strukturieren, zu dimensionieren und zu gestalten,
  - Netzstrukturen zu entwickeln,
  - Instandhaltungsstrukturen zu modellieren und den Ressourceneinsatz, insbesondere den Personaleinsatz zu optimieren.

### 7.1 Planungsgrundsätze

Die Fabrikplanung ist ein Entwurfsprozess, dessen schöpferischer Träger der Planer ist. Zur grundsätzlichen Vorgehensweise wird der Planungsprozess in Planungsphasen eingeteilt, die stufenweise durchlaufen werden (Rockstroh 1977). Für die Projektierung der Strukturen kann sich der Fabrikplaner von verschiedenen systemtechnischen Grundsätzen leiten lassen:

- „Top down“
- „Bottom up“
- „Von außen nach innen“
- „Vom Zentralen zum Peripheren“
- „Variieren und Optimieren“

Diese Grundsätze beinhalten jeweils eine Reihe von Unteraspekten. Der Planungsgrundsatz „Top down“ weist den Hauptweg für das planerische Vorgehen und ist die Regel.

Die Projektierung erfolgt prinzipiell in der Rangfolge:

- I. Hauptprozess
- II. 1. Peripherie
- III. 2. Peripherie
- IV. 3. Peripherie

und wird unabhängig unter Einhaltung der Rangfolge grundsätzlich stufenweise durchgeführt:

- 1. Stufe: Zielplanung
- 2. Stufe: Strukturplanung (Konzeptplanung)
- 3. Stufe: Systemplanung
- 4. Stufe: Ausführungsplanung

Für das systematische Planungsvorgehens gelten allgemein folgende Planungsgrundsätze (Grundig 2009):

- 1. Vom Groben zum Feinen
- 2. So genau wie notwendig, so grob wie möglich
- 3. So viel wie notwendig, so wenig wie möglich
- 4. Idealplanung vor Realplanung

Die allgemeingültigen Grundsätze des systematischen Planungsvorgehens determinieren die Projektierung von Produktionssystemen und deren Peripherien in eine Folge von Dimensionierungs- und Strukturierungsschritten, die stufenweise, retrograd und teilweise simultan abgearbeitet werden. Innerhalb der Hierarchieebenen der Produktion sind zunächst die technologischen Prozesse (Kernprozesse) auf der Basis des Produktions- und Leistungsprogramms und dann die weiteren Flusssysteme in der Reihenfolge Stofffluss, Informationsfluss, Energiefluss und Personenfluss zu projektieren. Innerhalb des Stoffflusses werden erst der Werkstückfluss (Fertigung, Speichereinrichtung, Transport- und Übergabeeinrichtung) und anschließend der VWP-Fluss projektiert.

Die technologische Konzeption dokumentiert die Ergebnisse dieser Planungsschritte. Sie bildet das Kernstück der Feasibility-Studie. Die Projektierungsschritte gelten grundsätzlich für alle Planungsgrundfälle und für alle Flüsse<sup>1</sup> und wiederholen sich in allen Planungsstufen.

Im Falle einer Überplanung ergibt sich ein größerer Gesamtplanungsaufwand. Bei Abbruch der Arbeiten nach der Feasibility-Studie ist auf Grund zu aufwendiger Planung ein nicht gerechtfertigter hoher Planungsaufwand entstanden. Bei Unterplanung besteht die Gefahr der Fehlplanung, der Planungsaufwand ist nur scheinbar geringer, da infolge zahlreicher ungeklärter Einzelheiten in der Endphase mit Schwierigkeiten und Komplikationen zu rechnen ist, die zusätzliche Planungsarbeit und Mehrkosten für die Behebung eventueller Fehler verursachen können, Terminverzögerungen bei der Inbetriebnahme. Die Ursachen beider Extremsituationen liegen in der Nichtberücksichtigung der Projektierungsgrundsätze begründet.

---

<sup>1</sup> Vgl. Strunz 2001.

## 7.2 Flexibilität von Instandhaltungswerkstätten als Gestaltungsaufgabe

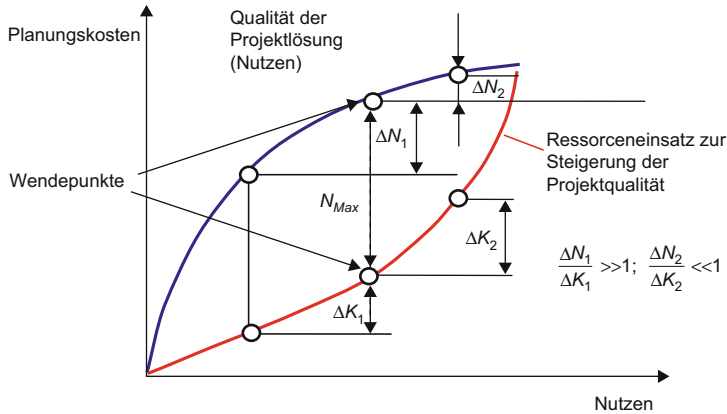
Die Überlebensfähigkeit von Produktionssystemen, gleich in welcher Form sie organisiert sind, ist abhängig von ihrer Flexibilität. Flexibilität ist die Grundvoraussetzung für die Wandlungsfähigkeit (Wirth 2003, Westkämper et al. 2000). Daher richten moderne Unternehmen ihre Produktionskonzepte prozessorientiert aus und beziehen alle Funktionen, die die Steuerung und Sicherung des Prozesses unmittelbar beeinflussen, in die Linie und damit in den Produktionsprozess ein. Dazu gehört ein leistungsfähiges Informationssystem, das die Instandhaltungsleitstellen mit belastbaren Informationen versorgt und die Entscheidungsprozesse effizient unterstützt (vgl. Sihm 1992). Mit einer anschließenden Strukturierung nach Produktionsbereichen oder Produktgruppen lassen sich so genannte Kompetenzzellen (Schenk und Wirth 2004) generieren, die eigenverantwortlich agieren und kostenbewusst handeln können.

Die Grundsatz Eigenschaft Flexibilität als Kerneigenschaft der Wandlungsfähigkeit ist auch für Instandhaltungswerkstätten grundlegend notwendig und daher, wenn auch in Grenzen, übertragbar.

Die Definition der Fabrik (vgl. Spur 1994<sup>2</sup>) ist prinzipiell auch auf Instandhaltungswerkstätten anwendbar, denn sie sind definitionsgemäß eine spezielle Form der Fabrik. Fabriken gelten als Anstalten von gewerblichen Produktionseinheiten, in denen gleichzeitig und regelmäßig Arbeitskräfte beschäftigt sind, die unter Einbeziehung von Planungs- und Verwaltungsarbeit eine organisierte Produktion unter Anwendung von Arbeitsteilung und Maschinen betreiben. Die Instandhaltungswerkstatt ist eine Untermenge des Industriebetriebes und dadurch gekennzeichnet, dass ihre betrieblichen Funktionen analog einer Fabrik in besonderen zweckorientierten baulichen Anlagen nach vorgegebenen Organisationsprinzipien realisiert werden. Im Unterschied zur Fabrik übernimmt die Instandhaltungswerkstatt innerhalb der Wertkette eine Dienstleistungsfunktion mit der Aufgabe, Abnutzungsvorrat zu produzieren, also kein Produkt im Sinne eines Erzeugnisses, sondern eine nur indirekt messbare Leistung. Im Falle der Herstellung von Ersatzteilen in kleinen Serien hat sie eindeutig den Charakter einer Fabrik. Dabei liegt die Inanspruchnahme von Instandhaltungsleistungen immer im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit und Rentabilität. Dadurch gerät die Instandhaltungswerkstatt in ihrer Funktion als Dienstleister vermehrt in den Focus der kritischen betrieblichen Analyse des kostenbewussten Unternehmens. Jedes produzierende Unternehmen steht vor dem Dilemma, dass es einerseits auf Instandhaltung nicht verzichten kann, wenn ehrgeizige Produktions- und Marktziele erreicht werden sollen. Andererseits hat es immer das Problem, ihre Kapazitäten möglichst hoch auszulasten. Viele Unternehmen verzichten daher aus Kostengründen auf eine eigene Instandhaltung und kaufen die erforderlichen Dienstleistungen bei Bedarf (s. Kap. 8.2).

---

<sup>2</sup> Vgl. Spur 1994, S. 3, vgl. auch Spur, G.: Optionen zukünftiger industrieller Produktionssysteme, S. 19 ff.



**Abb. 7.1** Kosten und Nutzen der Qualität einer Projektlösung

Auf Grund der anerkannten Produktionsfunktion der Instandhaltung lassen sich neue Modellansätze der Fabrikplanung prinzipiell auch auf die Projektierung von Instandhaltungswerkstätten übertragen.

In Vordergrund steht auch für Instandhaltungswerkstätten die Realisierung einer ausreichend hohen Flexibilität als Gestaltungsaufgabe<sup>3</sup>. Sie ist eine Hauptforderung für die Fabrikplanung i. Allg. und somit auch für die Planung von Instandhaltungswerkstätten im Besonderen. Das bedeutet, dass bereits in der Grobplanungsphase bei der Dimensionierung und Strukturierung die Befähigung zur Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen in gewissem Grade zu berücksichtigen ist. Das erfordert vom Fabrikplaner überdurchschnittliche Fähigkeiten und Fertigkeiten. Sein Ziel besteht darin, den Problemlösungsprozess so gestalten, dass das optimale Niveau des Nutzens, den ein Projekt stiftet, mit geringst möglichem Ressourceneinsatz erreicht werden kann. Die Flexibilität der technischen Teilsysteme ist abhängig von den eingesetzten Ressourcen, die den Nutzwert der Planungslösung bestimmen und daher zur Bewertung der Projektgüte einer Projektlösung mit herangezogen werden müssen<sup>4</sup>.

Die organisatorische Gesamtlösung basiert auf den Vorgaben des Auftraggebers<sup>5</sup>. Insgesamt zeigt sich aber, dass eine Steigerung des Nutzens, den eine Projektlösung stiftet, begrenzt ist, während die Kosten ins Unermessliche steigen können. Es ist daher Aufgabe des Fabrikplaners, für das richtige Verhältnis von Kosten und angestrebter Projektqualität, die sich in ihrem Nutzen dokumentiert, zu sorgen (Abb. 7.1).

Die akute Unternehmenskrise und der Überlebensdrang haben zahlreiche Unternehmen quer durch nahezu alle Branchen zu radikalen Reorganisationsmaßnahmen veranlasst. Im Vordergrund standen in den vergangenen Jahren vermehrt

<sup>3</sup> Vgl. Aggteleky, Bd. 2 1990, S. 453 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Helbing 2009, S. 159.

<sup>5</sup> Auftraggeber (AG) ist der Unternehmer bzw. bei Kapitalgesellschaften das Management.

Maßnahmen wie *Out-Sourcing*, *Down-* bzw. *Right-Sizing*<sup>6</sup> und *Business Process Reengineering*.

Es handelt sich dabei um Strategien zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des krisengeschüttelten Unternehmens. Übereifer und einseitiges Gewinnstreben führten in vielen Fällen zu strategischen Fehlentscheidungen. Die Unternehmen wurden nicht fit gemacht, sondern abgemagert. Abmagerung ist aber nicht gleichzusetzen mit Fitness. Erfolg versprechende neue Ansätze, die Unternehmen für den Wettbewerb fit machen sollen, sind das Bionic Manufacturing, das Holonic Manufacturing und die Fraktale Fabrik<sup>7</sup>. Die einzelnen Ansätze versprechen ein hohes Maß an Wandlungsfähigkeit als neue Dimension der Flexibilität. Wandlungsfähigkeit ist eine Kombination von Flexibilität und Reaktionsfähigkeit (Reinhard 2000). Danach ist Flexibilität die Möglichkeit zur Veränderung in vorgehaltenen Dimensionen und Szenarien. Wandlungsfähigkeit ist das Potenzial, über das ein Unternehmen verfügt und es befähigt, eine schnelle Anpassung auch jenseits vorgehaltener Korridore bezüglich Organisation und Technik mit geringem Investitionsaufwand zu realisieren (Wiendahl et al. 2009).

Der Begriff Wandlungsfähigkeit ist differenzierter zu definieren. Insbesondere sollte er eine elementebezogene Befähigung zur Wandlung (z. B. Immobilien, Mobilien und Flusssysteme) und Zeithorizonte (kurz-, mittel-, langfristig) berücksichtigen. Ein System kann als flexibel bezeichnet werden, „... wenn es im Rahmen eines prinzipiell vorgedachten Umfangs von Merkmalen sowie deren Ausprägungen an veränderte Rahmenbedingungen sowie deren Ausprägungen reversibel anpassbar ist“ (Westkämper 1999; Westkämper et al. 2000). Ein System ist wandlungsfähig, wenn es aus sich selbst heraus über gezielt einsetzbare Prozess-, Struktur- sowie Verhaltensvariabilität verfügt. Wandlungsfähige Systeme zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie zukünftige Entwicklungen erkennen und antizipieren. Damit sind sie in der Lage, mit innovativen Geschäftsprozessen und Produkten proaktiv Wettbewerbsdruck zu erzeugen (Wiendahl 1998).

Zur Umsetzung derartiger Strategien eignet sich beispielsweise die Bildung temporärer Fabriken (Wirth 2001). Es handelt sich dabei um eine zeitlich begrenzte Kooperation von Produktionssystemen oder Fabriken mit dem Ziel der Bewältigung größerer Geschäftsvolumina, für deren Realisierung Ressourcen und Kapitalkraft einer einzelnen Unternehmung (Fabrik) nicht ausreichen würden. Der Kerngedanke des Ansatzes besteht in der Erkenntnis, dass nicht nur Lebenszyklen von Produkten, sondern auch von Prozessen und Organisationen, Fabrikgebäuden und Flächennutzungen weiter auseinander triffen (vgl. Schmenner 1993), weil zur Bewältigung

---

<sup>6</sup> Es handelt sich um eine Alternativbezeichnung zum „*Downsizing*“. Gemeint ist im Prinzip das gleiche, nämlich Verschlinkung durch Reduktion auf Kernbereiche, Auslagerung oder Desinvestitionen. Bereiche (oder Investitionen) werden überprüft, ob sie ausreichend zum Ergebnis beitragen oder stillgelegt oder ausgelagert bzw. vermieden werden sollen. Der Begriff *Downsizing* ist wegen der damit verbundenen Arbeitsplatzeffekte negativ besetzt (Krise). Also haben die Marketing-Fachleute der Beraterbranche den Begriff „*Rightsizing*“ in die Debatte gebracht, um nicht offen von Abbau, sondern scheinbar von ergebnisoffener Anpassung zu sprechen (Bickhoff et al. 2006).

<sup>7</sup> Vgl. Zahn 1996, S. 10 ff.

kurzfristiger Geschäftsprozesse größeren Umfangs die Zeit für langwierige Investitionsvorhaben nicht zur Verfügung steht. Ein wichtiges Hilfsmittel für die Vernetzung von mehr oder weniger autonomen Einheiten ist das Internet. Dieses bildet die Basis für eine kompetenznetzbaasierte Fabrik, die in eine heterarische Netzwerkorganisation eingebunden ist<sup>8</sup>. Die Kompetenzzellen bilden die Grundstruktur. Sie sind die kleinsten, selbstständig lebensfähigen Wertschöpfungseinheiten mit hohem Wandlungspotenzial.

Die Gestaltungsfelder der Wandlungsfähigkeit erfassen die Komponenten:

- Struktur,
- strategische Kompetenz,
- Ressourcen,
- Motivation.

Quelle der strategischen Beweglichkeit ist Strategiekompetenz. Der Aufbau oder die Implementierung von Strategiekompetenz ist die vordergründige Aufgabe der Unternehmensführung.<sup>9</sup> Strategiekompetenz ist die Fähigkeit, zukünftige Entwicklungsrichtungen durch Einsatz von Krisenfrüherkennungsinstrumenten rechtzeitig zu erkennen bzw. zu antizipieren (Felscher 1988) und m. H. geeigneter Instrumente die richtigen strategischen Entscheidungen zu treffen. Das betrifft insbesondere die Struktur zukünftiger Produktionsprogramme und Mengengerüste.

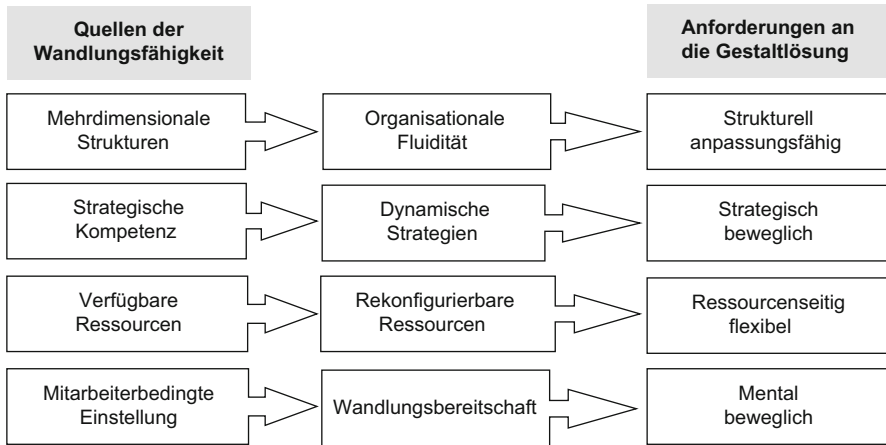
Zur Erreichung eines oder mehrerer (angestrebter) Ziele ist eine Vielzahl aufeinander abgestimmter Einzelmaßnahmen zu realisieren (Macharzina 1999). Ein Unternehmen, das beispielsweise seinen Marktanteil in den nächsten 10 Jahren verdoppeln will, muss zahlreiche Maßnahmen parallel nebeneinander umsetzen, u. a.:

- Verbesserung der Produktqualität,
- Aufbau eines effizienten Qualitätsmanagementsystems mit integrierter Instandhaltung (TQM: Total Quality Management, TPM: Total Productive Maintenance)
- Intensivierung der Forschung und Entwicklung (Weiter- und Neuentwicklung, Innovationen),
- Aufbau eines eigenen Distributions- und Servicenetzes (Barkawi et al. 2006).

Jede dieser Maßnahmen sind für sich genommen wiederum Maßnahmenbündel. Die Maßnahmenbündel erlangen die Bedeutung von Strategien, wenn sie untereinander abgestimmt sind, wodurch sie sich ergänzen und ihre Wirkung verstärken. In der optimalen Koordinierung zeigt sich die Befähigung zur Strategiekompetenz als wesentliches Kriterium der Wandlungsfähigkeit. Es wäre beispielsweise strategisch falsch, wenn ein Unternehmen die Kostenführerschaft anstrebt, aber gleichzeitig die Qualität der Produkte und die Instandhaltung der Produktionstechnik verbessern würde. Beide Ziele sind konträr. Beide Ziele sind konträr. Qualität und Sicherung der Verfügbarkeit sind nicht zum Nulltarif zu haben (Abb. 7.2).

<sup>8</sup> Vgl. Schenk und Wirth 2003, S. 364.

<sup>9</sup> Vgl. Macharzina 1999, S. 203 ff.



**Abb. 7.2** Quellen und Komponenten der Wandlungsfähigkeit. (Eigene Darstellung, vgl. Wiendahl et. al. 2009, S. 5 ff., S. 115 ff.)

Eine effiziente koordinierte Vernetzung einer Vielzahl miteinander verwobener Einzelmaßnahmen und -entscheidungen bestimmt den Unternehmenserfolg wesentlich.

Wenn beispielsweise ein Automobilhersteller beschließt, in den Markt für elektrische Haushaltgeräte zu diversifizieren, so zieht diese prinzipielle Entscheidung zahlreiche weitere Entscheidungsprobleme nach sich:

1. Welche Art von elektrischen Haushaltgeräten soll angeboten werden?
2. Sollen die Geräte selbst produziert oder lediglich gehandelt werden?
3. Soll die Diversifikation in die Elektrogerätebranche
  - a. auf dem Weg einer derivativen Neugründung oder
  - b. durch die Akquisition (Kauf/Übernahme) eines bereits in der Elektrogerätebranche erfolgreichen Unternehmens oder
  - c. durch Umnutzung (Asset-Redeployment) vorhandener Produktionsstrukturen erfolgen?
4. In welcher Form ist der neue Geschäftsbereich in die Unternehmensorganisation einzugliedern?
5. Wie hoch sind die erforderlichen Investitionen und welche Kreditmittel sind notwendig?

Die Vielzahl zu klärender Fragen zeigt, dass Strategien nicht als isolierte Einzelentscheidungen, sondern nur als Gesamtpaket von Entscheidungen unter Beteiligung von Generalisten und Spezialisten unterschiedlicher Fachrichtungen wie Planungs- und Projektingenieuren, Juristen, Organisationsspezialisten, Informatikern und Finanzspezialisten effektiv wirksam werden und einem gemeinsamen übergeordneten

Ziel dienen (Macharzina 1999, S. 198). Die aufgezeigten Merkmale implizieren deutlich, dass die Veränderung von Strategien mit hohem Aufwand verbunden ist. So führt eine Strategieanpassung vielfach dazu, dass Fabriken errichtet oder umstrukturiert werden, neue Distributionswege erschlossen sowie Mitarbeiter qualifiziert werden müssen. Strategien binden das Unternehmen auf lange Frist. Strategien werden aus den fundamentalen Unternehmenszielen abgeleitet und beschreiben den Prozess als Weg zur Zielerreichung. Strategien beeinflussen die Interaktion zwischen Unternehmen und Umwelt substantiell. Sie bilden die Rahmenpläne, die insbesondere im Falle dynamischer Umweltentwicklung einer kontinuierlichen Reflexion und gegebenenfalls einer Anpassung bedürfen. Strategien sind aus dieser Sichtweise umfassende Maßnahmenbündel, die rational geplant werden und deren Formulierung vor der Maßnahmenrealisierung erfolgt.

Charakteristische Merkmale strategischer Kompetenz:

1. Ein grundlegendes Merkmal ist die Befähigung des (Top-)Managements bzw. nachgelagerter Entscheidungsträger zur rationalen und vernunftgeleiteten Planung und Gestaltung von Strategieformulierungsprozessen. Das Top-Management trifft Grundsatzentscheidungen unter Berücksichtigung fundamentaler Ziele und wie sich nachgelagerte Unternehmenseinheiten bei der Bestimmung der von ihnen zu realisierenden Alternativen an übergeordneten Grundsatzentscheidungen des (Top-)Managements im Sinne des Unternehmenszielsystems zu orientieren haben.
2. Als weiteres Merkmal gilt die Befähigung, für die Zukunft zu erwartende Zustände und Verhaltensweisen der Umwelt zu antizipieren. Im Vordergrund steht die Fähigkeit, Denk- und Meinungsbildungsprozesse sowie zukünftige Verhaltensweisen zu managen, um bestimmte Zielstellungen zu erreichen.

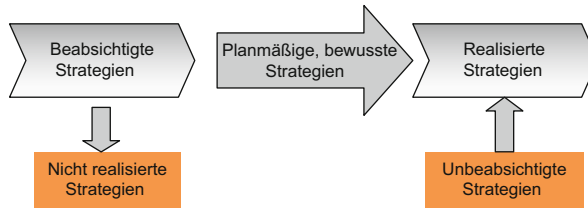
Das Top-Management trifft Unternehmensführungsentscheidungen unter dem Einfluss von Veränderungen der im in- und externen Kontext entwickelten Strategien, beispielsweise veränderter Interessenlagen oder veränderter politischer Rahmenbedingungen. Dementsprechend ist die Annahme, dass Strategien generell vor der betreffenden Ausführung entwickelt oder erstellt werden, ebenso abwegig wie die Unterstellung, dass sie immer bewusst und intentional entwickelt werden.

Um auch den Zufälligkeitscharakter von Umweltentwicklungen vermehrt zur Geltung zu bringen, wurde der Strategiebegriff erweitert<sup>10</sup>. Strategie wird definiert als das Grundmuster von Unternehmensentscheidungen oder -aktivitäten. Eine Strategie liegt dann vor, sobald sich im Zeitablauf in den Entscheidungen ein konsistentes Bild bzw. Muster abzeichnet<sup>11</sup>. Eine Strategie kann sich demnach auch

<sup>10</sup> Vgl. Mintzberg, H., McHugh, A.: *Strategy Formation in an Adhocracy*, in: Administrative Science Quarterly, 30. Jg. Heft 2, 1985, S. 160–197, zit.: in Macharzina 1999.

<sup>11</sup> Wenn beispielsweise ein in der Elektronikbranche tätiges Unternehmen seinen Kunden in Größenordnungen Dienstleistungen im Bereich Service anbietet und verstärkt auch den Konsumgüterbereich mit elektrischen Geräten bedient, so entspricht dieses Verhaltensmuster zunächst einer Diversifikationsstrategie. Inhaltlich gesehen ist es aber eher als Technologiestrategie zu interpretieren. In diesem Verständnis bestimmt das Handeln die Unternehmensstrategie. Umgekehrt bestimmt das Ziel, beispielsweise die Geschäftsfelder zu spreizen, um den hart umkämpften Konsumgütersektor





**Abb. 7.3** Geplante, nicht realisierte und unbeabsichtigte Strategien. (vgl. Macharzina 1999, S. 202)

unabhängig vom rationalen Planungsverhalten der Entscheidungsträger entwickeln und auf übergeordnete Ebenen abgestimmt sein oder nicht. Maßgeblich für ihre Entstehung ist nur, dass sich die faktischen Entscheidungen bzw. Aktivitäten des Unternehmens im Nachhinein als eine konsistente Gesamtheit darstellen<sup>12</sup>. Ausgehend von diesem Ansatz ist in beabsichtigte Strategien (*intended strategies*) als eine Art *a-priori*-Richtlinie zur Lösung zukünftiger Entscheidungsprobleme und realisierte Strategien (*realized strategies*) als sich ex post abzeichnende Grundmuster zu unterscheiden (s. Abb. 7.3).

Die Quelle „mentale Beweglichkeit“ des Gestaltungsfeldes „Mensch“ verspricht ein hohes Maß an Erneuerungspotenzial. Entscheidende Komponenten bilden dabei die mitarbeiterbedingte Einstellung und die Grundqualifikation der Mitarbeiter. Der Fabrikplaner beeinflusst dieses Potenzial nur indirekt. Insbesondere ist die Möglichkeit der Einflussnahme davon abhängig, inwieweit er in die Gestaltungs- und Ausführungsphase des betreffenden Planungsprojekts involviert ist. Mit der Festlegung der Technologie bestimmt er weitgehend das Qualifikationsniveau der zum Einsatz zu bringenden Arbeitskräfte. Darüber hinaus erarbeitet er in den Ausführungsunterlagen Stellenpläne mit den Angaben zur erforderlichen Sach-, Methoden- und Sozialkompetenz, die das Personalmanagement anforderungsgerecht umsetzt.

Bei der Rekonfigurierbarkeit geht es darum, durch Gliederung der Fertigungseinrichtungen in funktionsfähige Komponenten möglichst schnell neue Maschinenkonfigurationen zu realisieren. Das kann beispielsweise durch eine Bewegungsachse erfolgen. Diese wird nach der mechanischen Kopplung von der Steuerung erkannt und nach Start eines Steuerungsprogramms aktiv.<sup>13</sup> Die ressourcenseitige Flexibilität ist das Ergebnis des Planungsprozesses und der erzielten Projektgüte, die sich in einer erfolgreichen und effizienten Gestaltlösung des Produktionssystems manifestiert. Erfolgreiche Gestaltlösungen von Produktionssystemen sind das Ergebnis organisationaler und struktureller Wandlungsfähigkeit des Unternehmens. Die Fähigkeit zu organisationalem Wandel allein reicht aber nicht aus. Die Zielplanung muss sich

---

zu bedienen, das Handeln. Es wird in Kauf genommen, dass es sich um ein unbeabsichtigtes Ziel handeln kann. Demnach gibt es Fälle, in denen sich die Strategie des Unternehmens graduell, oft unbeabsichtigt (weiter) entwickelt. Entscheidungsträger treffen dann Einzelentscheidungen, ohne dass diese in einem Stimmigkeitsverhältnis zur bisherigen Unternehmensstrategie stehen (Mintzberg 1978).

<sup>12</sup> Vgl. Macharzina et al. 1999, S. 201.

<sup>13</sup> Vgl. Wiendahl et al. 2009, S. 120.

grundsätzlich an der zunehmenden Dynamik der Veränderungsprozesse orientieren. Entscheidend für den zukünftigen unternehmerischen Erfolg und damit für die Überlebensfähigkeit des Unternehmens ist somit nicht nur die Wandlungsfähigkeit des Unternehmens, sondern die Wandlungsgeschwindigkeit, also das pro Zeiteinheit erzielbare Maß an Wandlungsfähigkeit. Dazu zählen sowohl die Reaktionsgeschwindigkeit, also die Zeit, die von der Generierung und Erfassung krisenrelevanter Informationen bis zur Ergreifung der ersten Maßnahmen vergeht sowie die Zeit, die zur Anpassung der Strukturen erforderlich ist.

Geschwindigkeitssteigernd wirken sich solche Unternehmensstrategien aus, die den Anpassungsprozess des Anlagevermögens und der organisationalen Strukturen an die neuen Rahmenbedingungen beschleunigen. Zur Unterstützung der Managemententscheidungen kommen in der Planungsphase entsprechende Werkzeuge und Instrumente zur Geschäftsprozessoptimierung zum Einsatz. Ganzheitliches Problemlösungsverhalten und Parallelbearbeitung entscheidungsrelevanter Aufgabenstellungen gewinnen dabei zunehmend an Bedeutung (*Simultaneous Engineering*).

Deshalb ist die Wandlungsgeschwindigkeit als eine Funktion der funktionellen und strukturellen Anpassungsfähigkeit und damit optimaler Standortentscheidungen ( $S$ ) sowie optimaler Gestaltungslösungen ( $G$ ) der Fabrik und der Zeit als Summe von Reaktions- und Anpassungszeit ( $T$ ) aufzufassen:

$$v_W = f(S, G, T) \quad (7.1)$$

Voraussetzung zur Erzielung einer optimalen Planungsleistung ( $P$ ) als Ergebnis eines systematischen Planungsprozesses ist die Bewertung und Beurteilung standortentscheidungs- und gestaltlösungsrelevanter Kriterien auf der Grundlage teilweise sehr unsicherer Eingangsinformationen  $x_i$ :

$$P = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (7.2)$$

Die Zielfunktion der Planungsleistung hat demnach zwei wesentliche Bestandteile: die Teilzielfunktion der Standortentscheidung und die Teilzielfunktion der Struktur- und Gestaltungslösung:

$$Z_{Plan} = Z_{Standort} + Z_{Gestaltung} \quad (7.3)$$

Die Teilzielfunktion der Standortentscheidung ergibt sich aus den Standortpräferenzen der Investoren und der beteiligten gesellschaftlichen Gruppen, wobei so genannte „harte“ und „weiche“ Standortfaktoren und das Investitionsklima am Standort die Standortentscheidung wesentlich bestimmen:

$$Z_{Standort} = f_{Hart} + f_{Weich} + f_{Investition} \quad (7.4)$$

Die Gestaltungslösung besteht aus drei Komponenten. Flusssysteme wie Werkzeug-, Prüfmittel-, Material-, Informations- und Personalfluss sind so zu gestalten, dass die Durchlaufzeiten und zurückzulegende Wege der am Wertschöpfungsprozess

beteiligten Flusselemente gegen ein Minimum streben. Die Wandlungsgeschwindigkeit als Gestaltungsproblem hat insbesondere unter dem Aspekt zukünftiger Veränderungen entscheidenden Einfluss auf die Überlebensfähigkeit der Fabrik. Insbesondere sollen perspektivische Veränderungen (z. B. Organisation, Flächen-, Produktions- und Personalkapazitäten sowie Leitungsquerschnitte usw.) Berücksichtigung finden. Die Anstrengungen einer optimalen Gestaltungslösung beziehen umwelt- und sicherheitstechnische Aspekte, wie z. B. die Einhaltung der Grenzwerte von umweltbelastenden Medien ebenso ein.

$$Z_{\text{Gestaltung}} = Z_{\text{Fluss}} + Z_{\text{Wandlung}} + Z_{\text{Umwelt}} \quad (7.5)$$

Im Folgenden sollen Lösungsansätze vorgestellt werden, die die Strukturierung und Dimensionierung von Produktionssystemen 2. Ordnung unterstützen und zur Optimierung von Geschäftsprozessen beitragen.

## 7.3 Strukturansatz für Instandhaltungswerkstätten

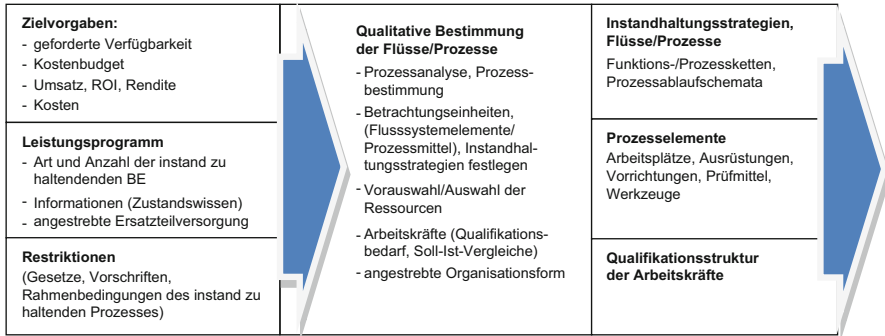
### 7.3.1 Definition

Da die Instandhaltung mit der Herstellung von Abnutzungsvorrat eine Dienstleistung generiert, die nicht als Produkt im klassischen Sinn definiert werden kann, gelten Instandhaltungswerkstätten als Produktionssysteme 2. Ordnung. Die Instandhaltung erhält dank dieser Interpretation Produktionsfunktion (Ruthenberg 1990), die allerdings im Zusammenhang mit Produktionssystemen 1. Ordnung zu sehen ist und für dessen planungstechnische Behandlung innovative Ansätze zu entwickeln sind (s. Abb. 7.6). Die Instandhaltung als Produktionssystem 2. Ordnung sorgt somit dafür, dass das Produktionssystem 1. Ordnung seiner eigentlichen Funktionsbestimmung, nämlich Produkte herzustellen, nachkommen kann.

### 7.3.2 Funktionsbestimmung

Die Instandhaltungswerkstatt von heute steht zunehmend unter hartem Kosten- und Wettbewerbsdruck. Sie hat sich mit der steigenden Anlagenkomplexität und sich verkürzenden Anlagenlebenszyklen auseinanderzusetzen. Zunehmend ändern sich auch international permanent die ökologischen Rahmenbedingungen.

Für die Entwicklungsrichtung konkreter Instandhaltungswerkstattmodelle dienen Fabrikmodelle. Dazu soll der nachfolgende konzeptionelle Rahmen die Grundlage bilden (s. Abb. 7.4). Er ist ein Versuch, die strategischen Entscheidungstatbestände von Produktionssystemen zu systematisieren, die wichtigsten Instandhaltungskonzeptionen in ihren Grundzügen zu skizzieren und auf ihnen aufbauend gemeinsame Elemente und Entwicklungsrichtungen zur „Instandhaltung der Zukunft“ herauszuarbeiten. Alle Konzepte haben das gemeinsame Hauptziel durch Bildung flexibler



**Abb. 7.4** Funktionsbestimmung

Organisationsstrukturen eine bestmögliche und vor allem schnelle Anpassung an sich ändernde Marktverhältnisse zu realisieren, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen.

Gegenstand der Funktionsbestimmung eines Produktionssystems ist i. Allg. die qualitative Festlegung der Stoff-, Energie- und Informationsflüsse, der Flusssystemelemente bzw. Prozessmittel (Prozessmenge, technologische Prozessplanung) und der Arbeitskräfte im Planungsobjekt (Abb. 7.4).

Der Planungsschritt Funktionsbestimmung umfasst alle Planungsaktivitäten, die Aussagen über die stofflichen, informationellen und energetischen Prozesse, den Primärprozess zur Herstellung, Verarbeitung und Bearbeitung von Produkten und die erforderliche Verfügbarkeit der in den Prozess involvierten Prozesselemente der Prozesskette erzielen (Schenk und Wirth 2004). Im Vordergrund stehen zunächst die Unternehmensziele, die mit den Instandhaltungszielen abzugleichen sind. In diesem Zusammenhang sind die Instandhaltungsziele so zu konzipieren, dass sie die Unternehmensziele maximal unterstützen. Wichtiger Bestandteil dieses Prozessschritts sind Analyseaufgaben, insbesondere die Bewertung des Ausfallverhaltens und daraus abgeleitete Instandhaltungsgrundstrategien.

### 7.3.3 Morphologie von Instandhaltungswerkstätten

Fabriken sind Produktionssysteme 1. Ordnung. Die Instandhaltung als Produktionssystem 2. Ordnung im weiteren Sinn, orientiert sich prinzipiell am Produktionssystem 1. Ordnung. Entsprechend der Morphologie der Fabriktypen nach Wiendahl<sup>14</sup> lassen sich drei Grundtypen ableiten (s. Abb. 7.5):

1. Der kostenorientierte Fabriktyp ist zwar auf striktes Target Costing ausgerichtet, aber auch eine intensive Kundenorientierung erzielt hohe Renditen und trägt wesentlich zu einer positiven Ertragsentwicklung mit bei<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Vgl. Wiendahl et al. 2009, S. 34.

<sup>15</sup> Vgl. Aggteleky 1987, S. 125.

Fabriktyp		
Kostenorientierter Typ	Organisationsstrukturorientierter Typ	Technik-/technologieorientierter Typ
<b>Low-Cost-Fabrik</b> <b>Strategisches Merkmal: Kosten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- striktes Target Costing</li> <li>- Produktfokussierung</li> <li>- konsequentes Controlling</li> </ul>	<b>Reraktionsschnelle Fabrik</b> <b>Strategisches Merkmal: Zeit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grenzwertorientierung</li> <li>- Hochleistungslogistik</li> <li>- Marktorientierung</li> </ul>	<b>High-Tech-Fabrik</b> <b>Strategisches Merkmal: Technologie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- innovative Produkte und Technologien</li> <li>- höchste Prozessqualität</li> </ul>
<b>Kundenindividuelle Fabrik</b> <b>Strategisches Merkmal: Individualität</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- intensive Kundenintegration</li> <li>- partnerschaftliche Lieferbeziehung</li> <li>- ausgeprägte Variantenflexibilität</li> <li>- hohe Logistikkompetenz</li> <li>-</li> </ul>	<b>Atmende Fabrik</b> <b>Strategisches Merkmal: Mengenhub</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrationsfähigkeit neuer Produkte</li> <li>- Wirtschaftlichkeit bei schwankenden Produktionsmengen</li> <li>- Erweiter- und</li> </ul>	<b>Variantenflexible Fabrik</b> <b>Strategisches Merkmal: Vielfalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- später Kundenentkopplungspunkt</li> <li>- Varianten bildende Produktionsendstufe</li> <li>- modulare Produkt- und Produktionsstruktur</li> </ul>

**Abb. 7.5** Fabrikgrundtypen aus Kundensicht (nach Wiehndahl)

- Der organisationsstrukturorientierte Fabriktyp weist Organisationsstrukturen auf, die zum einen reaktionsschnelles Verhalten zulassen und daher mengenmäßig Markt- oder Nachfrageschwankungen schnell ausgleichen können und daher sehr anpassungsfähig sind.
- Der technik- bzw. technologieorientierte Fabriktyp verfügt über hohe technologische Beweglichkeit, um variantenreich zu produzieren und wird höchsten Qualitätsansprüchen gerecht.

Hochtechnologiefabriken kennzeichnen technische Spitzenprodukte mit Weltmarkt beherrschender Stellung (Funktionen, Leistungsdichte, Lebenszykluskosten, Verfügbarkeit usw.). Fertigungs- und Montageprozesse arbeiten in der Nähe natürlicher Grenzwerte mit meist selbst entwickelten Technologien bei höchster Prozessqualität. Die Produkte erzielen Spitzenpreise. Dementsprechend effizient muss die Instandhaltung der Betriebsmittel einschließlich aller VWP organisiert und durchgeführt werden, um Produktqualität und Produktivität auf höchstem Niveau zu halten. Instandhaltung von Maschinen und Ausrüstungen im Hochtechnologiebereich erfordert auch High-Tech-Instandhaltung.

Bei reaktionsschnellen Fabriken steht der Zeitfaktor im Fokus des Handelns. Besonderes Kennzeichen ist eine Hochleistungslogistik, die sich an der Durchlaufzeit des Materials orientiert. Der Kundennutzen besteht in der schnellen Verfügbarkeit des Produkts. Da die Kundenaufträge oft direkt ohne lange Vorplanung in die Produktion eingelastet werden, hat die Instandhaltung die vordringliche Aufgabe, die Verfügbarkeit der technischen Anlagen unbedingt zu sichern. Das setzt eine sehr hohe Beweglichkeit voraus, die vordergründig eine leistungsfähige und flexible Organisationsstruktur erfordert.

Bei der atmenden Fabrik liegt der Focus darauf, insbesondere Produkte, die saisonal starken Schwankungen unterliegen, wirtschaftlich zu fertigen (z. B. Sportartikel, Haushaltgeräte). Hier wird versucht, mit vergleichsweise niedrigem Automatisierungsgrad, flexiblen Arbeitszeitmodellen und Mehrfachqualifikation der Mitarbeiter gegenzusteuern. Die Instandhaltung der atmenden Fabrik ist aus wirtschaftlichen Gründen von einem kostengünstigen und ebenso flexiblen Dienstleister zu realisieren, da sonst die Wirtschaftlichkeit der saisonal hergestellten Produkte nicht gesichert werden kann.

Die variantenflexible Fabrik ist in der Lage, kundenindividuell zu produzieren und zu liefern. Modulare Strukturen und fertigungstechnische Möglichkeiten, die eine späte Variantenbildung zulassen, sind wesentliche Kennzeichen dieses Fabriktyps.

Die kundenindividuelle Fabrik ist eine Weiterentwicklung der variantenflexiblen Fabrik. Jeder Auftrag ist unterschiedlich. Im Extremfall bestellt der Kunde internetgestützt ein von ihm konfiguriertes Produkt direkt in der Fabrik und verfolgt die Herstellung über das Internet. Grundvoraussetzung ist die durchgängige logistische Beherrschung aller Geschäftsabläufe, beginnend beim Kundenauftrag (Auftragsspezifikation/Lastenheft) bis zur Produktbereitstellung und -abnahme beim Kunden.

Die meisten Unternehmen stehen im Wettbewerb unter Preisdruck. Die Low-Cost Fabrik fokussiert ihre Aktivitäten auf die Kosten. Sie versucht jegliche Verschwendung zu vermeiden und die Herstellkosten permanent zu verringern. Dabei unterstützt ein intensives Controlling die Prozesse, um diese Prozesse transparent und bewertbar zu gestalten sowie Ansatzpunkte zur Verbesserung und Kostensenkung zu liefern.

In der Praxis existieren diese Fabriktypen meist nicht in der beschriebenen reinen Form. Dennoch finden fast alle strategischen Merkmale bei konkreten Ausprägungsformen Berücksichtigung. Dementsprechend ist auch die Festlegung der Instandhaltungsstrategie auf den jeweiligen Fabriktyp zugeschnitten. Universalität, Neutralität, Mobilität, Modularität, Skalierbarkeit und Kompatibilität bilden die grundlegenden Bewertungskriterien für die Wandlungsfähigkeit einer Fabrik (Wiendahl et al. 2009).

Da es sich bei einer Instandhaltungswerkstatt definitionsgemäß um ein Produktionssystem 2. Ordnung handelt, lassen sich die gleichen Kriterien auch prinzipiell hier ansetzen<sup>16</sup>:

- *Universalität*

Instandhaltungswerkstätten sollen für unterschiedliche Aufgaben ausgerüstet werden, um eine möglichst hohe Einsatzbreite zu erzielen. Sie können je nach Aufgabenart und -umfang dimensioniert und gestaltet werden und ggf. autonom, also unabhängig agieren. Das widerspricht allerdings der ausgeprägten Prozessorientierung und einer damit verbundenen fachlichen Spezialisierung zahlreicher integrierter Instandhaltungsstrukturen. Allerdings realisieren zahlreiche Dienstleister auch im Rahmen des Facilitymanagements Instandhaltungsleistungen.

---

<sup>16</sup> Vgl. Aggteleky, Bd. 2 1990, S. 452 ff.

- *Neutralität*  
Negativbeeinflussung anderer Objekte ist begrenzt (sie hängt vordergründig von den Fähigkeiten der Instandhaltung und deren Produktivität ab).
- *Mobilität*  
Wesentliche Voraussetzung für uneingeschränkte räumliche Mobilität ist eine modulare äußere Struktur der Bauten sowie effiziente und sichere Befestigungssysteme für Maschinen, Anlagen und flexible Versorgungssysteme.
- *Modularität*  
Eine modulare Struktur des inneren Aufbaus von Instandhaltungswerkstätten (unabhängige funktionsfähige Einheiten) gestattet eine problemlose Erweiterung bzw. Restrukturierung, um eine optimale Anpassung an die Produktionssysteme 1. Ordnung zu erzielen Dazu trägt der Bausteincharakter von Instandhaltungswerkstätten massiv bei<sup>17</sup>.
- *Skalierbarkeit*  
Der Terminus bezeichnet die Fähigkeit von Objekten, sowohl räumlich als auch technologisch erweiter- und reduzierbar zu sein. Auch hier erweist sich der Bausteincharakter von Instandhaltungswerkstätten als vorteilhaft.
- *Kompatibilität*  
Es handelt sich um die Fähigkeit des Systems infolge des äußeren Aufbaus an seinen Schnittstellen mit anderen Systemen verknüpft werden zu können. Auch hier leistet der Bausteincharakter sinnvolle Unterstützung.

## 7.4 Planungsansätze zur Dimensionierung von Instandhaltungswerkstätten

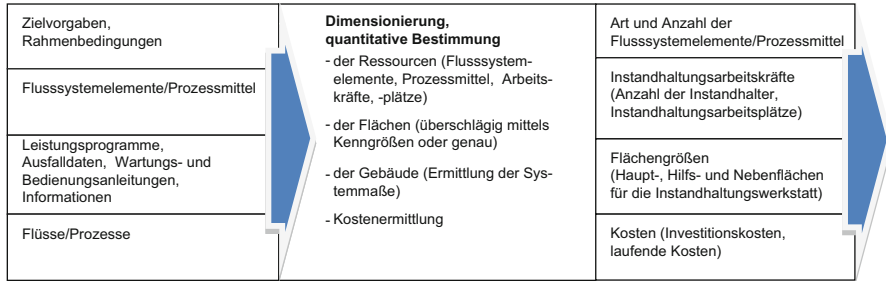
### 7.4.1 Definition

Der Planungsschritt Dimensionierung umfasst alle Planungsaktivitäten, die zu Aussagen über die Elementmenge  $M$  eines Produktionssystems  $\sum(M, P, S)$  führen. Die Elementmenge  $M$  umfasst die Teilmengen Realkapital, Personal und Material (Produktionsfaktoren). Unter Dimensionierung wird die quantitative Bestimmung (Anzahl/Abmessungen) der Flusssystemelemente/Ausrüstungsgesamtheit, der Arbeitskräfte, der Flächen, der Gebäude im Planungsobjekt und die Ermittlung der Kosten verstanden (vgl. Abb. 7.6).

Der Projektierungsschritt Dimensionierung klärt die Frage, wie viele funktionserfüllende Elemente benötigt werden, um das Produktionsziel zu erreichen (Herstellung von Abnutzungsvorrat). Die Dimensionierung hat das Ziel, die Elementmenge des zukünftigen Produktionssystems 2. Ordnung unter sachbezogenen und wirtschaftlichen Aspekten so zu beschreiben, dass

---

<sup>17</sup> Vgl. Helbing 2009, S. 174 ff.



**Abb. 7.6** Projektierungsschritt Dimensionierung

- a) die Entscheidungen über Investitionen und Betriebskosten getroffen und
- b) die erforderlichen Ausschreibungen, Angebotseinholungen, Gespräche, Bestellungen usw. ausgeführt werden können.

Im Rahmen der Planung umfasst die Dimensionierung die quantitative Bestimmung

1. der benötigten Betriebsmittel,
2. des benötigten Personals,
3. der benötigten Flächen und
4. der Kosten

für das zukünftige Produktionssystem 2. Ordnung.

Die Ergebnisse der Dimensionierung werden tabellarisch zusammengefasst und in der Planungspraxis in Form von *Bedarfs-* und *Ausrüstungslisten* für Maschinen, Anlagen, Ausrüstungen, Flächen, Lagereinrichtungen, Fördermittel, Energie, Medien, Personal usw. aufbereitet. Die Detailliertheit dieser Listen bestimmt ihre Aussagekraft und bildet die Grundlage für fundierte Investitions- und Kostenentscheidungen. Auf Basis der Entscheidungen werden die erforderlichen Ausschreibungen vorgenommen, Angebote beschafft sowie Informations- und ggf. Verkaufsgespräche geführt, Bestellungen begründet und ausgelöst. Damit überschreitet das Management den „*point of return*“.

### 7.4.2 Deterministische Ansätze

Im Vordergrund der Planung einer Werkstatt stehen die Instandhaltungskapazität und der Flächenbedarf für die einzelnen Berufsgruppen des Instandhaltungsbetriebes. Die arbeitsplatzbedingten Forderungen bestimmen den Flächenbedarf der Arbeitsplätze innerhalb einer Berufsgruppe. Dabei ist es im Sinne des Kompetenzzellenansatzes von Vorteil (vgl. Strunz 2007, 2008, 2009), Standardarbeitsplätze zu definieren. Auf Grund identischer Grundstrukturen besitzen diese Arbeitsplatzlösungen Projektbausteincharakter und steigern im Rahmen der Projektplanung die Planleistung erheblich (Strunz 2008)<sup>18</sup>. Ausgangsbasis ist die Grunddefinition der Kompetenzzelle.

<sup>18</sup> Vgl. Strunz 2008, S. 65–70.



Der deterministische Planungsansatz geht davon aus, dass innerhalb eines Intervalls  $(t, \Delta t)$  alle Instandhaltungsmaßnahmen geplant werden. Gemäß der Formeln (6.170, 6.171) kann die Anzahl der Maßnahmen auf der Grundlage der Verlustfunktion ermittelt werden:

$$A(t) = \int_0^t A(t)dt = \begin{cases} \int_0^t \lambda(t)dt = \wedge(t) & \text{Integrierte Ausfallrate} \\ \int_0^t h(t)dt = H(t) & \text{Erneuerungsfunktion} \end{cases}$$

Im Falle der Minimalinstandsetzung gilt

$$\wedge(t) = \int_0^t \lambda(x)dx = \left(\frac{t}{a}\right)^b$$

Die Anzahl der Maßnahmen in der Berufsgruppe  $j$  ergibt für  $i$  gleiche Betrachtungseinheiten:

$$\Lambda_j(t) = \sum_{i=1}^n \int_0^t \lambda_{ij}(x)dx = \sum_{i=1}^n \left(\frac{t}{a_{ij}}\right)^{b_{ij}} \quad (7.6)$$

Bei vollständiger Erneuerung gilt Formel (7.7). Die Anzahl der Maßnahmen der Berufsgruppe  $j$  und der Betrachtungseinheit  $i$  für die jeweilige Berufsgruppe berechnet sich zu:

$$H_j(t) \approx \sum_{i=1}^n H_i(t) = \frac{1}{\mu_i} + \frac{v_i^2 - 1}{2} \quad (7.7)$$

Unter Berücksichtigung der mittleren Reparaturdauer für  $i$  gleiche Betrachtungseinheiten kann der Kapazitätsbedarf (Arbeitszeitaufwand) der Berufsgruppe  $j$  ermittelt werden.

Der mittlere Arbeitszeitaufwand der Berufsgruppe  $j$  für  $i$  gleiche Betrachtungseinheiten ergibt sich (Strunz 1990)

a) im Falle einer Minimalinstandsetzung zu:

$$T_{Rj} = \Lambda_j(t) * ET_{Rj} \quad (7.8)$$

b) im Falle vollständiger Erneuerung zu:

$$T_{Rj} = H_j(t) * ET_{Rj} \quad (7.9)$$

Der Gesamtzeitaufwand der Berufsgruppe lässt sich dann ermitteln, wenn der mittlere Reparaturzeitaufwand der unterschiedlichen Betrachtungseinheiten  $k$  berücksichtigt wird.

$$T_{Rj} = V_j(t) \sum_{k=1}^n E T_{Rjk} \quad (7.10)$$

$V_j(t)$  Verlustfunktion der Betrachtungseinheiten, die der Berufsgruppe  $j$  zugeordnet werden können.

Die Anzahl der Instandhaltungsarbeitsplätze der Berufsgruppe  $j$  für geplante Instandhaltung ergibt sich, indem der ermittelte Arbeitszeitaufwand der Berufsgruppe  $j$  durch die pro Arbeitsplatz nominell verplanbare Personaleinsatzzeit  $T_{PEj}$  der Berufsgruppe  $j$  dividiert wird:

$$Z_{AKj} = \frac{T_{Rj}}{T_{PEj}} \quad (7.11)$$

Nach der Bottom-Up-Methode (Kettner et al. 1984) können dann entsprechende Strukturen entworfen werden. Die Verwendung von Projektbausteinen bietet eine hilfreiche Unterstützung (vgl. Strunz 1990).

### Beispiel 7.1: Ermittlung des Instandhaltungspersonals

Für die Berufsgruppe Industriemechaniker werden 12350 h Reparaturzeitaufwand innerhalb einer Planungsperiode ermittelt ( $i = 1 \dots n$ ,  $k = 1 \dots m$  BE). Um die Anzahl der Arbeitskräfte zu ermitteln, ist der Arbeitszeitaufwand durch die Personaleinsatzzeit  $T_{PEj}$  der Berufsgruppe  $j$  der einzelnen Arbeitskraft zu dividieren. Die Personaleinsatzzeit hängt von der Wochenarbeitszeit ab. Ein Jahr hat 52 Wochen, davon werden im Mittel 6 Wochen für Urlaub und Krankheit abgezogen. Bei einer 38-Stundenwoche stehen dann nominell durchschnittlich

$$T_{PEj} = (52 - 6) \text{Woche} * 38 \text{ h/Woche} \approx 1748/a$$

für einen Instandhalter zur Verfügung.

Die Anzahl der Instandhaltungsarbeitskräfte ergibt sich dann zu

$$Z_{AK,M} = \frac{12350 \text{ h/a}}{1748} = 7 \text{ Instandhalter (Berufsgruppe Industriemechaniker)}$$

Fallen die Aufwendungen im Schichtbetrieb an, so sind die Kapazitäten auf die Schichten zu verteilen. Im Falle eines Zweischichtbetriebes gilt dann:

$$Z_{APLj} = \frac{12350 \text{ h/a}}{2 * 1748 \text{ h/au.Ak}} = 3,5 \approx 4$$

Instandhaltungsarbeitsplätze (4 Instandhalter pro Schicht)

Für die Ermittlung des Flächenbedarfs wären demnach 4 Arbeitsplätze zu konzipieren. Bei einem durchschnittlichen Flächenbedarf von ca.  $10 \text{ m}^2$  pro

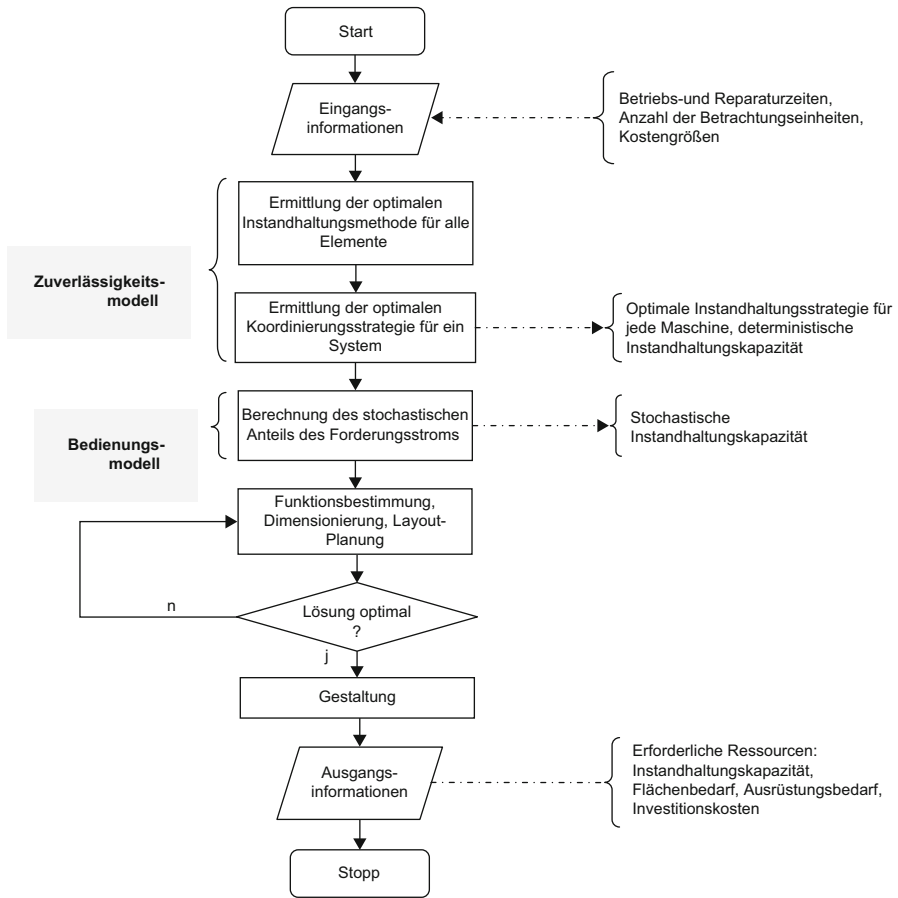


Abb. 7.7 Planungsansatz der Werkstattplanung

Instandhaltungsarbeitsplatz<sup>19</sup> ergibt sich gemäß Formel (7.11) eine Kompetenzzelle in der Größenordnung:

$$A_{IW} \approx 4 * A_F \approx 4 * 10 \text{ m}^2 \approx 40 \text{ m}^2$$

Die rein deterministische Betrachtung beschränkt die Anwendbarkeit des Ansatzes auf Grund der Nichtberücksichtigung der trotz vorbeugender Instandhaltung verbleibenden Ausfälle, die einen Forderungsstrom von mehr oder weniger unvorhergesehenen Ereignissen bilden. Das bedeutet, dass sowohl der Personal- als auch der Flächenbedarf um einen stochastischen Anteil noch nach oben korrigiert werden muss (Abb. 7.7).

<sup>19</sup> Vgl. Kettner et al. 1984, S. 73.

### 7.4.3 *Bedienungstheoretische Ansätze*

Die deterministische Planung kann prinzipiell auf der Grundlage der unter Kap. 6.2 beschriebenen Instandhaltungsstrategien erfolgen. Die Ergebnisse sind aber ungenau, da es trotz der Planung der Instandhaltung darüber hinaus zu nicht planbaren Ausfällen und Stillständen infolge von Funktionsstörungen kommt. Auch die bewusst eingesetzte Ausfallmethode ist immer mit einem Überraschungseffekt verbunden.

Die erforderlichen Werkstattressourcen lassen sich mit deterministischen Ansätzen nur begrenzt planen. Eine Möglichkeit der Ressourcenplanung ergibt sich aus der Anwendung bedienungstheoretischer Ansätze (Strunz 1990; Strunz und Köchel 2002; Strunz 2005).

Für die Dimensionierung von Produktionssystemen 2. Ordnung sind bedienungstheoretische Modellansätze geeignet (Strunz 1990). Sie gehen davon aus, dass das instandhaltungsseitig zu betreuende Produktionssystem 1. Ordnung Forderungen generiert, die das Produktionssystem 2. Ordnung befriedigt. Die Ursachen dieser Forderungen sind zuverlässigkeitstheoretischer Natur. Da sie von unterschiedlichen Betrachtungseinheiten generiert werden, kommt es infolge ihrer Überlagerung zu einem Poisson-Strom.

#### 7.4.3.1 *Systembeschreibung und Systemeigenschaften*

Beschreibende Komponenten eines allgemeinen Bedienungssystems sind der Ankunftsprozess (Input), die Warteschlange, der Bedien- oder Abfertigungsprozess der Bedienstationen und der mögliche Output des Systems. Die Kombination der Komponenten eines Bedienungssystems lässt viele Lösungsmöglichkeiten von Fragestellungen im Bereich der Bedienungstheorie zu. Aufbau und Struktur von Bedienungssystemen machen diese Theorie sehr interessant für die Dimensionierung und Strukturierung von Instandhaltungswerkstätten. Das betrifft vor allem die Optimierung der Prozesse und Strukturen. Abbildung 7.8 zeigt die charakteristischen Komponenten eines Bedienungssystems.

#### Charakterisierung des Ankunftsprozesses

Grundvoraussetzung einer Prozessmodellierung ist eine tiefgründige Problem- und Prozessanalyse. Abbildung 7.9 zeigt eine allgemeine Darstellung eines Bedienungssystems am Beispiel einer Forderungen generierenden Anzahl von Objekten (Population). Zunächst generiert die Population Forderungen, die sich an eine Warteschlange vor einem Bediener anstellen. Dabei können die Forderungen zu Clustern zusammengefasst werden. Für das Prozessverhalten ist von Bedeutung, ob die Anzahl der Individuen oder Objekte unendlich oder sehr groß, begrenzt oder sehr klein ist.

Der Input eines Bedienungssystems sind Objekte wie beispielsweise zu bearbeitende Aufträge oder zu bedienende Kunden. Es gibt verschiedene Kenngrößen, welche den Ankunftsprozess beeinflussen:

Instandhaltung

Grundlagen - Strategien - Werkstätten

Strunz, M.

2012, XLVII, 713 S. 228 Abb. Mit Online-Extras.,

Softcover

ISBN: 978-3-642-27389-6