

3.2.6.3 Das Optionalverfahren

Wie erwähnt, stellen Optionalsysteme eine Erweiterung der beiden anderen Lagerhaltungssysteme dar, in dem Kontrollmechanismen der Bestellpunkt- und der Bestellrhythmusverfahren vereinigt werden. Durch die Kombination der Meldemenge und der regelmäßigen Lageüberprüfung wird eine konsequente Überwachung der Lagerbestände und der Lagerabflüsse gewährleistet. Ob ein (t, s, Q) -System oder das (t, s, S) -System angewandt wird, bestimmt sich aus den Rahmenbedingungen. Da das Erfordernis der Bestelltermine bzw. der Lagerbestandskontrolle durch die gegebene IT-Unterstützung im Bereich der Reserveteil- bzw. Ersatzteilbewirtschaftung nicht von herausragender Bedeutung sind spielt hier der Bedarfsverlauf, d. h. die Eigenschaften des Lagerabganges die entscheidende Rolle.

Zusammenfassend wird nochmals festgehalten, dass für die Lagerhaltung in der Ersatzteillogistik ein selektives Vorgehen notwendig ist. Die materialwirtschaftlich ausgerichteten und in ihrer Grundstruktur nicht ersatzteilspezifischen Modelle erfahren erst dann eine wesentliche Erweiterung, wenn ersatzteilspezifisch zuverlässigkeitstheoretisch ausgerichtete Modelle, die konkreten hinter dem Ersatzteilbedarf stehenden Ausfallmechanismen der Betriebsmittel bzw. die gewählte Instandhaltungsstrategie berücksichtigen. Weitere Einflussgrößen, wie die Anlagenstruktur, die Instandsetzbarkeit, die mögliche Bereitstellungshäufigkeit von Ersatzteilen und natürlich die Höhe der Fehlmengenkosten von Ersatzteilen erweitern die Möglichkeiten und Verfahren zur Optimierung der Ersatzteilbewirtschaftung beträchtlich.

3.3 Ersatzteilbewirtschaftung

Um dem Ziel der logistischen Ersatzteilbewirtschaftung – einen gegebenen Bedarf an Ersatzteilen in seiner quantitativen, qualitativen, zeitlichen und räumlichen Dimension kostengünstig sicherzustellen – nachzukommen, ist eine Vielzahl von dynamischen Planungs- und Dispositionstätigkeiten zu verrichten.

Neben den engen Bezügen von einigen dieser global genannten Tätigkeiten zur industriellen Materialwirtschaft – wie etwa Verwaltung, Lagerung, Überwachung und Pflege der Bestände, der innerbetriebliche Transport und die Prinzipien der Festlegung optimaler Bestellmengen – weisen andere Tätigkeiten-Spezifika auf, die eine gesonderte Betrachtung der Ersatzteilbewirtschaftung unter Einschluss der Instandhaltung rechtfertigen.

Zur erwähnten Kostenminimierung (Fehlmengenkosten versus Bestandkosten, siehe Abschn. 3.4) müssen die relevanten Einflussgrößen systematisch erfasst und zur Ableitung der Bewirtschaftungsstrategien aufbereitet und bereitgestellt werden.

Da es bevorratungsrelevante Unterschiede zwischen Einort- und Mehrortteilen gibt, soll zuerst auf die Besonderheiten der Einortteile eingegangen werden [15].

Hierzu werden im Folgenden die Informationsinhalte und Kenntnisse der Instandhaltung und der Materialwirtschaft beschrieben, die die Basis für eine system-

übergreifende Bewirtschaftung darstellen. Dabei sind unter der Instandhaltung jene Stellen zu verstehen, welche sich mit der Wartung, Inspektion und Instandsetzung beschäftigen; unter der Materialwirtschaft jene, die für die Bewirtschaftung der Ersatzteile zuständig sind.

Zunächst ist zu ergründen, warum, wann und wie ein Teil ausfällt; respektive muss versucht werden, diese Informationsbasis näherungsweise zu schaffen.

Aus der gewählten Instandhaltungsstrategie ist dann die teileindividuelle Bewirtschaftungsstrategie zu entwickeln. Hierzu ist es nötig, die Informationen der Instandhaltung und die Kenntnisse bzw. Erfahrungen der Ersatzteilwirtschaft zu verknüpfen.

3.3.1 Informationsbasis der Instandhaltung

Als wesentlich können folgende, die Anlagen betreffende Informationsinhalte bezeichnet werden:

- Anlagenstruktur und Produktionsfluss
- Verfügbarkeits- und Zuverlässigkeitsanforderungen
- Ausfallverhalten der Instandhaltungsobjekte
- Inspektionsmöglichkeiten und -technologie
- Instandsetzbarkeit der Instandhaltungsobjekte
- Einsatzbedingungen
- Anlagenalter
- Anzahl der Einsatzstellen
- Ausfallkosten

Ausgehend von der Tatsache, dass eine Anlage nicht als ein einzelner Baustein angesehen werden kann, ist es notwendig, die *Anlage* in entsprechende *Instandhaltungsobjekte* zu differenzieren. Da die Ursache für einen Anlagenausfall und die Bevorratung von Ersatzteilen immer der Ausfall eines Elementes oder von mehreren Anlagenelementen ist, ist verständlich, dass die angesprochene Aufgliederung so weit zu gehen hat, dass die Wirkungsweise und damit die Bedeutung der Elemente erkennbar ist. Als Ergebnis dieser funktional-logischen Analyse sollten jene Elemente bekannt sein die als *ausfallrelevant* anzusehen sind. Die weiteren Betrachtungen werden sich in erster Linie auf diese Teile beziehen. Für Anlagenteile, die die Lebensdauer der Gesamtanlage determinieren (Strukturbauteile), kann – abhängig von vorhandenen Liefermöglichkeiten – eine Ausfallstrategie ohne Bereithaltung von Ersatzteilen als Ausgangsstrategie eingesetzt werden. Neben der eigentlichen Anlagenstruktur hat in diesem Zusammenhang auch die Stellung der betreffenden Anlage im Produktionsfluss Bedeutung. Sie charakterisiert und bestimmt letztendlich die Auswirkung eines Teilausfalles auf vor- und nachgeschaltete Anlagenbereiche und damit die an diese Anlage zu stellenden Verfügbarkeits- und Zuverlässigkeitsansprüche.

Mit zunehmendem Produktionsfortschritt im Herstellprozess steigt der im Produkt gebundene Wert und ein ausfallbedingter Stillstand führt zu erhöhten Ausfallkosten durch die ausfallbedingte Liegezeit des Produktes. Daher steigen mit zunehmendem Prozessfortschritt prinzipiell die Zuverlässigkeitsanforderungen.

Das Ausfallverhalten von Anlagen wird bestimmt durch das Ausfallverhalten der Subsysteme bzw. Elemente. Das ideale Informationsniveau, das Ausfallverhalten der einzelnen Anlagenteile als bekannt voraussetzen zu dürfen, wird in der Praxis in den wenigsten Fällen gegeben sein. Daher wird oftmals mit bekannten Wahrscheinlichkeitswerten gerechnet, die entweder vom Hersteller des Anlagenteils – bei Norm bzw. Standardbauteilen – bzw. aus statistischen Auswertungen von Ausfalldaten – gesammelt durch die anlagenverwendereigene Instandhaltung – stammen.

Die Möglichkeiten, durch entsprechende *off-line* oder *on-line* durchgeführte *Inspektionen* zusätzliche Informationen über das Abnutzungsverhalten der Bauteile und damit eine bessere Prognose des Ausfallzeitpunktes zu ermöglichen, erweitert die Instandhaltungsstrategien beträchtlich.

Die *Instandsetzbarkeit* der Ersatzteile beeinflusst sehr wesentlich die gewählten Instandhaltungsstrategien und darüber hinaus die Ersatzteilbewirtschaftungspolitik. Neben der austauschenden Instandsetzung mit oder ohne Bereithaltung von Ersatzteilen ist noch die ausbessernde Instandsetzung zu berücksichtigen. In diesem Fall werden die ausgefallenen Ersatzteile in instandhaltungseigenen oder fremden Reparaturwerkstätten wieder instand gesetzt und im Ersatzteillager gelagert. Damit resultiert ein je nach Unternehmenstyp unterschiedlich großer Teil der Lagerzugänge aus einer Instandsetzung von an das Ersatzteillager zurückgelieferten Anlagenteilen. Diese Ersatzteile werden *Kreislaufteile* oder manchmal auch *Wechselelemente* genannt. Hier ist darauf zu achten, dass diese Teile, egal ob sie vor Ort oder in einer zentralen Instandhaltungswerkstatt instand gesetzt werden, in einer Ersatzteilstatistik aufscheinen müssen, um das Ausfallverhalten des Ersatzteils statistisch festhalten zu können. Auch die Verwendung von aus Altanlagen gewonnenen Ersatzteilen bzw. von solchen, deren zugehörige Anlagen bereits ausgeschieden wurden, hat relativ hohe empirische Relevanz.

Nicht zuletzt aufgrund der steigenden Personalkostentangente steht heute die Bevorratung von aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzten *Baugruppen* im Vordergrund; letzteres bedingt gleichzeitig einen wertmäßigen Anstieg der Ersatzteilbestände.

Zur Bedeutung des *Anlagenalters* ist zu erwähnen, dass in der Praxis sowohl der Bedarf als auch der Bestand an Ersatzteilen mit steigendem Anlagenalter zunehmen.

Eine wichtige Information bildet auch die Erkenntnis, ob das Ersatzteil ein Einort- oder Mehrort-Teil ist. Letztere sind Teile, die an mehreren Einbaustellen einer oder mehrere Anlagen Verwendung finden und sich für eine koordinierte Ersatzteildisposition anwenden lassen.

Auch auf die Bedeutung der Ausfallkosten (Fehlbestandskosten) soll hier kurz hingewiesen werden. Details hierzu im Abschn. 3.8.

3.3.2 Informationen der Ersatzteilwirtschaft über Anlagenelemente als Entscheidungsgrundlage

Bestandsdaten

Der in der Regel hohe Bestand an Lagerpositionen muss, um praxisrelevante Informationen zu erhalten, näher differenziert werden. Dafür eignen sich entsprechende Selektionsverfahren, die in Form von Kennzahlendarstellungen eine wert- und positionsmäßige Aufteilung des Ersatzteilbestandes ermöglichen. Dabei wird in der Regel die klassische ABC-Strukturierung des Bestandes ersichtlich sein. Neben der Bestandsstrukturierung kann die Lagerumschlagsdauer, differenziert nach Bestandsgrößenklassen, dargestellt werden (siehe Abschn. 3.5.1).

Bewegungsdaten

Für die Bedarfsermittlung und logistische Ersatzteilbewirtschaftung ist eine Analyse der Bewegungsdaten (Lagerzugänge und Lagerabgänge) sowie eine Dokumentation derselben unerlässlich. Dabei sind neben den Standardinformationen (Artikelnummer, Menge, Datum usw.) wenn möglich Zusatzinformationen festzuhalten. Diese betreffen bei den Lagerzugängen die Information, ob es sich um planmäßig oder dringlich (aufgrund eines Fehlbestandes) erfolgte Bestellungen handelt. Darüber hinaus ist die Differenzierung, ob es sich beim Zugang um ein neues oder wieder instandgesetztes Ersatzteil handelt, von Bedeutung.

Die *Ersatzteillagerabgänge* sollen die Zusatzinformationen enthalten, ob die Entnahme des Ersatzteiles geplant oder ungeplant erfolgte.

3.3.3 Vorgehensweisen zur logistischen Ersatzteilbewirtschaftung

Ausgehend von der Tatsache, dass zumeist von bestehenden Ersatzteilbeständen auszugehen ist, stellt die Sicherstellung eines wirtschaftlichen Ersatzteil-Managements einen vielstufigen, iterativen Prozess dar.

Dabei ist im ersten Schritt die Ausgangssituation zu untersuchen. Dabei helfen – wie erwähnt – Analysen, die von Bäck [16] zu einem Verfahren der „vollständigen logistischen Segmentierung“ entwickelt wurden. Der Grundgedanke dabei ist die Bestimmung geeigneter Kriterienklassen, mit deren Hilfe das gesamte Ersatzteilsortiment erfasst und abgebildet werden kann. Dazu werden Felder mit Analyseklassen aufgebaut, wobei als Parameter Abgangsmengen je Artikel, Bestand je Artikel, Gesamtzahl der Artikel je Segment, Gesamtbestand je Segment, Reichweite je Artikel, Anzahl der Abgänge bzw. Zugänge, Bestandswert, Umschlaghäufigkeit usw. zum Einsatz kommen. Durch die Möglichkeit der sequentiellen Detaillierung ergibt sich ein interaktiver Analyseprozess, der über die Bestandsstruktur, den Stückbestand je Artikel bis hin zur Bevorratungsstruktur

führt. Damit ist es nicht nur möglich, die bestandsrelevanten Artikel zu identifizieren, sondern eine Klassifikation durchzuführen, die im Einklang mit den Benutzerbedürfnissen der Instandhaltung richtungweisend zur Parameterbestimmung für eine optimale Bestandsbewirtschaftung führen. Diese Identifizierung betrifft insbesondere:

- „klassische“ Reserveteile (Einort-Reserveteile mit geringerer Stückzahl und hohem Bestandswert – „A“-Teile),
- Ersatzteile, die in großer Anzahl gelagert und zumeist in einem mittleren Preissegment besonders bestandswirksam sind (zumeist Wechselelemente und damit Mehrort-Reserveteile bzw. Normbauteile – „B“-Teile) und
- Fehlerhaftes Dispositionsverhalten (z. B. Zugänge über einen bestimmten Dispositionszeitraum größer als Abgangsrate).

Nach diesem ersten Schritt sind im *zweiten Schritt* die Benutzerbedürfnisse der Instandhaltung, formuliert durch die verfolgte Instandhaltungsstrategie, die ihrerseits Hinweise auf die zu wählende Dispositionsmethodik gibt, einzubringen. Auf die Möglichkeiten hierzu wird im nächsten Abschnitt eingegangen.

Mit Hilfe der in den Schritten 1 und 2 gewonnenen Informationsbasis können für jede einzelne Ersatzteilposition die gewählte Dispositionsmethodik einerseits und die entsprechenden Parameter andererseits überprüft werden. Wiederum im Konnex mit dem erwähnten Analysemodell von Bäck (1. Schritt) können die Verbesserungspotentiale abgeleitet und in einem letzten Schritt als Planungsgröße für Bewirtschaftungsrichtgrößen vorgegeben werden.

Dabei ist nochmals zu betonen, dass die hier einzeln dargestellten Schritte als iterativer Prozess vom Gesamtbestand ausgehend bis hin zur einzelnen Ersatzteilposition zu durchlaufen sind und damit ein logistisches Ersatzteil-Controlling (Analyse-, Planungs- und Steuerungsprozess) aufgebaut werden kann.

- Ausgangsbasis für die folgenden Ausführungen bilden einerseits die für ein Anlagenmanagement bzw. für eine Baugruppe ausgewählte Instandhaltungsstrategie (siehe Kap. 2) und die in diesem Abschnitt beschriebene identifizierende Analyse bis zur Ersatzteilposition.

3.3.3.1 Auswahl einer teiletypischen Ersatzteilbewirtschaftungsstrategie bei Einortteilen

Von der im betrieblichen Alltag zumeist vorhandenen *Informationsbasis* ausgehend werden neben der gewählten Instandhaltungsstrategie nur jene Entscheidungsparameter explizit berücksichtigt, deren Informationsinhalte zumindest längerfristig bereitgestellt werden können.

Als Klassifikationskriterien werden das *Abgangsverhalten* – mit seiner Höhe und Schwankungsbreite – und die *Lieferzeit* – mit Bekanntheitsgrad und Stabilität – gewählt. Als Kernpunkt einer bestandsoptimalen Ersatzteilbewirtschaftung stellt sich die Frage: „Wann soll wie viel bestellt werden?“

Zur Lösung dieser Frage nach dem „Wann“ und „Wieviel“ können die Lieferzeit bzw. das Abgangsverhalten am besten herangezogen werden. Andere Einflussgrößen (Verschleißverlauf, Risikocharakter, Umgebungsbedingungen) werden bei der Wahl der geeigneten Instandhaltungsstrategie berücksichtigt. Der Wert der Ersatzteile findet bei der Bestimmung der optimalen Bestellmenge Berücksichtigung. Durch sinnvolle Kombination der beiden Bewirtschaftungsparameter – *Abgangsverhalten* und *Lieferzeit* – in ihren möglichen Ausprägungen (siehe Abb. 3.7), lassen sich die Ersatzteilbewirtschaftungsverfahren auf leicht nachvollziehbare Weise bestimmen.

- *Abgangsverhalten*: Es werden drei Kategorien unterschieden:
 - konstant hoher Abgang: Es erfolgen mehr als 10 Abgänge pro Jahr mit geringer Varianz. (Die Zahl 10 ist je nach geforderter Signifikanz dieser Annahmen zu variieren).
 - schwankend: Die Varianz der Abgänge schwankt stark um den Mittelwert.
 - gering: Es erfolgt maximal ein Abgang je Jahr.
- *Lieferzeit*: Es werden auch hier drei Kategorien unterschieden:
 - konstant: Der Lieferant ist termintreu und flexibel.
 - schwankend: Verteilung und Parameter der Lieferzeit sind bekannt.
 - unbekannt: Neuer Lieferant, neuer Beschaffungsweg oder neue Artikel.

Im Folgenden sind – abhängig von der gewählten Instandhaltungsstrategie – die einzelnen Entscheidungswege und die daraus resultierenden Handlungen beschrieben. Zu näheren Beschreibungen der Instandhaltungs-Strategie siehe Abschn. 2.6.

	Teilebezogene Instandhaltungsstrategien					
	vorbeugend geplante Instandhaltung				ausfallbedingte Instandsetzung	
	Fixed time maintenance FTM		Condition based maintenance CBM			
Abgangsverhalten						
konstant hoch	J	J	J	N	N	N
schwankend	N	N	N	N	N	N
gering	N	N	N	J	J	J
	N	N	N	N	N	N
	N	N	N	N	N	N
Lieferzeit						
konstant	J	N	J	J	N	N
schwankend	N	J	N	N	J	N
unbekannt	N	N	J	N	N	J
	N	N	J	N	N	J
	N	N	J	N	N	J
	N	N	J	N	N	J
Dispositionsverfahren						
verbrauchorientiert		X	X			
Stückbestand				X	X	
verzögerter Stückbestand						X
bedarfsorientiert	X	X	X	X	X	
Sonderverfahren		X	X	X	X	X

Abb. 3.7 Entscheidungstabelle zur Auswahl des geeigneten Dispositionsverfahrens

3.3.3.1.1 Minimax-Verfahren, Abgrenzungsverfahren, Adaptionsverfahren

Da diese Strategien aufgrund einer unsicheren Informationslage ausgewählt wurden, ist die Bestimmung des Ersatzteilbedarfs natürlich ebenso mit großen Unsicherheiten behaftet.

Bei der Minimax-Strategie ist neben einer Auswahl derjenigen Instandhaltungsstrategien, welche unter den pessimistischsten möglichen Annahmen die niedrigsten Kosten verursacht, auch die optimale Anzahl der Ersatzteile entsprechend zu bestimmen. Bei einer risikogeleiteten Abschätzung wird man die Anlagenkomponenten oder Baugruppen mit hohem Ausfallkostenpotenzial besonders betrachten und hierzu überlegen, wie die Ausfallauswirkungen minimiert bzw. die Eingriffserfolge maximiert werden können.

Die gleiche Vorgehensweise, d. h. Bestimmung der Menge der zu bevorratenden Ersatzteile parallel zur Strategiewahl, ist auch für das Abgrenzungsverfahren bzw. Adaptionsverfahren vorzuschlagen. Es ist aber in allen drei vorgenannten Fällen darauf zu achten, dass eine Verbesserung der Informationslage bzw. der Instandhaltungsparameter auch bei der Ersatzteilbewirtschaftungsstrategie mitberücksichtigt werden muss.

Ist der geplante Bedarf an Ersatzteilen für eine Periode festgelegt, so ist es Aufgabe der Ersatzteilwirtschaft, diesen Bedarf kostenoptimal zu befriedigen. Wie das im konkreten Fall auszusehen hat – d. h. abhängig davon, ob der Bedarf aufgrund einer Vergangenheitsanalyse oder eher aufgrund einer am zukünftigen Bedarf orientierten Prognose ermittelt wurde – wird in den nächsten Abschnitten noch genauer erläutert.

Zur Verwendung der Entscheidungstabelle ist anzumerken, dass ein Berücksichtigen aller möglichen Kombinationen die Übersichtlichkeit der Entscheidungstabelle stark reduzieren würde, weshalb im Bedarfsfall die nächstpassende Entscheidungsregel gewählt werden soll.

3.3.3.1.2 Ausfallstrategie

In den Fällen, wo ein konstant hohes bzw. schwankendes Abgangsverhalten vorliegt und von einer bekannten Lieferzeit – konstant oder schwankend – ausgegangen werden kann, wird man das Ersatzteil verbrauchsorientiert bewirtschaften.

Verbrauchsorientierte Bewirtschaftung

Man neigt in der Praxis dazu, bei der Anwendung der Ausfallstrategie einen zu hohen Sicherheitsbestand auf Lager zu legen, um das Fehlermengenrisiko und die damit verbundenen Ausfallkosten im Vergleich zu den Präventiv- bzw. Inspektionsstrategien auf einem niedrigen Niveau zu halten. An dieser Stelle soll der Unterschied zwischen „Sicherheitsbestand“ und „Risikobestand“ erläutert werden.