

Gerd Balzer · Christian Schorn

Asset Management für Infrastrukturanlagen – Energie und Wasser



Springer

VDI

Asset Management für Infrastrukturanlagen – Energie und Wasser

Gerd Balzer • Christian Schorn

Asset Management für Infrastrukturanlagen – Energie und Wasser

 Springer

Prof. Dr.-Ing. Gerd Balzer
TU Darmstadt
Fachgebiet Elek. Energieversorgung
Landgraf-Georg-Straße 4
64283 Darmstadt
Deutschland
gerd.balzer@eev.tu-darmstadt.de

Christian Schorn
EnBW Regional AG
Kriegsbergstraße 32
70174 Stuttgart
Deutschland
c.schorn@enbw.com

ISBN 978-3-642-05391-7 e-ISBN 978-3-642-05392-4
DOI 10.1007/978-3-642-05392-4
Springer Heidelberg Dordrecht London New York

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort

Die Einführung von Wettbewerbsbedingungen im Bereich der Infrastrukturunternehmen hat vielfach dazu geführt, dass neue Entscheidungs- und Organisationsstrukturen in Versorgungsunternehmen entwickelt und umgesetzt wurden. Hierbei hat sich in den letzten Jahren insbesondere im Bereich der technisch-wirtschaftlichen Betrachtung von Netzen der Begriff „Asset Management“ durchgesetzt. Hierbei besteht, ganz global betrachtet, die wesentliche Aufgabe darin, die Investitionen und den Betrieb eines Netzes zu optimieren. In diesem Zusammenhang beziehen sich die im vorliegenden Buch dargestellten Beispiele häufig auf den Bereich der elektrischen Energieversorgung, jedoch sollte dieses nur exemplarisch angesehen werden, da alle Betrachtungen auch auf andere Infrastrukturbereiche (Gas, Wasser, Telekommunikation usw.) übertragen werden können. Die verwendeten Grundlagen und Beispiele, die in den folgenden Abschnitten dargestellt werden, haben im Wesentlichen zwei verschiedenen Quellen, die aber ihrerseits wiederum die internationale Fachdiskussion in Unternehmen, Fachorganisationen und Verbänden nutzen:

- Das Fachgebiet „Elektrische Energieversorgung“ der TU Darmstadt beschäftigt sich seit 15 Jahren intensiv mit Fragen und Lösungen im Bereich des Asset Management, mit dem Ziel, die Instandhaltung unter dem Gesichtspunkt der Versorgungszuverlässigkeit zu optimieren. Die Ergebnisse dieser Arbeit drücken sich in vielen Veröffentlichungen und Dissertationen aus, die in diesem Zeitraum publiziert wurden. Den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen sei an dieser Stelle für die Arbeit recht herzlich gedankt.
- Von der EnBW Regional AG, Stuttgart, einem der größten Verteilnetzbetreiber in Deutschland wurden die Anregungen aus der Erfahrung einer entsprechenden Organisation aufgenommen. Die reale Struktur eines Asset Managements, entwickelt und ausgebaut mit nationalem und internationalem Austausch anderer Netzbetreiber und die hier durchgeführte betriebliche Umsetzung von Strategien und Prozessen dienten als Diskussionsgrundlage für die operativen Inhalte. Hier sind insbesondere Organisationsmodell und Systemlandschaft in der Informationstechnik von entscheidender Bedeutung.

Da dieser gesamte Prozess sich in permanenter Weiterentwicklung befindet und auch insbesondere vor dem Hintergrund auch politischer und regulatorischer Rah-

menbedingungen noch nicht abgeschlossen ist, stellen die in diesem Buch dargestellten Systeme, Vorgehensweisen und Ergebnisse den derzeitigen Stand sowohl der Forschungsdiskussion als auch der tatsächlichen operativen Umsetzung bei Unternehmen mit einer entsprechend entwickelten Organisation dar.

November, 2010
Darmstadt, Stuttgart

Gerd Balzer
Christian Schorn

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Grundlagen des Anlagenmanagements	1
1.2	Entwicklung des Anlagenmanagements in der letzten Dekade in Europa	4
1.3	Motivation für ein Anlagenmanagement	5
1.3.1	Gesetzliches Umfeld	6
1.3.2	Einfluss der Regulierung auf Infrastrukturunternehmen in der Energieversorgung	7
1.4	Herausforderungen der Versorgungsnetzbetreiber	9
1.5	Tätigkeiten des Asset Management	10
1.6	Zusammenfassung	13
	Literatur	13
2	Aufgaben des Anlagenmanagement	15
2.1	Strategieentwicklung	15
2.1.1	Überblick Instandhaltungsstrategie	17
2.1.2	RCM-Strategie	24
2.1.3	Instandhaltung mit Fuzzy-Logik	44
2.1.4	FMEA-Methode	59
2.1.5	Alterungsverhalten der Betriebsmittel	72
2.1.6	Lebensdauer von elektrischen Betriebsmitteln	85
2.1.7	Netzentwicklungsstrategie	88
2.1.8	Erneuerungsstrategie	98
2.1.9	Kurzfrist- und Langfristbetrachtungen	105
2.1.10	Projektentwicklung und Beauftragung	106
2.2	Entwicklung und Sicherstellen von Standards und Normen	107
2.2.1	Interne Regelwerke	107
2.2.2	Nationale und internationale Normierungsverfahren	108
2.3	Sicherstellung der Ressourcen	110
2.3.1	Material und Dienstleistungen	111
2.3.2	Betriebspersonal	113
2.3.3	Reserven und Sondersituationen	113

2.4 Zusammenfassung	114
Literatur	114
3 Steuerungsfunktionen	117
3.1 Betriebswirtschaftliche Steuerungsfunktionen	117
3.1.1 Budgetplanung und Aufbau	118
3.1.2 Budgetsteuerung und Controlling	125
3.1.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	131
3.2 Technische Steuerungsfunktionen	147
3.2.1 Störungsstatistiken	147
3.2.2 Schadensdatenbanken	151
3.2.3 Netzsubstanzbetrachtungen	153
3.2.4 Zustandsdatenbewertung	157
3.2.5 Monitoring/Diagnose	159
3.2.6 Risikoanalysen	167
3.3 Kennziffern	199
3.3.1 Zielgrößen der beteiligten Gruppen	199
3.3.2 Auswahl von Kennziffern bei einer IH-Maßnahme	200
3.3.3 Benchmarking	203
3.4 Asset-Simulationen	205
3.4.1 Entwicklung einer langfristigen Strategie	206
3.4.2 Eingabedaten	212
3.4.3 Anwendung dynamischer Simulationen	213
3.4.4 Simulation: Zustandsbewertung	215
3.4.5 Simulation: Statistische Ausfallrate	223
3.4.6 Zusammenfassung Asset Simulation	227
3.5 Statistik	228
3.5.1 Wahrscheinlichkeit	228
3.5.2 Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilung	229
3.5.3 Stetige Verteilungen	238
3.5.4 Diskrete Zufallsgrößen	249
3.5.5 Ausgleichsrechnung	252
3.6 Zusammenfassung	257
Literatur	258
4 Einbindung in die Unternehmensorganisation	261
4.1 Funktionale Aufteilung im Asset Management	262
4.2 Das Rollenmodell im Management von Infrastrukturen	264
4.3 Unternehmensorganisation	268
4.3.1 Entscheidungskriterien	269
4.3.2 Service-Provider Modell	271
4.3.3 Network-Manager Modell	272
4.3.4 Asset-Manager Modell	272
4.3.5 Asset-Owner Modell	273

4.4	Einfluss der Infrastruktursysteme auf die Organisation	274
4.4.1	Größendegression von Systemen	274
4.4.2	Einfluss der Systemhomogenität von Infrastrukturen	277
4.5	Zusammenfassung	278
	Literatur	278
5	Systemlandschaft im Asset Management	281
5.1	Daten im Asset Management	281
5.2	Enterprise Resource Planning (ERP-Systeme)	284
5.2.1	Anlagendokumentation (ADB)	286
5.2.2	Finanzmodul	289
5.2.3	Betriebs- und Instandhaltungsmodul	291
5.2.4	Projektmodul	292
5.2.5	Einkaufs- und Materialmodul	294
5.2.6	Personalmodul	296
5.3	Geo-Informationssysteme (GIS)	297
5.4	Asset Strategie Planungssysteme (ASP)	302
5.5	Investment Priorisierungs-Systeme (PPS)	308
5.6	Mobile Workforce	310
5.7	Netzplanungs- und Netzführungssysteme	312
5.8	Zusammenfassung	316
	Literatur	317
	Sachverzeichnis	319

Kapitel 1

Einleitung

Die Infrastruktur eines Landes ist die Grundlage der wirtschaftlichen Entwicklung und der bestimmende Faktor, um in einer globalen Welt sich erfolgreich entwickeln zu können. Während in sich entwickelnden Staaten in erster Linie neue Strukturen aufgebaut werden, besteht im Gegensatz hierzu in den übrigen Ländern die Aufgabe, bestehende Infrastrukturen nach dem Ende deren Lebensdauer zu erneuern.

In den letzten Jahren hat sich im Bereich der Versorgungsunternehmen der Begriff „Asset Management“ durchgesetzt und die grundsätzliche Aufgabe besteht darin, das Management dieser Infrastrukturanlagen zu optimieren, indem klare Arbeitsabläufe definiert wurden [3].

1.1 Grundlagen des Anlagenmanagements

Eine sehr gute Infrastruktur ist somit eine der wesentlichen Grundlagen, damit sowohl die Wirtschaftskraft eines Landes langfristig wachsen kann und es für Industrieunternehmen interessant wird, Investitionen vorzunehmen, als auch für das Wohlergehen der Bevölkerung, um einen ausreichenden Lebensstandard zu erreichen und zu erhalten. Zum Begriff Infrastruktur werden im Allgemeinen unterschiedliche Bereiche zusammengefasst, zu denen beispielhaft gehören:

- Energieversorgungsnetze (Elektrizität, Gas),
- Wasser-, Abwasserversorgung,
- Straßen,
- Schienennetz (Eisenbahn, Straßenbahn),
- Telekommunikation.

Dass Kennzeichnende der oben genannten Bereiche ist, dass der Bau der notwendigen Netze besonders kapitalintensiv und langfristig ist, so dass falsche Entscheidungen zu Beginn einer Investitionsphase sich erst über Jahrzehnte negativ auswirken und dann nur mit einem erheblichen Aufwand korrigiert werden können. Anlagemanagement in seiner hier beschriebenen ganzheitlichen Funktion hat die Aufgabe, unter Berücksichtigung nachvollziehbarer Planungskriterien die optimale Entwicklung und Erhaltung der Infrastruktur zu gewährleisten.

In der Versorgung mit Energie und Wasser ist eine weitestgehend lückenlose Funktion der Infrastruktur und eine vollständige Erfüllung der Anforderungen der angeschlossenen Kunden unabdingbar, Verkehrsstaus oder Besetztzeichen sind hier aus physikalischen Gründen nicht möglich. In diesem Buch konzentrieren sich die Erläuterungen zum Anlagenmanagement daher auf die Infrastruktur ausschließlich in den Bereichen Energieversorgung (Elektrizität, Gas) und Wasser. Nach [5] hatten die Investitionen in die entsprechenden Netze in Deutschland für den Aus- bzw. Neubau alleine für das Jahr 2007 die folgende Größenordnung:

- Elektrizität: 3.2 Mrd. €
- Gas: 1.6 Mrd. €
- Wasser/Abwasser: 6.0 Mrd. €

Diese Zahlen unterstreichen somit, welcher Stellenwert die richtige Entscheidungsfindung hinsichtlich eines optimalen Zeitpunktes dieser langfristigen Investitionen hat, um schonend mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen umzugehen. Darüber hinaus ist zu Bedenken, dass ausgehend von einer Monopolstellung der Versorgungsunternehmen in der Vergangenheit, heute alle Entscheidungen unter Wettbewerbsbedingungen erfolgen müssen, da vom Gesetzgeber eingesetzte Regulatoren Erlösobergrenzen für die Investitionen und die Instandhaltung der Netzinfrastuktur vorgeben und diese Erlöse auch durch Effizienzbenchmarks ermittelt werden. Basis für diese Vorgehensweise ist das im Jahre 2005 veröffentlichten Energiewirtschaftsgesetzes [11], mit den für das Anlagenmanagement wesentlichen Abschnitten:

- § 1: Zweck des Gesetzes
 - (1) Zweck des Gesetzes ist eine möglichst *sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche* leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas.
 - (2) Die Regulierung der Elektrizitäts- und Gasversorgungsnetzes dient den Zielen der Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs bei der Versorgung mit Elektrizität und Gas und der Sicherung eines *langfristig angelegten leistungsfähigen und zuverlässigen Betriebs von Energieversorgungsnetzen*.
 - (3) ...
- § 11: Betrieb von Energieversorgungsnetzen
 - (1) Betreiber von Energieversorgungsnetzen sind verpflichtet, ein sicheres, zuverlässiges und leistungsfähiges Energieversorgungsnetz diskriminierungsfrei zu betreiben, zu warten und bedarfsgerecht auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist.
- § 49: Anforderungen an Energieanlagen
 - (1) Energieanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die *technische Sicherheit gewährleistet ist*. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.
 - (2) ...

Aus den Vorgaben des Energiewirtschaftsgesetzes lässt sich somit die Pflicht der Energieversorgungsunternehmen ableiten, dass die Netze so zu errichten und zu betreiben sind, dass eine sichere und zuverlässige Versorgung gewährleistet ist, soweit dieses wirtschaftlich sinnvoll ist. Dieses bedeutet, dass die beiden grundsätzlichen Kriterien:

Technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen in jedem Fall gegeneinander bewertet werden müssen, wobei die technischen Rahmenbedingungen durch die Versorgungsqualität repräsentiert werden können. Eine Lösung dieser Fragestellung wird heute innerhalb der Versorgungswirtschaft durch ein verbreitet bereits etabliertes „Asset Management“ durchgeführt, indem nicht nur die verschiedenen Prozesse definiert, sondern zugleich auch die betrieblichen organisatorischen Strukturen entsprechend verändert werden. Beeinflusst wird dieser Prozess auch durch die Bestrebungen des „Unbundlings“, was bedeutet, dass die verschiedenen Aufgaben der ehemals integrierten Energieversorgungsgesellschaften von Erzeugung über Vertrieb zum Transport und Verteilung auch in rechtlich unabhängigen Unternehmensstrukturen ausgegliedert werden müssen.

Die beiden dargestellten Rahmenbedingungen (technisch, wirtschaftlich) werden jeweils durch die Instandhaltung und die Investitionen für neue Betriebsmittel beeinflusst, jedoch ergibt sich bei dieser Betrachtung jeweils ein gegenläufiger Einfluss auf die Kosten für das Gesamtsystems. Den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen den Kosten und der Versorgungsqualität zeigt beispielhaft Abb. 1.1

Der Zusammenhang zwischen den Kosten und der Versorgungsqualität lässt sich wie folgt ableiten:

- Kosten für Versorgungsunterbrechungen nehmen mit steigender Versorgungsqualität ab, da die Anzahl der Unterbrechungen vermindert wird und sich damit

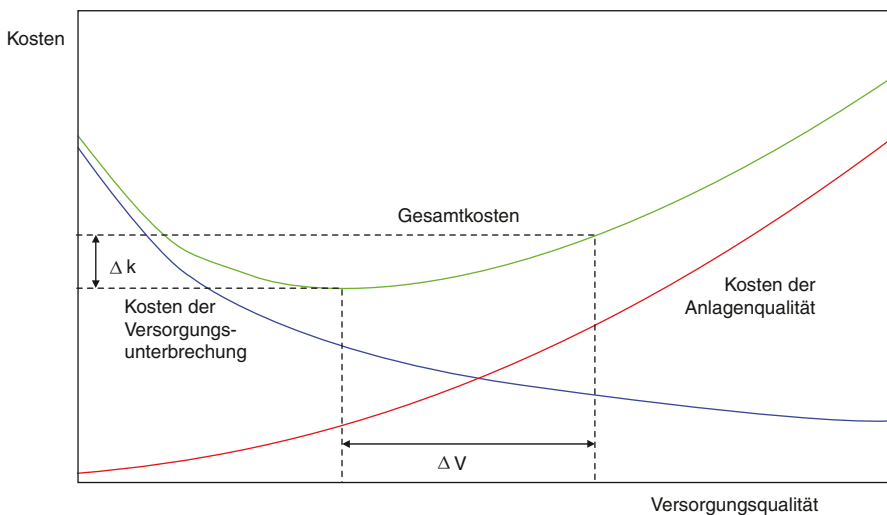


Abb. 1.1 Ermittlung des Kostenoptimums und der Versorgungsqualität

die Aufwendungen für die Behebung der Störungen (Reparaturkosten, Aufwendungen für nicht gelieferte Energie usw.) reduzieren.

- Kosten der Anlagenqualität nehmen mit steigender Versorgungsqualität zu, da ein größerer Aufwand für Instandhaltung und Neuinvestitionen für die Erreichung einer besseren Versorgungsqualität erforderlich wird.

Grundsätzlich kann nach Abb. 1.1 auch analytisch errechnet werden, welcher finanzielle Aufwand notwendig ist, wenn eine bestimmte Versorgungsqualität erreicht werden soll. Jedoch setzt dieses die Kenntnis der genauen Zusammenhänge voraus, was in der Praxis nur erreichbar wäre, wenn der genaue Zeitpunkt einer Störung voraussagbar ist und damit kurz vor diesem Ereignis Qualitätssicherungsmaßnahmen möglich sind. Die Aufgabe für das Anlagenmanagement besteht darin, das Optimum der Versorgungsqualität abzuleiten, was natürlich den gesetzlichen Vorgaben entsprechen muss.

1.2 Entwicklung des Anlagenmanagements in der letzten Dekade in Europa

Im Jahr 2000 wurde eine Broschüre der Cigre Arbeitsgruppe 37-27 veröffentlicht, die aufgrund einer Umfrage bei den Mitgliedern dieser Arbeitsgruppe eine Zusammenstellung der in Betrieb befindlichen Betriebsmittel einer Hochspannungsschaltanlage durchführten [9]. Das Ergebnis der Altersverteilung zeigt Abb. 1.2.

Die Altersverteilung nach Abb. 1.2 verdeutlicht den Einfluss der unterschiedlichen Technologien auf dem Gebiet der Leistungsschaltertechnik (LS), wobei in den letzten Jahren sich ein deutlicher Technologiewandel mit Übergang von Druckluftschaltern (Luft-LS) über ölarme (Öl-LS) zu SF_6 -Leistungsschaltern vollzogen hat.

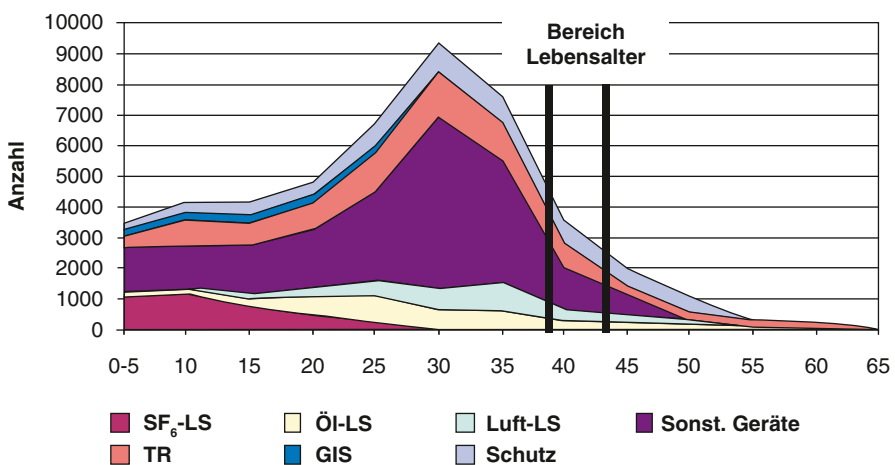


Abb. 1.2 Anzahl der Betriebsmittel und Altersverteilung (Stand 1998) [9]

Darüber hinaus wurden Ende der 60er-Jahre die ersten gekapselten Schaltanlagen (GIS) installiert, die heute den Stand der Technik darstellen, wenn Anlagen aufgrund der Platz- und Umgebungsverhältnisse nicht in Freilufttechnik ausgeführt werden können. Der starke Aufbau insbesondere in Mitteleuropa nach dem zweiten Weltkrieg führte dazu, dass in den 50er und 60er Jahren die Energieversorgungsnetze sehr stark ausgebaut wurden. Diese Entwicklung verstärkte sich noch in den sogenannten „Wirtschaftswunderjahren“. Damit erforderte der Lastzuwachs den weiteren Ausbau, so dass einerseits viele Geräte schon vor dem Ende der Lebensdauer aufgrund der Übertragungsfähigkeit und des technologischen Fortschritts durch neue ersetzt und andererseits neue Netze errichtet wurden. Diese Entwicklung lässt sich auch in der oben gezeigten Altersstruktur ablesen, die rückgerechnet vom Jahr 2000 die starke Investitionstätigkeit der 60er und 70er Jahre und das darauffolgende Abflachen aufzeigt. In dieser Situation stand die Befriedigung der Kundenbedürfnisse und der zeitnahe und zügige Ausbau der Infrastruktur im Vordergrund, ein Anlagenmanagement war nicht erforderlich.

Im Gegensatz hierzu wird heute einerseits von einem geringeren Lastzuwachs ausgegangen, so dass es sinnvoll ist, die vorhandenen Betriebsmittel bis an das Ende des tatsächlichen technischen Lebensdauer auszunutzen, andererseits verändert sich die Struktur der Versorgungsnetze insbesondere im Elektrizitäts- und Gasbereich durch die Entstehung vieler kleiner Erzeugungseinheiten. Wird nach Abb. 1.2 ein mittleres Betriebsalter der eingesetzten Geräte von ca. 40 Jahre angenommen, so zeigt sich, dass in den nächsten Jahren mit einer steigenden Anzahl von Neuinvestitionen zu rechnen ist. Dazu müssen für die Steuerung und Gewährleistung der Versorgungszuverlässigkeit neue Technologien entwickelt und eingesetzt werden, das Schlagwort „Smart Grid“ taucht hierbei immer öfter in der Diskussion auf. Hierbei wird mit „Smart Grid“ der verstärkte Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie in elektrische Netze verstanden, um aufgrund der volatilen Einspeisung von regenerativen Erzeugungseinheiten (Wind, Sonne) den Bedarf an elektrischer Energie anzupassen. Die hieraus entstehende „Investitionslawine“ wird sowohl die Personalressourcen der Versorgungsunternehmen stark beeinflussen, als auch die finanziellen Mittel, da es sich hierbei um kapitalintensive und langfristige Investitionen handelt.

1.3 Motivation für ein Anlagenmanagement

Die langfristige Sicherstellung einer zuverlässigen Netzinfrastruktur ist eine bedeutende Aufgabe des Asset Managements, was aufgrund des Energiewirtschaftsgesetzes verlangt wird [11]. Dabei ist – neben der Berücksichtigung der verschiedenen Einfluss- und Zielgrößen der unterschiedlichen Interessengruppen – die ganzheitliche Betrachtung des Asset Management Prozesses zwingend notwendig. Die Hauptaufgabe ist somit die langfristige Ertragsoptimierung bei gleichzeitigem hohen Versorgungsstandard und akzeptablen Risiken. Ausgehend von den unterschiedlichen Definitionen und Tätigkeitsfeldern der am Asset Management Prozess Beteiligten können verschiedene Modelle hinsichtlich der betrieblichen Umsetzung

gewählt werden. Zudem ist ein integrierter und vernetzter Informations- und Entscheidungsfluss erforderlich, um so eine Stringenz und Durchgängigkeit von der Erstellung einer Asset-Strategie für das gesamte Netz bis zur Umsetzung einer konkreten Maßnahme bei einem Betriebsmittel zu ermöglichen.

1.3.1 Gesetzliches Umfeld

Die Märkte für leitungsgebundene Energien (Gas, Elektrizität) sind in Deutschland durch die Energierechtsnovelle 1998 [7] geöffnet worden. Bis zu diesem Zeitpunkt besaßen die Versorgungsunternehmen in ihren Versorgungsgebieten ein kartellrechtlich freigestelltes Monopol. Weiterführende gesetzliche Regelungen wurden durch die Energierechtsnovelle 2003 [6], in der die Änderungen den ungehinderten Zugang Dritter zu den Versorgungsnetzen betrafen, um den Wettbewerb zu intensivieren.

Durch das Inkrafttreten der Energierechtsnovelle am 13. Juli 2005 [11] erfolgte der Übergang vom verhandelten zum regulierten Netzzugang. Grundlage ist, dass die Erlöse nicht mehr zwischen den am Markt beteiligten Gruppen verhandelt, sondern durch gesetzliche Vorgaben (Regulator) vorgegeben werden [10].

Wesentlich für den Wettbewerb sind die Bestimmungen zur Entflechtung des Netzbetriebs, hierbei sind die Versorgungsnetzbetreiber in rechtlich selbständige Einheiten zu führen, wobei Ausnahmeregelungen für kleinere Versorgungsunternehmen möglich sind. Abbildung 1.3 zeigt als Folge der zeitlichen Entwicklung

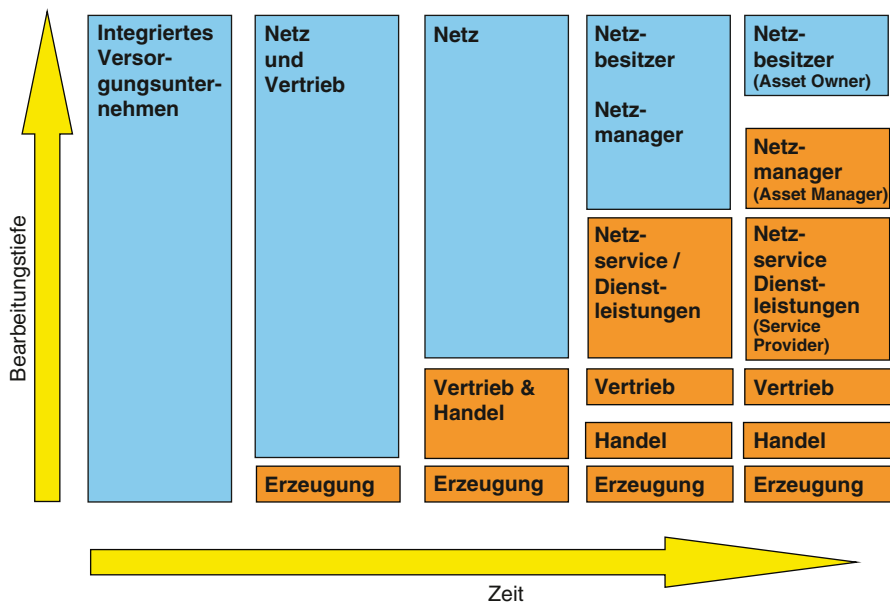


Abb. 1.3 Zeitliche Entwicklung der Versorgungsunternehmen

den Übergang von einem integrierten Versorgungsunternehmen, zu einem Verbund von verschiedenen Teilen, indem in Abhängigkeit des Know-hows verschiedene Bereiche separat betrieben werden können.

Ausgehend von einem Unternehmen, welches alle Funktionen abdeckte, werden heute die unterschiedlichen Funktionen durch klar abgegrenzte Einheiten bedient, die wie folgt definiert sind:

- Netze Transport
- Netze Verteilung
- Vertrieb
- Handel
- Erzeugung.

Dabei lässt sich die interne Organisation in den Netzbereichen weiter auf drei Hauptfunktionen unterteilen im Sinne eines Rollenmodells:

- Netzbesitzer (Asset Owner)
- Netzmanager (Asset Manager)
- Netzservice, Dienstleistungen (Service Provider)

Aufgrund der oben beschriebenen Änderung der gesetzlichen Vorgaben werden neue Geschäftsmodelle mit entsprechenden Führungsprozessen und Steuerungsfunktionen entwickelt, um den neuen Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen.

1.3.2 Einfluss der Regulierung auf Infrastrukturunternehmen in der Energieversorgung

In der Vergangenheit wurden die Erlöse eines Versorgungsunternehmens aufgrund des Monopols auf der Basis einer Kalkulation sämtlicher Ausgaben (Investitions- und Betriebskosten) ermittelt, einschließlich eines angemessenen Betrags für das eingesetzte Kapital. Durch den Übergang zur Anreizregulierung [10] werden Erlösobergrenzen vorgegeben, die dem Unternehmen zur Verfügung stehen. Anlass für den Einsatz der Anreizregulierung war der in den Augen der Politik grundsätzlich fehlende Effizienzdruck der Unternehmen vor Zeiten der Regulierung, da als Folge der Kostenerstattung für sämtliche Netzaufwendungen der Anreiz fehlte, kostenoptimal die Versorgung sicherzustellen.

Die Anreizregulierung dient somit in einem aufgrund der technischen Rahmenbedingungen grundsätzlich Monopolmarkt Wettbewerbsbedingungen einzuführen, da es für neu eintretende Wettbewerber nicht sinnvoll ist, eine parallele Infrastruktur vorzuhalten, die in der Errichtung auch noch äußerst kapitalintensiv ist.

Nach [6] beginnt die erste Regulierungsperiode am 1. Jan. 2009, wobei diese Periode fünf Jahre dauert. Der wesentliche Bestandteil der Verordnung besteht darin, dass eine Erlösobergrenze festgeschrieben wird, die die zulässigen Gesamterlöse eines Netzbetreibers festlegen. Diese Erlösobergrenze bestimmt sich nach Gl. (1.1)

zu, wobei der Einfluss eines Qualitätselementes Q_t erst in weiteren Regulierungsperioden umgesetzt wird:

$$EO_t = KA_{dnb,t} + (KA_{vnb,0} + (1 - V_t) \cdot KA_{b,0}) \cdot \left(\frac{VPI_t}{VPI_0} - PF_t \right) \cdot EF_t + Q_t \quad (1.1)$$

Die verschiedenen Parameter nach der Gl. (1.1) definieren sich wie folgt:

EO_t	Erlösobergrenzen aus Netzentgelten
$KA_{dnb,t}$	dauerhaft nicht beeinflussbarer Kostenanteil
$KA_{vnb,0}$	vorübergehend nicht beeinflussbarer Kostenanteil
V_t	Verteilungsfaktor für den Abbau von Ineffizienten
$KA_{b,0}$	Beeinflussbarer Kostenanteil
VPI_t	Verbraucherpreisgesamtindex
VPI_0	Verbraucherpreisgesamtindex (Statistisches Bundesamt)
PF_t	Produktivitätsfaktor
EF_t	Erweiterungsfaktor
Q_t	Zu- und Abschläge auf die Erlösobergrenzen (Qualitätselement)

Für eine Beurteilung, welche Kosten nach Gl. (1.1) für den Asset Manager von Interesse sind, ist eine detaillierte Beschreibung einiger Größen wesentlich:

- Dauerhaft nicht beeinflussbarer Kostenanteil, z. B.:
 - gesetzliche Abnahme- und Vergütungsverpflichtungen,
 - Konzessionsabgaben,
 - Betriebssteuern,
 - Ausgaben des genehmigten Investitionsbudgets, hierzu gehören Ausgaben für Investitionen, die zur Stabilität, der Einbindung in das Gesamtsystems bzw. Verbundnetz oder einer bedarfsgerechten Ausbau des Energieversorgungsnetzes dienen,
 - Erforderliche Inanspruchnahme vorgelagerter Netzebenen,
 - Vergütungen für dezentrale Einspeisungen,
 - Berufsausbildung und Weiterbildung usw.
- Vorübergehend nicht beeinflussbarer Kostenanteil: Diese Kosten werden aus den Gesamtkosten ermittelt, wenn der Netzbetreiber Besonderheiten bezüglich seiner Versorgungsaufgabe nachweisen kann.
- Beeinflussbarer Kostenanteil: Diese sind die Kosten, die nicht den beiden oben definierten Kostenanteile zugeordnet werden können, hierzu gehören beispielhaft die Reparatur- und Instandhaltungskosten der Netze.

Die Aufwendungen für die Instandhaltung der Versorgungsnetze stellt somit eine wesentliche Kostengröße dar, die vom Asset Manager zu beeinflussen ist. Grundsätzlich ist es möglich, durch eine Vergrößerung der Wartungsintervalle Kosten zu sparen, jedoch wird dieses u. U. zu einer Verschlechterung der Versorgungszuverlässigkeit führen. Zur Kontrolle der Netzzuverlässigkeit ist in der Anreizregulierung ein Qualitätselement ([10], § 19) enthalten, um eine ausreichende Zuverlässigkeit

zu gewährleisten. Durch die Einführung des Q-Elementes soll die Netzzuverlässigkeit, Sicherheit und Versorgungsqualität gewährleistet sein, da der Netzbetreiber den Anreiz hat, durch die Einhaltung der Qualitätsvorgaben einen höheren Erlös genehmigt zu bekommen. Die Bewertung der Netzzuverlässigkeit kann hierbei nach ([10], § 20) durch folgende Kriterien erfolgen:

- Dauer der Unterbrechung der Energieversorgung,
- die Häufigkeit der Unterbrechung der Energieversorgung,
- die Menge der nicht gelieferten Energie und
- die Höhe der nicht gedeckten Last.

Werden die oben aufgeführten Kriterien, bezogen auf den Durchschnitt der gesamten Versorgung, unter- oder überschritten, so können seitens des Regulators Zu- oder Abschläge auf die Erlösobergrenze vorgenommen werden (Q_t).

Trotz der vielfältigen Regulierungsvorgaben, ist grundsätzlich zu beachten, dass der Versorgungsnetzbetreiber in einer privatwirtschaftlichen Marktstruktur die letzte Verantwortung für den Netzbetrieb hat.

1.4 Herausforderungen der Versorgungsnetzbetreiber

Als Folge der gesetzlichen Vorgaben und der vielfältigen technischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, ergeben sich für den Versorgungsnetzbetreiber wesentliche Herausforderungen, die in den nächsten Jahren zu lösen sind und damit die Infrastruktur sehr stark beeinflussen werden. Hierzu gehören:

- Beibehaltung der Versorgungszuverlässigkeit,
- Einbindung dezentraler Einspeisung,
- Einbindung von Offshore Windparks,
- „Unbundling“ der unterschiedlichen Bereiche,
- Einführung der Anreizregulierung, Beachtung der regulatorischen Vorgaben,
- Sicherstellung einer preiswerten Energieübertragung,
- Optimierung der Erlös- und Gewinnsituation,
- Optimierung der Instandhaltung,
- schonender Umgang mit den vorhandenen Ressourcen,
- Steuerung der Ersatzinvestitionen von Betriebsmitteln (Ende der technischen Lebensdauer),
- Einbindung von Informations- und Kommunikationstechnik zur Steuerung der Netze und zur Datenübertragung der Messgeräte,
- Definition von Zielnetzen.

Das wesentliche Kriterium hierbei ist, dass verschiedene Trends zur gleichen Zeit sich überlagern und einer Lösung bedürfen, aus denen sich die oben aufgeführten ableiten lassen. Zu diesen Trends zählen:

- Verstärkte Wettbewerbsbedingungen,
- ansteigender Investitionsbedarf in den nächsten Jahren,

- Einbindung von regenerativen elektrischen Energiequellen (Wind, Sonne),
- erhöhter Speicherbedarf für den Ausgleich der fluktuierenden Energieerzeugung.

Die oben beschriebenen Teilaufgaben stellen eine besondere Beanspruchung hinsichtlich der vorhandenen Ressourcen nicht nur für die am Prozess beteiligten Personen dar, sondern auch für die finanziellen Mittel eines Versorgungsunternehmens.

Grundsätzlich besteht keine Notwendigkeit, sämtliche Aufgaben innerhalb eines Unternehmens abzudecken. Dieses hängt von den zur Verfügung stehenden Kompetenzen ab, die deshalb auch dann als Konsequenz ständig vorgehalten werden müssen. In vielen Fällen kann es aus diesem Grunde besser sein, verschiedene Leistungen öffentlich auszuschreiben, um wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen zu haben.

1.5 Tätigkeiten des Asset Management

Die Entwicklung, Steuerung und Optimierung der technischen Assets eines Unternehmens wird über einen Entscheidungsprozess geführt, an dem folgende Bereiche mit unterschiedlichen Interessen und Aufgaben beteiligt sind. Diese Bereiche stellen die Grundlage eines dreigeteilten Rollenmodells dar [2, 4, 8].

- Der „Asset Owner“ vertritt die Funktion des wirtschaftlichen Eigentümers der Betriebsmittel/Assets, wobei dies auch über Pachtmodelle möglich ist. Er gibt die grundlegenden Prämissen bezüglich Qualität, akzeptablen Risiken, Versorgungszuverlässigkeit, Anlagensubstanz und Finanzierung vor, so dass die Basisstrategien festgelegt sind. Er ist der Ansprechpartner gegenüber dem Regulator und macht auch das Regulierungsmanagement. Der Asset Owner ist somit der Auftraggeber des Asset Managers und genehmigt das Gesamtbudget für die verschiedenen Netzebenen.
- Der „Asset Manager“ definiert auf den grundlegenden Vorgaben des Asset Owners technische Einzelstrategien, hauptsächlich auf den Gebieten Netzentwicklung, Investition und Instandhaltung. Er ist somit verantwortlich für die Umsetzung der Vorgaben des Asset Owners in einen Arbeitsplan zur Erfüllung der Ziele. Der Asset Manager identifiziert die notwendigen Maßnahmen und veranlasst die Umsetzung auf der Basis technischer Standards, deren Festlegung ebenfalls in seinen Aufgabenbereich gehört. Abschließend muss er ein entsprechendes Controlling seiner Maßnahmen bezüglich Geldeinsatz und Versorgungsqualität aufsetzen, um die Wirksamkeit der Maßnahmen zu ermitteln und ggf. Korrekturen in den Strategien und Standards vorzunehmen. Die Aufgabe des Asset Managers ist es somit, das Optimum zwischen den folgenden Problemkreisen zu suchen: geschäftliches Risiko, Netzverfügbarkeit und finanzielle Ausgaben zur Erhaltung der Netzsubstanz. Für die operative Umsetzung setzt er als Auftraggeber den Service Provider ein.
- Der „Service Provider“ führt sämtliche Dienstleistungen hinsichtlich der Abwicklung des Netzbetriebs und Projekten im Auftrage des Asset Managers durch, hierbei können im einzelnen zwei Fälle unterschieden werden:

- „Support Service Provider“, der allgemeine Dienstleistungen, wie z. B. Finanzierung, Einkauf und Informationstechnik, zur Verfügung stellt.
- „Asset Worker“, der zuständig für die operativen technischen und betrieblichen Abläufe wie z. B. Anlagenbetrieb, Projektierung und Bausausführung ist.

Darüber hinaus sind vielfältige Grundleistungen (z. B. Dokumentation, Pflege von Datenbanken und Stellungnahmen) und die Ermittlung von Zuständen und den Bedürfnissen als Grundlage für die Ableitung der Budgets zu erbringen.

Die Arbeitsgruppe TF 23.18 der Cigre führte im Jahr 2000 eine Umfrage bei ihren Mitgliedern über die Aufgaben der am Entscheidungsprozeß Beteiligten durch, wie sie oben definiert sind. Das Ergebnis der Befragung [4], an der 16 verschiedene Unternehmen teilgenommen haben, zeigt Abb. 1.4.

Aus der Darstellung ist zu entnehmen, welcher Teilnehmer an den verschiedenen Aufgaben beteiligt ist (Wertung zwischen 0 und 100 %), wobei Mehrfachnennungen möglich waren. Die Rolle des Asset Owners wird in erster Linie in der Festlegung der Geschäftspolitik und der finanziellen Vorgaben (Budget und Umsatz) für den Asset Manager gesehen. Die Aufgabenverteilung des „Service Provider“ unterteilt sich hierbei in die Bereiche externe und interne Service Provider und des Asset Workers (Operation).

Ausgehend von der Aufgabenzuordnung nach Abb. 1.4 im Asset Management kann eine „Pyramide des Asset Management-Prozesses“ abgeleitet werden, die sowohl den Ablauf des Entscheidungsprozesses darstellt als auch den hierfür notwen-

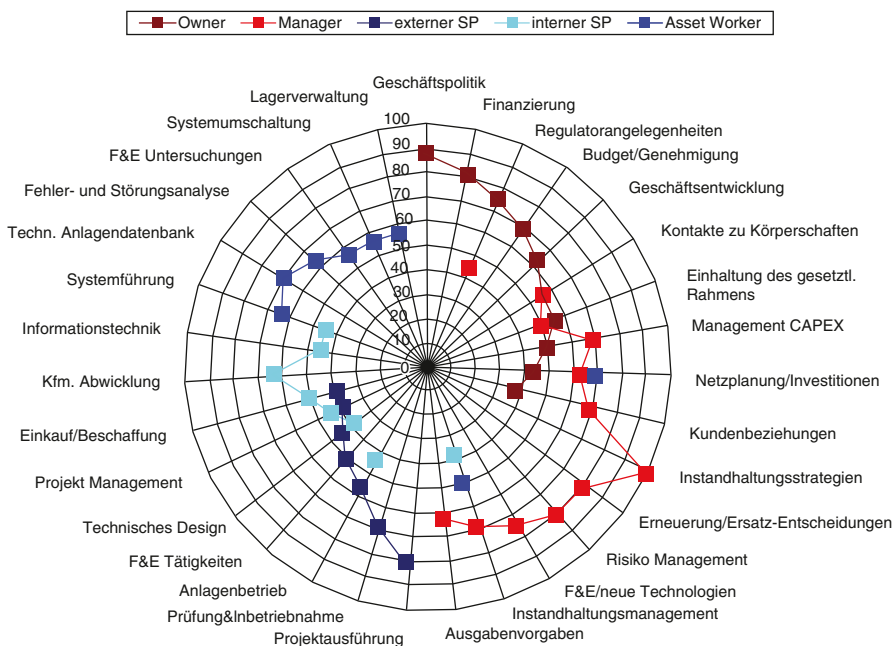


Abb. 1.4 Aufgabenverteilung im Bereich des Asset Management [4]

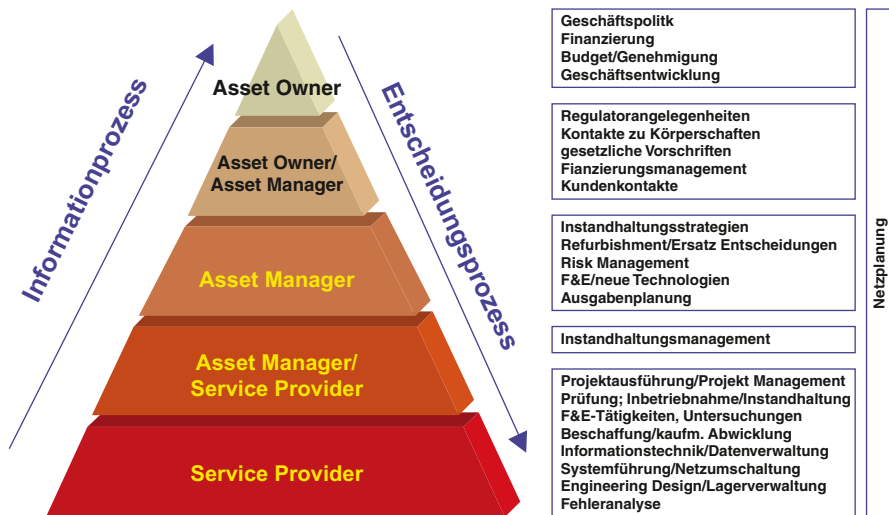


Abb. 1.5 Pyramide des Asset Management Prozess [1]

digen Informationsfluss (Abb. 1.5). Aufgrund der Umfrage bei den verschiedenen Unternehmen gab es einige Tätigkeitsfelder, die eindeutig den drei Funktionen (Asset Owner, Asset Manager und Service Provider) zugeordnet werden, wohingegen andere jeweils in Abhängigkeit der jeweiligen Unternehmensstruktur überlappend wahrgenommen werden. Während der Informationsfluss über den Zustand der Betriebsmittel von der Basis bis zur Unternehmensspitze geht, ist der Entscheidungsprozess in umgekehrter Reihenfolge anzusetzen. Der Asset-Manager übernimmt an den jeweiligen Nahtstellen zu Asset-Owner und Service Provider die Abstimmungs- und Umsetzungsaufgaben und hat somit im Informationsprozess einerseits und im Entscheidungsprozess andererseits eine zentrale Funktion.

Innerhalb der Asset-Entscheidungen (Netzentwicklung, Erneuerung und Instandhaltung) umfasst die für den Asset-Manager grundlegende Lebensdauerbetrachtung verschiedenste zum Teil konkurrierende Zielgrößen. Angefangen bei der langfristigen strategischen Asset Planung und der Netzentwicklung, über die Projektierung, die Ausführungsplanung, die Inbetriebnahme, bis hin zu dem Betrieb oder der Erneuerung, wobei die Strategieauswahl zu Beginn des Prozesses den größten Einfluss auf den finanziellen und qualitativen Erfolg des Entscheidungsprozesses hat. Bei diesen Überlegungen sind auf der Grundlage von festzulegenden Planungsvoraussetzungen selbstverständlich technische Randbedingungen einzuhalten wie z. B. die Spannungshaltung, Versorgungssicherheit, Immissionswerte und Grenzwerte der Betriebsmittelauslastung. Auf dieser Grundlage entsteht die Entscheidungsmöglichkeit für die wirtschaftlichste Vorgehensweise für die betrachteten Betriebsmittelgruppen oder Netzteile.

Als Unterstützung des Entscheidungsprozess auf der Asset Owner- und Asset Manager-Ebene bieten sich Vielfach Asset Simulationen an, hierbei können die Ziele wie folgt definiert werden.

- Strategieentwicklung und -optimierung,
- Kostenersparnisse (ableiten von Life-cycle-Kurven der Betriebsmittel),
- Bewertung der Netzzrisiken (Auswirkung und Konsequenzen von Störungen),
- Ermittlung der Instandhaltungsmaßnahmen,
- Festlegung des jährlichen Budgetbedarfs,
- Strategieüberprüfung auf der Basis des genehmigten Budgets,
- Anpassung der erforderlichen Maßnahmen.

Der Nutzen der Simulationen ist zum Beispiel:

- Transparente und nachvollziehbare Grundlage,
- Basis für den effizienten Einsatz knapper Ressourcen,
- Basis für die Identifikation der größten Werthebel,
- Belegbare Argumentation für die interne und externe Kommunikation.

Die detaillierten Aufgaben innerhalb des Asset Management Prozesses und die hieraus sich ergebenden Konsequenzen auf die Strukturen innerhalb des Unternehmens werden ausführlich in Kap. 4 dargestellt.

1.6 Zusammenfassung

Als Folge der neuen Rahmenbedingungen, die die Versorgungswirtschaft in den letzten Jahren grundlegend verändert hat, ergibt sich eine klare Strukturierung des Entscheidungsprozesses, wie Infrastrukturanlagen langfristig betrieben werden können. Während der Asset Owner im Wesentlichen für die Geschäftsentwicklung und die Bereitstellung der finanziellen Mittel zuständig ist, bezieht sich die Aufgabe des Asset Managers auf die Umsetzung der Strategien unter Berücksichtigung der sonstigen Vorgaben. Im Gegensatz hierzu erfolgt vom Service Provider die Durchführung der verschiedenen Tätigkeiten als Folge definierter Aufträge durch den Asset Manager.

Die Konsequenz ist, dass durch diese Strukturierung klare Schnittstellen zwischen den verschiedenen Kompetenzen definiert werden, damit ein Entscheidungsprozess abgebildet werden kann, der zu einer optimalen Entwicklung bzw. Erhalt der Infrastrukturanlagen führen sollte.

Literatur

1. Balzer G, Gaul A, Neumann C, Schorn C (2007) The general asset management process of power systems. CIGRE-Symposium, report 212, Osaka, 1–4 Nov 2007
2. Balzer G, Benz T, Schorn C, Spitzer H (2005) Asset Management in Energieversorgungsunternehmen. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 55(8):552–555
3. Balzer G, Benz T, Gößmann T, Schorn C (2008) The general asset management process of power sSystems. CEPSI (2008), report 1052, Macau, 26–31 Oct 2008

4. Bartlett S (2002) Asset management in a de-regulated environment. Cigre Session 2002, Bericht 23-303, Paris
5. BDEW-Jahresbericht (2008)
6. Erstes Gesetz zur Änderung des Gesetzes zur Neuordnung des Energiewirtschaftsrechts vom 20. Mai 2003
7. Gesetz zur Neuordnung des Energiewirtschaftsrechts vom 24. April 1998
8. Maintenance outsourcing guidelines by JWG 2339-14
9. Smith P, Balzer G et al (2000) Ageing of the system – impact on planning. working group 37–27. Cigre, Report 176, December 2000
10. Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze (Anreizregulierungsverordnung – ARegV), Ausfertigungsdatum: 29 Okt 2007
11. Zweites Gesetz zur Neuordnung des Energiewirtschaftsrechts vom 7. Juli 2005

Kapitel 2

Aufgaben des Anlagenmanagement

Zur Erfüllung der in Abschn. 1.5 aufgeführten Ziele, die im Anlagenmanagement zu erreichen sind, können die unterschiedlichen Aufgaben definiert werden. In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung der Strategie und zu deren Umsetzung notwendigen Ressourcen von wesentlicher Bedeutung. In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Aufgaben eingehend dargestellt.

2.1 Strategieentwicklung

Die nach Kap. 1.5 definierten Aufgaben im Asset Management können in unterschiedliche Teilaufgaben untergliedert werden, wodurch sich entsprechende Arbeitsschritte definieren lassen. Hierbei ist es sinnvoll, diese Reihenfolge bei der Bearbeitung einzuhalten, da sie dem Ablauf des Entscheidungsprozesses nach Abb. 1.5 entspricht [13].

- Arbeitsschritt 1: Festlegung der Gesamtstrategie für alle Betriebsmittel
Mit Hilfe einer langfristigen Analyse werden die gesamten Systemkosten ermittelt, so dass sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten für einen längeren Strategiezeitraum (z. B. 10 Jahre) abgeleitet werden können. Dies geschieht unter Berücksichtigung verschiedener Instandhaltungsstrategien einerseits und weiteren Rahmenbedingungen, andererseits wie z. B. die nicht gelieferte Energie oder die Anzahl an Störungen an bestimmten Netzknoten aber auch Themen wie Konjunkturentwicklung und politische Rahmenbedingungen (Erneuerbaren Energiegesetz, Eigenheimzulage, etc.). Ein Ergebnis hieraus ist sowohl der langfristige Mittelbedarf im Netz als auch daraus abgeleitet das jährliche Budget für die Entwicklung, Erneuerung und Wartung der Betriebsmittel, welches dem Asset-Manager für die Erfüllung seiner Aufgaben zur Verfügung steht.
Die Vorgehensweise dieser Teilaufgabe ist beschrieben in den Abschn. 2.1.8 (Erneuerungsstrategie) und 3.4 (Asset Simulation).
- Arbeitsschritt 2: Umsetzung der Gesamtstrategie und Ableitung der einzelnen Asset-Entscheidungen auf Betriebsmittelebene.

Ausgehend von den Ergebnissen der finanziellen Rahmenbedingungen, die im ersten Arbeitsschritt ermittelt werden, erfolgt eine Auswahl der Betriebsmittel, die einer Wartung bzw. einer Erneuerung zu unterziehen sind. Die Festlegung erfolgt hierbei unter Berücksichtigung des Zustands des Betriebsmittels und der Wichtigkeit für das gesamte System.

In diesem Zusammenhang wird in der Praxis vielfach die RCM-Strategie nach Abschn. 2.1.2 eingesetzt.

- Arbeitsschritt 3: Auswahl der geeigneten Instandhaltungsmaßnahme
Nach der Auswahl des für eine Instandhaltung vorgesehenen Betriebsmittels, erfolgt in diesem Arbeitsschritt die Entscheidung, welche Instandhaltungs-Aktivität (z. B. Ersatz oder Revision) unter Berücksichtigung der Konsequenzen angewendet wird, die durch einen Ausfalls hervorgerufen werden. Hierbei sind Risikobetrachtungen u. U. hilfreich, die ausführlich in Abschn. 3.2.6 beschrieben werden.
- Arbeitsschritt 4: Optimale Wartungsmaßnahme der Betriebsmittel
Während die ersten drei Arbeitsschritte sich mit den Betriebsmitteln bezogen auf das Gesamtsystem beschäftigen, wird in diesem Fall die Entscheidung ausschließlich auf der Betriebsmittelebene durchgeführt. Mit Hilfe einer FMEA-Untersuchung (Fehler-Mode-Effekt-Analyse) kann die optimale Wartung für einen Betriebsmitteltyp bestimmt werden, unter Berücksichtigung von Fehlerstatistiken und den Konsequenzen einer Störung für das Gesamtsystem.
Die Beschreibung der FMEA-Methode erfolgt beispielhaft in Abschn. 3.2.6.

Die Erarbeitung der verschiedenen Strategien wird im Anlagenmanagement in der Praxis unter Berücksichtigung von vorher definierten Key Performance Indicators (KPI, Kennziffern, Kap. 3.3) erfolgen, unter Berücksichtigung von Benchmark-Ergebnissen mit internen und externen Netzbetreibern. Die verschiedenen übergeordneten Strategien können hierbei in verschiedene Tätigkeitsfelder mit den dazugehörigen Einzelaufgaben unterteilt werden:

- Netzentwicklung:
 - Erstellung des Zielnetzkonzeptes bzw. dessen kontinuierliche Anpassung,
 - Definition der Netzplanungsprämissen,
 - Festlegung der Auslastung,
 - Berücksichtigung des Netzkundenbedarfs in der Planung,
 - Identifikation und Beauftragung (Lastenhefte) der Einzelprojekte.
- Instandhaltung:
 - Festlegung der Instandhaltungszyklen,
 - Zustandsbewertung der Betriebsmittel,
 - Entscheidung über die Vorgehensweise bei entstandenen Schäden an Betriebsmitteln,
 - Festlegung des Arbeitsumfangs,
 - Bereitstellung der Ressourcen (Material, Finanzen)
 - Beauftragung der Umsetzung beim Asset Service.

- Erneuerung:
 - Definition von Einzelstrategien
 - Festlegung des Zeitpunkts für die Betriebsmittelerneuerung incl. des Umfangs,
 - Entscheidung über die einzusetzende Technologie
 - Bereitstellung der Ressourcen (Finanzen, Spezifikationen, Lieferanten)
 - Beauftragung der Umsetzung beim Asset Service.

Mit den Ergebnissen der oben aufgeführten Tätigkeiten ist es möglich, die Aufgaben des Asset Managements zu erfüllen und ein Infrastrukturnetz optimal zu betreiben.

Nach [28] werden unter dem Begriff Instandhaltung alle Maßnahmen (incl. des Managements) zusammen zusammengefasst, die während des Lebenszyklus eines Instandhaltungsobjektes zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustands oder der Rückführung in diesen notwendig sind, so dass die geforderten Funktionen erfüllt werden.

2.1.1 Überblick Instandhaltungsstrategie

Bei Betriebsmitteln von Infrastrukturanlagen werden verschiedene Instandhaltungsstrategien angewendet, die auch den Ersatz bzw. den Austausch festlegen. Die Auswahl der Strategie für eine Betriebsmittelgruppe hängt von verschiedenen Randbedingungen ab, die im Einzelfall zu beachten sind. Zu diesen Randbedingungen gehören beispielhaft.

- Ausfallverhalten des Betriebsmittels,
- Konsequenz im Fall einer Störung,
- Vergleich der Instandhaltungskosten bezogen auf den Investitionswert,
- Ersatzbeschaffung,
- Reparaturzeit bzw. Unterbrechungszeit des Betriebs,
- Ersatzteilbeschaffung und Bevorratung,
- Technologie,
- usw.

Im Weiteren werden die grundsätzlichen Unterscheidungen der verschiedenen Strategien aufgezeigt und verglichen.

2.1.1.1 Definitionen

Die Instandhaltung von Betriebsmitteln hat die Aufgabe, die Verfügbarkeit und die Leistungsfähigkeit der Netzkomponenten über die gesamte Lebensdauer zu sichern. Grundsätzlich besitzt jedes Betriebsmittel einen Abnutzungsvorrat, der durch geeignete Instandhaltungsmaßnahme beeinflusst werden.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass zwischen der Verfügbarkeit einer Komponente und eines Netzknotens, an dem Verbraucher angeschlossen sind,

zu unterscheiden ist. Während durch die Instandhaltung eines Betriebsmittels direkt der Zustand und damit die Fehlerrate beeinflusst werden kann, wirken sich auf die Verfügbarkeit von Netzknoten noch andere Kriterien aus, zum Beispiel:

- Netztopologie, Netzstrukturen,
- Betriebsweise der Betriebsmittel,
- Redundanz,
- Betriebsmitteltyp,
- Reservehaltung,
- Verfügbarkeit und Reaktionsfähigkeit des Personals,

so dass die Instandhaltung nur eine Möglichkeit darstellt, die Verfügbarkeit eines Netzes zu beeinflussen. Mit welcher Maßnahme das gewünschte Ziel erreicht werden kann, hängt somit von den individuellen Gegebenheiten eines Netzes und der Philosophie eines Unternehmens ab. Nach der Vornorm VDE 0109-1 „Instandhaltung von Anlagen und Betriebsmitteln in elektrischen Versorgungsnetzen – Teil 1: Systemaspekte und Verfahren“ [26] werden die nachfolgend aufgeführten Begriffe definiert. Ähnliche Definitionen sind in [22] und [23] aufgeführt.

Um die Funktionsfähigkeit eines Betriebsmittels zu gewährleisten, besteht die Auswahl einer Instandhaltungsmaßnahme darin, bei einem Ausfall des Betriebsmittels ein Optimum zwischen den Konsequenzen und der Häufigkeit einer Versorgungsunterbrechung zu finden. Dieses bedeutet, dass sich in Abhängigkeit des Betriebsmittels und der Randbedingungen verschiedene Instandhaltungsstrategien in der Vergangenheit ausgebildet haben, die unterschiedlich eingesetzt werden. Diese verschiedenen Strategien werden in den folgenden Abschnitten erläutert, nämlich:

- Ereignisorientierte Instandhaltung (Abschn. 2.1.1.3)
- Zeitorientierte Instandhaltung (Abschn. 2.1.1.4)
- Zustandsorientierte Instandhaltung (Abschn. 2.1.1.5)
- Prioritäten bzw. zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung (Abschn. 2.1.1.6)
- Risiko-orientierte Instandhaltung (Abschn. 2.1.1.7)

Die in den Abschn. 2.1.1.3 und 2.1.1.4 dargestellten Instandhaltungsstrategien (zeit- und zustandsorientiert) können zur vorbeugenden Instandhaltung zusammengefasst werden.

Instandhaltungsaufgaben

Grundsätzlich kann die gesamte Instandhaltung eines Betriebsmittels bzw. eines Netzes in verschiedene Teilaufgaben unterschieden werden, die in den weiteren Unterabschnitten genauer beschrieben werden. Im Einzelnen gehören hierzu:

- Inspektion
- Wartung
- Instandsetzung

Sowie die stellenweise als eigenständige Begrifflichkeit auftretende

- Verbesserung.

Inspektion

Eine Inspektion ist eine Instandhaltungsmaßnahme, die ausschließlich zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustands eines Betriebsmittels dient, einschließlich der Ursachen der Abnutzung. Aus dem Ergebnis der Inspektion können anschließend die notwendigen Instandhaltungskonsequenzen abgeleitet werden, die eine weitere Nutzung des Betriebsmittels ermöglichen. Die Inspektion kann durch verschiedene Aktivitäten, in Abhängigkeit des Betriebsmittels oder der Anlage erfolgen:

• Begehung	Die Begehung ist die einfachste Möglichkeit, eine Inspektion durchzuführen. Das Ziel ist in diesem Fall, den Ist-Zustand eines Betriebsmittels durch eine grobe Inaugenscheinnahme hinsichtlich des Gesamtzustands zu erfassen. Hierbei kann die Begehung auch aus der Luft erfolgen (Befliegen), z. B. bei Freileitungen.
• Sichtkontrolle	Im Gegensatz zur Begehung wird bei der Sichtkontrolle der Zustand des Betriebsmittels mit den menschlichen Sinnesorganen bewertet. In diesen Fällen werden auch charakteristische Größen zur Beschreibung des Zustands protokolliert, so dass offensichtliche Funktionsmängel erfasst werden können.
• Funktionskontrolle (Funktionsprüfung)	Die Funktionskontrolle eines Betriebsmittels stellt sicher, dass die geforderten Hauptfunktionen erfüllt werden, z. B. das Auslösen des Schutzes im Kurzschlussfall.
• Zustandsermittlung	Ziel dieser Maßnahme ist es, eine tiefere Beurteilung des Ist-Zustands eines Betriebsmittels zu ermöglichen. Im Allgemeinen sollte die Zustandsermittlung durch eine Messung (Diagnose) erfolgen, wobei diese Ergebnisse mit früheren Messungen verglichen werden können. Die Kennwerte einer Messung hängen unter anderem vom Betriebsmitteltyp, den Betriebsbedingungen und den Betriebserfahrungen des Anwenders ab. Darüber hinaus kann die Zustandsermittlung auch durch eine zerstörungsfreie Prüfung erfolgen.

Die oben angegebenen Maßnahmen (Begehung, Sichtkontrolle, Funktionskontrolle und Zustandsermittlung) werden zu dem Begriff Zustandsfeststellung bzw. Zustandserfassung zusammengefasst. Die Beurteilung des Zustands verwertet die Ergebnisse der Zustandsfeststellung und leitet hieraus die notwendigen Instandhaltungsaktivitäten an den betrachteten Betriebsmitteln ab.

Im Folgenden wird ausschließlich die Bezeichnung Zustandserfassung verwendet.

Wartung

Die Wartung ist eine Instandhaltungsmaßnahme zur Bewahrung des Soll-Zustands, so dass hiermit Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus bzw. ein Wiederauffüllen des Abnutzungsvorrates verstanden werden. Bei einer Wartung wird das Betriebsmittel in der Regel zumindest teilweise demontiert, Verschleißteile, soweit vorhanden und erforderlich, ersetzt und die Funktionsfähigkeit aktiv sichergestellt z. B.

durch Sicherstellung der Funktionsfähigkeit beweglicher Teile, Nachziehen von Schrauben etc.

Eine Indikation für den Zeitpunkt zur Durchführung einer Wartung kann aus einer Inspektion, Problemen im Betrieb oder aber aus der letzten Wartung selbst entstehen.

Instandsetzung

Im Gegensatz zur Wartung ist die Instandsetzung eine Maßnahme zur Wiederherstellung (Rückführung) des Soll-Zustands, wobei nach einem Defekt oder Ausfall des Betriebsmittels selbst oder eines maßgeblichen Teils durch Reparatur die definierte spezifizierte Funktionsfähigkeit des Betriebsmittels wieder erreicht wird.

Verbesserung

Eine Verbesserung ist die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie der Maßnahmen zur Steigerung der Funktionssicherheit eines Betriebsmittels bzw. Anlage, ohne die geforderte Funktion zu ändern. Grundsätzlich können Verbesserungen angebracht sein, wenn die Betriebserfahrungen bzw. Inspektionsergebnisse systematische Probleme erkennen lassen. Verbesserungen sind keine eigenständige Instandhaltungsaufgabe, sie werden in der Regel im Rahmen der Wartung bzw. der Instandsetzung erreicht.

2.1.1.2 Grundlagen der Instandhaltungsstrategien

Im Allgemeinen kann nach [38] der gesamte Entscheidungsprozess zur Entwicklung einer Instandhaltung in Teilstrategien mit unterschiedlichen Zielen (Tab. 2.1) unterteilt werden. Diese könnten beispielsweise sein.

Die Festlegung auf ein grundsätzliches Strategieziel bzw. die Kombination verschiedener Ziele bei einem Betriebsmittel legt somit im Einzelnen auch die Instandhaltungsstrategie fest.

2.1.1.3 Ereignisorientierte Instandhaltung (CM, Corrective Maintenance)

Der Ersatz oder eine Reparatur erfolgt ausschließlich nach einem Fehler, der zu einem Ausfall des Gerätes mit einer Versorgungsunterbrechung führt. Wenn einerseits die Investitionskosten eines Betriebsmittels gering und auch die Folgekosten einer Störung zu vernachlässigen sind und andererseits der Aufwand für eine Zustandsermittlung hoch ist, führt diese Strategie zu den geringsten Instandhaltungskosten, da nur nach einem Fehlerereignis Kosten anfallen. Diese Strategie wird vielfach in Netzen mit geringeren Spannungen angewendet, wobei Ersatzteile in

Tab. 2.1 Ziele der Instandhaltungsstrategien

Teilstrategie	Beschreibung
• Optimierung des Betriebsmittels	Betrieb der Systemkomponente im Bemessungsbetrieb mit geringen Ausschaltzeiten
• Minimale Lebensdauerkosten	Geringe Investitions- und Betriebskosten über der gesamten Lebensdauer bei optimalen Betrieb
• Optimierung der Ressourcen	Maximaler Betrieb der Systemkomponente bei minimalen Ressourcen (Personal, Finanzen), Überwachung des Betriebs
• Minimales Risiko	Einhaltung der vom Unternehmen vorgegebenen akzeptierten Risiken: Personal, Betrieb Versorgungszuverlässigkeit und Finanzen
• Zusätzliche Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Betriebsmittel	Erarbeitung von zusätzlichen Möglichkeiten auf der Basis des zur Verfügung stehenden Know-hows
• Erhöhung der Verfügbarkeit	Reduktion der Fehlerrate eines Betriebsmittels und den damit verbunden Konsequenzen bei einer Störung
• Optimierung des Gesamtsystems	Ausrichten der Instandhaltung von Einzelkomponenten auf die Restlebensdauer des Gesamtsystems (z. B. UW, Station etc.) bis zur ganzheitlichen Erneuerung

kurzer Zeit zur Verfügung stehen sollten und die Folgen eines Betriebsmittelausfalls und damit eine Versorgungsunterbrechung vernachlässigt werden können. Darüber hinaus ist in der Regel ein weiterer Grund für diese Strategie, dass die Anzahl der eingesetzten Komponenten sehr hoch ist, so dass auch durch den Skaleneffekt bei den wirtschaftlichen Auswirkungen keine andere Strategie angebracht ist.

Bei dieser Instandhaltungsstrategie wird der Ist-Zustand eines Betriebsmittels nicht systematisch durch eine Inspektion erfasst, da dies aufgrund des begrenzten Erkenntnisgewinns wirtschaftlich nicht zielführend ist und teilweise auch durch die Unzugänglichkeit des Betriebsmittels generell verhindert wird. Der Gebrauch des Betriebsmittels erfolgt bis zur maximalen Nutzungsdauer, ohne Gewährleistung für die Verfügbarkeit der Anlage. Grundsätzlich ist diese Instandhaltung außer bei den oben genannten Gründen sinnvoll, wenn die Fehlerrate eines Betriebsmittels auf einem sehr niedrigen Niveau konstant ist und kein Alterungsverhalten auftritt (Abschn. 2.1.5.1) und damit nicht das Risiko von hohen, nicht planbaren Instandhaltungsaufwendungen besteht.

2.1.1.4 Zeitorientierte Instandhaltung (TBM, Time-Based Maintenance)

Inspektion und Wartung erfolgen hierbei nach festen Zeitintervallen und der Austausch eines Betriebsmittels wird nach einer vorgegebenen Zeit, d. h., nach Ablauf einer erwarteten technischen Lebensdauer durchgeführt, wobei der zeitliche Zyklus aus den Erfahrungen der Anwender und Hersteller abgeleitet werden, die in der Regel durch bekannte Alterungsprozesse und eine Schadensstatistik begründet sind. Der Umfang der Instandhaltungsmaßnahme ist dabei im Voraus definiert und