

05
Dr. Willi Küpper

Planung der Instandhaltung



Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler · Wiesbaden

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einführung: Gegenstand und Aufbau der Untersuchung	1
A. Prognosemodelle	9
I. Modelle zur Prognose des Verschleißes und Ausfalls von Anlagen	9
1. Grundlagen	9
1.1 Verschleißwirkung	9
1.2 Einflußfaktoren des Verschleißes	12
1.3 Modelltypen	14
1.4 Ausfallverteilung, Zuverlässigkeit und Ausfallneigung	18
2. Grundmodelle bei homogener Qualität	22
2.1 Modell zur Prognose des Ausfalls bei Momentan- verschleiß (Exponentialverteilung)	22
2.1.1 Modellannahmen	22
2.1.2 Ableitung des Modells	24
2.2 Modelle zur Prognose des Ausfalls bei Sukzessivverschleiß	27
2.2.1 Verschleißprozesse	27
2.2.2 Konstante erwartete Verschleißrate (spezielle Erlang-Verteilung, Gamma-Verteilung)	32
2.2.2.1 Modellannahmen	32
2.2.2.2 Ableitung des Modells	34
2.2.2.3 Approximation durch Normalverteilung	39
2.2.3 Zeitabhängige erwartete Verschleißrate	41
3. Grundmodelle bei heterogener Qualität (Normalverteilung, Bernsteinverteilung)	45
4. Möglichkeiten und Verfahren zur Überprüfung einzelner Modellannahmen	49
4.1 Charakter des Belastungs- oder Verschleißprozesses	49
4.2 Homogene oder heterogene Qualität	52

	Seite
5. Erweiterungen der Grundmodelle	55
5.1 Momentanverschleiß bei sprunghaft wechselnder Belastungsgrenze	55
5.2 Sukzessivverschleiß bei Berücksichtigung verschleißfreier Laufzeiten	56
5.3 Momentanverschleiß abhängig vom Stadium des Sukzessivverschleißes (Gertsbakh-Kordonskiy-Verteilung)	58
5.4 Mehrere voneinander unabhängige Verschleißursachen oder Verschleißteile	64
5.4.1 Allgemeine Kennzeichnung	64
5.4.2 Momentan- und Sukzessivverschleiß	65
5.4.3 k voneinander unabhängige Komponenten (Exponentialverteilung, Weibullverteilung)	66
6. Analyse des Ausfallverhaltens mit Hilfe der Ausfallneigung (Ausfallrate)	70
7. Kritische Auseinandersetzung mit Prämissen der behandelten Modelle	77
7.1 Stationaritätshypothesen für den Belastungsprozeß und die Teilequalität	77
7.2 Diskrete Approximation von Verschleißprozessen	82
II. Exkurs: Reparaturzeitverteilungen	84
III. Modelle zur Prognose von Verschleiß-, Ausfall- und Reparaturfolgen	91
1. Grundlagen	91
2. Modelle für Einzelteile	93
2.1 Verschleiß und Reparatur als Markov-Prozeß	93
2.2 Laufzeit und Reparatur als Erneuerungsprozeß	105
3. Modelle für mehrteilige Anlagen	111
3.1 Verschleiß und Reparatur als Markov-Prozeß	111
3.2 Laufzeit und Reparatur als Markov-Prozeß	120
3.3 Beispiel eines Reservesystems	133

	Seite
B. Entscheidungsmodelle	141
I. Grundlagen	141
1. Teilbereiche der Instandhaltungsplanung	141
2. Interdependenzen mit anderen betrieblichen Planungsbereichen	145
3. Modelltypen	151
3.1 Vorbemerkung	151
3.2 Strategieplanung	152
3.3 Bereitstellungsplanung	160
3.4 Ablaufplanung	165
3.5 Simultanplanung	169
4. Zielfunktionen	173
5. Lösungsverfahren für Markov-Entscheidungsmodelle	188
5.1 Vorbemerkung	188
5.2 Stochastisch-dynamische Entscheidungsmodelle (Definitionen und Abgrenzungen)	188
5.3 Dynamische Optimierung von Markov-Ketten (Diskrete dynamische Optimierung)	195
5.4 Dynamische Optimierung von Semi-Markov-Prozessen	218
5.5 Lineare Optimierung von Markov-Prozessen	227
II. Spezielle Entscheidungsmodelle	236
1. Vorbemerkung	236
2. Modelle zur Bestimmung der Instandhaltungspolitik für Einzelteile und Reparatereinheiten	238
2.1 Problemstellung	238
2.2 Basispolitik	241
2.2.1 Alternative Ersatzteile und Reparaturverfahren	241
2.2.2 Wirtschaftlichkeit von Belastungsschutz- einrichtungen	243
2.2.3 Bildung von Reparatereinheiten	244
2.3 Zeitabhängige Strategien bei wahlfreien Zeitpunkten für vorbeugende Reparaturen	246
2.3.1 Prämissen und Merkmale	246
2.3.2 Operationscharakteristiken	249
2.3.3 Altersabhängige Strategien	251

	Seite
2.3.3.1 Bestimmung optimaler Altersgrenzen bei Durchschnittskostenminimierung und unbegrenzter Nutzungsdauer	251
2.3.3.2 Optimale Altersgrenzen bei endlicher Nutzungsdauer	260
2.3.3.3 Alternative Zielkriterien bei bekannten Inputverteilungen	265
2.3.3.4 Vorgehensweise bei unbekannter Ausfallverteilung	271
2.3.4 Betriebszeitabhängige Strategien	276
2.3.4.1 Bestimmung optimaler Betriebszeitgrenzen	276
2.3.4.2 Bestimmung von Stillstandsgrenzen bei einer Verzögerung von Reparaturen	279
2.3.5 Effizienzvergleich zwischen alters- und betriebszeitabhängiger Reparaturpolitik	283
2.3.6 Sonderprobleme	285
2.3.6.1 Bildung von Reparatereinheiten	285
2.3.6.2 Wirtschaftlichkeit von Qualitätskontrollen vor dem Teile-Einsatz	288
2.3.6.3 Wirtschaftlichkeit belastungs- und verschleißhemmender Maßnahmen	291
2.4 Zeitabhängige Strategien bei gegebenen Reparaturgelegenheiten	294
2.4.1 Prämissen und Merkmale	294
2.4.2 Reparaturgelegenheiten in konstanten Zeitabständen	295
2.4.3 Reparaturgelegenheiten in exponentialverteilten Zeitabständen	297
2.5 Strategien mit Verschleißkontrollen	300
2.5.1 Prämissen und Merkmale	300
2.5.2 Bestimmung optimaler Verschleißgrenzen bei gegebenen konstanten Inspektionsintervallen	302
2.5.3 Simultane Optimierung von Verschleißgrenze und Inspektionsintervall	306
2.5.3.1 Konstantes Inspektionsintervall	306
2.5.3.2 Vom Verschleißniveau abhängiges Inspektionsintervall	310
2.6 Kritischer Modellvergleich	313

	Seite
3. Modelle zur simultanen Optimierung der Instandhaltungspolitik für mehrere Reparatereinheiten	315
3.1 Problemstellung	315
3.2 Die Wahl zwischen Minimalreparaturen und Generalüberholungen für eine vierteilige Fertigungseinheit	323
3.3 Die Bestimmung optimaler Gruppenreparaturen für identische Komponenten verschiedener Fertigungseinheiten (homogene Reparaturgruppen)	326
3.4 Die Bestimmung optimaler Gruppenreparaturen bei betriebszeitabhängiger Strategie für verschiedene Komponenten einer Fertigungseinheit (heterogene Reparaturgruppen)	328
3.4.1 Die Bewertung alternativer Gruppenreparaturzyklen	328
3.4.2 Optimierung von Gruppenreparaturfolgen bei endlicher Nutzungsdauer der Fertigungseinheit	336
3.4.3 Optimierung von Gruppenreparaturfolgen bei unbegrenzter Nutzungsdauer der Fertigungseinheit	337
3.5 Verschleiß-, alters-, kosten- und leistungsabhängige Strategien für Fertigungseinheiten	340
3.5.1 Strategien mit Verschleißkontrollen	340
3.5.2 Altersabhängige Strategien	343
3.5.3 Strategien mit Kosten- oder Leistungskontrollen	345
3.6 Kritischer Modellvergleich	352
Schlußbemerkung	357
Anhang A: Schätzfunktionen für Ausfallverteilungen	359
Anhang B: Markov-Prozesse	383
Verzeichnis der Abkürzungen	423
Literaturverzeichnis	424