

F. Beichelt

---

# Prophylaktische Erneuerung von Systemen

Einführung in mathematische  
Grundlagen

---

Mit 14 Abbildungen



Vieweg · Braunschweig

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung . . . . .	5
2.	Alternde Elemente . . . . .	15
3.	Erneuerungstheorie . . . . .	26
3.1.	Grundlagen . . . . .	26
3.2.	Erneuerungsfunktion . . . . .	30
3.3.	Grenzwertsätze der Erneuerungstheorie . . . . .	39
3.4.	Rekurrenzzeiten . . . . .	43
3.4.1.	Rückwärtsrekurrenzzeit . . . . .	43
3.4.2.	Vorwärtsrekurrenzzeit . . . . .	45
3.5.	Kosten- bzw. zeitaufwendige Erneuerungen . . . . .	48
4.	Erneuerung einfacher Systeme . . . . .	51
4.1.	Vollständige Erneuerungen . . . . .	52
4.1.1.	Altersabhängige Erneuerung . . . . .	52
4.1.2.	Blockerneuerung . . . . .	57
4.1.3.	Abschätzung der Erneuerungsfunktion bei IHR- verteilten Lebenszeiten . . . . .	59
4.2.	Unvollständige Erneuerung . . . . .	62
5.	Inspektion und Erneuerung . . . . .	73
5.1.	Einführung . . . . .	73
5.2.	Inspektion ohne Erneuerung . . . . .	76
5.2.1.	Bekannte Lebenszeitverteilung . . . . .	76
5.2.2.	Unbekannte Lebenszeitverteilung . . . . .	85
5.3.	Inspektion mit Erneuerung . . . . .	92
5.3.1.	Optimierungsprinzip . . . . .	92
5.3.2.	Bekannte Lebenszeitverteilung . . . . .	95
5.3.3.	Unbekannte Lebenszeitverteilung . . . . .	96
5.3.4.	Inspektion und Erneuerung unter Berücksichtigung von Verlustzeiten und Planvorgaben . . . . .	101
6.	Erneuerung komplizierter Systeme . . . . .	106
6.1.	Systeme ohne Reserveelemente . . . . .	107

6.1.1.	Ungekoppelte Erneuerungen . . . . .	107
6.1.2.	Gekoppelte Erneuerungen . . . . .	111
6.1.2.1.	Altersabhängige Erneuerung . . . . .	111
6.1.2.2.	Blockerneuerung . . . . .	113
6.1.2.3.	Unvollständige Erneuerung . . . . .	113
6.1.2.4.	Opportunistische Erneuerung . . . . .	116
6.2.	Erneuerung von Systemen mit Reserve . . . . .	120
6.2.1.	Mittlere Lebenszeit eines doublierten Systems . . . . .	120
6.2.2.	Unterschiedliche Priorität der Grundelemente . . . . .	135
6.2.3.	Erneuerung bei additivem Verlust . . . . .	142
7.	Erneuerung von Systemen mit MARKOFFScher Alterung . . . . .	145
7.1.	MARKOFFSche Entscheidungsprozesse . . . . .	145
7.1.1.	Definition . . . . .	145
7.1.2.	Optimierungsprobleme . . . . .	147
7.1.3.	Anwendung dynamischer Optimierung . . . . .	150
7.1.4.	Anwendung linearer Optimierung . . . . .	154
7.2.	MARKOFFSche Erneuerungsmodelle . . . . .	157
7.2.1.	Erneuerung bei kontinuierlicher Inspektion . . . . .	157
7.2.2.	Erneuerung bei diskontinuierlicher Inspektion . . . . .	162
7.2.3.	Inspektion eines komplexen Systems . . . . .	169
	Literaturverzeichnis . . . . .	173
	Verzeichnis der verwendeten Symbole und Formelzeichen . . . . .	182
	Sachverzeichnis . . . . .	185