

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Ziel und Zielgruppe	2
1.2	Kosten als Motivation	3
1.3	Inhaltsübersicht	5
2	Fehler und Fehlerraten	9
2.1	Definition eines Fehlers	9
2.2	Fehlertypen und Fehlerraten	10
2.2.1	Definition und Einheit der Fehlerrate	13
2.2.2	Fehlerrate, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Systemen	13
2.3	Messen von Fehlerraten	14
2.4	Abhängigkeit der Fehlerrate von Betriebsbedingungen	20
2.5	Internationale Standards für Fehlerraten	21
2.5.1	Quellen für Standards	22
2.5.2	Leistung der Standards	23
3	Zuverlässigkeit	27
3.1	Berechnung von Zuverlässigkeit und MTBF	28
3.2	Fehlerrate und MTBF für Systeme aus mehreren Komponenten	32
3.3	Fehlerrate und MTBF von Standard-Konfigurationen	36
3.3.1	Serielle Konfiguration	36
3.3.2	Parallele Konfiguration	37
3.3.3	<i>k</i> -aus- <i>n</i> Majoritätsredundanz	40
4	Erwartungswerte für das Auftreten von Fehlern	45
4.1	Statistische Grundlagen	45
4.1.1	Zuverlässigkeitsfunktion und Wahrscheinlichkeit	45
4.1.2	Wahrscheinlichkeitsdichte und Wahrscheinlichkeitsverteilung	48
4.1.3	MTBF und mittlere Lebensdauer	52

4.2	Verteilungsfunktion und Ausfallsicherheit	56
4.3	Schranken für die Ausfallsicherheit	61
5	Verfügbarkeit und Reparatur	65
5.1	Berechnung von Verfügbarkeit und Nicht-Verfügbarkeit	68
5.2	Verfügbarkeit und Nicht-Verfügbarkeit in Abhängigkeit von Fehlerraten	70
5.3	Verfügbarkeit und Nicht-Verfügbarkeit serieller und paralleler Systeme	72
5.4	Verfügbarkeit komplexer Strukturen	75
6	Verfahren nach Markov	77
6.1	Prinzip	77
6.2	Systeme mit und ohne Reparatur	80
6.3	Systeme aus mehreren Komponenten	82
6.4	Erweiterte Anwendungen	87
7	Verfügbarkeit von Netzwerken und Mehrkomponentensystemen	93
7.1	Elementare Netzwerke	96
7.1.1	Typische Beispiel-Netze	97
7.1.2	Wege als serielle Schaltung	101
7.1.3	Aufbau komplexer Netzwerke aus elementaren Netzen	101
7.1.4	Komponenten an Netzwerk-Verzweigungen	102
7.2	Verbindungen, Kabel und Kabelstrecken	103
7.3	Beispielrechnung: Nicht-Verfügbarkeit eines Maschen-Netzwerk	109
7.3.1	Anwendung des Additionssatzes	111
7.3.2	Folgerungen für die Anwendung des Additions-Satzes	114
7.4	Berechnungs-Verfahren	114
7.4.1	Entscheidungsbaum	115
7.4.2	Binärer Entscheidungsbaum	121
7.5	Genauigkeit der Berechnung	127
7.6	Knoten und Kanten an Verzweigungen	128
7.7	Variation der Parameter	130
7.8	Optimierung der Verfügbarkeit	134
8	Ersatzteile	137
8.1	Komponenten-Tausch und Umlaufzeit	138
8.2	Umfang von Ersatzteil-Vorräten	139
8.2.1	Materialliste	140
8.2.2	Berechnung der Ersatzteil-Vorräte	140
8.2.3	Optimierung der Lagerhaltung	143
9	Vertrauensbereich für Fehlerraten	145
9.1	Berechnung des Vertrauensbereichs	146
9.2	Interpretation und Anwendung	157

9.2.1	Einfluss statistischer Schwankungen der Stichprobe	157
9.2.2	Kleine Stichproben und Null Fehler	161
9.2.3	Anpassung unterschiedlicher Vertrauenswahrscheinlichkeiten	162
9.2.4	Ermittlung der Stichprobengröße für gegebene Fehlerraten und Vertrauensgrenzen	167
10	Anhang	169
10.1	Fehlerfortpflanzung in Fehlerraten	169
10.2	Anwendungsbeispiele und Interpretation	172
10.2.1	Fehlerrate eines Dioden-Lasers in Abhängigkeit von der optischen Leistung	173
10.2.2	Gewährleistung von Massenprodukten	180
10.3	Ergebnisherleitung der Summenformel	182
10.4	Lösung der Markov-Differentialgleichungen	183
10.5	Weibull-Verteilung für frühe Fehler und Verschleißfehler	187
	Sachverzeichnis	191