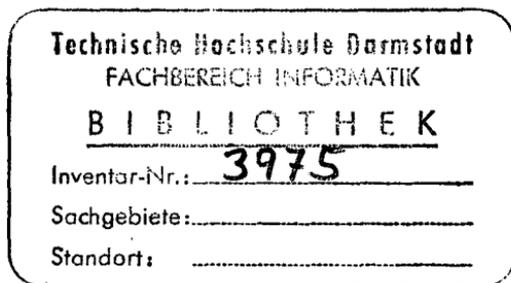


Fehlertolerante Systeme

Modelle der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit,
Diagnose und Erneuerung

Von Dr. rer. nat. Mario Dal Cin
Wiss. Rat und Professor an der Universität Tübingen

Mit 91 Figuren, zahlreichen Beispielen
und 59 Übungsaufgaben



B. G. Teubner Stuttgart 1979

Inhalt

Vorwort	5
1 Einleitung: Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Fehlertoleranz .	9
2 Zuverlässigkeit	13
2.1 Zuverlässigkeitsnetze	13
2.1.1 Funktionszustände	13
2.1.2 Zuverlässigkeit	15
2.1.3 Empirische Ausfallraten	18
2.2 Alternde Komponenten	20
2.3 Statische Redundanz	23
2.4 Funktionswahrscheinlichkeit	27
2.5 Monotone Zuverlässigkeitsnetze	29
2.5.1 Empfindlichkeit	30
2.5.2 Moore-Shannonsche Ungleichung	31
2.5.3 Stochastische Abhängigkeit	34
3 Fehlertolerante Systeme: Struktur und Selbstdiagnose	35
3.1 Dynamische Redundanz	35
3.1.1 Rekonfigurierbarkeit	35
3.1.2 Redundanz in Mehrrechnersystemen	42
3.2 Verletzbarkeit	44
3.2.1 Verletzbarkeitsgrade	44
3.2.2 Zusammenhangswahrscheinlichkeit	48
3.3 Selbstdiagnose	51
3.3.1 Testgraphen	52
3.3.2 Diagnosealgorithmen	56
3.3.3 Erweiterte Testgraphen	58
3.3.4 Diagnostizierbarkeit	62
3.3.5 Informationswert der Selbstdiagnose	70
4 Verfügbarkeit fehlertoleranter Systeme	76
4.1 Mittlere Verfügbarkeit	76
4.2 Tests und präventive Erneuerungen	81
4.2.1 Periodische Tests	81
4.2.2 Präventive Erneuerungen	82
4.2.3 Havarieerneuerungen	85

4.2.4	Überdeckungsfaktor	87
4.3	Markovsche Verfügbarkeitsmodelle	89
4.3.1	Ein einfacher Wiederherstellungsprozeß	90
4.3.2	Doublizierung	98
4.3.3	Beschränkte Erneuerungskapazität	102
4.4	Zeitredundanz und Rücksetzen	109
4.4.1	Periodische Schnapsschüsse	109
4.4.2	Das CRR-Modell	112
4.5	Bedienungsnetzwerke	117
4.5.1	Warteschlangensysteme	117
4.5.2	Netzwerke	128
4.5.3	Zerlegungsmethoden	137
4.5.4	Ein fehlertolerantes Mehrrechnersystem	141
5	Erneuerungsprozesse	147
5.1	Zuverlässigkeit und Erneuerungen	147
5.1.1	Definition eines Erneuerungsprozesses	147
5.1.2	Der Poisson-Prozeß	151
5.1.3	Beispiele für gleitende Reserve und Kannibalisierung	153
5.2	Erneuerungsfunktion	156
5.3	Alternierende Erneuerungsprozesse	158
5.4	Verfügbarkeit und Erneuerungen	160
	Anhang	163
A.1	Graphen	163
A.2	Schaltalgebra	168
A.3	Funktionswahrscheinlichkeiten	171
A.4	Beweis der Moore-Shannonschen Ungleichung	173
A.5	Beweise zur Diagnostizierbarkeit	174
A.6	Markov-Prozesse	177
A.7	Definition eines Semi-Markov-Prozesses	184
A.8	Laplace Transformation	187
A.9	Littles Formel	189
A.10	Lösungen ausgewählter Übungsaufgaben	190
	Literaturverzeichnis	196
	Verzeichnis der Symbole	202
	Sachverzeichnis	203