

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Stochastik im Überblick	3
2.1	Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie	3
2.1.1	Zufällige Ereignisse	3
2.1.2	Definition der Wahrscheinlichkeit	7
2.1.2.1	Klassische Definition	7
2.1.2.2	Statistische Definition	8
2.1.2.3	Axiomatische Definition	8
2.1.3	Zufallsgrößen, zufällige Vektoren und ihre Verteilungsfunktionen	12
2.1.4	Parameter, Momente und weitere Charakteristika von Zufallsgrößen	20
2.1.5	Wichtige Verteilungstypen	22
2.1.6	Approximation unbekannter Wahrscheinlichkeitsverteilungen	24
2.2	Stochastische Prozesse	27
2.2.1	Der Begriff des stochastischen Prozesses und seine charakteristischen Kenngrößen	27
2.2.2	Wichtige Typen stochastischer Prozesse	29
2.3	Grundbegriffe aus der mathematischen Statistik	34
2.4	Statistik stochastischer Prozesse	36
3	Numerische Simulation stochastischer Vorgänge	39
3.1	Einführung in die numerische Simulation	39
3.1.1	Aufgabenstellung	39
3.1.2	Monte-Carlo-Methode	40
3.1.3	Historische Entwicklung	41
3.1.4	Zufallszahlen	41
3.1.5	Genauigkeit der Monte-Carlo-Methode	44
3.2	Zufallszahlengeneratoren	45
3.2.1	Erzeugung gleichmäßig verteilter Zufallszahlen	45
3.2.2	Erzeugung beliebig verteilter Zufallszahlen	46
3.2.2.1	Inversionsverfahren	47
3.2.2.2	Näherungsverfahren	48
3.2.3	Erzeugung normalverteilter Zufallszahlen	49
3.2.3.1	Erzeugung durch Summen unabhängiger gleichmäßig verteilter Zufallszahlen	49
3.2.3.2	Erzeugung nach BOX-MULLER	50
3.2.4	Erzeugung von Realisierungen mehrdimensionaler Zufallsvektoren	50
3.2.4.1	Erzeugung von gleichmäßig verteilten n -dimensionalen Zufallszahlenvektorfolgen	51

3.2.4.2	Erzeugung von normalverteilten n -dimensionalen Zufallszahlenvektorfolgen	52
3.3	Simulation stochastischer Prozesse	53
3.3.1	Numerische Simulation von stationärem normalverteiltem weißem Rauschen	54
3.3.2	Numerische Simulation von Wienerischen Prozessen und Gaußschem weißem Rauschen	56
3.3.3	Numerische Simulation stationärer, normalverteilter stochastischer Prozesse mit Hilfe linearer Filter	58
3.3.4	Numerische Simulation allgemeiner Gaußscher Prozesse	59
3.3.5	Numerische Simulation stationärer stochastischer Prozesse mit der Methode der trigonometrischen Reihen unter Benutzung der FFT bei vorgegebener Kovarianzfunktion	60
3.3.6	Numerische Simulation stationärer stochastischer Prozesse mit der Methode der trigonometrischen Reihen unter Benutzung der FFT bei vorgegebener Spektraldichtefunktion	62
3.3.7	Numerische Simulation Itoscher Differentialgleichungen	63
3.3.8	Bemerkungen zur numerischen Simulation stochastischer Vorgänge	65
3.4	Modellierung und Simulation von Winderregungen	66
3.4.1	Natürlicher Wind	66
3.4.2	Höhenabhängigkeit	67
3.4.3	Windmodelle	69
3.4.4	Simulationsmethoden und Beispiele	70
3.5	Modellierung und Simulation von Erdbebenerregungen	71
3.5.1	Problemstellung	71
3.5.2	Stochastische Erdbebenmodelle	71
3.5.3	Simulationsmethoden und Auswertungen	76
4	Stochastisch fremderregte Schwingungssysteme	81
4.1	Problemstellung	81
4.2	Impulsantwortfunktion bei linearen Systemen	84
4.3	Trigonometrischen Reihen bei linearen Systemen	86
4.4	Trigonometrische Reihen bei nichtlinearen Systemen	89
4.5	Fokker-Planck-Gleichung	92
4.6	Äquivalente statistische Linearisierung	95
4.7	Methode der Normalverteilung	98
4.8	Störungsmethode	102
4.9	Bemerkungen	105
5	Niveauüberschreitungswahrscheinlichkeiten	107
5.1	Berechnung von Überschreitungswahrscheinlichkeiten	107
5.1.1	Die Anzahl von Niveauüberschreitungen	107
5.1.2	Momente der Zufallsgröße „Anzahl von Niveauüberschreitungen“	109
5.1.3	Seltene und voneinander unabhängige Überschreitungen	113
5.1.4	Abschätzungen von Überschreitungswahrscheinlichkeiten mit Hilfe der Momente der Zufallsgröße „Anzahl der Niveauüberschreitungen“	114
5.1.5	Gram-Charlier-Reihenentwicklungen	117
5.1.6	Vergleich von verschiedenen Abschätzungen	118
5.2	Spezielle Klassen stochastischer Prozesse	120
5.2.1	Reihenentwicklungen für Niveauüberschreitungswahrscheinlichkeiten mit Hilfe von Punktprozessen	120

5.2.2	Bestimmung von Niveauüberschreitungswahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit vom Typ des stochastischen Prozesses	124
5.2.3	Enveloppenmethoden	128
5.2.4	Beispiele und Vergleich der Methoden	131
5.3	Numerische Methoden	138
5.3.1	Schätzung mittels der Momente von N_c	139
5.3.2	Schätzungen mit Hilfe der relativen Häufigkeiten der Überschreitungsanzahl	142
5.3.3	Numerische Auswertung von Berechnungsformeln	144
5.3.3.1	Poissonsche Näherung	144
5.3.3.2	Approximationen aus der stetigen Reihenentwicklung	144
5.3.3.3	Numerische Bestimmung von Häufigkeiten	145
5.3.3.4	Auswertung unendlicher Integrale	146
5.3.3.5	Numerische Beispiele	147
5.3.3.6	Approximation durch Schranken	151
5.3.3.7	Vergleich	151
5.3.3.8	Approximation aus der diskreten Reihenentwicklung	151
5.3.3.9	Überschreitungswahrscheinlichkeiten	153
5.3.3.10	Exponentialdarstellung	154
5.3.3.11	Näherungen	155
5.3.3.12	Häufigkeiten	156
5.3.3.13	Beispiele	157
5.3.3.14	Überschreitungswahrscheinlichkeiten für große Zeitintervalle	159
5.3.3.15	Überschreitungswahrscheinlichkeiten bei ergodischen stochastischen Prozessen	160
5.3.3.16	Numerische Auswertungen von Gram-Charlier-Reihen	161
5.4	Kombination verschiedener Versagenstypen	163
5.4.1	Überschreitungswahrscheinlichkeiten für den Fall stückweise konstanter Niveaus mit zufälligem Sprungpunkt	163
5.4.2	Wahrscheinlichkeit des Versagens infolge Schadensakkumulation	166
5.4.3	Berechnung der Wahrscheinlichkeit des Versagens, das sowohl durch Schadensakkumulation als auch durch die erstmalige Überschreitung eines kritischen Niveaus verursacht sein kann	170
6	Anwendungen auf Zuverlässigkeitsuntersuchungen	175
6.1	Berechnungsmethoden im Überblick	176
6.1.1	Methode der Ersatzlasten	176
6.1.2	Spektraldichtefunktionenmethode	177
6.1.2.1	Allgemeines Vorgehen	177
6.1.2.2	Windlastspektraldichtefunktion	177
6.1.2.3	Bestimmung der Ausgangsspektraldichtefunktion	179
6.1.3	Antwortspektrenmethode	180
6.1.3.1	Allgemeines	180
6.1.3.2	Antwortspektren	181
6.1.3.3	Normalantwortspektren	186
6.1.3.4	Vorgehen	191
6.1.4	Zeitverlaufsmethode	195
6.2	Winderregte Tragwerke	196
6.2.1	Problemstellung und Modell	196
6.2.2	Grundgleichung	198

6.2.3	Gewöhnliches Differentialgleichungssystem	199
6.2.4	Nichtüberschreitungswahrscheinlichkeiten	201
6.2.5	Zufällige und zeitabhängige Niveaus	204
6.3	Erdbebenerregte Tragwerke	206
6.3.1	Herangehensweise an die Zuverlässigkeitsbestimmung	206
6.3.2	Anwendung auf Kranbrücken	209
6.3.3	Anwendung auf Rahmenbauwerke	219
6.4	Fahrzeug- und Fundamentschwingungen	227
6.4.1	Aufgabenstellung	227
6.4.2	Berechnung der statistischen Parameter	229
6.4.3	Berechnung der Überschreitungswahrscheinlichkeiten für verschiedene Parameter	230
6.4.4	Auswertung	232
6.5	Stochastisch erregte Plattenschwingungen	233
6.5.1	Aufgabenstellung	233
6.5.2	Grundgleichungen	234
6.5.3	Berechnung der statistischen Parameter	239
6.5.4	Bestimmung von Überschreitungswahrscheinlichkeiten für verschiedene Parameter	240
6.6	Allgemeine Aspekte bei praktischen Auswertungen	244
6.6.1	Vergleich von Maximalwerten und von Versagenswahrscheinlichkeiten . .	244
6.6.2	Versagensgrenzen	245
6.6.3	Weitere Probleme und Aufgaben	246
7	Literatur- und Quellenverzeichnis	249