

Inhalt

1	Vorwort	7
I	Nichtlineare Zeitreihenanalyse	13
2	Grundlagen der nichtlineare Zeitreihenanalyse	15
2.1	Einführung	15
2.2	Der Einbettungsraum zeitverzögerter Koordinaten	20
2.3	Reduktion auf zeitdiskrete Systeme	23
2.4	Topologische Invarianten, Beispiel Lyapunov-Exponenten	24
3	Praktische Größen für nichtlineare Zeitreihen	33
3.1	Vorhersagemethoden	33
3.2	Recurrence-Plots und fraktale Dimensionen	40
4	Abgrenzung gegen triviale Rauschprozesse, Surrogatmethode	45
4.1	Poisson-Prozesse und lineare Dynamik mit Gaußschem Rauschen	45
4.2	Yule-Walker-Gleichungen	47
4.3	Fourieranalyse, Wiener-Khintchin-Theorem	52
4.4	Phasenrandomisierung zur Erzeugung von ARMA-Surrogaten	57
4.5	Gaußskalierte Surrogate, Spektrenkorrektur	58
II	Nichtlinearitäten in biologischen Neuronenverbänden	65
5	Hippocampus, Intrazelluläre Ableitungen.	67
5.1	Der Hippocampus als Beispielsystem	67
5.1.1	Einfach strukturierter Aufbau	67
5.1.2	Gute experimentelle Zugänglichkeit	69
5.1.3	Funktionale Aspekte	71
5.2	Einführung in das Experiment	72
5.3	Interspike-Intervalle spontaner Aktivität in CA1	73
5.3.1	Hypothesen: Poisson- und Gauß-Prozesse	74
5.4	Burstkorrektur	79
5.4.1	Effekte der Burstkorrektur auf die Verteilung	79
5.4.2	Effekte auf Vorhersagbarkeit	81
5.5	Resultate für die verschiedenen Datensätze	83
5.6	Zusammenfassung und Diskussion	85

6	Periodische Stimulation und epileptische Anfälle	87
6.1	Einleitung	87
6.1.1	Epilepsie und nichtlineare Dynamik	88
6.2	Einführung in das Experiment	89
6.2.1	Experimentelle Präparation	89
6.2.2	Erste Datenauswertung	90
6.3	Dynamische Rekurrenzen während epileptischer Phasen	91
6.4	Epsilonskalierung von Original und Surrogaten	93
6.5	Stroboskopabbildung und Vorhersage	95
6.6	Zusammenfassung und Ausblick	96
6.6.1	Dynamische Kontrolle von Epilepsien	97
6.6.2	Implikationen für die Globaldynamik des Gehirns	97
III	Attraktornetze als weiterführendes Konzept	99
7	Von biologischen spikenden zu artifiziellen sigmoidalen Neuronen	101
7.1	Einführung	101
7.2	Deterministisches integrate-and-fire Neuron	103
7.3	Integrate-and-fire Neuron unter Rauschen	106
7.4	Detailliertere Modelle von Einzelneuronendynamiken	109
8	Attraktorschaltens in kontrollierten chaotischen Neuromodulen	113
8.1	Einführung	113
8.2	Selbstkonsistente Neuronale Chaoskontrolle	115
8.2.1	Chaotisches Neuromodul und instabile Perioden	115
8.2.2	Einpunktkontrolle per Neuromodul	116
8.2.3	Kontrolle mehrerer UPOs durch Überlagerung von Einpunktkontrollen	117
8.3	Schalten zwischen periodischen Attraktoren	119
8.3.1	Deterministisches Schalten per externem Eingabeprogramm	119
8.3.2	Spontanes Schalten mittels Rauschen	119
8.4	Diskussion, Implikationen für die Hirn- und Kognitionsforschung	120
IV	Anhänge	123
A	Poisson-Prozesse	125
A.1	Verteilungen	125
A.2	Parameterschätzung	128
B	Explizite Berechnung des AR(1)-Modells	129
B.1	Stationäre Verteilung	131
B.2	Die Verbundwahrscheinlichkeit im stationären Fall	133
B.3	Die Autokorrelation im stationären Fall	135
C	Invariante Dichte und Lyapunov-Exponent der Ulam-Abbildung	137
C.1	Konjugation von Ulam- und Zeltabbildung	139
C.2	Lyapunov-Exponent der Ulam-Abbildung	140

D	Von der Perron-Frobenius- zur Fokker-Planck-Gleichung	143
D.1	Der Ornstein-Uhlenbeck-Prozeß	144
D.2	Ein erstes Modell mit multiplikativem Rauschen	147
D.3	Zeitentwicklungsgleichungen für multiplikatives Rauschen	147
D.3.1	Zeitdiskreter Stratonovich-Ansatz	147
D.3.2	Mastergleichung und Fokker-Planck-Gleichung allgemein . . .	149
D.3.3	Fokker-Planck-Gleichung für den Stratonovich-Ansatz	150
D.3.4	Klassische Transformation führt auf $\gamma = 1/2$	152
E	First-Passage-Time-Problem für den Ornstein-Uhlenbeck-Prozeß	155
E.1	Lösung des unbeschränkten Ornstein-Uhlenbeck-Prozesses	155
E.2	Die Integralgleichung für die First-Passage-Time-Verteilung	157
E.3	Ein analytisch einfach lösbarer Spezialfall	159
F	Chaoskontrollalgorithmen	161
F.1	Bestimmung instabiler Perioden	161
F.2	Verschiedene Kontrollalgorithmen	162
F.2.1	OGY-Methode	163
F.2.2	Least-Squares-Methoden	165
F.2.3	Eingangskontrolle im Zweineuronenmodul	165
F.3	Verzögerte Kontrolle	166
F.4	Konsistente Selbstkontrolle	168
F.4.1	Approximation der Kontrollregion	168
F.4.2	Konstruktion der konsistenten Selbstkontrolle	169
F.5	Die Pyragas-Kontrolle für zeitkontinuierliche Systeme	170
F.5.1	Chaotisches zeitkontinuierliches Neuronenmodell	171
F.5.2	Pyragaskontrolle	172