

1	Einführung: Die nichtlineare Signalverarbeitung	1
2	Nichtlinearität in biologischen Systemen	3
2.1	Das nichtlineare Neuron	5
2.2	Wie entsteht EEG/MEG	6
2.2.1	Ein kurzer Exkurs über Zeit und Frequenz	8
2.2.2	Oszillatorische Hirnprozesse	9
2.3	Nichtlineares Herz	11
3	Wege ins Chaos	14
3.1	Phasenraum und Attraktortypen	14
3.2	Beschreibung dissipativer Systeme	21
3.2.1	Der Duffing Oszillator	23
3.2.2	Phase-Locked-Loop	23
3.2.3	Van-der-Pol Oszillator	27
3.2.4	Bouncing-Ball	30
3.2.5	Populationsdynamik	32
3.3	Wege ins Chaos: Bekannte Szenarien	33
3.3.1	Bifurkationskaskaden mit Periodenverdopplung	34
3.3.2	Wege ins Chaos über quasiperiodische Zustände und Intermittenz	37
4	Signalanalyse - Stationäre Maße	39
4.1	Frequenzspektrum: Einführung	39
4.2	Fourier-Spektrum und Korrelationsfunktionen	41
4.3	Rekonstruktion des Phasenraums	44
4.4	Dynamische Maße eines Attraktors	45
4.4.1	Die Dimension eines Attraktors	46
4.4.2	Das Determinismusmaß	48
4.4.3	Stabilität dynamischer Systeme - Das Spektrum der Lyapunov-Exponenten	50
4.4.4	Entropie	51
5	Jenseits der Standardmethoden	53
5.1	PD2 - Punktweise Dimension	54
5.2	Entropieraten	54
5.2.1	Die Bestimmung der Entropierate über die Autokorrelation	56
5.2.2	Die Bestimmung der Entropierate über Unsicherheitskoeffizienten	58

5.2.3	Beispiel: Das normale EEG während unterschiedlicher kognitiver Aufgaben	58
5.3	Chaotizitätsmaße, die auf dem lokalen LE basieren	59
5.4	Ein Algorithmus zur Abschätzung der Chaotizität	64
5.5	Entropieraten vs Chaotizitätsmaße	66
6	Chaos in kardiologischen Systemen	74
6.1	Dynamik der Herzzellen	75
6.2	Plötzlicher Herztod	76
6.3	MKG/EKG Attraktoren in ARVC	78
7	Neuronale Aktivität und Chaos Theorie	84
7.1	LLE im Tinnitus	85
7.2	Chaotizität Residualer Inhibition von Tinnitus	89
7.3	NLD des apallischen Syndroms	90
7.4	Determinismusmaß des EEG und MEG	93
7.5	LLE, Chaotizität und Entropierate bei Schizophrenie	94
8	NLD in Verhaltenswissenschaften	100
8.1	Differenzierung der motorischen Dynamik bei Schizophrenen	100
8.2	Psychotherapie als chaotischer Prozess	101
8.2.1	Sequentielle Plananalyse	102
8.2.2	Stationäre und nichtstationäre Verfahren für psychotherapeutische Prozesse	104
9	Schlußfolgerungen	116
9.1	Dynamik des Kortex	116
9.2	Angewandtes Chaos	117
9.3	Interaktive Prozesse in dynamischen Systemen	119
9.4	Was noch?	120
10	Literaturverzeichnis	121