

Friedemann W. Schneider / Arno F. Münster

Nichtlineare Dynamik in der Chemie

Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin · Oxford

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Beschreibung der nichtlinearen Dynamik	9
2.1	Mechanismen und kinetische Gleichungen	9
2.2	Gewöhnliche Differentialgleichungen	16
2.3	*Stationäre und periodische Lösungen	20
2.4	*Lineare Stabilitätsanalyse	24
2.5	Der zweidimensionale Fall	29
2.6	Dynamik mit drei und mehr Variablen	37
2.7	*Verzweigungen (Bifurkationen)	43
3	Chemische Oszillatoren	53
3.1	Der Durchflußrührreaktor	53
3.2	Chemische Oszillatoren im CSTR	57
3.3	Die BZ-Reaktion im CSTR	58
3.4	Chemische Reaktionsmechanismen	67
3.4.1	Der FKN-Mechanismus der BZ-Reaktion	67
3.4.2	Der minimale Bromat-Oszillator (MBO)	75
3.4.3	Die Chlorit-Thioharnstoff-Reaktion	77
3.4.4	Enzymatische chemische Oszillatoren	79
3.4.5	Thermokinetische Oszillatoren	81
4	Methoden der Zeitreihenanalyse	87
4.1	Fourier-Transformation	87
4.2	Attraktorrekonstruktion	97
4.3	Poincaré-Schnitte	101
4.4	Eindimensionale Abbildungen	103

4.5	Die Dimension von Attraktoren	107
4.6	Lyapunov-Exponenten	113
5	Chaoskontrolle	121
5.1	Die Methode nach Ott, Grebogi und Yorke (OGY)	122
5.2	Die Methode nach Pyragas	127
5.3	Andere Methoden	129
6	Getriebene chemische Oszillatoren	131
6.1	Einzelpulsstörung: Phasenverschiebungskurven	131
6.2	Der getriebene Brüsselator	134
6.3	Experimente mit getriebenen chemischen Oszillatoren	138
6.4	Ein getriebener Fokus: Normale und stochastische Resonanz	140
6.5	Das Resonanzdiagramm	143
6.6	Rückgekoppelte Oszillatoren	144
7	Gekoppelte chemische Oszillatoren	147
7.1	Parallele Massenkopplung von zwei Reaktoren	147
7.2	Serielle Massenkopplung von zwei Reaktoren	151
7.3	Flußratenkopplung von zwei Reaktoren	152
7.4	Elektrische Kopplung	154
7.4.1	Elektrische Kopplung von zwei chemischen Oszillatoren	154
7.4.2	Elektrische Kopplung von drei chemischen Oszillatoren .	157
7.4.3	Elektrische Kopplung von vier chemischen Oszillatoren .	159
7.5	Chemische Kopplung durch gemeinsame Spezies	159
8	Räumliche chemische Muster	167
8.1	Reaktions-Diffusions-Systeme	167
8.2	Strukturbildung in erregbaren Medien	170
8.3	Turing-Strukturen: Chemische Morphogenese	186
8.4	Chemische Muster in Oberflächenreaktionen	192
8.5	Muster, Wellen und Chemotaxis in der Biologie	197
8.6	*Modelle und ein wenig Theorie	201
	Anhang: Einfache Experimente	215
	Namen- und Sachverzeichnis	219