

# Inhaltsverzeichnis

---

## Teil I. Einführung

---

### **Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft**

<i>Klaus Mainzer</i> . . . . .	3
1 Vom linearen zum nichtlinearen Denken . . . . .	3
2 Komplexe Systeme in der Physik . . . . .	6
3 Komplexe Systeme in der Chemie . . . . .	9
4 Komplexe Systeme in der Biologie . . . . .	11
5 Komplexe Evolution in der Informatik . . . . .	13
6 Komplexe Systeme in Gehirnforschung und Neuroinformatik . . . . .	18
7 Komplexe Systeme in Medizin und Psychologie . . . . .	21
8 Komplexe Systeme in Soziologie und Ökonomie . . . . .	23
9 Perspektiven für Wissenschaft, Technik und Kultur . . . . .	25
Literatur . . . . .	28

### **Synergetik: Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft**

<i>Hermann Haken</i> . . . . .	30
1 Einleitung . . . . .	30
2 Vor 25 Jahren: Die Suche nach vereinheitlichenden Gesetzen in Natur und Gesellschaft . . . . .	30
3 Synergetik heute: Komplexe Systeme . . . . .	33
4 Verschiedene Wurzeln . . . . .	38
5 Chaos und Ordnung . . . . .	40
6 Die Zukunft . . . . .	41
7 Anhang I . . . . .	43
8 Anhang II . . . . .	43
Literatur . . . . .	45

---

## Teil II. Physikalische Systeme

---

### **Chaos(-Theorie) in der Physik: Wo stehen wir?**

<i>Siegfried Großmann</i> . . . . .	49
-------------------------------------	----

**Nichtlineare Dynamik in der Physik:****Forschungsbeispiele und Forschungstrends**

<i>Jürgen Kurths, Norbert Seehafer und Frank Spahn</i> .....	52
1 Einleitung .....	52
2 Kontinuierliche dynamische Systeme und astrophysikalischer Magnetismus .....	53
3 Planetare Ringe: Granulare Gase im All .....	63
4 Nichtlineare Analyse von Erdbebendaten .....	68
Literatur .....	71

**Nichtlineare Zeitreihenanalyse in der Physik:****Möglichkeiten und Grenzen**

<i>Holger Kantz</i> .....	74
1 Einleitung .....	74
2 Nichtlineare Zeitreihenanalyse und ihre Grenzen .....	76
3 Anwendungen nichtlinearer Zeitreihenanalyse .....	80
4 Ausblick .....	86
Literatur .....	88

**Was ist Komplexität?**

<i>Eiichi Ryoku Nakamura und Takashi Mori</i> .....	89
1 Standardszenario des Selbstordnens komplexer Systeme .....	89
2 Zwei Arten komplexer Systeme .....	91
3 Ein Beispiel komplexer Systeme der zweiten Art: Regel-verändernde zelluläre Automaten .....	93
Literatur .....	99

---

**Teil III. Chemische und Biologische Systeme**

---

**Vom Einfachen zum Komplexen:****Bildung von chemischen Strukturen**

<i>Achim Müller und Paul Kögerler</i> .....	103
1 Einleitung .....	103
2 Verknüpfung von Baueinheiten unter Selbstaggregationsbedingungen ..	103
3 Der Weg vom Mikro- in den Mesokosmos .....	105
4 Templatgesteuerte Verknüpfungen führen zu Komplementarität zwischen Templat und Reaktionsprodukt .....	107
5 Auf dem Weg zu immer größeren Gebilden, auch solchen mit emergenten Eigenschaften .....	109
6 Molekulares Wachstum zu Komplexität als Folge von Symmetriebruch und Rückkopplung .....	110
7 Das molekulare „Riesenrad“: Multifunktionalität und Emergenz .....	112
8 Ausblick .....	115
Literatur .....	115

**Beherrschung von Komplexität  
in der molekularen Evolution**

*Peter Schuster* . . . . . 117

1 Evolution und Landschaften . . . . . 117

2 Gradientendynamik . . . . . 122

3 Evolution von RNA-Molekülen . . . . . 123

4 RNA-Phänotypen und Gestaltraumüberdeckung . . . . . 125

5 Neutrale Netzwerke . . . . . 130

6 Optimierung auf kombinatorischen Landschaften . . . . . 134

7 Abschließende Bemerkungen . . . . . 137

8 Epilog und Ausblick . . . . . 139

Literatur . . . . . 141

**Nichtlineare Selbstverstärkung:  
Die treibende Kraft in der biologischen Musterbildung**

*Hans Meinhardt* . . . . . 146

1 Die Embryonalentwicklung –  
komplex und doch reproduzierbar . . . . . 146

2 Primäre Musterbildung durch lokale Selbstverstärkung  
und langreichweitige Inhibition . . . . . 148

3 Morphogenetische Gradienten . . . . . 150

4 Regeneration . . . . . 151

5 Gen-Aktivierung:  
molekular-genetische Analog-Digital-Konvertierung . . . . . 151

6 Segmentierung und Muster innerhalb von Segmenten . . . . . 154

7 Kontrollierte Nachbarschaft: Zellzustände, die sich lokal ausschließen  
und sich langreichweitig aktivieren . . . . . 156

8 Anlage der Gliedmaßen: Bildung neuer Strukturen  
an den Grenzen verschiedener Gen-Aktivitäten . . . . . 157

9 Die Bildung netzartiger Strukturen . . . . . 159

10 Die Bildung von Pigmentmustern  
auf Schnecken- und Muschelschalen . . . . . 161

11 Schlußbetrachtung . . . . . 164

Literatur . . . . . 164

---

**Teil IV. Kognitive Systeme**

---

**Objekterkennung in einem selbstorganisierenden  
neuronalen System**

*Laurenz Wiskott und Christoph von der Malsburg* . . . . . 169

1 Einleitung . . . . . 169

2 Das System . . . . . 172

3 Experimente . . . . . 180

4 Diskussion . . . . . 183

5 Danksagungen . . . . . 186

Literatur . . . . . 186

**Physikalische Komplexität und kognitive Strukturerkennung**  
*Michael A. Stadler und John-D. Haynes* ..... 189

1 Einleitung ..... 189

2 Strukturbildung und Gestaltgesetze ..... 192

3 Strukturzeugung durch Nichtlinearisierung ..... 194

4 Struktursensibilität ..... 196

5 Strukturverstärkung durch Prägnanztendenzen ..... 200

6 Lernabhängigkeit der Strukturbildung ..... 203

Literatur ..... 205

**Synergetische Lehr-Lernprozesse  
des Bewegungssystems**  
*Karl-Heinz Leist* ..... 207

Literatur ..... 219

---

**Teil V. Medizinische Systeme**

---

**Biomedizinische Zeitreihen: Möglichkeiten und Grenzen**  
*Zbigniew J. Kowalik und Theodor Leiber* ..... 223

1 Zur Genese biomedizinischer Zeitreihen ..... 223

2 Der Mensch als biomedizinische Signalquelle ..... 226

3 Die Methoden der Signalanalyse ..... 226

4 Physiologische Fragestellungen ..... 228

5 Beispiele und Analysen biomedizinischer Zeitreihen ..... 231

6 Methodische Probleme  
der Analyse biomedizinischer Zeitreihen ..... 239

7 Zusammenfassung und Ausblick ..... 243

Literatur ..... 244

**Dynamische Krankheiten: Neue Perspektiven der Medizin**  
*Uwe an der Heiden* ..... 247

1 Einführung: Geschichtliches ..... 247

2 Der Organismus als ein selbsterzeugendes  
und selbsterhaltendes dynamisches System ..... 248

3 Die zirkuläre Organisation der Blutbildung ..... 250

4 Ein Beispiel mit vielen Bifurkationen und Chaos:  
Ein mathematisches Modell für den neuronalen Ursprung  
von Epilepsien ..... 255

5 Dynamische Krankheit und dynamische Gesundheit –  
Konzept und Strategie ..... 261

Literatur ..... 262

---

**Teil VI. Psychologische Systeme**

---

**Nichtlineare Dynamik und das „Unerwartete“  
in der Psychiatrie**

*Hinderk Meinerf Emrich, Franz Markus Leweke und Udo Schneider* . . . . . 267

1 Einleitung . . . . . 267

2 Hippocampale Comparatoren und die Neuropsychologie der Angst . . . . . 269

3 Das „Unerwartete“ in der Psychose . . . . . 270

Literatur . . . . . 278

**Selbstorganisation in psychischen und sozialen Prozessen:  
Neue Perspektiven der Psychotherapie**

*Günter Schiepek* . . . . . 280

1 Das „Problem der Ordnung“:  
Synergetik in der Psychologie . . . . . 280

2 Entscheidung als Musterbildungsprozeß . . . . . 284

3 Psychotherapie: Selbstorganisierter Ordnungswandel . . . . . 288

4 Der Nachweis von Selbstorganisation in der Psychologie . . . . . 295

5 Exemplarische empirische Befunde  
zu Ordnungs-Ordnungs-Übergängen . . . . . 298

Literatur . . . . . 313

---

**Teil VII. Soziale Systeme**

---

**Dynamische Modelle komplexer sozialer Systeme:  
Was leisten Computersimulationen?**

*Klaus G. Troitzsch* . . . . . 321

1 Die Anwendung mathematischer Modelle und von Computersimulation  
in den Sozialwissenschaften . . . . . 321

2 Stochastische Prozesse als Modelle sozialer Prozesse . . . . . 322

3 Wählereinstellungen  
als nichtlinearer stochastischer Prozeß . . . . . 322

4 Überwindung der Geschlechtertrennung in Lehrerkollegien an Schulen  
als nichtlinearer stochastischer Prozeß . . . . . 326

5 Mehrebenenmodellierung . . . . . 327

6 Entstehung von Kooperation . . . . . 328

7 Das Modell von Kirk und Coleman: Paarbildung in Dreier-Gruppen . . . . . 331

8 Zelluläre Automaten . . . . . 334

9 Ausblick . . . . . 336

Literatur . . . . . 337

**Das Modellierungskonzept der Soziodynamik:  
Was leistet die Synergetik?**

*Wolfgang Weidlich* . . . . . 339

1 Das Ziel der Soziodynamik . . . . . 339

XII Inhaltsverzeichnis

2 Die Schritte der Modellierung .....	339
3 Ein Beispiel: Die Migration zweier wechselwirkender Populationen in zwei Regionen .....	342
Literatur .....	347

**Der Umgang mit Unsicherheit:  
Zur Selbstorganisation sozialer Systeme**

<i>Günter Küppers</i> .....	348
1 Selbstorganisation: Die Kopplung von Umweltstruktur und Systemdynamik .....	351
2 Die Selbstorganisation des Sozialen .....	354
3 Innovationsnetzwerke .....	358
4 Die Simulation von Innovationsnetzwerken .....	362
5 Ergebnisse .....	365
6 Zusammenfassung .....	370
Literatur .....	371

---

**Teil VIII. Ökonomische Systeme**

---

**Nichtlineare Dynamik in der Ökonomie**

<i>Hans-Walter Lorenz</i> .....	375
1 Einleitung .....	375
2 Periodische Muster in ökonomischen Modellen .....	377
3 Chaos in ökonomischen Modellen .....	384
4 Theoretische Komplexität und die „Wirklichkeit“ .....	390
5 Zusammenfassung .....	395
Literatur .....	397

**Fraktale Geometrie von Börsenzeitreihen:**

**Neue Perspektiven ökonomischer Zeitreihenanalysen**

<i>Carl J.G. Evertsz, Ralf Hendrych, Peter Singer und Heinz-Otto Peitgen</i> ..	400
1 Fraktale Geometrie .....	400
2 Die fraktale Geometrie von Aktienkursen .....	402
3 Anhang .....	416
Literatur .....	416

---

**Teil IX. Innovative Systeme**

---

**Komplexe Systeme und lernende Unternehmen**

<i>Franz Josef Radermacher</i> .....	423
1 Einordnung des Themas in die aktuelle Debatte .....	424
2 Fragen zur Organisation von Wissen und Systemen .....	428
3 Konkrete Anforderungen und Vorgehensweisen für ein Wissensmanagement von Unternehmen .....	438
4 Zusammenfassung und Ausblick .....	444
Literatur .....	445

**Evolutions- und Innovationsdynamik als Suchprozeß  
in komplexen adaptiven Landschaften**

*Werner Ebeling, Andrea Scharnhorst, Miguel A. Jiménez Montaña  
und Karmeshu* . . . . . 446

1 Einleitung . . . . . 446

2 Populationen als Einheiten der Evolution – verschiedene Modelltypen . . 452

3 Innovationsdynamik von Technologien –  
diskrete und kontinuierliche Beschreibung . . . . . 460

4 Zusammenfassung und Ausblick . . . . . 466

Literatur . . . . . 469

**Index** . . . . . 475