

# Physik der Evolutionsprozesse

Von WERNER EBELING,

ANDREAS ENGEL und RAINER FEISTEL

Mit 180 Abbildungen und 18 Tabellen



AKADEMIE-VERLAG BERLIN

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>11</b>
1.1.	Das Werden des Komplizierten	11
1.2.	Zielstellung einer Physik der Evolutionsprozesse	12
1.3.	Zur allgemeinen Struktur von Evolutionsprozessen	17
<b>2.</b>	<b>Szenario der Evolution der Metagalaxis, der Erde und des Lebens.</b>	<b>26</b>
2.1.	Heißer Urknall und Expansion	26
2.2.	Mehrfache Symmetriebrechung und Entstehung der Elemente	31
2.3.	Strukturierung des Urplasmas und Ausbildung der Photonenmühle	38
2.4.	Entstehung des Lebens	45
<b>3.</b>	<b>Thermodynamische Bedingungen der Evolution</b>	<b>56</b>
3.1.	Energie und Entropie	56
3.2.	Hauptsätze und Selbstorganisation	58
3.3.	Globale Bedingungen der Selbstorganisation	63
3.4.	Lokale Bilanzen und Evolutionskriterien	69
3.5.	Thermodynamische Triebkräfte der Evolution der Erde	77
3.6.	Thermodynamik der Selbstorganisation von Lebewesen	81
3.7.	Thermodynamik ökologischer Systeme	87
<b>4.</b>	<b>Instabilitäten und raum-zeitliche Strukturen</b>	<b>95</b>
4.1.	Thermodynamische Instabilitäten	95
4.2.	Kinetische Instabilitäten in fluiden Medien	102
4.3.	Kinetische Instabilitäten in chemischen Systemen	113
<b>5.</b>	<b>Selbstreproduktion</b>	<b>122</b>
5.1.	Dynamik der einfachen Selbstreproduktion	122
5.2.	Stochastik der einfachen Selbstreproduktion	129
5.3.	Selbstreproduzierende Automaten	133

5.4.	Dynamik der nichtlinearen Selbstreproduktion . . . . .	140
5.5.	Stochastik der nichtlinearen Selbstreproduktion . . . . .	150
5.6.	Selbstreproduktion in komplexen Systemen . . . . .	159
<b>6.</b>	<b>Konkurrenz- und Selektionsprozesse . . . . .</b>	<b>165</b>
6.1.	Evolution als Optimierungsproblem . . . . .	165
6.2.	Selektion bei einfacher Konkurrenz . . . . .	170
6.3.	Konkurrenz und Selektion in Netzwerken . . . . .	181
6.4.	Koexistenz und Hyperselektion . . . . .	192
6.5.	Selektion in komplexen Systemen . . . . .	201
<b>7.</b>	<b>Individualentwicklung als neue Evolutionsstrategie . . . . .</b>	<b>209</b>
7.1.	Die Rolle der Ontogenese in der Evolution . . . . .	209
7.2.	Diskrete Modelle von Lebenszyklen . . . . .	210
7.3.	Das McKendrick-von-Foerster-Modell des Alterns . . . . .	211
7.4.	Selektionsprozesse in Modellen mit kontinuierlichem Altern . . . . .	214
7.5.	Komplizierte Altersstrukturen . . . . .	220
<b>8.</b>	<b>Mutationen und Evolutionsspiralen . . . . .</b>	<b>223</b>
8.1.	Fehlerhäufigkeiten bei Sequenzreplikation . . . . .	223
8.2.	Grundlagen der Eigen-Schuster-Theorie . . . . .	231
8.3.	Stochastik von Evolutionsprozessen . . . . .	239
8.4.	Simulationsspiele . . . . .	245
8.5.	Innovationen in komplexen Systemen . . . . .	255
<b>9.</b>	<b>Evolution im Raum der Phänotypen . . . . .</b>	<b>259</b>
9.1.	Die adaptive Landschaft . . . . .	259
9.2.	Sprungcharakter der Evolution in einem einfachen Modell . . . . .	264
9.3.	Individualentwicklung des Phänotyps . . . . .	271
<b>10.</b>	<b>Frustration und hierarchische Ordnung . . . . .</b>	<b>274</b>
10.1.	Darwinsche Evolution als frustriertes Optimierungsproblem . . . . .	274
10.2.	Einige Resultate der Spinglastheorie . . . . .	276
10.3.	Das Anderson-Modell der präbiologischen Evolution . . . . .	285
<b>11.</b>	<b>Evolution der Information . . . . .</b>	<b>290</b>
11.1.	Informationsverarbeitung als Prozeß der Selbstorganisation . . . . .	290
11.2.	Information und Leben . . . . .	293
11.3.	Biosequenzen und Evolutionsbäume . . . . .	297
11.4.	Entropie und Komplexität . . . . .	303
11.5.	Genetische Sprache und Grammatik von Biosequenzen . . . . .	318

<b>12. Perspektiven der Nutzung</b> . . . . .	<b>329</b>
12.1. Energie-, Material- und Bauelemente-Probleme . . . . .	329
12.2. Probleme der Automatisierung und Optimierung . . . . .	333
12.3. Probleme der Biotechnologie . . . . .	337
12.4. Assoziative Speicher . . . . .	339
12.5. Netzwerkmachines und Neuronenrechner . . . . .	342
<b>13. Literaturverzeichnis</b> . . . . .	<b>351</b>
<b>14. Sachverzeichnis</b> . . . . .	<b>371</b>