

Ingo Rechenberg

Evolutionsstrategie '94

frommann-holzboog

Inhaltsübersicht

Vorwort 11

0 Evolutionsstrategie kurz und bündig 15

Denken eines Evolutionsstrategen 15

Das Mutations-Selektionsprinzip 18

Die K-Rekombination 20

Asymptotisches Denken in der ES-Theorie 22

Evolutionsstrategische Gradientendiffusion 24

1 „DARWIN“ im Windkanal 25

Künstliche Evolution 25

Evolution und Strategie – ein Widerspruch? 27

Evolution der Bewohner von Flächenland 28

Evolution der Erdlebewesen in Kurzform 29

Die „Strategische Evolutionstheorie“ 30

2 Die Frage nach der Evolutionszeit 33

Über die Eigenschaft der Form 33

Zickzack-Platte und Zickzack-Protein 33

Mechanik des evolutionsstrategischen Bergsteigens 35

Fortschreiten in einer stark kausalen Welt 36

Evolutionsfenster und Evolution zweiter Art 38

Die Frage nach der Kletterzeit 39

Evolution eines Multi-Zickzack-Proteins 41

Lotterie-Evolution kontra Kletter-Evolution 42

3 My-Lambda-Evolutionsstrategien 45

Theorien erster, zweiter, dritter, ... Ordnung 45

Vom „Versuch und Irrtum“ zur Evolutionsstrategie 45

Basis-Algorithmus der $(1^+ \lambda)$ -Evolutionsstrategie 46

Algorithmus der $(1, \lambda)$ -Evolutionsstrategie mit MSR 47

Basis-Algorithmus der $(\mu^+ \lambda)$ -Evolutionsstrategie 48

Algorithmus der (μ, λ) -Evolutionsstrategie mit MSR 49

Aschenputtel und die My-Lambda-Evolutionsstrategie 50

4	Das zentrale Fortschrittsgesetz der Evolution	51
	<i>Kybernetisches Modell des Optimierens</i>	51
	<i>Konstruktion einer universalen Qualitätsfunktion</i>	52
	<i>Konvergenzmaß „Erfolgswahrscheinlichkeit“</i>	54
	<i>Konvergenzmaß „Fortschrittsgeschwindigkeit“</i>	55
	<i>Die universelle ES-Fortschrittsformel</i>	60
5	Die ES-Theorie im Examen	61
	<i>Sonderfälle von lokalen Gebirgsformen</i>	61
	<i>Gebirgsformation „ansteigende Ebene“</i>	62
	<i>Gebirgsformation „Kreiskuppe“</i>	63
	<i>Gebirgsformation „Parabelgrat“</i>	65
	<i>Gebirgsformation „Ellipsenkamm“</i>	67
	<i>Eine Abschaltregel für die ES-Optimierung</i>	68
6	Fortschreiten im Evolutionsfenster	71
	<i>Skala der Mutationen</i>	71
	<i>Bild des Evolutionsfensters</i>	72
	<i>Zwischen Erfolg und Fortschritt</i>	73
	<i>Bild des Gipfelkletterns im Hyperraum</i>	75
	<i>Kehrseite der lokalen Klettertheorie</i>	76
7	Algorithmen von Evolutionsstrategien	81
	<i>Spielzeichen für Evolutionsstrategien</i>	81
	<i>Stufen der Imitation biologischer Evolutionsprozesse</i>	84
	<i>Universelle Nomenklatur für Evolutionsstrategien</i>	92
	<i>Einsatz geschachtelter Evolutionsstrategien</i>	93
	<i>Auf dem Weg zu einer „ES-Algebra“</i>	95
8	Programmierung von Evolutionsstrategien	101
	<i>Computer-Experiment und Labor-Experiment</i>	101
	<i>Evolutionsstrategie kompakt programmiert</i>	101
	<i>Programm einer geschachtelten Evolutionsstrategie</i>	106
	<i>Zwei Anwendungen der geschachtelten ES</i>	110
9	Evolutionsstrategie auf dem Computer	113
	<i>Evolution einer Augenlinse</i>	113
	<i>Evolution einer Fernsehverkabelung</i>	115
	<i>ES-Konstruktion einer Fachwerkbrücke</i>	117

<i>ES-Optimierung einer Rumpfspindel</i>	118
<i>Evolution eines Steinwurfs</i>	120
<i>Evolution eines magischen Quadrats</i>	122
<i>Aussicht auf die zweistelligen Kapitel</i>	124

10 Leitschnur „starke Kausalität“ 125

<i>Ein frustrierendes Experiment</i>	125
<i>Schwache Kausalität – starke Kausalität</i>	126
<i>Reiz und Fluch der schwach kausalen Codierung</i>	126
<i>Trumpf der starken Kausalität zum Problemlösen</i>	128
<i>Evolutionsstrategisches Aussondern</i>	130
<i>Suche in der Welt des Diskreten</i>	132
<i>Intermezzo: Die Macht des Einschränkens</i>	133

11 Die THALES-Rekombination 135

<i>Rekombination, Abschied vom Kontinuum?</i>	135
<i>Die Entität „Variable“</i>	136
<i>Kontinuierung der Rekombination</i>	137
<i>Theorie der $(2/2, \lambda)$-ES mit K-Rekombination</i>	141
<i>Finale: Theorie der kontinuierierten $(\mu/\mu, \lambda)$-ES</i>	144
<i>Das zentrale Fortschrittsgesetz, komplettiert</i>	147
<i>Optimales Fortschreiten mit Rekombination</i>	148
<i>Dreizehn Schluß-Thesen zur Theorie der Rekombination</i>	149

12 Multimodale ES-Optimierung 151

<i>Starke, halbstarke, schwache Kausalität</i>	151
<i>Fata Morgana der globalen Optimierung</i>	152
<i>Die Leere zwischen den Optima</i>	153
<i>Ein echtes multimodales Testproblem</i>	154
<i>Ordnungsrelation „Berg der Berge“</i>	156
<i>Geschachtelte Optimierung</i>	158
<i>Berge, Überberge, Über-Überberge ...</i>	158
<i>Die Problematik der „rhetorischen“ Strategie-Innovation</i>	159
<i>Zur Theorie der Meta-Evolution</i>	161

13 Optimierung von Strukturen 167

<i>Was ist eine Struktur?</i>	167
<i>Gemischt-ganzzahlige Optimierung</i>	169
<i>Zweigeteilte Optimierung</i>	170

<i>Strukturierung durch Strategie-Schachtelung</i>	172
<i>Häusernetz, Stabtragwerk und Neuralnetz</i>	173
<i>Strukturierung durch Lohn und Strafe</i>	175
<i>Strukturierung durch „Fuzzifizierung“</i>	178
<i>Strukturierung mit der EVASIONs-Methode</i>	182

14 Optimierung im Rauschen 187

<i>Zitterberge und die Evolutionsstrategie</i>	187
<i>Lineare Störtheorie der $(1, \lambda)$-Evolutionsstrategie</i>	188
<i>Lineare Störtheorie der (μ, λ)-Evolutionsstrategie</i>	190
<i>Nichtlineare Störtheorie der Evolutionsstrategie</i>	191
<i>Große Variation und kleine Vererbung</i>	195
<i>Die Kappa-Ka-Modifikation der Evolutionsstrategie</i>	197
<i>Zukunft der unscharfen Optimierung</i>	197

15 Mystik und Kabbalistik in der Optimierung 203

<i>Natur, Vorbild für die Technik</i>	203
<i>Mysterium „Zufall“ in der Evolutionsstrategie</i>	204
<i>Die Kunst des richtigen Nachahmens</i>	205
<i>Die Imitation der Wirkung</i>	206
<i>Zahlenspiele in Code-Welten</i>	207
<i>Das Schema-Theorem der Genetischen Algorithmen</i>	208
<i>Positions-Code und Schema-Theorem</i>	209
<i>Code-Welten gleich Knitter-Welten</i>	211
<i>Mysterium der Zielfindung</i>	212
<i>Fortsetzung: GA versus ES</i>	214

16 Diskussion um die Evolutionsstrategie 217

<i>Frage 1:</i>	217
<i>...</i>	
<i>Frage 12:</i>	232

17 Fortschrittsbeiwerte tabelliert 235

<i>Bedeutung des linearen Fortschreitens</i>	235
--	-----

18 Historie: Evolutionsstrategie '73 243

<i>Plädoyer für die Reproduktion der 73er-Schrift</i>	243
---	-----

19 Ausgewählte Literatur 417

20 Stichwortverzeichnis 423