

**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  $(\mu, \lambda)$ -Evolutionsstrategie mit MSR 49*

*Aschenputtel und die My-Lambda-Evolutionsstrategie 50*

<b>4 Das zentrale Fortschrittsgesetz der Evolution</b>	<b>51</b>
<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
<b>5 Die ES-Theorie im Examen</b>	<b>61</b>
<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
<b>6 Fortschreiten im Evolutionsfenster</b>	<b>71</b>
<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
<b>7 Algorithmen von Evolutionsstrategien</b>	<b>81</b>
<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
<b>8 Programmierung von Evolutionsstrategien</b>	<b>101</b>
<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
<b>9 Evolutionsstrategie auf dem Computer</b>	<b>113</b>
<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
<b>10 Leitschnur „starke Kausalität“</b>	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
<b>11 Die THALES-Rekombination</b>	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, <math>\lambda</math>)-ES mit K-Rekombination</i>	141
<i>Finale: Theorie der kontinuierten (<math>\mu/\mu, \lambda</math>)-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
<b>12 Multimodale ES-Optimierung</b>	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
<b>13 Optimierung von Strukturen</b>	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>Häusersetz, 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
<b>14 Optimierung im Rauschen</b>	187
<i>Zitterberge und die Evolutionsstrategie</i>	187
<i>Lineare Störtheorie der <math>(1, \lambda)</math>-Evolutionsstrategie</i>	188
<i>Lineare Störtheorie der <math>(\mu, \lambda)</math>-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
<b>15 Mystik und Kabbalistik in der Optimierung</b>	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
<b>16 Diskussion um die Evolutionsstrategie</b>	217
<i>Frage 1:</i>	217
...	
<i>Frage 12:</i>	232
<b>17 Fortschrittsbeiwerte tabelliert</b>	235
<i>Bedeutung des linearen Fortschreitens</i>	235
<b>18 Historie: Evolutionsstrategie '73</b>	243
<i>Plädoyer für die Reproduktion der 73er-Schrift</i>	243
<b>19 Ausgewählte Literatur</b>	417
<b>20 Stichwortverzeichnis</b>	423