

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Natürliche Evolution</b>	<b>1</b>
1.1	Entwicklung der evolutionären Mechanismen	2
1.2	Evolutionsfaktoren	9
1.2.1	Herleitung der Evolutionsfaktoren	9
1.2.2	Mutation	10
1.2.3	Rekombination	11
1.2.4	Selektion	11
1.2.5	Genfluss	12
1.2.6	Gendrift	13
1.3	Anpassung als Resultat der Evolution	13
1.3.1	Nischenbildung	13
1.3.2	Evolution ökologischer Beziehungen	14
1.3.3	Baldwin-Effekt	14
1.4	Übungsaufgaben	15
1.5	Historische Anmerkungen	16
<b>2</b>	<b>Von der Evolution zur Optimierung</b>	<b>19</b>
2.1	Optimierungsprobleme	20
2.2	Der simulierte evolutionäre Zyklus	24
2.3	Ein beispielhafter evolutionärer Algorithmus	26
2.4	Formale Einführung evolutionärer Algorithmen	34
2.5	Vergleich mit der natürlichen Evolution	39
2.6	Vergleich mit anderen Optimierungsverfahren	41
2.7	Übungsaufgaben	43
2.8	Historische Anmerkungen	44
<b>3</b>	<b>Prinzipien evolutionärer Algorithmen</b>	<b>47</b>
3.1	Wechselspiel zwischen Variation und Selektion	48
3.1.1	Ein einfaches binäres Beispiel	48
3.1.2	Die Gütelandschaft	49
3.1.3	Modellierung als Markovprozess	51
3.1.4	Das Problem lokaler Optima	52
3.1.5	Der Einfluss der Kodierung	54
3.1.6	Rollen der Mutation	58
3.2	Populationskonzept	62
3.2.1	Die Vielfalt in einer Population	62
3.2.2	Ein vergleichendes Experiment	64
3.2.3	Folgerungen für die Selektion	66
3.2.4	Varianten der Umweltselektion	67

3.2.5	Selektionsstärke	70
3.2.6	Probabilistische Elternselektion	71
3.2.7	Überblick und Parametrierung	76
3.2.8	Experimenteller Vergleich der Selektionsoperatoren	77
3.3	Verknüpfen mehrerer Individuen durch die Rekombination	80
3.3.1	Arten der Rekombination	80
3.3.2	Schema-Theorem	84
3.3.3	Formae als Verallgemeinerung der Schemata	93
3.3.4	Schema-Theorie und der Suchfortschritt	98
3.4	Selbstanpassende Algorithmen	106
3.4.1	Einfluss des Stands der Suche	107
3.4.2	Anpassungsstrategien für evolutionäre Operatoren	111
3.5	Zusammenfassung der Arbeitsprinzipien	114
3.6	Der ultimative evolutionäre Algorithmus	115
3.7	Übungsaufgaben	121
3.8	Historische Anmerkungen	124
<b>4</b>	<b>Evolutionäre Standardalgorithmen</b>	<b>127</b>
4.1	Genetischer Algorithmus	128
4.2	Evolutionsstrategien	134
4.3	Evolutionäres Programmieren	139
4.4	Genetisches Programmieren	146
4.5	Einfache Lokale Suchalgorithmen	155
4.6	Weitere Verfahren	158
4.6.1	Klassifizierende Systeme	158
4.6.2	Tabu-Suche	163
4.6.3	Memetische Algorithmen	163
4.6.4	Populationsbasiertes inkrementelles Lernen	165
4.6.5	Differential evolution	167
4.6.6	Scatter Search	168
4.6.7	Kulturelle Algorithmen	170
4.6.8	Ameisenkolonien	172
4.6.9	Partikelschwärme	174
4.7	Kurzzusammenfassung	176
4.8	Übungsaufgaben	176
4.9	Historische Anmerkungen	180
<b>5</b>	<b>Techniken für spezifische Problemanforderungen</b>	<b>183</b>
5.1	Optimieren mit Randbedingungen	183
5.1.1	Übersicht über die Methoden	185
5.1.2	Dekoder-Ansatz	186
5.1.3	Restriktive Methoden	188
5.1.4	Tolerante Methoden	189
5.1.5	Straffunktionen	191
5.2	Mehrzieloptimierung	194

5.2.1	Optimalitätskriterium bei mehreren Zielgrößen . . . . .	194
5.2.2	Überblick . . . . .	198
5.2.3	Modifikation der Bewertungsfunktion . . . . .	199
5.2.4	Berechnung der Pareto-Front . . . . .	201
5.3	Zeitabhängige Optimierungsprobleme . . . . .	207
5.4	Approximative Bewertung . . . . .	212
5.4.1	Verrauschte Bewertung . . . . .	212
5.4.2	Stabile Lösungen . . . . .	215
5.4.3	Zeitaufwändige Bewertung . . . . .	216
5.4.4	Bewertung durch Testfälle . . . . .	219
5.4.5	Bewertung von Spielstrategien . . . . .	221
5.5	Übungsaufgaben . . . . .	222
5.6	Historische Anmerkungen . . . . .	223
<b>6</b>	<b>Anwendung evolutionärer Algorithmen</b>	<b>227</b>
6.1	Vergleich evolutionärer Algorithmen . . . . .	228
6.2	Entwurf evolutionärer Algorithmen . . . . .	231
6.2.1	Der wiederverwendungs-basierte Ansatz . . . . .	232
6.2.2	Der Forma-basierte Ansatz . . . . .	233
6.2.3	Der analysebasierte Ansatz . . . . .	234
6.3	Nutzung von Problemwissen . . . . .	241
6.4	Fallstudie: Platzierung von Mobilfunkantennen . . . . .	243
6.4.1	Aufgabenstellung . . . . .	244
6.4.2	Entwurf des evolutionären Algorithmus . . . . .	246
6.4.3	Ergebnisse . . . . .	249
6.5	Fallstudie: Motorenkalibrierung . . . . .	253
6.5.1	Aufgabenstellung . . . . .	253
6.5.2	Entwurf des evolutionären Algorithmus . . . . .	255
6.5.3	Ergebnisse . . . . .	257
6.6	Fallstudie: Stundenplanerstellung . . . . .	261
6.6.1	Aufgabenstellung . . . . .	261
6.6.2	Entwurf des evolutionären Algorithmus . . . . .	263
6.6.3	Ergebnisse . . . . .	264
6.7	Übungsaufgaben . . . . .	266
6.8	Historische Anmerkungen . . . . .	267
<b>Anhang</b>		<b>269</b>
<b>A</b>	<b>Benchmark-Funktionen</b>	<b>271</b>
<b>B</b>	<b>Weitere Quellen</b>	<b>275</b>
B.1	Kurzer Literaturüberblick . . . . .	275
B.2	Existierende Software . . . . .	277

<b>C Zufallszahlen</b>	<b>279</b>
<b>D Notation der Algorithmen</b>	<b>283</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>285</b>
<b>Bildnachweis</b>	<b>304</b>
<b>Liste der Algorithmen</b>	<b>305</b>
<b>Glossar</b>	<b>307</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>309</b>