

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------------|
| Inhaltsverzeichnis | III |
| Abbildungsverzeichnis..... | IX |
| Tabellenverzeichnis..... | XIII |
| Abkürzungsverzeichnis | XVII |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 2 Vorgehensweise und traditionelle Verfahren für die zielfunktionale Simulation | 5 |
| 2.1 Simulationsanalysen im entscheidungstheoretischen Zusammenhang | 5 |
| 2.2 Simulation als Methode der Optimierung | 14 |
| 2.3 Vergleich von Alternativen | 18 |
| 2.4 Traditionelle Optimierungsverfahren für die zielfunktionale Simulation | 25 |
| 2.4.1 Eindimensionale Suchstrategien | 25 |
| 2.4.1.1 Einschachtelung des Minimums | 25 |
| 2.4.1.2 Fibonacci-Suche | 26 |
| 2.4.1.3 Teilung nach dem Goldenen Schnitt..... | 28 |
| 2.4.1.4 Parabolinterpolationsstrategie..... | 28 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.4.2 | Direkte Suchstrategien..... | 28 |
| 2.4.2.1 | Einzelfaktormethode..... | 29 |
| 2.4.2.2 | Spiegelverfahren..... | 30 |
| 2.4.2.3 | Complex-Methode von M. J. Box | 31 |
| 2.4.2.4 | Pattern Search..... | 32 |
| 2.4.2.5 | Strategie der rotierenden Koordinaten und DSC-Strategie..... | 33 |
| 2.4.3 | Gradientenmethoden..... | 34 |
| 2.4.3.1 | Verfahren zur Schätzung von Gradienten..... | 35 |
| 2.4.3.2 | Schätzung über Differenzenquotienten..... | 35 |
| 2.4.3.3 | Perturbation Analysis | 36 |
| 2.4.4 | Quasi-Newton-Strategien | 36 |
| 2.4.5 | Regressionsmethoden | 38 |
| 2.4.5.1 | Klassischer Ansatz..... | 38 |
| 2.4.5.2 | Response Surface Methodology (Reaktionsoberflächen-Methode) | 39 |
| 2.4.6 | Vergleich der traditionellen Verfahren | 41 |
| 3 | Metaheuristische Verfahren für die zielfunktionale Simulation..... | 43 |
| 3.1 | Tabu Search..... | 44 |
| 3.1.1 | Generierungs- und Selektionsstrategien | 47 |
| 3.1.2 | Tabulistenmanagement..... | 48 |
| 3.1.3 | Aspirationskriterien | 51 |
| 3.1.4 | Diversifikation und Intensivierung | 52 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 3.2 | Evolutionäre Algorithmen..... | 53 |
| 3.2.1 | Genetische Algorithmen | 54 |
| 3.2.1.1 | Codierung | 62 |
| 3.2.1.2 | Selektion | 64 |
| 3.2.1.3 | Mutation | 67 |
| 3.2.1.4 | Crossover | 68 |
| 3.2.2 | Evolutionäre Strategien | 75 |
| 3.2.2.1 | Mutation | 80 |
| 3.2.2.2 | Rekombination | 82 |
| 3.2.2.3 | Selektion | 84 |
| 3.2.3 | Genetische Programmierung | 84 |
| 3.2.3.1 | Mutation | 93 |
| 3.2.3.2 | Automatisch definierte Funktionen (ADF)..... | 93 |
| 3.3 | Simulated Annealing | 95 |
| 3.3.1.1 | Allgemeine Einstellungen..... | 101 |
| 3.3.1.2 | Problemspezifische Einstellungen | 103 |
| 3.3.1.3 | Erweiterungen..... | 105 |
| 3.4 | Ameisenalgorithmus | 108 |
| 3.4.1 | Ant Colony Optimization (ACO-Metaheuristik)..... | 112 |
| 3.5 | Vergleich ausgewählter Optimierungsverfahren..... | 119 |
| 3.5.1 | Anmerkungen zum Vergleich von Optimierungsverfahren..... | 119 |
| 3.5.2 | Vergleich ausgewählter klassischer Optimierungsverfahren nach J. Biethahn | 122 |
| 3.5.2.1 | Verwendetes Testproblem | 122 |
| 3.5.2.2 | Getestete Verfahren | 125 |
| 3.5.2.3 | Ergebnisse..... | 125 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.5.3 | Vergleich metaheuristischer Verfahren nach V. Nissen | 126 |
| 3.5.3.1 | Verwendetes Testproblem | 127 |
| 3.5.3.2 | Getestete Verfahren | 127 |
| 3.5.3.3 | Ergebnisse..... | 128 |
| 3.5.4 | Vergleich nach D. E. Smith | 130 |
| 3.5.4.1 | Getestete Verfahren | 131 |
| 3.5.4.2 | Kriterien zur Auswahl der Testfunktionen | 132 |
| 3.5.4.3 | Ergebnisse..... | 133 |
| 3.5.5 | Vergleich nach H.-P. Schwefel..... | 135 |
| 3.5.5.1 | Getestete Verfahren | 135 |
| 3.5.5.2 | Ergebnisse..... | 137 |
| 3.5.6 | Vergleich nach D. Brüne | 142 |
| 3.5.6.1 | Verwendete Testfunktion | 142 |
| 3.5.6.2 | Getestete Verfahren | 142 |
| 3.5.6.3 | Ergebnisse..... | 143 |
| 4 | Anwendung ausgewählter Optimierungsverfahren auf das Biethahn'sche Lagerhaltungsmodell | 147 |
| 4.1 | Simulationssoftware Arena als Basis | 147 |
| 4.2 | Implementierung des Lagerhaltungsproblems in die Simulationssoftware Arena | 151 |
| 4.2.1 | Parameterkonstellation I (Biethahn'sches Lagerhaltungsmodell)..... | 153 |
| 4.2.2 | Parameterkonstellation II (Modifikation des Biethahnschen Lagerhaltungsmodells) | 155 |
| 4.3 | Implementierung der Parameterkonstellationen des Modells in Arena..... | 155 |
| 4.3.1 | Gesamtmodell..... | 157 |
| 4.3.2 | Arena Modell..... | 158 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.3.3 | Interne Modelllogik | 160 |
| 4.3.4 | Entwicklung der ausgewählten Algorithmen..... | 165 |
| 4.3.4.1 | Local Search | 166 |
| 4.3.4.2 | Gradientenverfahren | 167 |
| 4.3.4.3 | Simulated Annealing | 168 |
| 4.3.4.4 | Genetischer Algorithmus | 169 |
| 4.3.4.5 | Tabu Search | 174 |
| 4.3.4.6 | Modifizierter Ameisenalgorithmus mit konstanter Populationsgröße..... | 175 |
| 4.3.4.7 | Modifizierter Ameisenalgorithmus mit linearem Wachstum der Population..... | 176 |
| 5 | Darstellung und Beurteilung der Ergebnisse der Anwendung..... | 177 |
| 5.1 | Enumeration | 177 |
| 5.2 | Gradientenverfahren..... | 180 |
| 5.3 | Simulated Annealing | 182 |
| 5.4 | Genetischer Algorithmus | 184 |
| 5.5 | Tabu Search..... | 189 |
| 5.5.1 | Einfaches Tabu Search | 189 |
| 5.5.2 | Tabu Search mit 97% Aspirationskriterium | 192 |
| 5.5.3 | Tabu Search mit 100% Aspirationskriterium | 195 |
| 5.6 | Modifizierter Ameisenalgorithmus mit konstanter Populationsgröße..... | 198 |
| 5.7 | Modifizierter Ameisenalgorithmus mit linearem Wachstum der Population | 202 |

| | | |
|------------------|---|------------|
| 5.8 | Vergleichende Beurteilung der untersuchten Algorithmen..... | 205 |
| 5.8.1 | Parameterkonstellation I..... | 205 |
| 5.8.2 | Parameterkonstellation II..... | 212 |
| 5.8.3 | Zusammenführung der Ergebnisse | 218 |
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 223 |
| Anhang A: | Ergebnistabellen | 227 |
| Anhang B: | Visual Basic Quelltext | 249 |
| | Interne Modelllogik | 249 |
| | Dialoge | 258 |
| | Records | 260 |
| | Gradientenverfahren | 261 |
| | Simulated Annealing..... | 268 |
| | Genetischer Algorithmus | 274 |
| | Tabu-Suche (einfach)..... | 280 |
| | Tabu-Suche mit Aspirationskriterien..... | 289 |
| | Schwarm-Algorithmus mit linearem Wachstum..... | 298 |
| | Literaturverzeichnis | 305 |