

**Marcus Spieker**

# Klassifizierung von Optimierungsverfahren in Supply Chain Management-Systemen

**Diplomarbeit**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2002 Diplomica Verlag GmbH  
ISBN: 9783832466404

**Marcus Spieker**

# **Klassifizierung von Optimierungsverfahren in Supply Chain Management-Systemen**

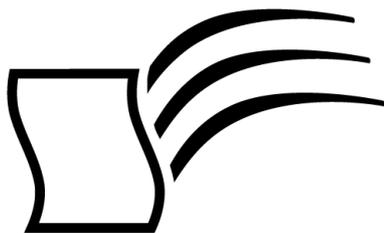


---

Marcus Spieker

# Klassifizierung von Optimierungsverfahren in Supply Chain Management-Systemen

Diplomarbeit  
an der Universität - Gesamthochschule Paderborn  
Fachbereich Informatik / Wirtschaftsinformatik  
November 2002 Abgabe



***Diplom.de***

Diplomica GmbH \_\_\_\_\_  
Hermannstal 119k \_\_\_\_\_  
22119 Hamburg \_\_\_\_\_

Fon: 040 / 655 99 20 \_\_\_\_\_  
Fax: 040 / 655 99 222 \_\_\_\_\_

agentur@diplom.de \_\_\_\_\_  
www.diplom.de \_\_\_\_\_

ID 6640

Spieker, Marcus: Klassifizierung von Optimierungsverfahren in Supply Chain Management-Systemen

Hamburg: Diplomatic GmbH, 2003

Zugl.: Paderborn, Universität - Gesamthochschule, Diplomarbeit, 2002

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomatic GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2003

Printed in Germany

## Inhaltsverzeichnis

|  |            |
|--|------------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b> .....                      | <b>I</b>   |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....                   | <b>III</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> .....                     | <b>V</b>   |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....                   | <b>VII</b> |
| <b>1 Einleitung</b> .....                            | <b>1</b>   |
| <b>2 Supply Chain Management</b> .....               | <b>5</b>   |
| 2.1 Allgemeines .....                                | 5          |
| 2.2 Der Bullwhip-Effekt.....                         | 6          |
| 2.3 Abgrenzung.....                                  | 9          |
| 2.3.1 Das Umfeld des Supply Chain Managements.....   | 9          |
| 2.3.2 Entwicklung zum SCM .....                      | 10         |
| 2.3.3 Materials Requirement Planning (MRP).....      | 11         |
| 2.3.4 Manufacturing Resource Planning (MRP II).....  | 11         |
| 2.3.5 Produktionsplanung und -steuerung .....        | 12         |
| 2.3.6 Enterprise Resource Planning (ERP).....        | 12         |
| 2.3.7 Logistik.....                                  | 12         |
| 2.3.8 ERP vs. SCM .....                              | 13         |
| 2.3.9 Definition .....                               | 14         |
| <b>3 Supply Chain Management-Systeme</b> .....       | <b>17</b>  |
| 3.1 SCOR-Modell.....                                 | 17         |
| 3.1.1 SCM-Software.....                              | 19         |
| 3.2 Planungsaufgaben .....                           | 20         |
| 3.2.1 Langfristige Planungsaufgaben.....             | 21         |
| 3.2.2 Mittelfristige Planungsaufgaben .....          | 22         |
| 3.2.3 Kurzfristige Planungsaufgaben .....            | 22         |
| 3.3 SCP-Matrix.....                                  | 23         |
| 3.4 Optimierung mit Advanced Planning Systemen ..... | 24         |

---

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>4</b>  | <b>Optimierung</b> .....  | <b>27</b> |
| 4.1       | Optimierung und Simulation .....  | 27        |
| 4.2       | Prognoseverfahren .....   | 28        |
| 4.2.1     | Gliederung der Vorhersageverfahren .....  | 29        |
| 4.2.2     | Ablauf der Vorhersage.....  | 30        |
| 4.3       | Sukzessivplanung vs. Simultanplanung .....  | 32        |
| 4.4       | Modelle .....   | 33        |
| 4.4.1     | Modellbildung .....   | 33        |
| 4.4.2     | Klassifizierung der Modelle.....  | 34        |
| <b>5</b>  | <b>Optimierungsverfahren</b> .....  | <b>37</b> |
| 5.1       | Exakte Verfahren.....   | 38        |
| 5.1.1     | Vollständige Enumeration.....   | 38        |
| 5.1.2     | Lineare Programmierung / Linear Programming (LP).....   | 39        |
| 5.1.2.1   | Definition .....  | 39        |
| 5.1.2.2   | Graphische Lösung .....   | 40        |
| 5.1.2.2.1 | Graphische Lösung eines Maximierungsproblems  | 40        |
| 5.1.2.2.2 | Graphische Lösung eines Minimierungsproblems  | 42        |
| 5.1.2.3   | Der Simplex-Algorithmus.....  | 44        |
| 5.1.2.3.1 | Beispiel  | 45        |
| 5.1.2.3.2 | Der Simplex Algorithmus   | 46        |
| 5.1.2.3.3 | Simplex-Tableau   | 46        |
| 5.1.2.3.4 | Vorgehensweise  | 47        |
| 5.1.2.3.5 | Computergestützte Berechnung  | 50        |
| 5.1.2.4   | Die Big-M-Methode.....  | 53        |
| 5.1.2.5   | Die Innere-Punkt-Methode .....  | 53        |
| 5.1.3     | Ganzzahlige Programmierung / Integer Programming (IP) und<br>gemischt ganzzahlige Programmierung / Mixed Integer<br>Programming (MIP) ..... | 54        |
| 5.1.3.1   | Problematik der Ganzzahligkeit.....   | 54        |
| 5.1.3.2   | Das Branch&Bound-Verfahren .....  | 56        |
| 5.1.3.3   | Vorgehen anhand eines Beispiels .....   | 57        |
| 5.1.4     | Nichtlineare Optimierung .....  | 59        |

---

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 5.2       | Constraint Programming .....                                  | 61 |
| 5.2.1     | Überblick .....   | 61 |
| 5.2.2     | Arbeitsweise der Constraintverfahren .....                    | 62 |
| 5.2.3     | Baumsuchverfahren .....                                       | 63 |
| 5.2.4     | Lokale Suchverfahren .....                                    | 64 |
| 5.2.5     | Hilferuf eines Studenten .....                                | 64 |
| 5.3       | Heuristiken .....   | 67 |
| 5.3.1     | Das Kreieren in Suchverfahren .....                           | 68 |
| 5.3.2     | Tabu Search (TS) .....  | 69 |
| 5.3.2.1   | Einführendes Beispiel – Das Knapsack-Problem .....            | 69 |
| 5.3.2.2   | Begriffe beim Tabu Search .....                               | 70 |
| 5.3.2.3   | Verfahrensweise .....   | 71 |
| 5.3.2.4   | Dynamische Tabus .....  | 74 |
| 5.3.2.5   | Komplexere Züge .....   | 74 |
| 5.3.3     | Simulated Annealing (SA) .....                                | 75 |
| 5.3.3.1   | Vorgehensweise .....  | 75 |
| 5.3.3.2   | Lösung eines Flow-Shop-Problems mit Simulated Annealing ..... | 77 |
| 5.3.4     | Threshold Accepting (TA) .....                                | 80 |
| 5.3.4.1   | Arbeitsweise beim TA .....                                    | 80 |
| 5.3.4.2   | Beispiel .....  | 81 |
| 5.3.5     | Genetische Algorithmen (GA) .....                             | 82 |
| 5.3.5.1   | Die Evolutionäre Algorithmen in der Betriebswirtschaft .....  | 82 |
| 5.3.5.2   | Termini tecnici .....   | 82 |
| 5.3.5.3   | Arbeitsweise genetischer Algorithmen .....                    | 82 |
| 5.3.5.4   | Anwendungsgebiete der Genetischen Algorithmen .....           | 84 |
| 5.4       | Künstliche Intelligenz – Konnektionismus .....                | 84 |
| 5.4.1     | Künstliche Neuronale Netze .....                              | 84 |
| 5.4.1.1   | Einführung und Definition .....                               | 84 |
| 5.4.1.2   | Arbeitsweise .....  | 87 |
| 5.4.1.3   | Betriebswirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten .....         | 88 |
| 5.4.2     | Multiagentensysteme (MAS) .....                               | 88 |
| 5.4.2.1   | Begriffsdefinition .....                                      | 89 |
| 5.4.2.2   | Systemarchitekturen und ihre Arbeitsweisen .....              | 90 |
| 5.4.2.2.1 | Blackboardsysteme .....                                       | 90 |
| 5.4.2.2.2 | Kontraktnetzsysteme .....                                     | 91 |
| 5.4.2.3   | Das „Flavor-Paint-Shop“-System .....                          | 93 |
| 5.4.2.4   | Anwendungsmöglichkeiten von Multiagentensystemen .....        | 94 |

|          |   |              |
|----------|---|--------------|
| <b>6</b> | <b>Klassifizierung</b> .....                                    | <b>95</b>    |
| 6.1      | Das Wesen der Klassifikation .....                              | 95           |
| 6.2      | Klassifikation von Optimierungsverfahren in der Literatur ..... | 95           |
| 6.2.1    | Klassifikation in exakte und heuristische Verfahren.....        | 95           |
| 6.2.2    | Der Baum der Optimierung.....                                   | 96           |
| 6.2.3    | Klassifizierung nach Lösungsgüte .....                          | 96           |
| 6.2.4    | Klassifizierung nach Art der Variablen und Constraints.....     | 98           |
| 6.3      | Typisierung der Optimierungsverfahren .....                     | 99           |
| 6.4      | Zusammenfassung .....   | 102          |
| <b>7</b> | <b>Resümee</b> .....  | <b>105</b>   |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b> .....                               | <b>VII</b>   |
|          | <b>Anhang A – Glossar</b> .....                                 | <b>XXV</b>   |
|          | <b>Anhang B – Softwaresysteme zur Optimierung</b> .....         | <b>XXVII</b> |
|          | <b>Anhang C - Weiterführendes zum Operations Research</b> ..... | <b>XXIX</b>  |
|          | <b>Anhang D – Weitere Literaturquellen</b> .....                | <b>XXXI</b>  |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Betriebswirtschaftliche Entwicklungen im Zeitverlauf, in Anlehnung an [Wild00, S.6].....  | 2  |
| Abbildung 2: Bullwhip-Effekt [Busc02-ol]. .....  | 7  |
| Abbildung 3: Ausgleich des Bullwhip-Effekts, in Anlehnung an [KnoI00-ol, S.8].....   | 8  |
| Abbildung 4: Konvergenz zwischen Logistik, IT und Operations Research in Anlehnung an [CoGa02, S.16].....  | 9  |
| Abbildung 5: Konzepte im Umfeld von SCM, in Anlehnung an [KoLe00, S.7].....  | 10 |
| Abbildung 6: Evolutionsstufen der Produktionslogistik, in Anlehnung an [Baue02, S.7].....  | 11 |
| Abbildung 7: Definition Supply Chain Management, vgl. [Wild00, S.22]. .....  | 15 |
| Abbildung 8: Software-Systeme im Unternehmen, in Anlehnung an [HPR02, S.2]. ....   | 17 |
| Abbildung 9: Kernprozesse im Supply Chain Management, in Anlehnung an [Supp02-ol, S.3]. .....  | 18 |
| Abbildung 10: SCM-Funktionalitäten im Überblick, in Anlehnung an [BLW00-ol, S.3].....  | 19 |
| Abbildung 11: Das Verhältnis von ERP- und SCM-Systemen, in Anlehnung an [Gesa01-ol].....   | 20 |
| Abbildung 12: Supply Chain Planning Matrix, in Anlehnung an [FMW00, S.63].....   | 21 |
| Abbildung 13: Ausgewählte Anbieter und ihre Software Module im Planungsprozess, in Anlehnung an [Flei02-ol, Kapitel 7], [MWR00, S.241ff.]. ..... | 23 |
| Abbildung 14: Software Module der SCP-Matrix, in Anlehnung an [MWR00, S.75]. ....  | 24 |
| Abbildung 15: Sequentielle Verknüpfung von Simulation und Optimierung, vgl. [WBN+02-ol, S.9].....  | 28 |
| Abbildung 16: Gliederung der Vorhersageverfahren, in Anlehnung an [Schö00, S.354].....   | 29 |
| Abbildung 17: Ablauf der Vorhersage, in Anlehnung an [Schö00, S.352]. .....  | 31 |
| Abbildung 18: Traditionelle Planungswerkzeuge vs. SCM-Systeme, vgl. [BLW00-ol, S.2].....   | 33 |
| Abbildung 19: Problemlösung durch Modellbildung, in Anlehnung an [Goho00, S.4].....  | 34 |
| Abbildung 20: Klassifizierung von Optimierungsverfahren nach Reese/Urban, vgl. [ReUr99, S.319].....  | 37 |
| Abbildung 21: Graphische Lösung zum Beispiel, in Anlehnung an [DoDr98, S.12]. ....   | 42 |
| Abbildung 22: Graphische Lösung des Beispiels, in Anlehnung an [DoDr98, S.13]... ..  | 44 |
| Abbildung 23: Ausgangslösung des Simplex-Algorithmus, vgl. [Bich02-ol, S.14].....  | 47 |
| Abbildung 24: Schritt 1 zur Lösung des Simplex-Algorithmus, vgl. [Bich02-ol, S.16].48  |    |
| Abbildung 25: Schritt 2 zur Lösung des Simplex-Algorithmus, vgl. [Bich02-ol, S.16].48  |    |

---

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 26: Ermittlung der Lösung, vgl. [Bich02-ol, S.17].   | 49  |
| Abbildung 27: Lösung des Simplex-Algorithmus, vgl. [Bich02-ol, S.18].  | 49  |
| Abbildung 28: Simplex-Tableau zur Fallstudie, vgl. [Haeh02-ol, S.4].   | 51  |
| Abbildung 29: Formulierung des Optimierungsproblems in LINDO, vgl. [Haeh02-ol, S.6].   | 52  |
| Abbildung 30: Lösung des Beispiels mit LINDO, vgl. [Heah02-ol, S.7ff.]   | 53  |
| Abbildung 31: Lösungsräume linearer und ganzzahliger Optimierungsprobleme, in Anlehnung an [KoVy00, S.91]                    | 55  |
| Abbildung 32: Lösungsbaum beim B&B, in Anlehnung an [DoDr98, S.125].   | 56  |
| Abbildung 33: Graphische Lösung und obere Schranke, in Anlehnung an [DoDr98, S.126].   | 57  |
| Abbildung 34: Entscheidungsbaum beim Branch&Bound, in Anlehnung an [DoDr98, S. 127].   | 58  |
| Abbildung 35: Filterung von Wertebereichen durch Constraintprogrammierung, vgl. [GWI00-ol, S.10].                            | 63  |
| Abbildung 36: Prinzip der Baumsuche, vgl. [GWI00-ol, S.10].  | 64  |
| Abbildung 37: Grundproblem lokaler Suchmethoden, vgl. [VFG00, S.556].  | 69  |
| Abbildung 38: Annahmewahrscheinlichkeit als Funktion des Abkühlparameters und der Lösungsverschlechterung, vgl. [Temp02-ol]. | 76  |
| Abbildung 39: Grobstruktur des Simulated Annealing, vgl. [Sied94, S,20].   | 77  |
| Abbildung 40: Struktogramm des Threshold Accepting, vgl.[Seid00-ol, S.1].  | 81  |
| Abbildung 41: Arbeitsweise von Genetischen Algorithmen, in Anlehnung an [GEK98, S.450].                                      | 83  |
| Abbildung 42: Natürliches Neuron, vgl. [Fors02-ol].  | 85  |
| Abbildung 43: Künstliches Neuron, vgl. [Fors02-ol].  | 86  |
| Abbildung 44: Beispiel eines neuronalen Netzes, vgl. [Saue02-ol, S.53].  | 87  |
| Abbildung 45: Aufbau eines maschinellen Agenten, vgl. [CoGö98b, S.428].  | 90  |
| Abbildung 46: Blackboardarchitektur, vgl. [CoGö98b, S.430].  | 91  |
| Abbildung 47: Die vier Schritte des Kontraktnetzverfahrens, in Anlehnung an [Ferb01, S.389].                                 | 92  |
| Abbildung 48: Aufbau eines Kontraktnetz-Agenten, vgl. [Krüt01-ol, S.61].   | 93  |
| Abbildung 49: The Optimization Tree, vgl. [NEOS02-ol].   | 96  |
| Abbildung 50: Klassifizierung von Lösungsverfahren, in Anlehnung an [KrFi81, S.452].   | 97  |
| Abbildung 51: Klassifizierung nach ILOG, in Anlehnung an [llog02-ol, S.25].  | 98  |
| Abbildung 52: Einsatz von Optimierungsverfahren unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten (Autorenhinweise).            | 100 |

## Tabellenverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabelle 1: Angaben zum Maximierungsproblem, vgl. [DoDr98, S.12f.].....</b>  | <b>40</b> |
| <b>Tabelle 2: Angaben zum Minimierungsproblem, vgl. [DoDr98, S.13f.].....</b>  | <b>43</b> |
| <b>Tabelle 3: Wertebereiche im Beispiel, in Anlehnung an [Reif00-ol, Kap.3].....</b>   | <b>66</b> |
| <b>Tabelle 4: Daten zum Knapsack-Problem, vgl. [DKS96-ol].....</b>   | <b>70</b> |
| <b>Tabelle 5: Tabu Search - Verfahrensablauf im Beispiel, vgl. [DKS96-ol]. ....</b>  | <b>72</b> |
| <b>Tabelle 6: Matrix der Bearbeitungszeiten, vgl. [ReUr99, S322]. ....</b>   | <b>77</b> |
| <b>Tabelle 7: Simulated Annealing-Verfahrensschritte zur exemplarischen Lösung des<br/>Flow-Shop-Problems, vgl. [ReUr99, S.324].....</b> | <b>79</b> |

## Abkürzungsverzeichnis

|        |  |
|--------|--|
| APS    | Advanced Planning Systems / Advanced Planning & Scheduling |
| B&B    | Branch and Bound   |
| BDE    | Betriebsdatenerfassung                                     |
| CIM    | Computer Integrated Manufacturing                          |
| DSS    | Decision Support System                                    |
| EA     | Evolutionäre Algorithmen                                   |
| ECR    | Efficient Customer Response                                |
| EDI    | Electronic Data Interchange                                |
| ERP    | Enterprise Resource Planning                               |
| EVA    | Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe                               |
| GIGO   | Garbage In - Garbage Out                                   |
| IP     | Integer Programming  |
| JIT    | Just-In-Time   |
| KNN    | Künstlich Neuronale Netze                                  |
| LP     | Linear Programming   |
| MAS    | Multiagentensysteme  |
| MDE    | Maschinendatenerfassung                                    |
| MIP    | Mixed Integer Programming                                  |
| MIT    | Massachusetts Institute of Technology                      |
| MRP    | Material Requirements Planning                             |
| MRP II | Manufacturing Resource Planning                            |
| NEOS   | Network-Enabled Optimization System                        |
| PPS    | Produktionsplanung und -steuerung                          |
| QR     | Quick Response   |
| SA     | Simulated Annealing  |
| SCOOP  | Scientific Computation of Optimum Programs                 |
| SCM    | Supply Chain Management                                    |
| TA     | Threshold Accepting  |
| TD     | Tabudauer  |
| TQM    | Total Quality Management                                   |
| VMI    | Vendor Managed Inventory                                   |