1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung der Untersuchung

Obgleich Tourenplanungsprobleme zu den am häufigsten untersuchten Problemstellungen des Operations Research zählen, konzentriert sich der Großteil der Arbeiten in diesem Bereich auf eine bestimmte Gruppe, den statisch deterministischen Problemen. Die Annahme einer Planungssicherheit und unveränderlicher Informationen, von der in diesen Problemen ausgegangen wird, stellt aber eine wesentliche Vereinfachung gegenüber realen Problemstellungen dar. In realen Problemstellungen unterliegen vielmehr fast alle Parameter des betrachteten Problems einer Unsicherheit oder ändern sich im Zeitablauf und weisen somit sowohl stochastische als auch dynamische Elemente auf. Als Beispiele für stochastische und/oder dynamische Tourenplanungsprobleme seien auszugsweise die Einsammlung von Paketen durch einen Paketdienstleister, die Steuerung von Notfalleinsätzen der Polizei oder Feuerwehr und die Tourenplanung von Taxen genannt. Um eine möglichst realitätsgetreue Planung für diese Problemstellungen zu erreichen, müssen auch dynamische und stochastische Aspekte in die Optimierung mit einfließen.[1]

Im Zuge des gestiegenen Wettbewerbes und 'Just in Time' Produktion muss im Rahmen einer optimalen Verteilung der produzierten Güter auch die zugehörige Tourenplanung flexibel gestaltet sein und mit sich im Zeitablauf ändernden Problemstellungen umgehen können. Mit den Entwicklungen im Bereich der Telekommunikation und der Rechnerleistung in den letzten 10-15 Jahren sind die Voraussetzungen für eine solche dynamische Tourenplanung geschaffen worden. Es ist nunmehr vonseiten der Kommunikationstechnik möglich, die Informationen im Zeitpunkt ihres Auftretens aufzunehmen und - Dank ausreichender Rechenleis-

[1] Vgl. GENDREAU, É. ET AL. (1999), S. 382, LARSEN, A. (2000), S. 1.

tung - in der Planung mit zu berücksichtigen.[2] Die Konzentration der Arbeiten auf das statisch deterministische Problem bedingt jedoch, dass bislang nur wenige Strategien und Verfahren für dynamische Tourenplanungsprobleme untersucht worden[3] und somit die Rahmenbedingungen geschaffen sind, das Wissen jedoch über geeignete Verfahren fehlt. Dies gilt im besonderen Maße für die metaheuristischen Verfahren, mit denen in den letzten Jahren für das statisch deterministische Problem die besten Ergebnisse erzielt worden sind. Nachdem mittels dieser Ergebnisse deren Eignung für die Tourenplanung nachgewiesen werden konnte, stellt sich die Frage, wie sich diese Verfahren im Rahmen einer dynamischen Tourenplanung verhalten.[4]

Ziel dieser Arbeit ist es daher, metaheuristische Optimierungsverfahren auf ein dynamisches Tourenplanungsproblem anzuwenden und so das Verhalten der Verfahren für diese neue Problemstellung zu untersuchen. Für diese Untersuchung wurden insgesamt vier Metaheuristiken - zwei Evolutionäre Strategien, ein Ameisenalgorithmus und das Simulated Annealing - herangezogen.

Da fast alle Variablen von Tourenplanungsproblemen bei einer realistischen Betrachtung auch dynamisch ausgelegt werden können, muss eine Eingrenzung des Untersuchungsbereichs vorgenommen werden. Als Anwendungsbeispiel für die Untersuchungen bezieht sich diese Arbeit daher auf das kapazitätsrestriktive dynamische Tourenplanungsproblem mit Zeitfenstern. Dabei wird nur eine Variable, die Anzahl der zu bedienenden Kunden, dynamisch ausgelegt Die Menge der zu bedienenden Kunden ist zu Beginn der Planung nicht vollständig bekannt. Einige Kunden fragen erst im Zeitablauf nach und sollen im Zeitpunkt ihres Nachfragens in den aktuellen Tourenplan integriert werden. Dabei erfährt der Tourenplaner erst zum Zeitpunkt des Nachfragens weitere Einzelheiten über den Kunden, wie Nachfragemenge, -zeitpunkt, Lage des Kunden etc.

Die Schwierigkeit des in dieser Arbeit betrachteten Problems setzt sich aber neben der Anzahl an insgesamt einzufügenden Kunden auch noch aus der Geschwindigkeit, mit der diese dem Tourenplaner bekannt werden und somit auch in der Planung berücksichtigt werden müssen,

---

2 Vgl. GENDREAU, M.; POTVIN, J. (1998 a), S. 116.

3 Vgl. BIANCHI, L. (2000).

4 Vgl. LARSEN, A. (2000), S. 142.

zusammen. Um eine fundierte Aussage über das Problem und das Verhalten der Metaheuristiken zu erhalten, werden mehrere Konstellationen untersucht und sowohl die Menge der zu Tagesbeginn unbekannten Kunden als auch der Geschwindigkeit, mit der diese bekannt und somit integriert werden müssen, variiert. Der Anteil zu integrierender Kunden wird zwischen 10%, 30%, 50%, 70% und 90% der insgesamt zu bedienenden Kunden variiert und die Ankunftsrate in den Schritten 1, 3, 5, 7 und 9 Ankünfte/Minute.

Für die statisch deterministischen Tourenplanungsprobleme mit Zeitfenstern stehen in Form der 'SOLOMON'SCHEN Benchmark-Probleme' frei zugängliche Testprobleme zur Verfügung, anhand derer neue Algorithmen auf ihre Güte im Vergleich zu anderen Verfahren bewertet werden können.[5] Da für die dynamischen Tourenplanungsprobleme mit Zeitfenstern auf keine entsprechenden Benchmark-Probleme zurückgegriffen werden kann, werden in dieser Arbeit die SOLOMON'SCHEN Benchmark-Probleme zu dynamischen Problemen derart verändert, wie sie in dieser Arbeit untersucht werden sollen. Um für weitere Arbeiten eine Vergleichsbasis bereitzustellen, werden diese im Internet zur freien Verfügung gestellt.

1.2 Gang der Untersuchung

In Kapitel 2 werden die Grundlagen der Tourenplanung dargelegt. Dabei wird - nach einer Einordnung in die betriebswirtschaftliche Logistik - ein Klassifikationsschema für Tourenplanungsprobleme beschrieben. Abschließend wird auf dynamische Tourenplanungsprobleme durch die Beschreibung der Eigenschaften und Kriterien einerseits und der Anwendungsgebiete und bisherigen Ansätze zur Lösung dieser Probleme anderseits vertiefend eingegangen.

In Kapitel 3 wird die allgemeine Funktionsweise der vier ausgewählten Metaheuristiken Simulated Annealing, Evolutionäre Strategien und der Ameisenalgorithmus vorgestellt. Im Anschluss daran werden die Modifikationen erläutert, die an diesen Konzepten vorgenommen werden müssen, um den besonderen Anforderungen der Tourenplanungsprobleme als ganzzahlige kombinatorische Optimierungsprobleme Rechnung zu tragen.

Zu Beginn von Kapitel 4 werden das dieser Arbeit zugrunde gelegte dynamische Tourenpla-

---

5 Vgl. SOLOMON, M.M. (1987), S. 254-265.

nungsproblem und die erzeugten dynamischen Testinstanzen dargestellt. Dabei werden zuerst die Struktur und Eigenschaften der statisch deterministischen SOLOMON'SCHEN Benchmark-Probleme erörtert und daran anschließend die Generierung der dynamischen Testinstanzen erläutert. Nach der detaillierten Vorstellung der untersuchten Problemstellung wird die Umsetzung der einzelnen Metaheuristiken beschrieben. Die anschließende Darstellung der Ergebnisse der Untersuchungen mit den jeweiligen Verfahren gliedert sich dabei in die Darstellung der erzielten Ergebnisse einerseits und den Vergleich der Ergebnisse mit denen, die eine Einfügeheuristik für dasselbe Problem erzielt hat, anderseits. Abschließend werden die Ergebnisse in einer vergleichenden Gegenüberstellung beurteilt.

Das fünfte Kapitel widmet sich schließlich der Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen und bietet einen Ausblick auf weitere Arbeiten im Bereich der dynamischen Tourenplanung.

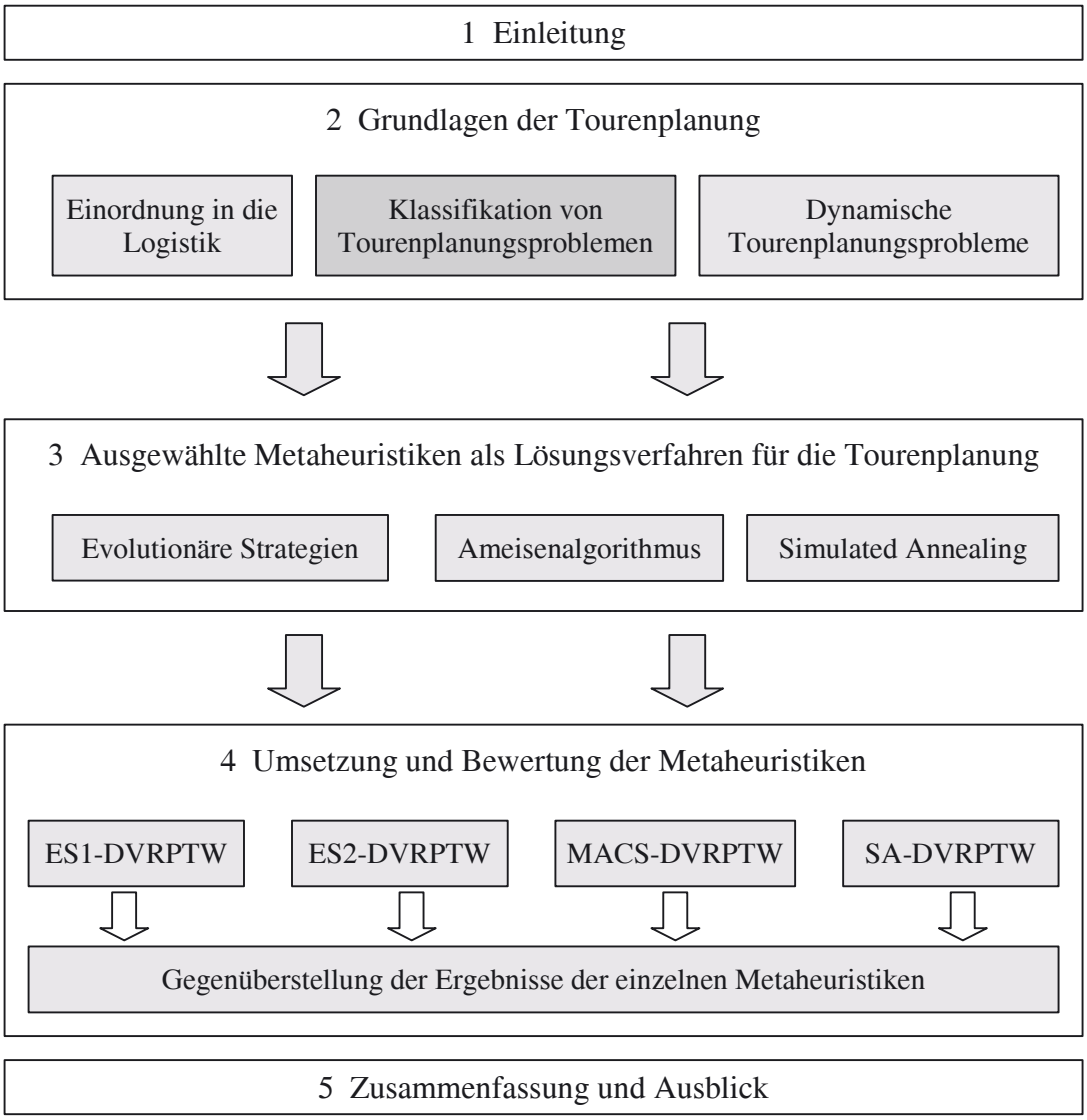

Abb. 1: Aufbau der Arbeit