

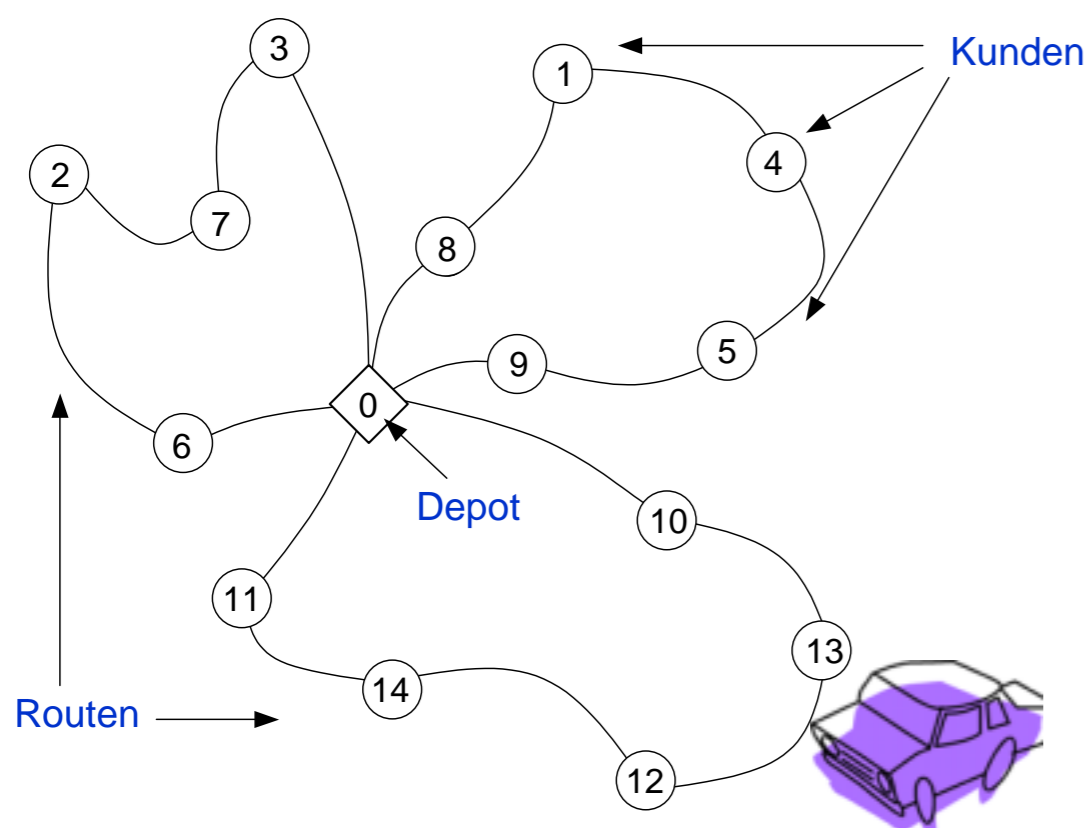
Einsatz Evolutionärer Algorithmen zur Optimierung der Tourenplanung eines Wachschatzunternehmens



Diplomarbeit, vorgelegt von Tino Schonert

Aufgabenstellung

Ziel und Inhalt dieser Arbeit ist die Entwicklung und softwaretechnische Umsetzung eines geeigneten Verfahrens zur Modellierung und Optimierung der Tourenplanung eines Wachschatzunternehmens. Das Problem stellt sich wie folgt dar: ausgehend von einem zentralen Fahrzeugdepot müssen mehrere Kunden angefahren und kontrolliert werden. Dabei sind verschiedene Bedingungen (z.B. Zeitfenster, Kontrollzeiten und Restriktionen) zu berücksichtigen. **Aufgabe:** Aufteilung der verschiedenen Kunden auf mehrere Routen, so dass sämtliche Restriktionen erfüllt sind und der dafür benötigte Zeitaufwand bzw. die Gesamtstrecke möglichst minimal wird.

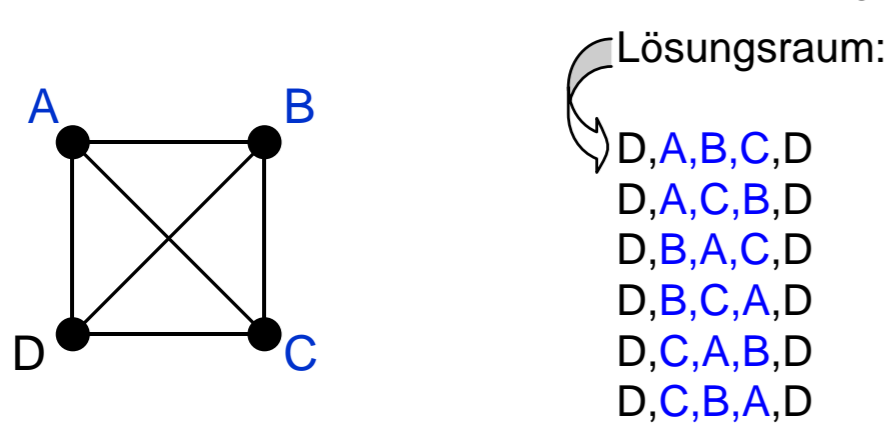


Einordnung

Das Problem der Tourenplanung kann allgemein als *Vehicle Routing Problem* (kurz: VRP) beschrieben werden. Es ähnelt stark dem bekannten *Traveling Salesman Problem* (kurz: TSP), welches auch als das Problem des Handelsreisenden bekannt ist. Die Formulierung und Beschreibung dieses Problems ist relativ einfach, bei der Lösung ergeben sich allerdings große Schwierigkeiten. Der Lösungsraum kann extrem groß werden.

Beispiel zur Verdeutlichung:

3 Wachobjekte A,B,C
Fahrzeugdepot D
Ein Fahrzeug



Permutation: **es gibt n!** mögliche Anordnungen von n verschiedenen Objekten
(Beispiel n = 3): 3! = 3 · 2 · 1 = 6 mögliche Kombinationen

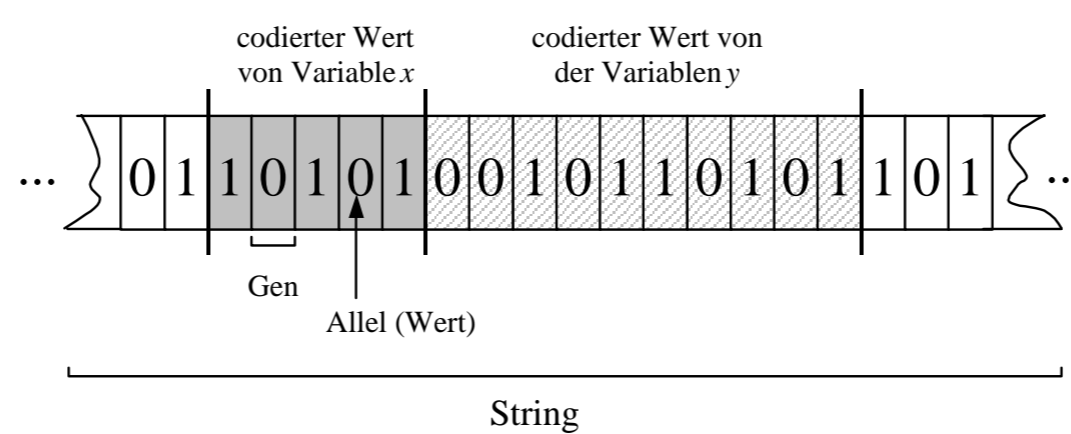
- prinzipiell ist eine vollständige Enumeration des gesamten Lösungsraums möglich
- Zahl der zulässigen Touren steigt rapide mit wachsendem n

Anzahl der Möglichkeiten	Wachobjekte
3.628.800	10 Objekte
479.001.600	12 Objekte
ca. 2.1 · 10 ¹³	16 Objekte

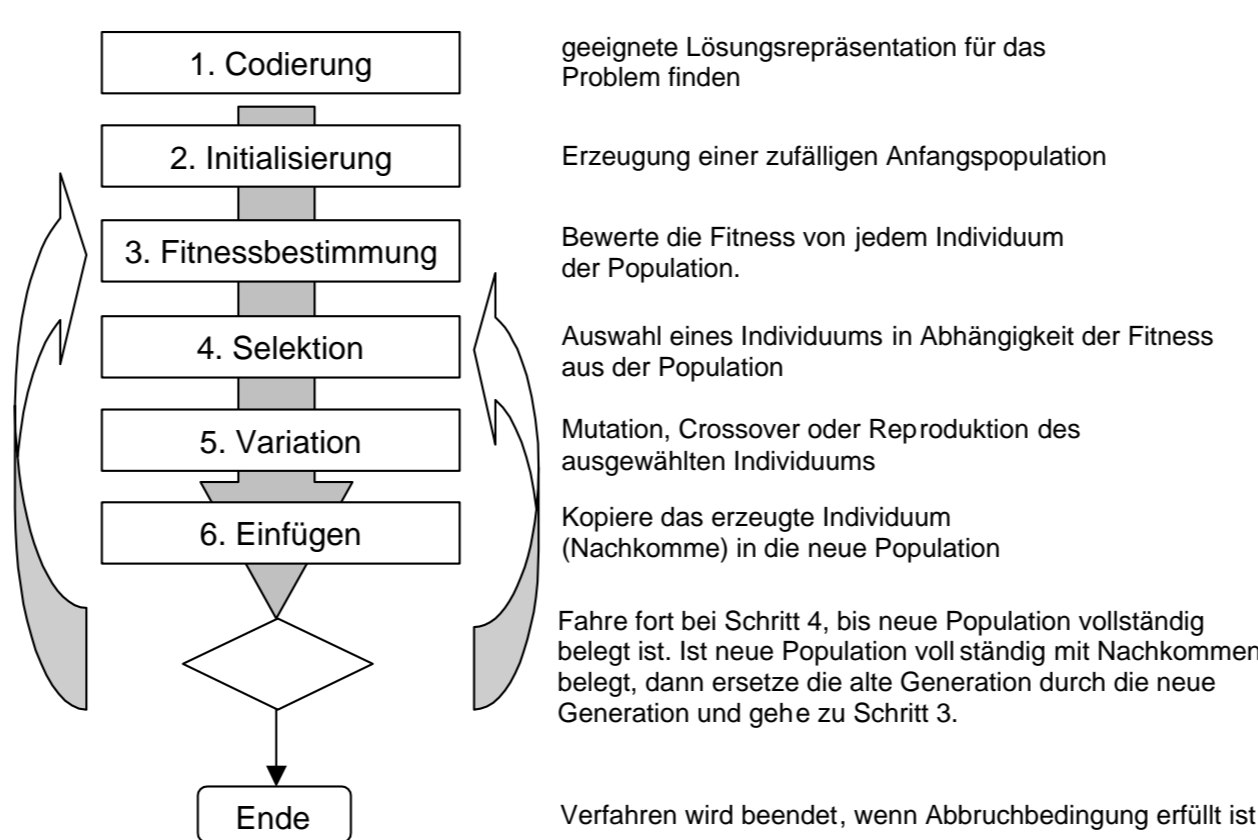
- Problem ist NP-vollständig (hohe Laufzeitkomplexität)
- für größere Probleme unmöglich alle Kombinationen in akzeptabler Zeit zu untersuchen (Rechenzeit!)
- in Praxis sucht man nicht nach der exakten Lösung, sondern gibt sich mit einer fast optimalen zufrieden
- Einsatz von heuristischen Suchverfahren (suboptimale Lösungen)
Bergsteigerprinzip
Sintflut-Algorithmus
- naturalogische Verfahren (**Evolutionäre Algorithmen**)

Genetischer Algorithmus

Genetische Algorithmen simulieren den Evolutionsprozess auf dem Rechner in vereinfachter Form nach. Dabei muss die Lösungsrepräsentation des Problems in Form eines Chromosoms, bestehend aus einer Folge elementarer Bausteine (Gene), aufgebaut sein.



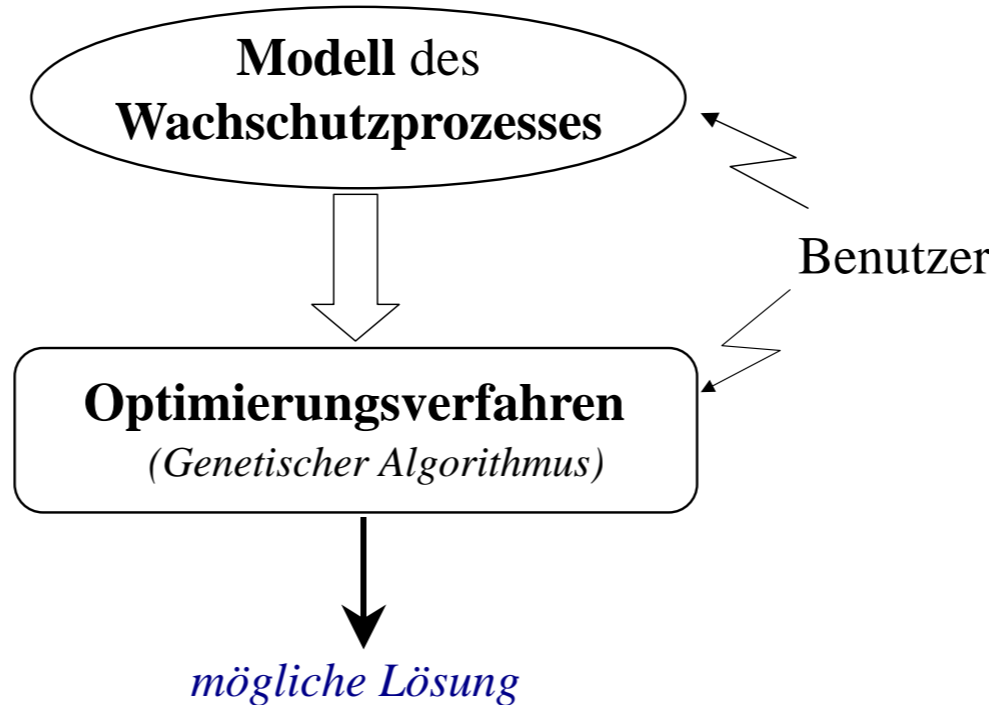
Ein Chromosom mit einer beliebigen Ausprägung der einzelnen Gene bezeichnet man als Individuum und stellt eine mögliche Lösung des Problems (Punkt im Suchraum) dar. Jedem Individuum kann aufgrund seiner Variablenbelegung eindeutig ein Zielfunktionswert (seine Fitness) zugeordnet werden. Der Ablauf des GA lässt sich wie folgt darstellen:



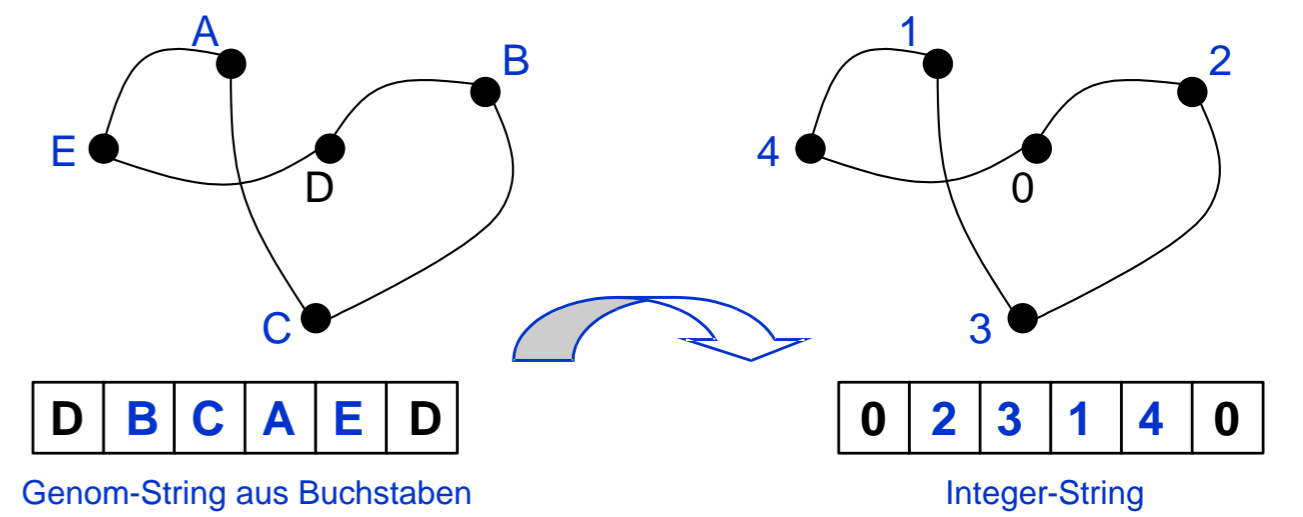
Dieses Wechselspiel aus Selektion und Variation führt im Laufe vieler Generationen zu sukzessiv besseren Lösungsvorschlägen. Der Evolutionsprozess wird solange fortgesetzt bis ein bestimmtes Abbruchkriterium erreicht worden ist.

Entwurf und Implementierung

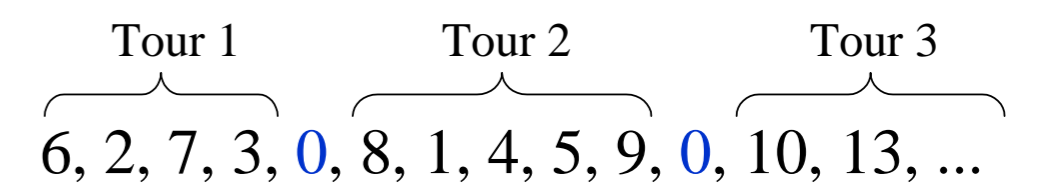
Zunächst einmal wurde ein Modell des Wachschatzprozesses entworfen, welches die Gegebenheiten und Besonderheiten der Wachaufträge in angemessener Weise auf dem Rechner abbildet. Diese Modellierung ist Grundlage für das darauf aufsetzende Optimierungsverfahren.



Für die Optimierung des Tourenplans benötigt man die kürzesten Entfernungen (Fahrzeit, Distanz) zwischen allen Objekten in Form eines vollständigen Graphen. Dazu wurde das Straßennetz von Brandenburg in Form eines gerichteten, bewerteten Graphen abgebildet. Als Optimierungsverfahren wurde speziell für das Problem der Tourenplanung ein Genetischer Algorithmus entworfen. Für die Repräsentation der Lösungen des VRP eignet sich die sogenannte Pfadrepräsentation. Damit lassen sich die Lösungskandidaten bequem als Permutation darstellen.



Einfügen von Trennsymbolen zur Unterscheidung der verschiedenen Routen.

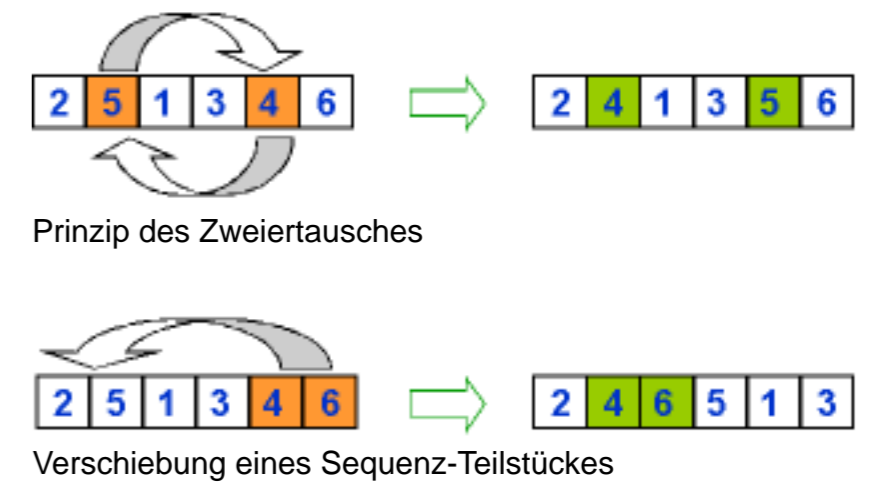


Für jedes Individuum wird eine Bewertung bzgl. der Streckenlänge und der Anzahl der verletzten Restriktionen vorgenommen (Mehrzieloptimierung).

Aggregationsansatz:

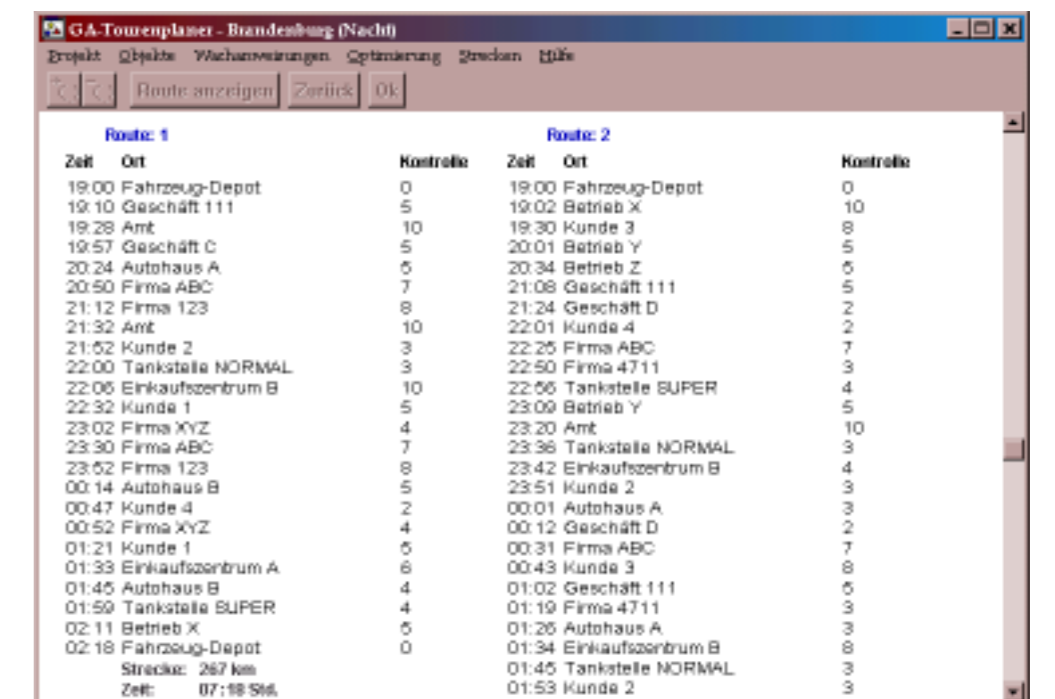
$$F(x) = w_1 \cdot f_1(x) + w_2 \cdot f_2(x) + \dots + w_n \cdot f_n(x)$$

In Abhängigkeit dieses Fitnesswertes erfolgt Selektion. Die Verwendung der Permutationscodierung erfordert spezielle Mutations- und Crossoveroperatoren (Vermeidung von inkonsistenten Nachkommen).



Um den Mitarbeitern die Funktionalitäten bereitzustellen, wurde eine benutzerfreundliche Oberfläche im bekannten Windows Look&Feel erstellt. Dazu diente die Verwendung der Entwicklungsumgebung von Borland C++ mit den Klassen der Object Windows Library (OWL).

Der Anwender kann auf recht einfache und komfortable Weise alle notwendigen Eingabedaten verwalten. Dazu zählt neben dem Erstellen, Ändern und Löschen von Wachobjekten und Wachanweisungen auch das Definieren sämtlicher Restriktionen. Sind alle wachspezifischen Daten eingegeben worden, so startet er das Optimierungsverfahren. Nach dem Ablauf des Verfahrens wird der beste gefundene Tourenplan ausgegeben und kann den Wachangestellten vorgelegt werden.



Zusammenfassung und Ausblick

Das Tourenplanungsproblem stellt ein sehr komplexes Optimierungsproblem dar, für dessen Lösung kein deterministischer polynomieller Algorithmus existiert. Aus diesem Grund wurde ein heuristisches Lösungsverfahren in Form eines Genetischen Algorithmus entworfen, um wenigstens annähernd optimale Tourenpläne zu erhalten. Die erzielten Ergebnisse sind sehr beeindruckend. Durch Erweiterung des Straßennetzes (z.B. Anbindung an Routenplaner) könnte das Programm universell eingesetzt werden.