



Ant Colony Optimization (ACO)

Daniel Blum
24.4.2003

Projektgruppe 431 *Metaheuristiken*

Lehrstuhl 11, Fachbereich Informatik,
Universität Dortmund



Übersicht

- Vorbild Natur
- Übertragung der Ideen
- Beispiele
- Zusammenfassung



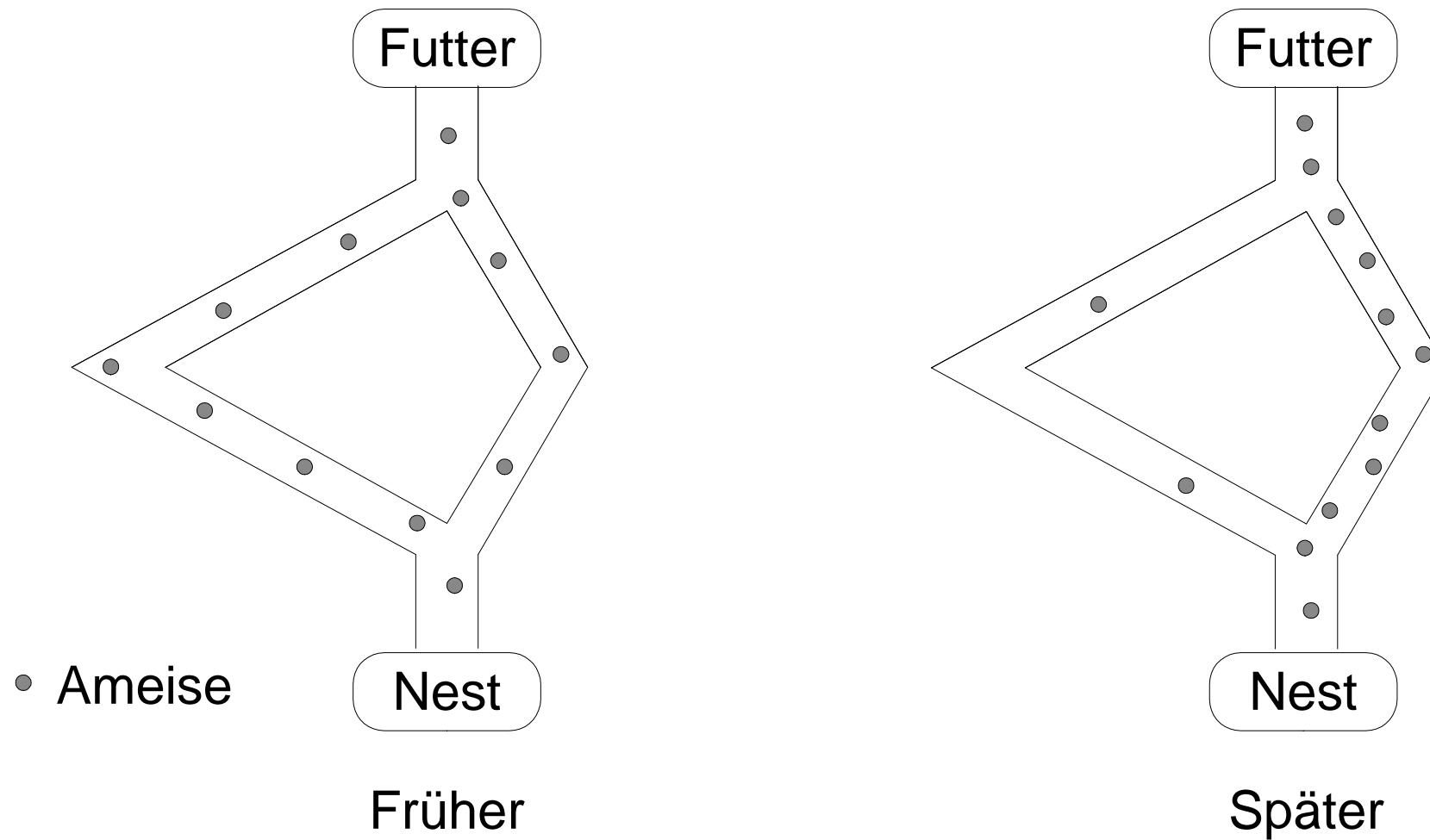
Vorbild Natur

Ameisen:

- Relativ simple Verhaltensweisen
- Bewältigung komplexer Aufgaben
 - Wegfindung zu Futterquellen
 - Kurze Wege
- Kommunikation über Pheromone (Duftstoffe)



Beispiel: Ameisen





Ideen

- Simple Agenten, die in Graphen suchen
- Künstliches Pheromon, um Teillösungen zu kommunizieren
- Pheromonverteilung kann beeinflußt werden
- Globale Information kann einfließen



Beispiel: Ant System

- Doktorarbeit von Marco Dorigo, 1991
- Algorithmen für TSP
- Recht gute Heuristik



Ant System Problemstellung

TSP:

Gegeben: n Städte, eine Matrix mit Entfernungen zwischen den Städten

Gesucht: Kürzeste Tour, um alle Städte einmal zu besuchen



Idee

- Problem erinnert an Beispiel aus der Natur
- Graph mit Städten als Knoten, Kanten stellen Verbindungen zwischen Städten dar
- Ameisen sollen den Graph durchlaufen und kürzesten Weg finden
- Künstliches Pheromon um Wege zwischen Städten zu markieren
- Ameisen verhalten sich entsprechend dem Pheromon und lokalen Informationen



Verhalten einer Ameise

- Ameise startet in ihrer Stadt
- Bewegt sich zu einer Stadt, die sie noch nicht besucht hat, bis alle Städte besucht sind
- Übergangswahrscheinlichkeit p von Stadt i nach j :

$$p(i,j) = \frac{\text{Attraktivität}(i,j)}{\sum_{u \in \text{unbesuchte Städte}} \text{Attraktivität}(i,u)}$$



Attraktivität

Attraktivität für Ameise in Stadt i , nach j zu gehen:

$$\text{attraktivität}(i,j) = \frac{\text{Pheromon}(i,j)^\alpha}{\text{Distanz}(i,j)^\beta}$$

α und β gewichten den Einfluß von Pheromon und lokalem Einfluß



Pheromon Aktualisierung

- Verschiedene Varianten denkbar, z.B.:
 - Jede Ameise verteilt Q/W Weglänge Pheromon auf ihren benutzten Kanten
 - Kürzere Wege werden stärker berücksichtigt
 - Die beste(n) Ameisen verteilen Pheromon auf ihren benutzten Kanten
- Änderung Δ_{ph} der Pheromonverteilung



Evaporation

- Reduktion des Pheromons auf den Kanten
 - Gegen unbegrenztes Wachstum
 - Gegen frühes Stagnieren
- Realisiert durch Multiplikation mit einem Faktor $\delta < 1$
- Durchgeführt nach einem Zyklus aller Ameisen



AS-Algorithmus

Initialisierung

FOR i=1 TO Anzahl Zyklen

FOR EACH Ant

Starten in einer Stadt

Übergang zu nächster unbesuchter Stadt gemäß p bis
Tour komplett

IF neue Beste THEN merken

Ermittlung von Δ_{ph} aus den Lösungen der Ameisen

Evaporation: Pheromon = Pheromon * δ

Update: Pheromon = Pheromon + Δ_{ph}

Beste Lösung ausgeben



Verbesserungen

ACS (Ant Colony System) nutzt:

- Kandidatenliste
- Lokale Updates
- ...

ACS erzielt bessere Ergebnisse



Parameter

- Verschiedene Parameter:
 - Anzahl der Ameisen
 - Evaporation
 - Attraktivität
- Sind nicht einfach zu bestimmen
- Können für jeden Algorithmus bzw. jedes Problem unterschiedlich sein



Weitere Anwendungsbeispiele

Bei statischen Problemen:

- Graph-Coloring
- Sequential Ordering
- Quadratic Assignment
- ...

Auch bei dynamischen Problemen:

- AntNet



AntNet

- Routing in Netzwerken
- Dynamisches Problem
 - Last/Stau
 - Quellen/Ziele
- Routing entsprechend Pheromonverteilung in Netzwerkknoten
 - Beispiel:
Paket in Knoten A mit Ziel Z wird mit 60% Wkeit an Knoten B und 40% Wkeit an Knoten C geleitet



AntNet

- „Ameisen“ bekommen zufällige Quelle/Ziel-aufgabe
- Ameisen laufen wie Pakete durchs Netz
- Routing entsprechend Pheromonverteilung in Netzwerkknoten
- Ameisen gehen ihren Weg zurück und ändern Verteilung entsprechend.



Variationen

- Antipheromon
- Multicolony
 - Komplette unabhängig
 - Seltener Austausch, sonst zuviel Overhead
 - Ring von Kolonien, benachbarte kommunizieren



Vor-/Nachteile

- Vorteile:
 - Parallele Suche
 - „Gedächtnis“
 - Anschaulich
- Nachteile:
 - Fehlende Theorie
 - Konvergenz gegen Optimum?
 - Graphenstruktur notwendig



Zusammenfassung

- Interessanter Ansatz aus der Natur
- Teillösungen werden über Pheromon kommuniziert
- Es gibt bereits einige Anwendungen
- Übertragbarkeit des Problems in Graphen
Voraussetzung



Literatur/Links

- Literatur:
 - Dorigo M., V. Maniezzo & A. Coloni (1991). **Positive Feedback as a Search Strategy**. *Technical Report No. 91-016*, Politecnico di Milano, Italy
- Internet:
 - <http://iridia.ulb.ac.be/~mdorigo/ACO/ACO.html>