

# 1 Aufgabe 1

sei  $N = \{x \in \mathbb{N} \mid 0 \leq x < \text{AnzahlStädte}\}$  die Menge aller Städte

## 1.1 Ausprägungen

### 1.1.1 Position

Beispiel für  $|N| = 5$ :

- Position=0
- Position=1
- Position=2

### 1.1.2 Normierte Route

Sei  $|N| = 5$  und die *Normierungsstadt* = 0:

- Route={0, 1, 2, 3, 4}
- Route={0, 4, 3, 2, 1}
- Route={0, 4, 2, 1, 3}

### 1.1.3 Pheromon

Sei  $|N| = 3$ , dann ist der Eintrag der Matrix  $(a_i, a_j)$  mit  $i, j \in N$  die Pheromonkonzentration zwischen den Städten  $i$  und  $j$  falls  $i \neq j$  und ansonsten n.a.

- $$\begin{pmatrix} n.a. & 0,002 & 0,003 \\ 0,002 & n.a. & 0,006 \\ 0,003 & 0,006 & n.a. \end{pmatrix}$$

- $$\begin{pmatrix} n.a. & 0,001 & 0,001 \\ 0,001 & n.a. & 0,001 \\ 0,001 & 0,001 & n.a. \end{pmatrix}$$

- $$\begin{pmatrix} n.a. & 0,001 & 1,0 \\ 0,001 & n.a. & 1,0 \\ 1,0 & 1,0 & n.a. \end{pmatrix}$$

## 1.2 Anzahl der Ausprägungen

### 1.2.1 Position

$|N|$  (Anzahl aller Städte)

### 1.2.2 Normierte Route

$$\frac{(|N|-1)!}{2}$$

### 1.2.3 Pheromon

unendliche viele Ausprägungen, da für jeden Eintrag der Matrix gilt  $(a_i, a_j) \in \mathbb{R}$

## 2 Aufgabe 3

### 2.1 Iteration-Kosten-Diagramm

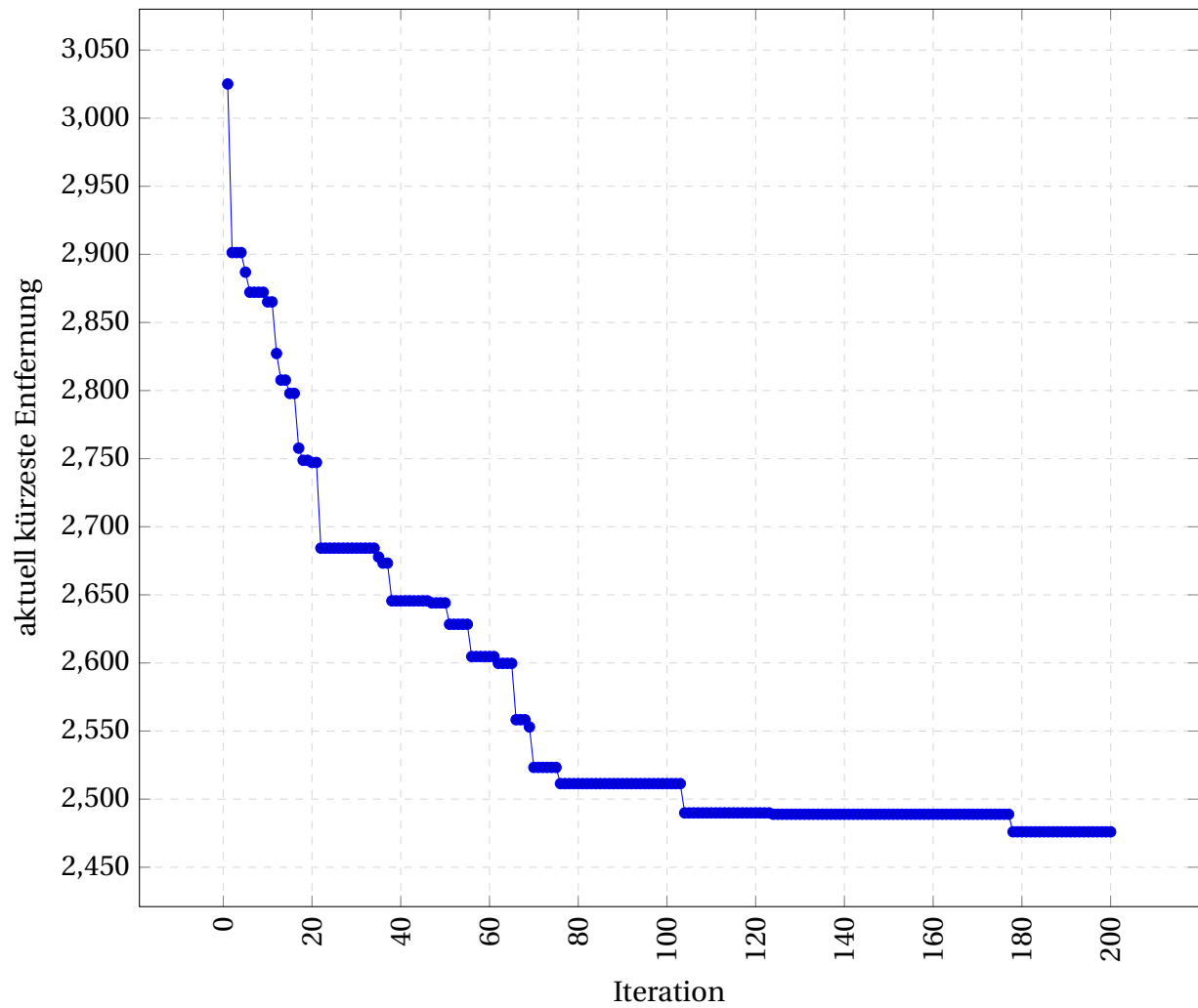


Figure 2.1: Iteration-Kosten-Diagramm

## 2.2 Iteration-Emergenz-Diagramm

Das Diagramm zeigt die gemessenen Emergenzwerte für jedes Attribut. Von der zehnten bis zur letzten Iteration wird die Formel aus der Angabe zu Aufgabenblatt 03 (Aufgabe 2 Implementierung) verwendet. Für die ersten zehn Iterationen wurde folgende leicht geänderte Formel zur Berechnung der Emergenz verwendet:

$$M_A(t) = H_A(t-1) - H_A(t) \text{ mit } \{t \in \mathbb{N} \mid 0 < t < 10\} \quad (2.1)$$

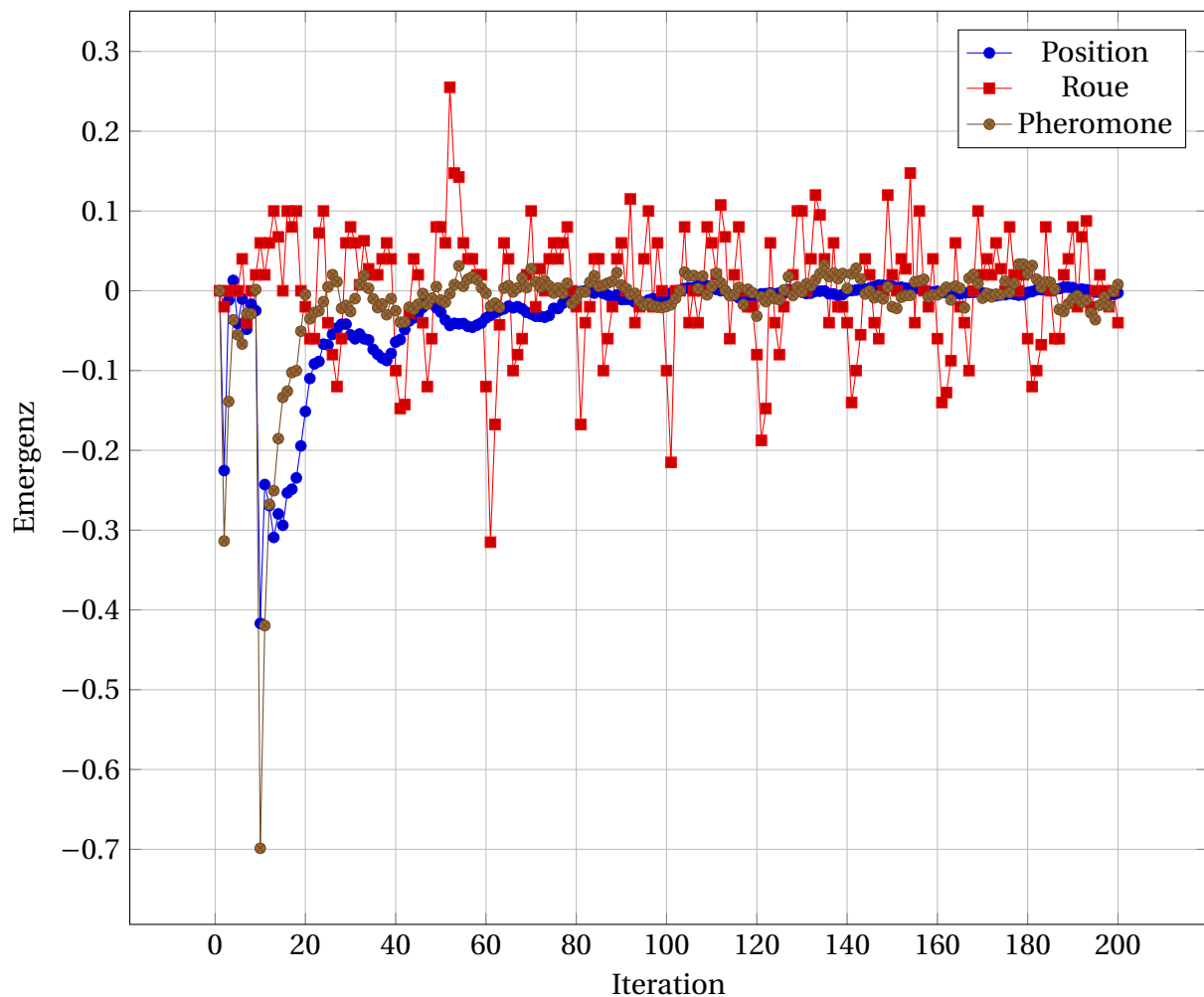
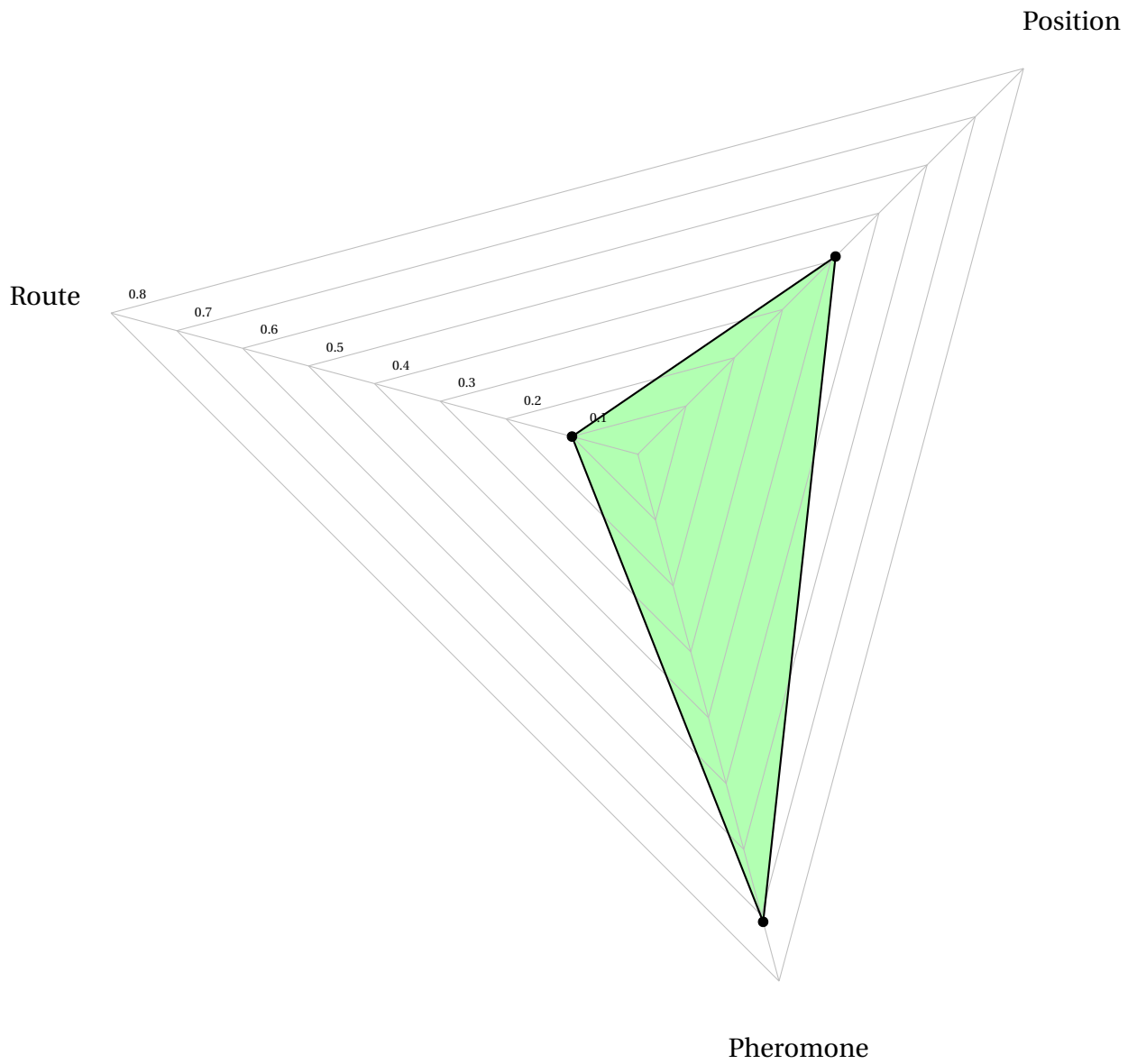


Figure 2.2: Iteration-Emergenz-Diagramm

## 2.3 Absolute Emergenz



## 3 Aufgabe 4

### 3.1 Attribute mit Auftreten von Emergenz

An den beiden Attributen Position und Pheromone ist Emergenz zu beobachten, weil deren Entropiewerte zwischen ihrer initialen Belegung und ihrem Endstand einen starken Rückgang aufweisen und damit einen Anstieg der Ordnung aufzeigen.

#### 3.1.1 Pheromone

Diese Messergebnisse sind im Zusammenhang mit der Pheromonkonzentration zu erwarten, da mit zunehmender Anzahl der Iterationen immer mehr Pheromone auf denjenigen Routen abgelegt wird, welche eine nahezu optimale Gesamtdistanz bieten. Dabei handelt es sich also um erwünschte Emergenz.

#### 3.1.2 Position

Das Attribut Position wird am Ende jeder Iteration gemessen und gibt die Stadt an, welche von einer Ameise zuletzt besucht wurde. Auch an diesem Attribut lässt sich Emergenz beobachten, obwohl kein Zusammenhang zur Entstehung von Ordnung existiert. Dabei handelt es sich also um unerwünschte Emergenz.

### 3.2 Attribute ohne Auftreten von Emergenz

Bei dem Attribut "normierte Route" lassen sich anhand der gemessenen Werte keine Emergenz feststellen. Stattdessen sind von der ersten bis zu letzten Iterationen starke Schwankungen der gemessenen Werte zu beobachten. Grund dafür sind vermutlich die zur Laufzeit beobachteten Werte der Routen. Normierte Routen werden nur dann als identisch angesehen, wenn ihre Pfad von der Normierungsstadt bis zur letzten Stadt identisch sind. Da zur Laufzeit viele Routen entstehen, welche zwar einen ähnlichen aber keinen vollkommen identischen Streckenverlauf zeigen, kann das Anheben der Abstraktionsebene einen besseren Einblick zur Entstehung von Ordnung ermöglichen, um so die Entropieschwankungen zu verringern.