



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Masterarbeit

**ENTWICKLUNG EINES ACO BASIERTEN ALGORITHMUS
ZUR LÖSUNG EINES MULTIKRITERIELLEN
OPTIMIERUNGSPROBLEMS IN DER AUFTRAGSPLANUNG**

Leipzig, 10.06.2021

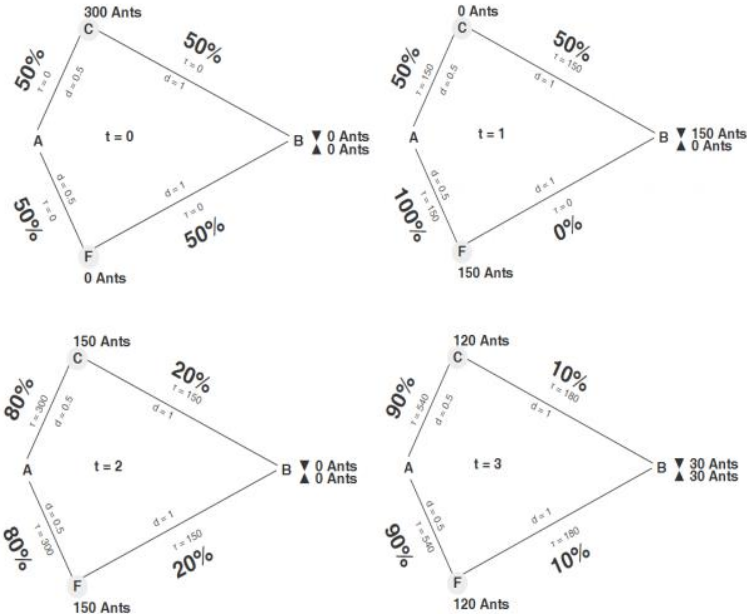
Falk Müller

GLIEDERUNG

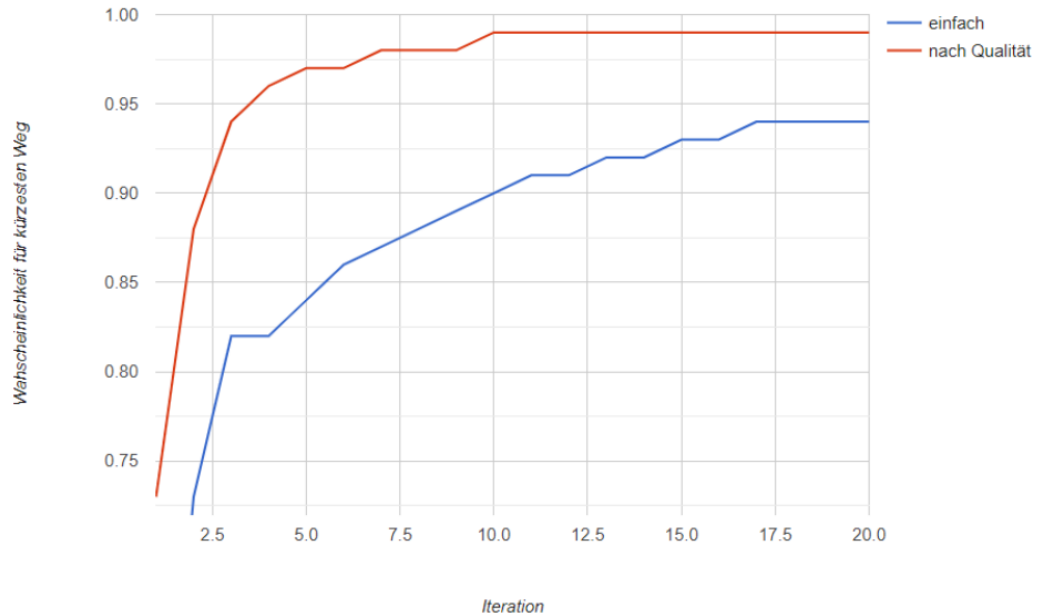
1. Grundlagen
2. Aufgabe
3. Umsetzung
4. Messung
5. Lokale Suche
6. Ausblick

GRUNDLAGEN

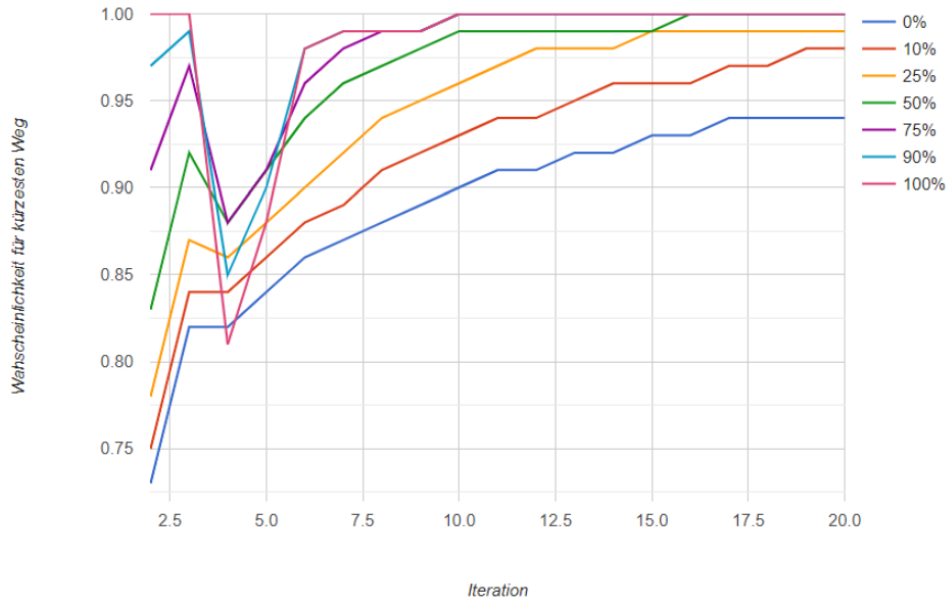
AMEISENALGORITHMEN



PHEROMON-UPDATE



VERDUNSTUNG



$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}$$

HEURISTISCHE ANTEIL

$$p_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{j \in \text{mögliche Knoten}} \tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}$$

AUFGABE

AUFTRAGSVERTEILUNG

- 200 Bearbeiter
- 3000 Aufträge

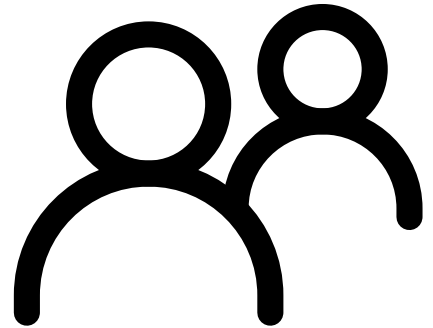


AUFTRÄGE

- P_j : geografische Position
- DUE_j : Abgabedatum
- PR_j : Bearbeitungsdauer vor Ort
- TC_j : Verspätungskosten je Zeiteinheit
- $PROB_j$: Liste der obligatorische Eigenschaften
- $PROP_j$: Liste der optionalen Eigenschaften

BEARBEITER

- PM_i : geografische Position
- CPH_i : Stundenlohn
- PRO_i : Liste von Eigenschaften



FUNKTIONEN

- **getDistance**(i,j)
- **getTravilingTime**(i,j) \rightarrow getDistance(i,j) * HPK
- **GetTardinessCosts**(i, t) \rightarrow MAX($TC_j * (t - DUE_j + PR_j)$, 0)
- **getStaffOrderCosts**(i, j) \rightarrow CPH_i * PR_j
- **getStaffTravelCosts**(t, i) \rightarrow CPH_i * t
- **getStaffOrderPreference**(i, j)
 $\rightarrow (|PROB_j \cap PRO_i| + |PROP_j \cap PRO_i|) / (|PROB_j| + |PROP_j|)$, wenn $|PROB_j| + |PROP_j| > 0$
 $\rightarrow 0.5$, wenn $|PROB_j| + |PROP_j| = 0$

KOSTEN

- KFZ: Benzin-Kosten
- Verspätungskosten
- Reisekosten
- Bearbeitungskosten
- Unzufriedenheit



ZIEL

- MIN(getTotalCosts(R))

getTotalCosts(R)=

$$\sum_{i=0}^{|M|} \text{getTourTardinessCosts}(R_i, i) + \sum_{j \in R_i} \left(\text{getDistance}(i, j) * 0.1 + \text{getStaffOrderCosts}(i, j) + (1 - \text{getStaffOrderPreference}(i, j)) * 100 + \text{getStaffTravelCosts}(i, \text{getTravilingTime}(i, j)) \right)$$

UMSETZUNG

ALG 1

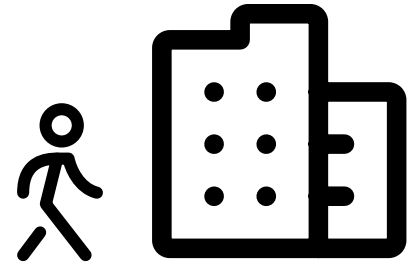
- Bestimmung Reihenfolge
 - Eigene Pheromonmatrix
- Zuordnung zum Bearbeiter
 - Eigene Pheromonmatrix

ALG 2

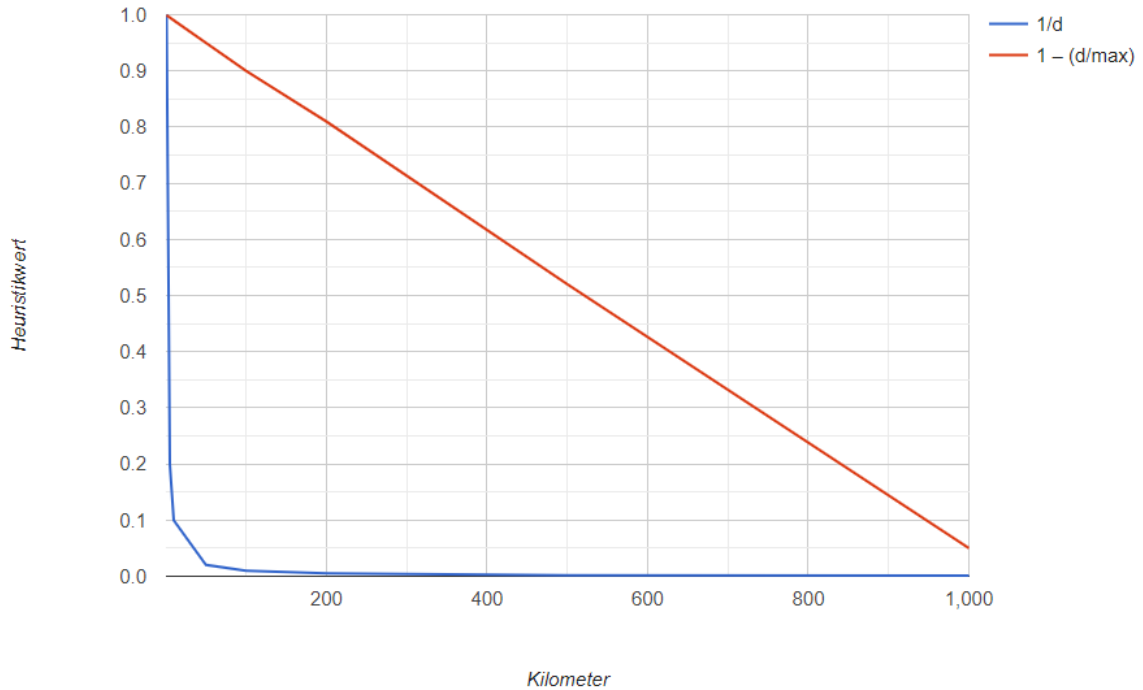
- Bestimmung Zuordnung zum Bearbeiter
- Reihenfolge je Bearbeiter
 - Matrix je Bearbeiter

ALG 3

- Bestimmung Zuordnung zum Bearbeiter
- Reihenfolge je Bearbeiter
 - Globale Matrix für Reihenfolge



HEURISTIK



PARAMETER

- Anzahl der Ameisen (K)
- Anzahl Iterationen (N_{Cmax})
- Initialer Pheromon-Wert τ_0
- Pheromon Verdunstung (ρ)
 - $\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}$
- Pheromon Update $\Delta\tau_{ij}$
 - $\tau_{ij} = \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}$
 - $\tau_{ij} = (1-\rho) * \tau_{ij} + \rho * \Delta\tau_{ij}$

PARAMETER

- Pheromon Update $\Delta\tau_{ij}$

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{L_{best}} \quad \text{wenn } (i, j) \in \text{bester Lösung}$$

$$\Delta\tau_{ij} = 0 \quad \text{ansonsten}$$

$$\Delta\tau_{ij}^f = \frac{Q}{Rank_f} \quad \text{wenn } (i, j) \in \text{bester Lösung der Ameise mit Rang } f$$

$$\Delta\tau_{ij}^f = 0 \quad \text{ansonsten}$$

PARAMETER

- Pheromon Update $\Delta\tau_{ij}$

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{1 + f(S) - f(S_{best})} \quad \text{wenn } (i, j) \in \text{bester Lösung}$$
$$\Delta\tau_{ij} = 0 \quad \text{ansonsten}$$

$$\Delta\tau_{ij} = 1 \quad \text{wenn } (i, j) \in \text{bester Lösung}$$
$$\Delta\tau_{ij} = 0 \quad \text{ansonsten}$$

PARAMETER

- Einfluss von Pheromon(α) und Heuristik (β)

$$p_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{j \in \text{mögliche Knoten}} \tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}$$

- $\beta = (1 - \alpha)$
- Übergangsfunktion-Weiche Q

$$\text{MAX}(\tau_{ij}^{\alpha} * \eta_{ij}^{\beta})$$

MESSUNGEN

TESTDATEN

- 200 Bearbeitern
 - Stundenlohn zwischen 10 und 20
- 3000 zuzuordnenden Aufträgen
 - Bearbeitungsdauer: 6 - 16h
 - Abgabe zwischen 0 und $11 \cdot 3000$
 - Verspätungskosten zwischen 100 und 1000
- Koordinaten in Deutschland
- Eigenschaften {A,B,C,D,E,F,Ob1,Ob2}
- 5 verschiedene Problem-Instanzen

MESSDATEN

- das Ergebnis der Kosten C
- C je einzelner Iteration
- der maximal benötigte Arbeitsspeicher in der Spitze
- das Endergebnis (Mitarbeiter-Auftrags-Zuweisung)
- die Pheromon-Matrizen nach 5%, 10%, 20%, 40%, 60%, 80% und 100% der Iterationen
- ausgeführter Algorithmus und Heuristik
- den Parametern (Anzahl Ameisen, Verdunstung, ...)
- genutzter Testdatensatz

VERGLEICH

durchschnittliche Abweichung von der Untergrenze (LB Lower Bound)

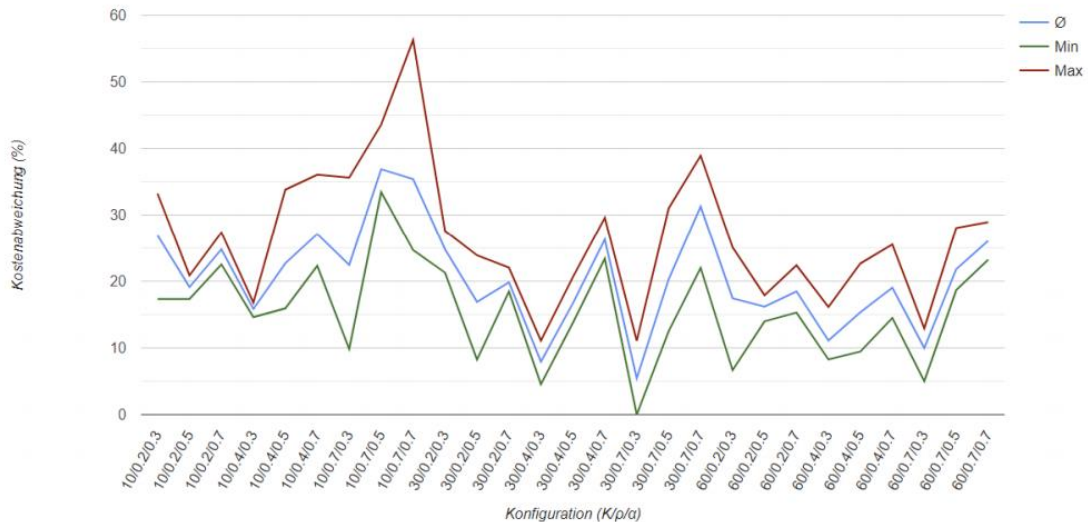
$$\frac{C - LB}{LB} \times 100 \%$$

REFERENZSET

- Algorithmus: ALG5
- Heuristik: $1/d$
- Parameter:
 - Anzahl der Ameisen (K) = 10
 - Anzahl Iterationen (N_{Cmax}) = 100
 - Pheromon-Verdunstung (ρ) = 0.4
 - Einfluss von Pheromon(α) und Heuristik (β): $\beta = 1-\alpha$
 - Übergangsfunktion-Weiche $Q = 0.1$

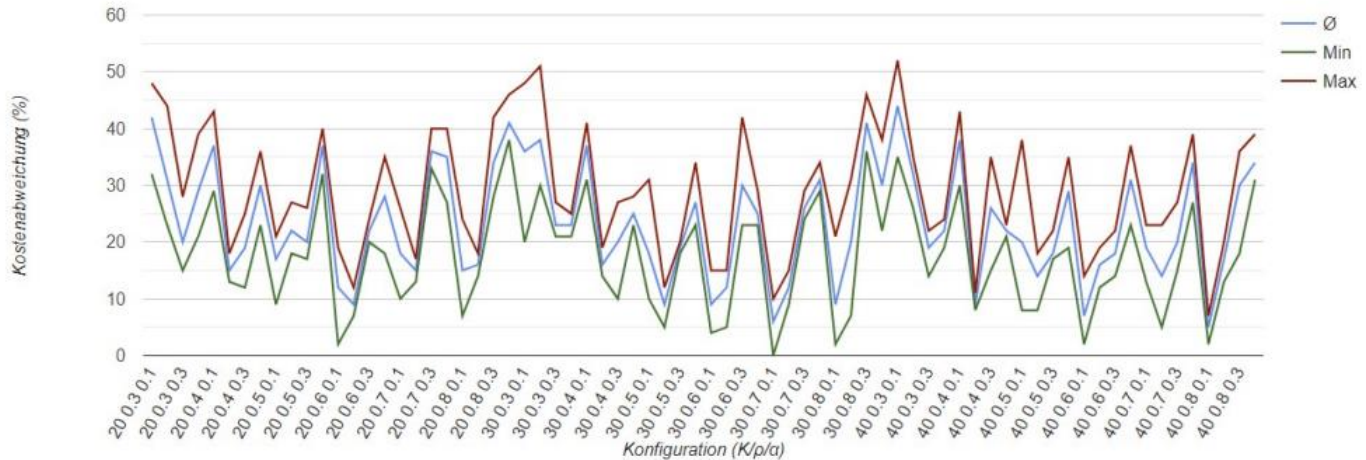
PARAMETER MESSEN

- K: 10, 30, 60, ρ : 0.2, 0.4, 0.7, α : 0.3, 0.5, 0.7
- $3 \times 3 \times 3 = 27$ Messungen (je 10 Mal wiederholt)

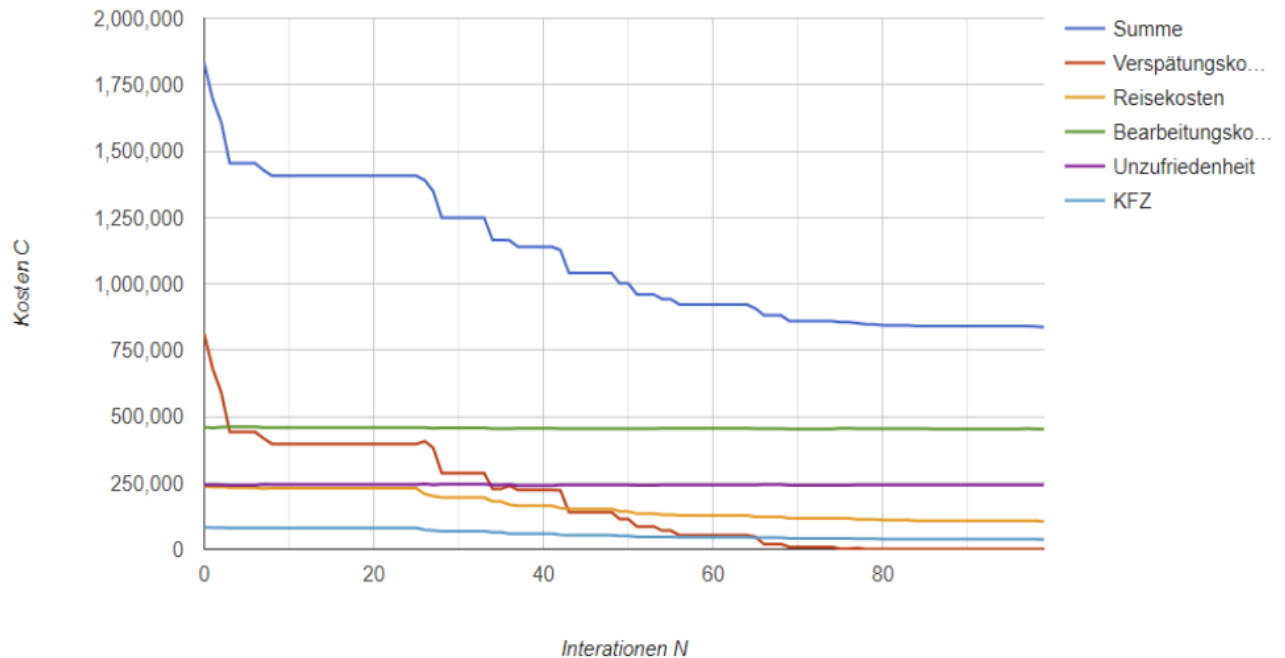


PARAMETER MESSEN

- K: 20, 30, 40, ρ : 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, α : 0.1, 0.2, 0.3, 0.4

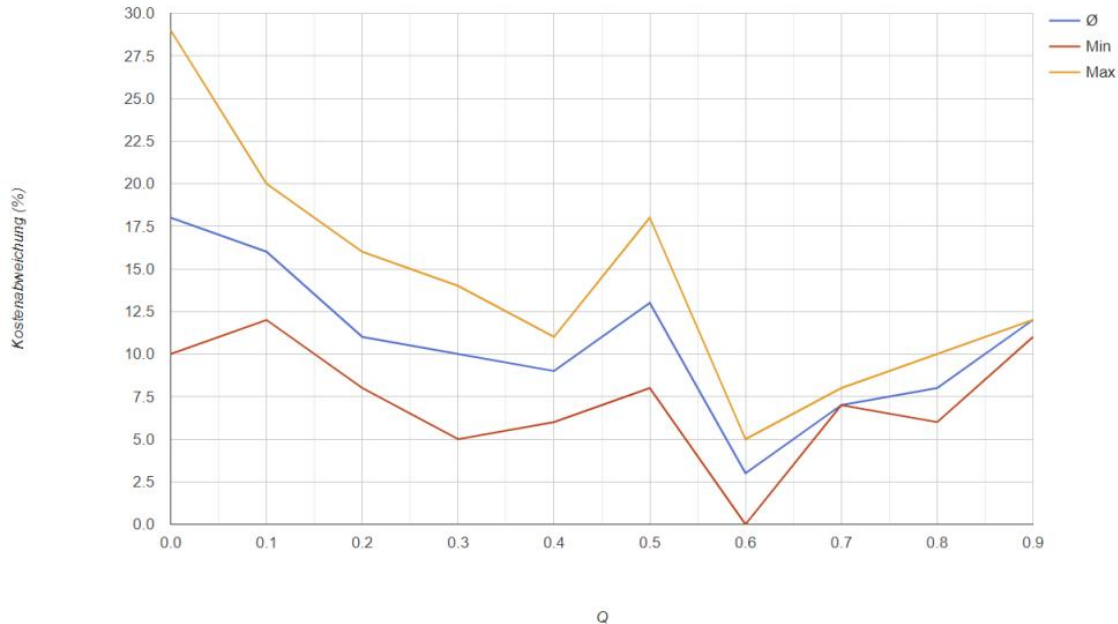


PARAMETER MESSEN

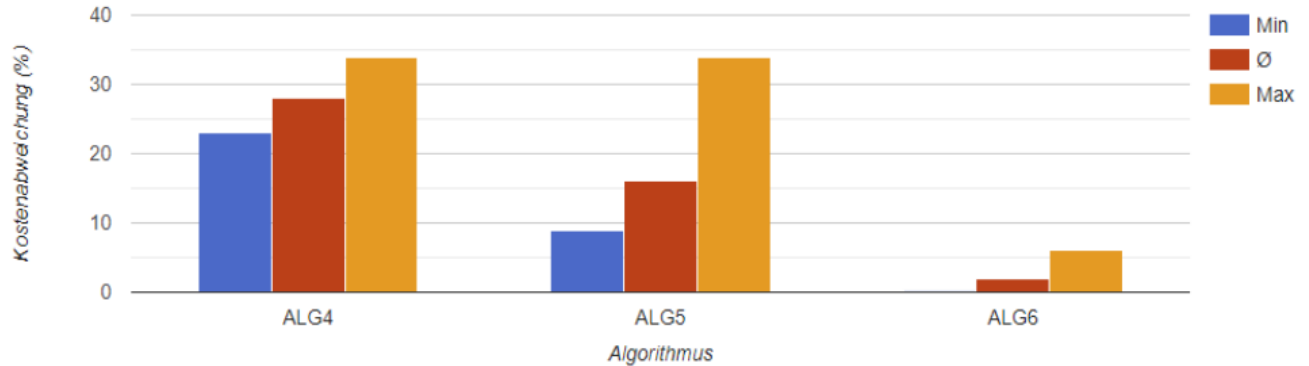


PARAMETER MESSEN

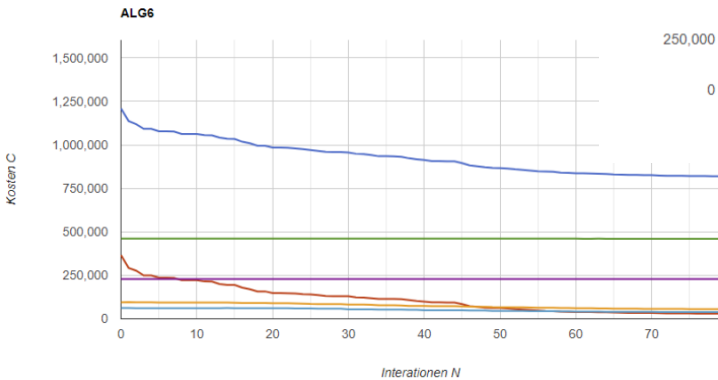
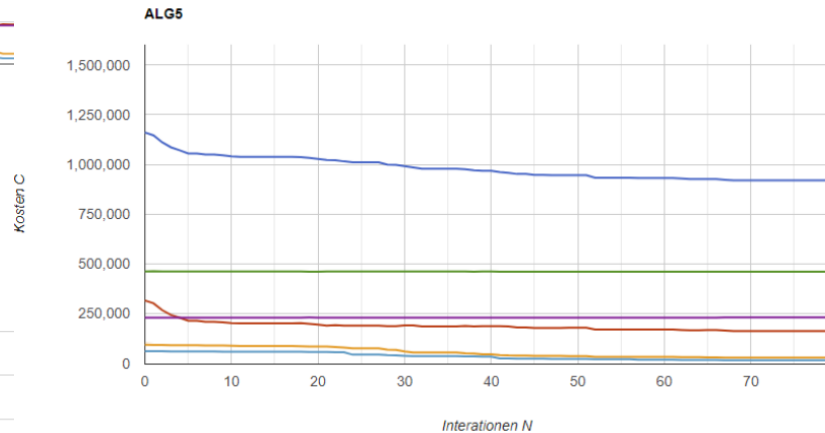
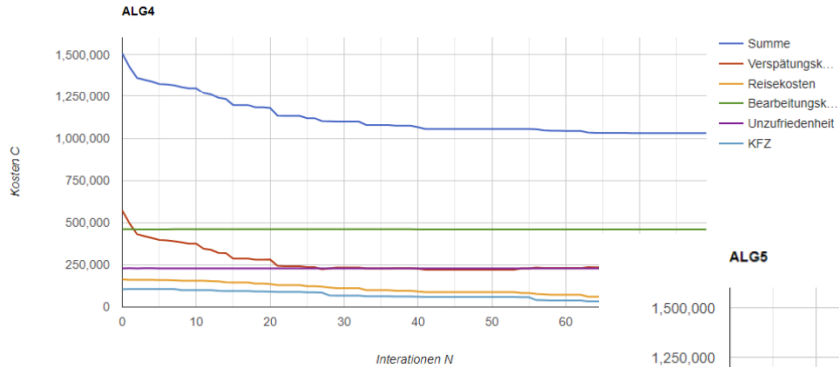
— Q: 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9



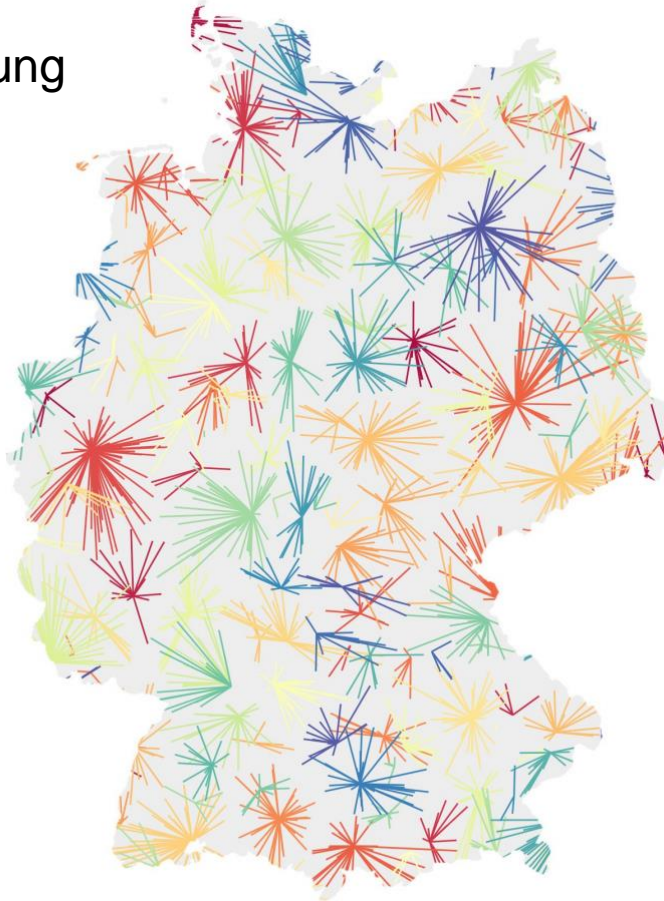
BESTIMMUNG DES ALGORITHMUS



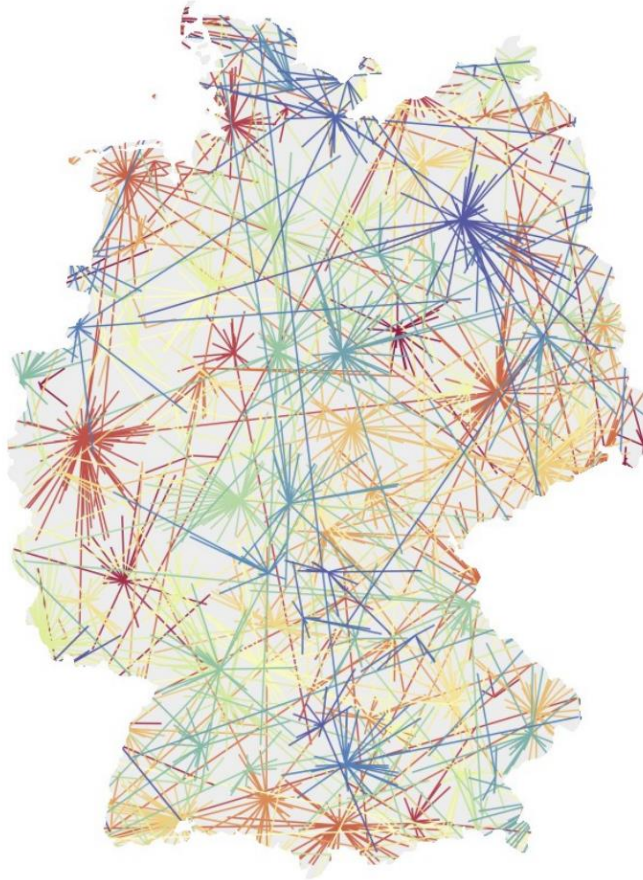
Auftragsverteilung | 4. Messung



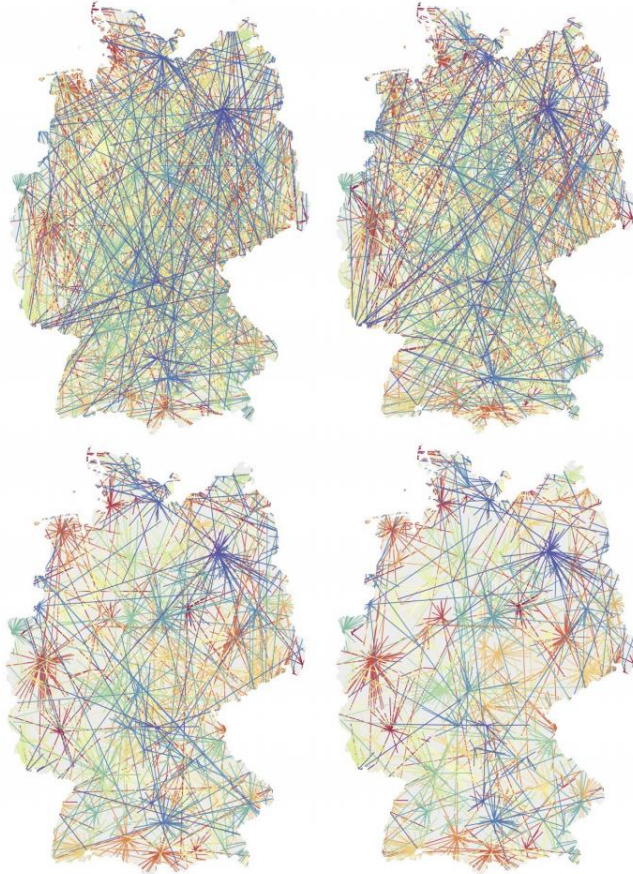
Auftragsverteilung Greedy-Alg.

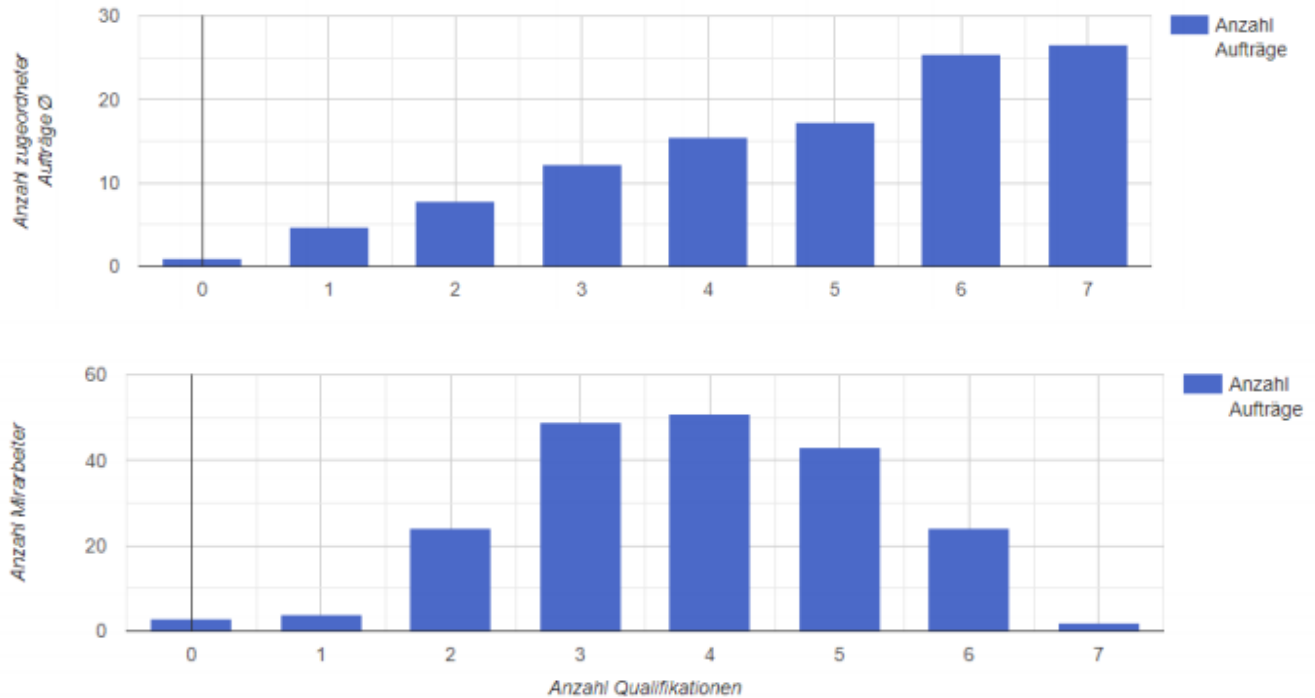


Auftragsverteilung ALG6



Auftragsverteilung ALG6 nach 1,20,40,60 Iterationen



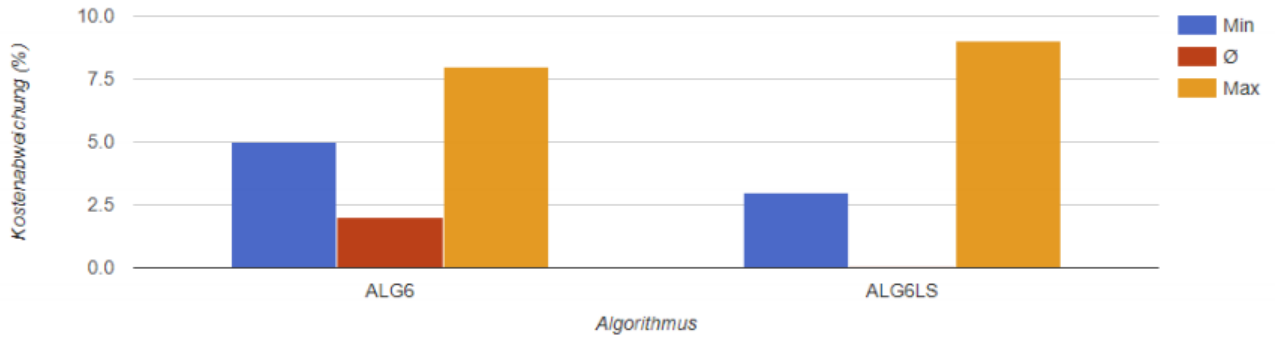


LOKALE SUCHE

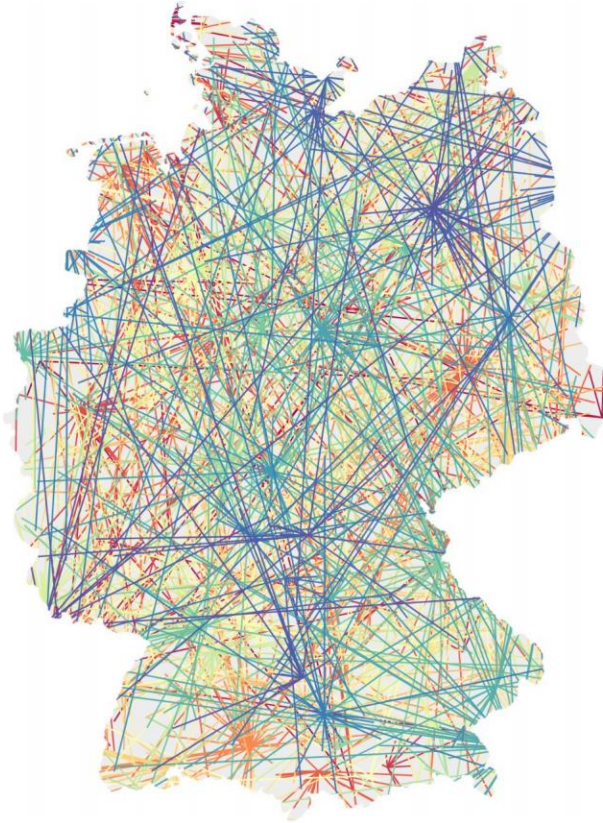
LOKALE SUCHE

- Das Ergebnis liegt vor
- Generiere für jeden Auftrag eine Zufallszahl $R [0,1]$
- Wenn $R \leq T$, T ist eine vordefinierte Konstante
 - Für jede Position i ($i = 1, \dots, N$)
 - Platziere den Auftrag an Position i
 - Bestimme die Güte der neuen Lösungen
- $1/T = 10/3000 = 0.3\%$
 - Bei 80 Iterationen zusätzliche 2,2 Mio Lösungen

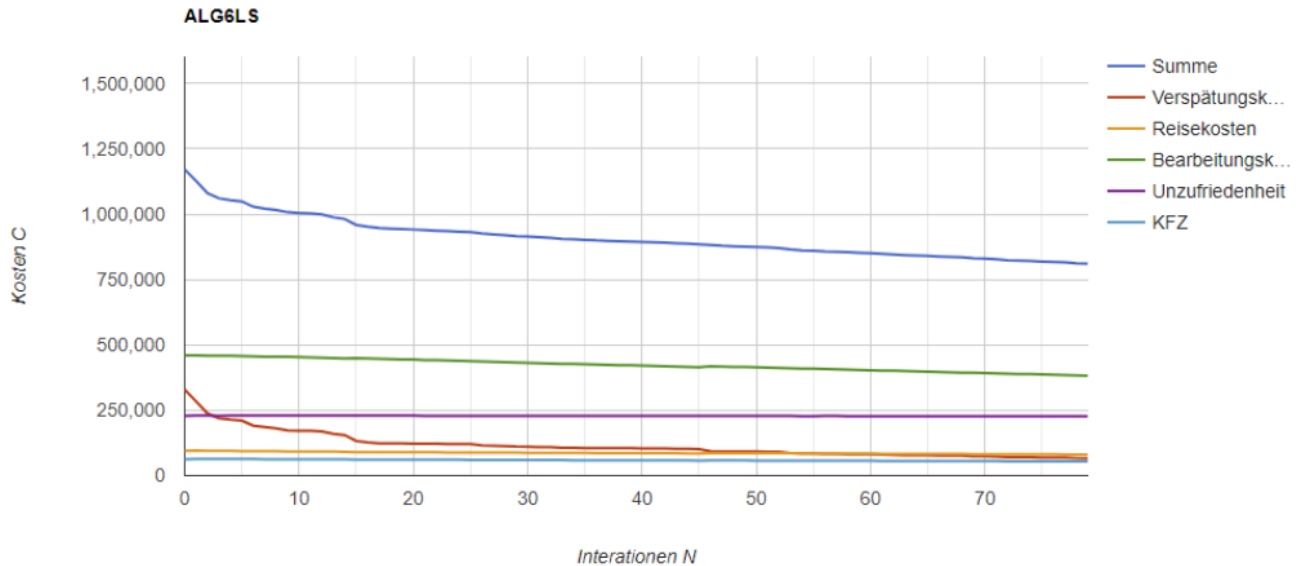
LOKALE SUCHE



LOKALE SUCHE



LOKALE SUCHE



AUSBLICK

- Verteilung ausgewogener gestalten
 - Anzahl der wenigsten und meisten Aufträge je Bearbeiter nicht zu weit vom Mittel abweicht
 - Die längste Strecken minimieren
- mehrerer Pheromon Matrizen, mehrerer Kolonien und dominanter Fronten zum Update



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

VIELEN DANK!