

FACHHOCHSCHULE WEDEL

Seminar Verkehrsinformatik

Offline-Optimierung der Lichtsignal-Koordinierung mittels genetischer Algorithmen

Eingereicht von: Marco Lehmann
Hoheluftchaussee 123
20253 Hamburg

Erarbeitet im: 6. Semester

Abgegeben am: 10. Juli 2006

Referent: Prof. Dr. Sebastian Iwanowski
Feldstraße 143
22880 Wedel

Hamburg, den 10. Juli 2006

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	III
1. Grundlagen	4
1.1. Genetischer Algorithmus	4
1.2. GALOP	7
2. Implementierung	9
2.1. NONSTOP	10
2.2. BALANCE	10
3. Fallbeispiel	11
3.1. Bisherige Steuerung	11
3.2. Optimierung der Steuerung durch GALOP	11
3.3. Feldversuch	12
3.4. Zusammenfassung	16
4. Ausblick	17
5. Fazit	18
Literaturverzeichnis	19

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ablauf der Optimierung	7
Abb. 2: Hauptfenster des Programms	10
Abb. 3: Befahrungsrouten im Untersuchungsgebiet	12
Abb. 4: Vergleich der Morgenprogramme.....	13
Abb. 5: Vergleich der Tagesprogramme.....	13
Abb. 6: Vergleich der Abendprogramme	13
Abb. 7: Vergleich zweier Fahrverläufe.....	14
Abb. 8: Reisezeiten der wiedererkannten Fahrzeuge auf Route 2 Nord am 1.6.05	15
Abb. 9: Reisezeiten der wiedererkannten Fahrzeuge auf Route 2 Nord am 15.6.0515	

Abkürzungsverzeichnis

GALOP	Genetischer Algorithmus zur Lichtsignaloptimierung
-------	--

1. Grundlagen

1.1. Genetischer Algorithmus

Genetische Algorithmen sind die schnellsten unter den Evolutionären. Durch Nachahmung der Biologischen Evolution, werden mit Kombination und Mutation die Lösungen verbessert. Der Algorithmus wird so lange durchlaufen bis das Abbruchkriterium erfüllt wird. Probleme, die nicht analytisch lösbar sind, können unter zu Hilfenahme des Algorithmus eine Lösung finden.

Anwendungsgebiete

- Optimierung: Finden des globalen Maximums/Minimums einer Funktion mehrerer Veränderlicher
- Einstellen des Schwellenpotentialvektors sowie der Netztopologie von Neuronalen Netzen
- Konstruktion von komplexen Bauteilen oder ganzen Systemen (z.B. Brückenbau)
- Erstellen von Fahr-, Stunden- und Raumplänen
- Lösung NP-Problematischer Aufgaben (Problem des Handlungsreisenden, Sudoku,...)
- Untersuchung des Fermatschen Satzes

Praktisches Vorgehen

- 1) Initialisierung: Erzeugen einer ausreichend großen Menge unterschiedlicher "Individuen" (Lösungskandidaten).
- 2) Evaluation: Für jeden einzelnen Lösungskandidaten wird anhand einer Zielfunktion ein Wert bestimmt.
- 3) Selektion: Zufällige Auswahl von Lösungskandidaten, die mit besseren Zielfunktionswerten werden mit einer höheren Wahrscheinlichkeit ausgewählt.
- 4) Rekombination: Die Genome verschiedener Individuen werden kombiniert und eine neue Generation von Individuen erzeugt (Vermehrung)
- 5) Mutation: Zufällige Veränderung der Wertekombinationen der Individuen der neuen Generation.
- 6) Die Menge der besten Individuen wird Generationsübergreifend gebildet und anschließend ab Schritt 2 wiederholt. Der Algorithmus endet bei einem Abbruchkriterium und der beste verfügbare Lösungskandidat wird als Lösung definiert.

Vorteile

- Genetische Algorithmen sind die schnellsten evolutionären
- Auch sind die Genetischen Algorithmen die einfachsten evolutionären Optimierungsverfahren, somit sind sie schnell zu implementieren und auf neue Probleme anzupassen.

Nachteile

- Bei alle evolutionären Optimierungsverfahren ist es nicht sicher, dass das Ergebnis das Optimum der Fitnessfunktion darstellt.
- Auch sind mit den GA nur Probleme zu lösen, die ausschließlich ganze Zahlen als Lösung zulassen.
- Auch haben evolutionäre Algorithmen die Angewohnheit sich in lokalen Optima festzufahren und dann neuen Individuen keine Chance zum Überleben zu geben.

1.2. GALOP

Optimierungsparameter (Gene)

- Umlaufzeiten
- Versatzzeiten
- Phasenfolgen
- Grünzeiten

Bestandteile des Verfahrens

- Genetischer Algorithmus und Steuerungsmodell
- Verkehrsnetz
- Verkehrsnachfrage
- Verkehrsmodell und Wirkungsmodell (BALANCE)
- Zielfunktion

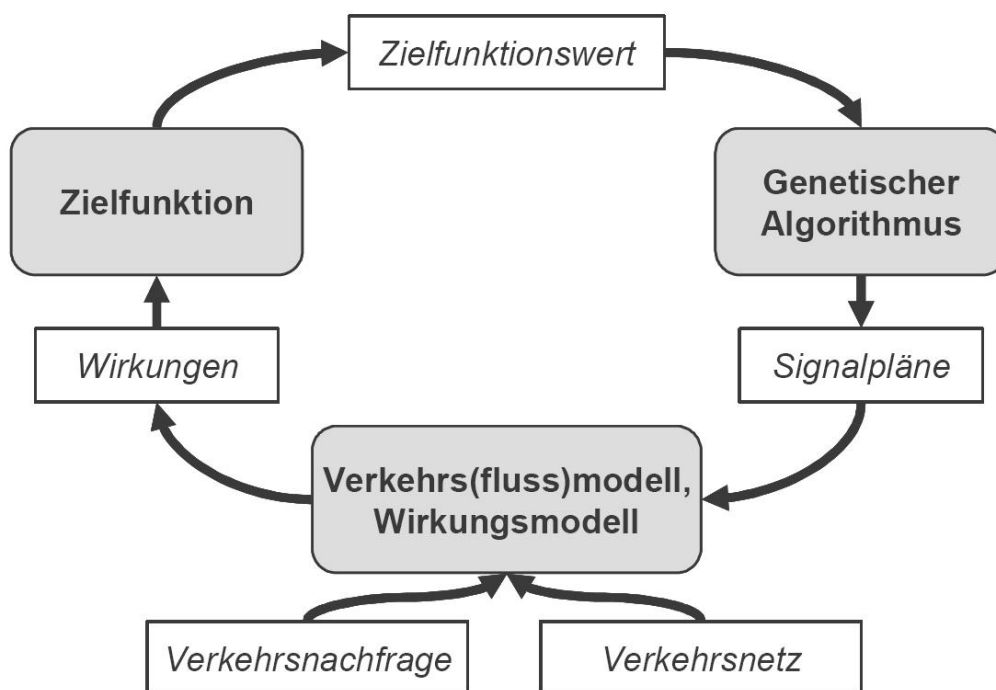


Abb. 1: Ablauf der Optimierung

Optimierung

Individuen der ersten Generation werden mit zufälligen Werten generiert. Die Optimierung findet unter Berücksichtigung der planerischen Vorgaben statt, um zu gewährleisten, dass äußere Umstände und Bestimmungen in den Signalplan mit eingehen. Jedes einzelne Individuum repräsentiert einen kompletten Signalplan, der wiederum die einzelnen Knoten im Netz und deren Optimierungsparameter. Unter den Wirkungsgrößen versteht man die Größen, an denen die Qualität der Optimierung gemessen wird. Durch die Gewichtung der Wirkungsgrößen wird die Zielfunktion bestimmt. Die Qualität eines Individuums entspricht dem Fitnesswert, der durch die Zielfunktion bestimmt wird.

Die Individuen mit den besten Fitnesswerten werden durch Rekombination und Mutation zur nächsten Generation zusammengesetzt. Der Algorithmus durchläuft die Evolutionszyklen so lange, bis die Zielfunktion bestimmte Kriterien erfüllt. Das Individuum mit dem besten Fitnesswert wird als Lösung bestimmt.

2. Implementierung

Maßgebende Grundsätze bei der Umsetzung des Algorithmus

- Der planende Ingenieur soll möglichst viele Freiheiten behalten
- Der Algorithmus bewegt sich innerhalb der Planvorgaben
- Keine vollständige Neuentwicklung
- Erprobte Werkzeuge und vorhandene Datenbestände sollen genutzt werden

GALOP wurde als Erweiterung für den Verkehrsingenieurs-Arbeitsplatz CROSSING implementiert.

2.1. NONSTOP

- Editor für das Verkehrsnetz
- Simulation der generierten Ergebnisse
- Integration des Netzeditors in den Arbeitsplatz CROSSING

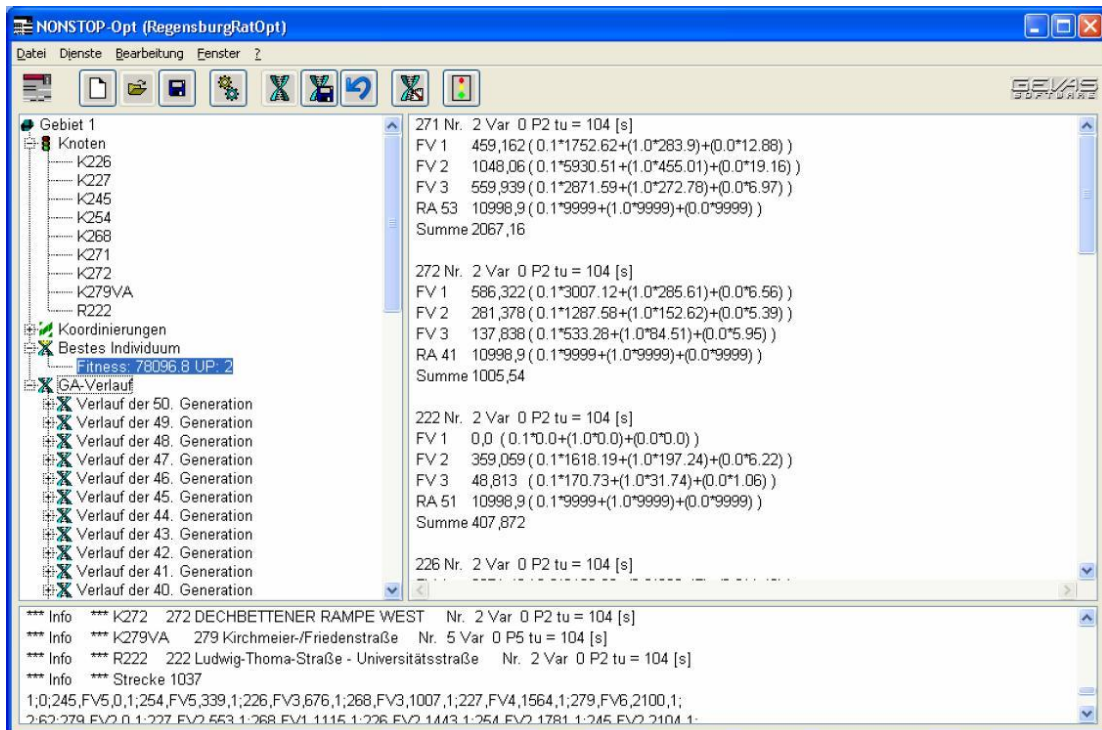


Abb. 2: Hauptfenster des Programms

2.2. BALANCE

Verkehrsmodell für eine Verkehrsadaptive Netzsteuerung

- Optimiert auf Geschwindigkeit im Online-Einsatz
- Sorgt für eine sichere Verkehrsabbildung

3. Fallbeispiel

Test des entwickelten Verfahrens

In der Stadt Regensburg wurde ein Netz von 6 Lichtsignalanlagen (LSA) erstmalig zur Optimierung eingesetzt und mit dem bisher bestehenden Signalprogramm verglichen.

Das Projekt lief unter dem Namen RATISBONA-opt.

3.1. Bisherige Steuerung

Mittels manueller graphischer Planung, wurden für das Untersuchungsgebiet zwei Lösungen gefunden.

- Die beiden Lösungen bevorzugen jeweils verschiedene Routen
- Die Koordinationsqualität der Lösungen lässt sich während der Planung nicht abschließend beurteilen

3.2. Optimierung der Steuerung durch GALOP

Bewertungsgrößen

- Summe aller Halte
- Summe aller Wartezeiten

Gewichtung in der Zielfunktion

Das Optimierungsergebnis entsprach am ehesten den Vorstellungen des Planers, bei einer relativ hohen Gewichtung der Halte. Im Vergleich zur bereits eingesetzten Lösung gab es nur leichte Änderungen. Der von Hand geplante Signalplan war schon beinahe ideal.

3.3. Feldversuch

Die von GALOP optimierten Signalpläne wurden implementiert und mit den bisher bestehenden verglichen. Als Messmethoden kamen Befahrungen (Floating Car Data) und Fahrzeugwiedererkennung zum Einsatz.

Die Beurteilung der Funktionsfähigkeit eines Signalplans kann nur bei nicht übersättigtem Verkehr stattfinden. Aus diesem Grund wurden für die Befahrungen 2 Tage gewählt, an dem die Verkehrsbelastungen näherungsweise gleich waren.

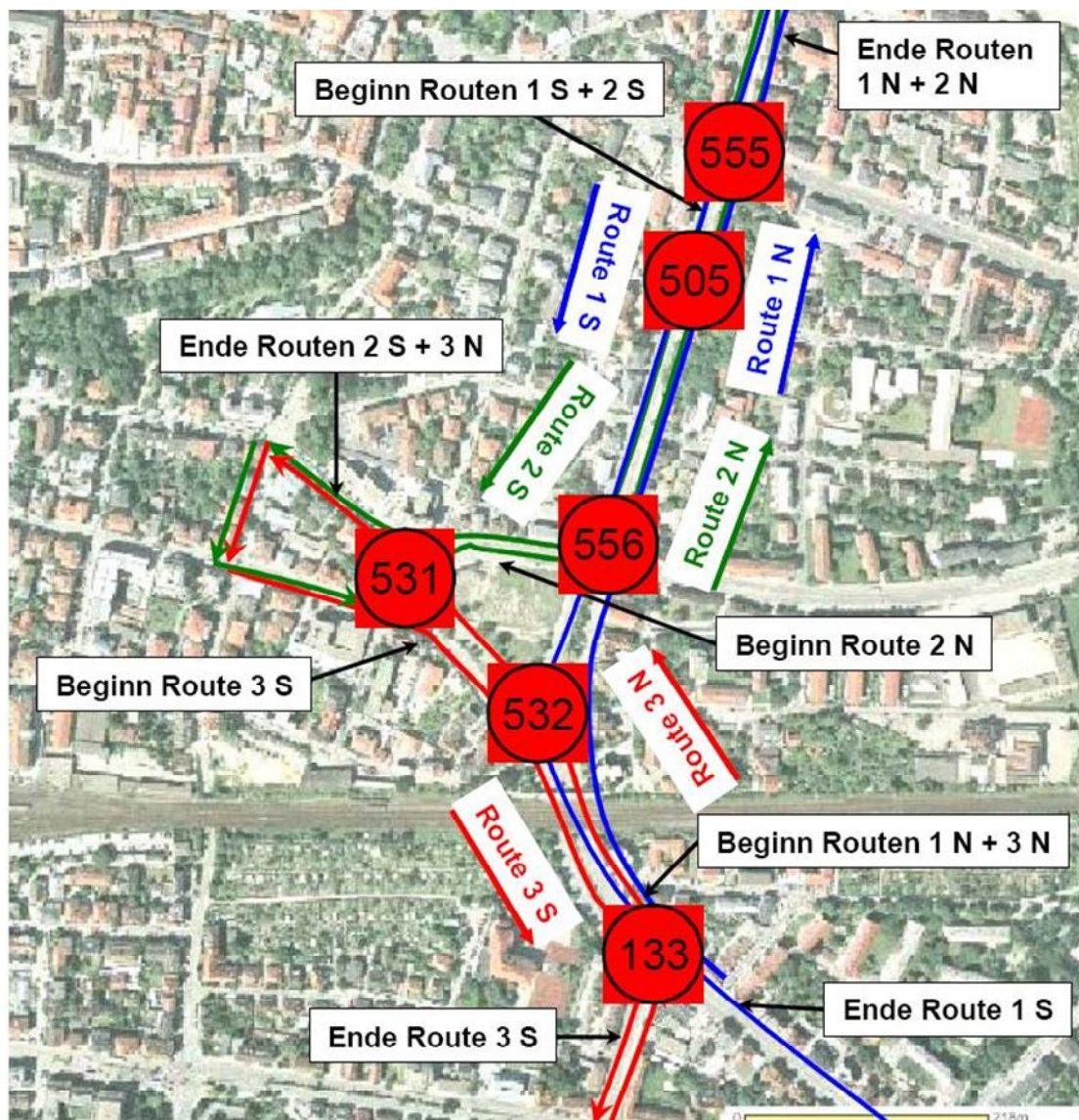


Abb. 3: Befahrungsrouten im Untersuchungsgebiet

Durch die neue optimierte Lösung wurden Verbesserungen bei einem Teil der Routen erzielt. Mit Vergleich auf Grundlage von Daten, die je nur an einem Tag gesammelt wurden, kann man keine statisch gesicherten Aussagen treffen. Die folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Befahrungen.

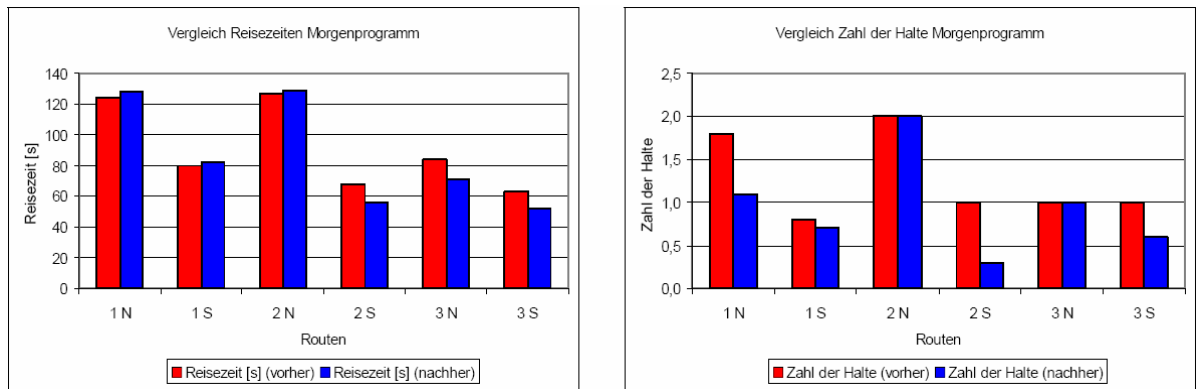


Abb. 4: Vergleich der Morgenprogramme

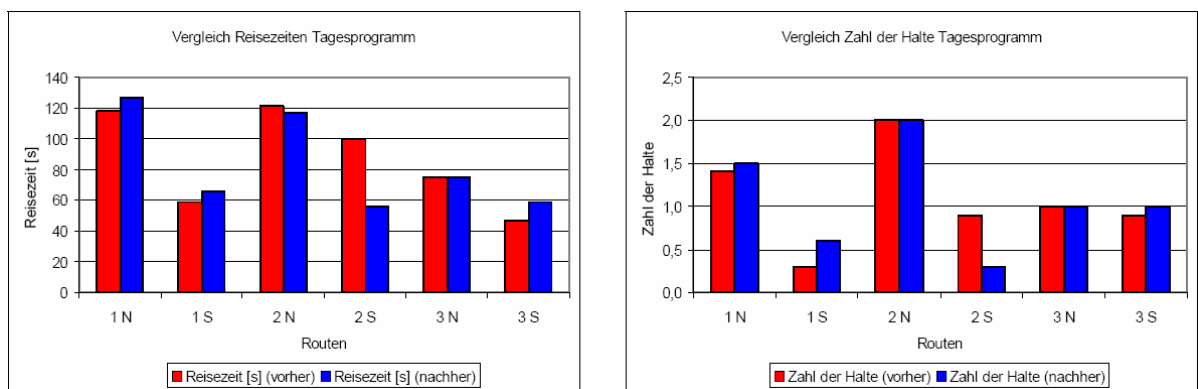


Abb. 5: Vergleich der Tagesprogramme

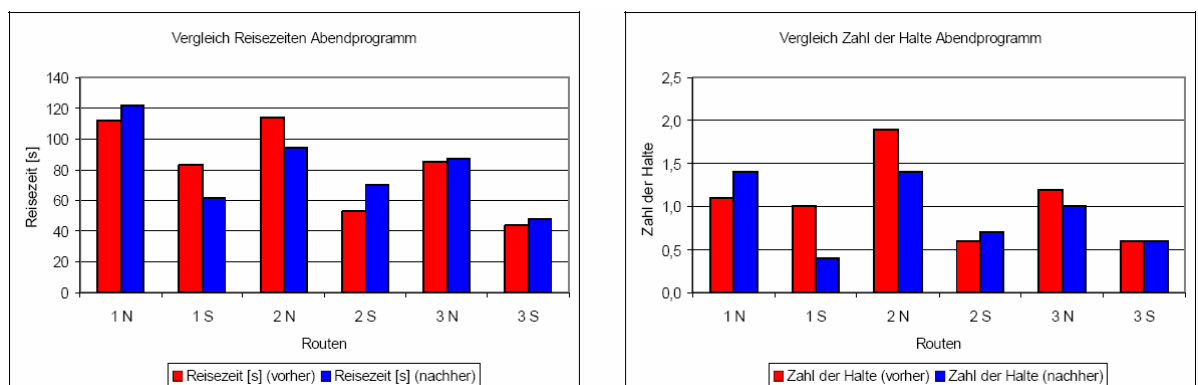


Abb. 6: Vergleich der Abendprogramme

Anhand dieser beiden Fahrverläufe kann man eine Verbesserung feststellen, das Problem hierbei ist jedoch, dass nur eine Route zu einer bestimmten Uhrzeit betrachtet wird. Es wäre an dieser Stelle interessant, die Auswirkungen auf die Route in entgegengesetzter Richtung zu sehen.

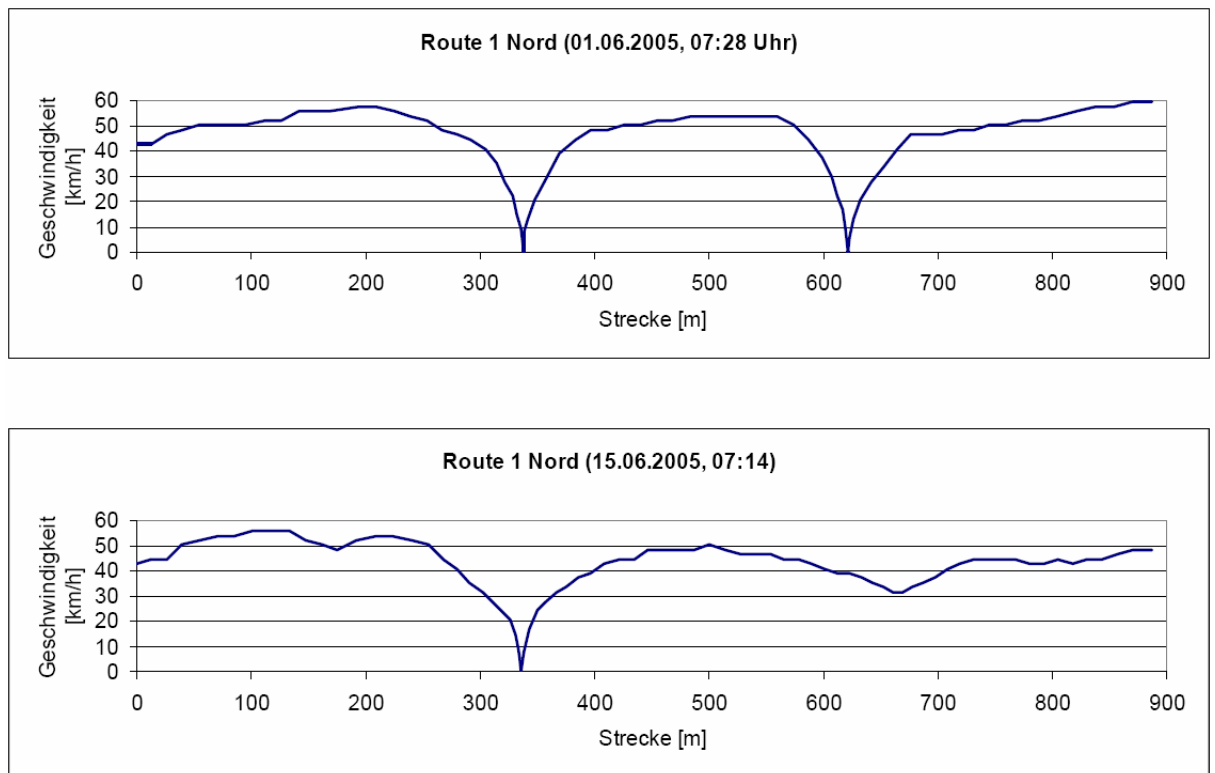


Abb. 7: Vergleich zweier Fahrverläufe

Durch die Fahrzeugwiedererkennung sind Verbesserungen im Abendprogramm sichtbar geworden, was sich jedoch wieder nur auf 1 der 6 Routen bezieht. Die Hälfte der Fahrzeuge konnte die Dauer der Fahrt auf ca. 50% reduzieren.

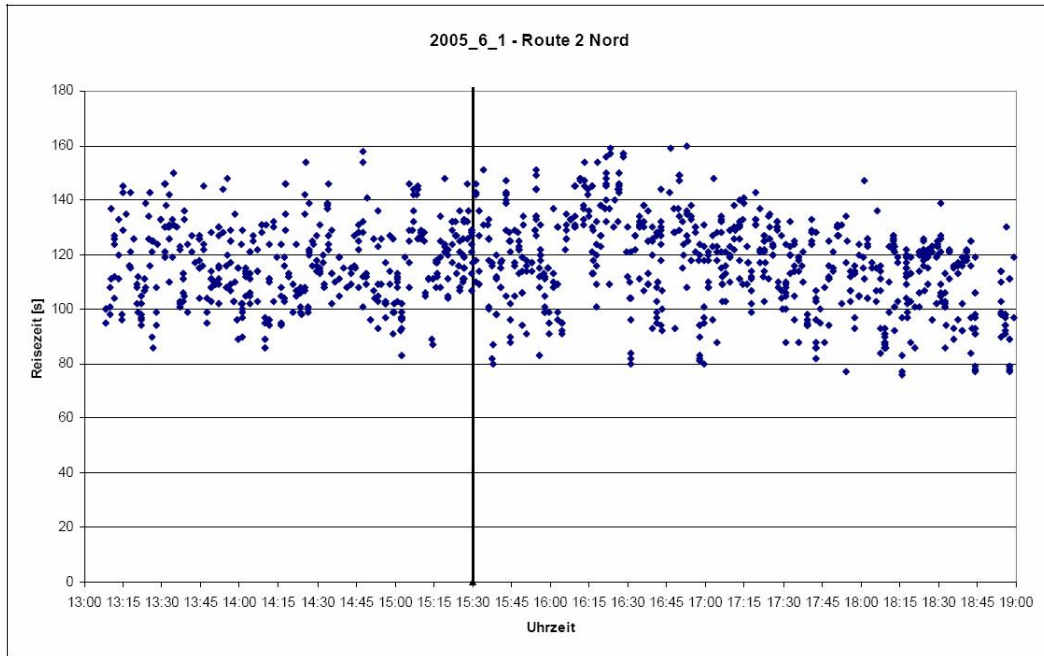


Abb. 8: Reisezeiten der wiedererkannten Fahrzeuge auf Route 2 Nord (1. Juni)

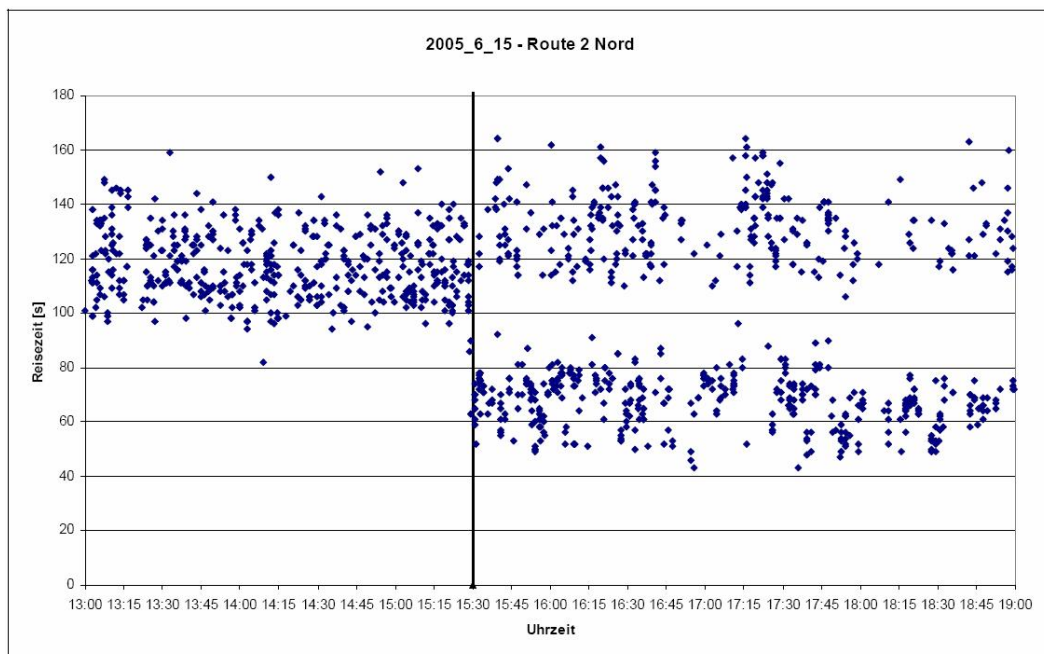


Abb. 9: Reisezeiten der wiedererkannten Fahrzeuge auf Route 2 Nord (15. Juni)

3.4. Zusammenfassung

Resultat der Optimierung

- Verringerung der Halte (Durch die hohe Gewichtung in der Zielfunktion)
- Verbesserung der Morgen- und Abendprogramme
- Keine Veränderung in der Qualität des Tagesprogramms

4. Ausblick

- Es wurde ein Instrument zur Optimierung geschaffen
- Optimierung beliebig komplexer Verkehrsnetze
- Große Einflussmöglichkeiten bei der Planung
- Mit GALOP können Lösungen errechnet werden, die den herkömmlichen Planungen überlegen sind.
- Aufbauend auf dem Projekt wird eine ONLINE Lösung angestrebt

5. Fazit

Kritik am Feldversuch

Der vorgestellte Algorithmus wurde bis jetzt nur auf ein sehr kleines Verkehrsnetz angewendet, um wirklich seine Effizienz zu testen müsste ein großes Netz optimiert werden. Das Optimierte Netz umfasste lediglich 6 Knotenpunkte, indem die Routen durch Befahrungen und Fahrzeugwiedererkennung auf die Qualität der Grünenwelle getestet wurden. Das Ergebnis beruht auf gerade mal 2 Tagen Datenerfassung, wobei am 1. Tag der alte Signalplan und am 2. Tag der neue optimierte Signalplan zum Einsatz kamen. Die Qualität von GALOP an einem so knappen Test festzustellen, gibt dem Ganzen keine große Aussagekraft.

Kritik an der Veröffentlichung

Der Algorithmus wird zur Optimierung beliebig komplexer Netze angepriesen, jedoch wurde dies nur aus den Ergebnissen eines minimal keinen Netzes hergeleitet.

Es gibt keine Information über die Laufzeit des Algorithmus und welchen Einfluss die Netzgröße darauf hat.

Stellungnahme

Das generelle Problem des GALOP ist, dass er Offline arbeitet und so nicht auf die aktuelle Verkehrslage reagieren kann. Jeder Signalplan, der von GALOP optimiert wurde, kann leicht übertroffen werden von Signalplänen die sich dynamisch nach der aktuellen Verkehrslage richten. Eine Online Lösung von GALOP ist in Planung, jedoch müsste dieser Algorithmus einen kompletten Signalplan innerhalb von kürzester Zeit generieren können und dies für sehr komplexe Verkehrsnetze. In wie weit dies möglich ist kann ich leider nicht abschätzen, da mir genauer Details von GALOP nicht zu Verfügung stehen.

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

Poster Braun: Anwendung und Bewertung eines Verfahrens zur netzweiten Offline-Optimierung der Lichtsignal-Koordinierung mittels genetischer Algorithmen

Quellen im Internet

Gevas Software GmbH

<http://www.gevas.de/Aktuelles/NONSTOP-GA/nonstop-ga.html>

Robert Braun

<http://www.vt.bv.tum.de/mitarbeiter/Mitarbeiter/mitarbeiter.htm>