

Fachhochschule Wedel - SS 2006

Seminar Verkehrsinformatik

# **Offline-Optimierung der Lichtsignal-Koordinierung mittels genetischer Algorithmen**

Marco Lehmann (wi5909)

[m@rc0-l.de](mailto:m@rc0-l.de)

3. Juli 2006

# Gliederung

1. Grundlagen
2. Implementierung
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

1. Grundlagen
  1. Genetischer Algorithmus
  2. GALOP
2. Implementierung
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

# Genetischer Algorithmus

- Dienen der Lösung nicht analytisch lösbarer Problemen
- Lösungsvorschläge werden verändert und miteinander kombiniert, bis die Anforderungen erfüllt sind.
- Nachahmung der Biologischen Evolution

# 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.

# Genetischer Algorithmus

## Vorteile

- Genetische Algorithmen sind die schnellsten evolutionären
- Auch sind die Genetische 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. Grundlagen
  1. Genetischer Algorithmus
  2. GALOP
2. Implementierung
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

# GALOP

## Genetischer **A**lgorithmus zur **L**ichtsignal**OP**timierung

Jedes Individuum stellt einen möglichen Signalplan aller Knoten im Netz dar. Jeder Knoten umfasst mehrere Gene.

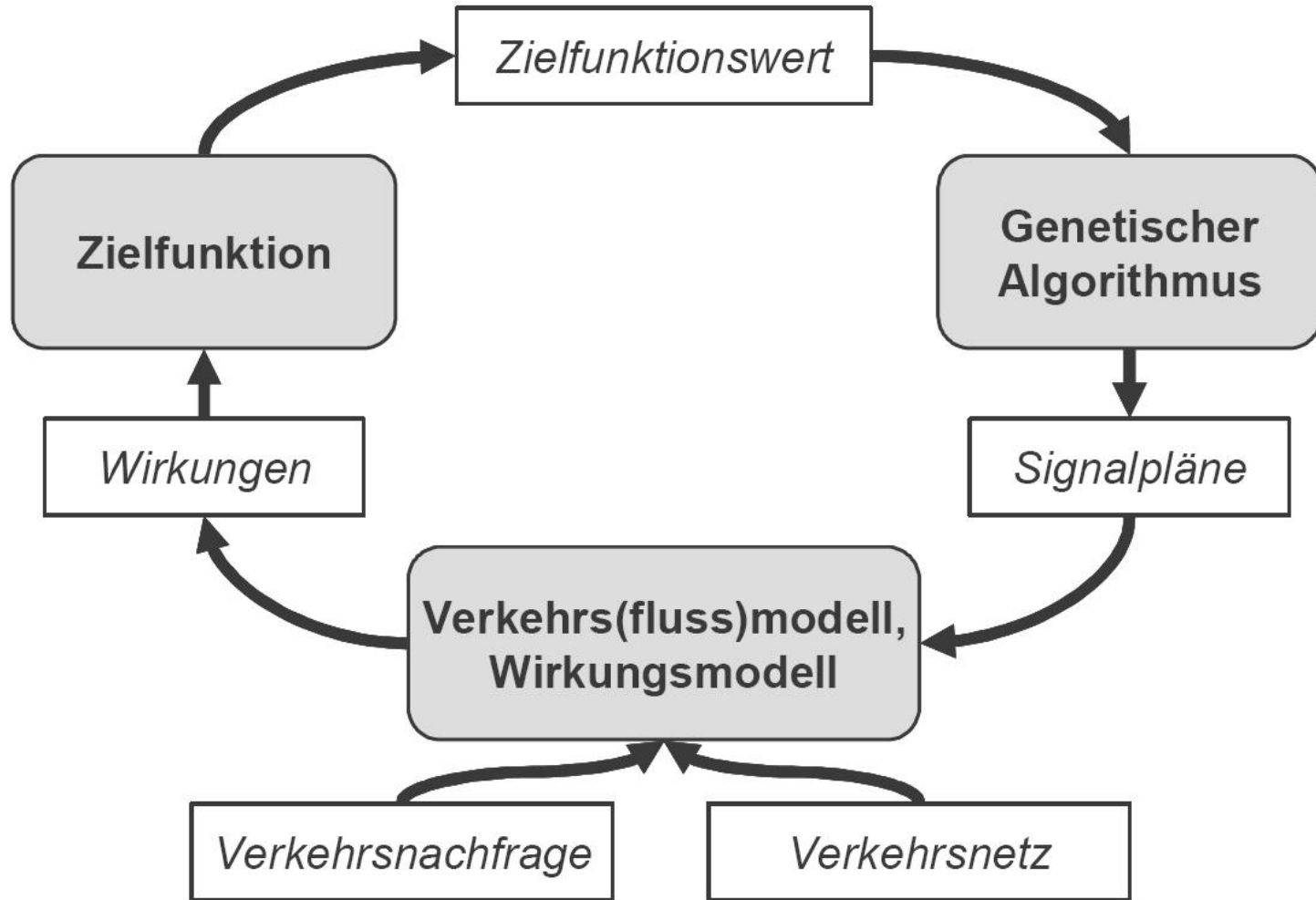
### Optimierungsparameter (Gene)

- Umlaufzeiten
- Versatzzeiten
- Phasenfolgen
- Grünzeiten

### Bestandteile des Verfahrens

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

# GALOP Verfahren



# Optimierung

- Wirkungsgrößen gehen gewichtet in die Zielfunktion ein
- Berücksichtigung planerischer Vorgaben (Wartezeiten auf Hauptstraßen)
- Die Zielfunktionswerte der Signalpläne entsprechen den jeweiligen Fitnesswerte der Individuen
- Die Individuen mit den besten Fitnesswerten werden durch Rekombination und Mutation zur nächsten Generation zusammengesetzt
- Der Algorithmus durchläuft die Evolutionszyklen, bis die Zielfunktion bestimmte Kriterien erfüllt

1. Grundlagen
2. **Implementierung**
  1. NONSTOP
  2. BALANCE
  3. Schnittstelle SOAP
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

# 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.

1. Grundlagen
2. Implementierung
  1. NONSTOP
  2. BALANCE
  3. Schnittstelle SOAP
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

# NONSTOP

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

**NONSTOP-Opt (RegensburgRatOpt)**

Datei Dienste Bearbeitung Fenster ?

GEVAS SOFTWARE

**Gebiet 1**

- Knoten
  - K226
  - K227
  - K245
  - K254
  - K268
  - K271
  - K272
  - K279VA
  - R222
- Koordinierungen
- Bestes Individuum
  - Fitness: 78096.8 UP: 2
- GA-Verlauf
  - Verlauf der 50. Generation
  - Verlauf der 49. Generation
  - Verlauf der 48. Generation
  - Verlauf der 47. Generation
  - Verlauf der 46. Generation
  - Verlauf der 45. Generation
  - Verlauf der 44. Generation
  - Verlauf der 43. Generation
  - Verlauf der 42. Generation
  - Verlauf der 41. Generation
  - Verlauf der 40. Generation

271 Nr. 2 Var 0 P2 tu = 104 [s]  
 FV 1 459,162 ( 0.1\*1752.62+(1.0\*283.9)+(0.0\*12.88) )  
 FV 2 1048,06 ( 0.1\*5930.51+(1.0\*455.01)+(0.0\*19.16) )  
 FV 3 559,939 ( 0.1\*2871.59+(1.0\*272.78)+(0.0\*6.97) )  
 RA 53 10998,9 ( 0.1\*9999+(1.0\*9999)+(0.0\*9999) )  
 Summe 2067,16

272 Nr. 2 Var 0 P2 tu = 104 [s]  
 FV 1 586,322 ( 0.1\*3007.12+(1.0\*285.61)+(0.0\*6.56) )  
 FV 2 281,378 ( 0.1\*1287.58+(1.0\*152.62)+(0.0\*5.39) )  
 FV 3 137,838 ( 0.1\*533.28+(1.0\*84.51)+(0.0\*5.95) )  
 RA 41 10998,9 ( 0.1\*9999+(1.0\*9999)+(0.0\*9999) )  
 Summe 1005,54

222 Nr. 2 Var 0 P2 tu = 104 [s]  
 FV 1 0,0 ( 0.1\*0.0+(1.0\*0.0)+(0.0\*0.0) )  
 FV 2 359,059 ( 0.1\*1618.19+(1.0\*197.24)+(0.0\*6.22) )  
 FV 3 48,813 ( 0.1\*170.73+(1.0\*31.74)+(0.0\*1.06) )  
 RA 51 10998,9 ( 0.1\*9999+(1.0\*9999)+(0.0\*9999) )  
 Summe 407,872

226 Nr. 2 Var 0 P2 tu = 104 [s]

\*\*\* Info \*\*\* K272 272 DECHBETTENER RAMPE WEST Nr. 2 Var 0 P2 tu = 104 [s]  
 \*\*\* Info \*\*\* K279VA 279 Kirchmeier-/Friedenstraße Nr. 5 Var 0 P5 tu = 104 [s]  
 \*\*\* Info \*\*\* R222 222 Ludwig-Thoma-Straße - Universitätsstraße Nr. 2 Var 0 P2 tu = 104 [s]  
 \*\*\* Info \*\*\* Strecke 1037  
 1;0;245;FV5,0,1;254;FV5,339,1;226;FV3,676,1;268;FV3,1007,1;227;FV4,1564,1;279;FV6,2100,1;  
 2;62;279;FV2,0,1;227;FV2,553,1;268;FV1,1115,1;226;FV2,1443,1;254;FV2,1781,1;245;FV2,2104,1;

1. Grundlagen
2. Implementierung
  1. NONSTOP
  2. BALANCE
  3. Schnittstelle SOAP
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

# BALANCE

Verkehrsmodell für eine Verkehrsadaptive Netzsteuerung

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

1. Grundlagen
2. Implementierung
  1. NONSTOP
  2. BALANCE
  3. Schnittstelle SOAP
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

# SOAP

## Simple **O**bject **A**ccess **P**rotocol

Dient als Schnittstelle zwischen dem Netzeditor NONSTOP  
und dem Arbeitsplatz CROSSING

1. Grundlagen
2. Implementierung
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

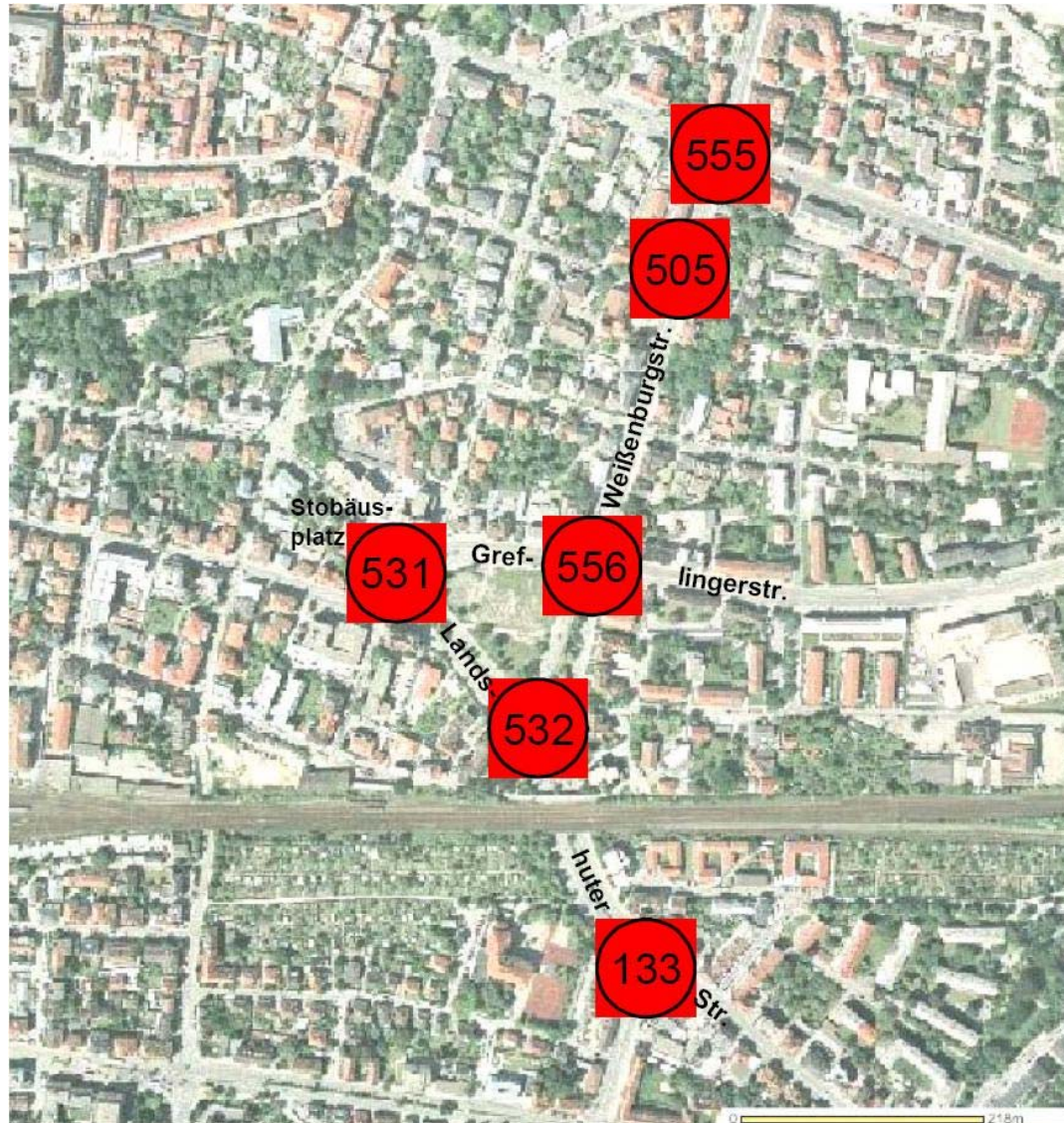
# Fallbeispiel

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.

# Untersuchungsgebiet



# 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

# Optimierung der Steuerung mit 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.

Das Optimierungsergebnis ist einer der bestehenden Lösung sehr ähnlich.

# Feldversuch

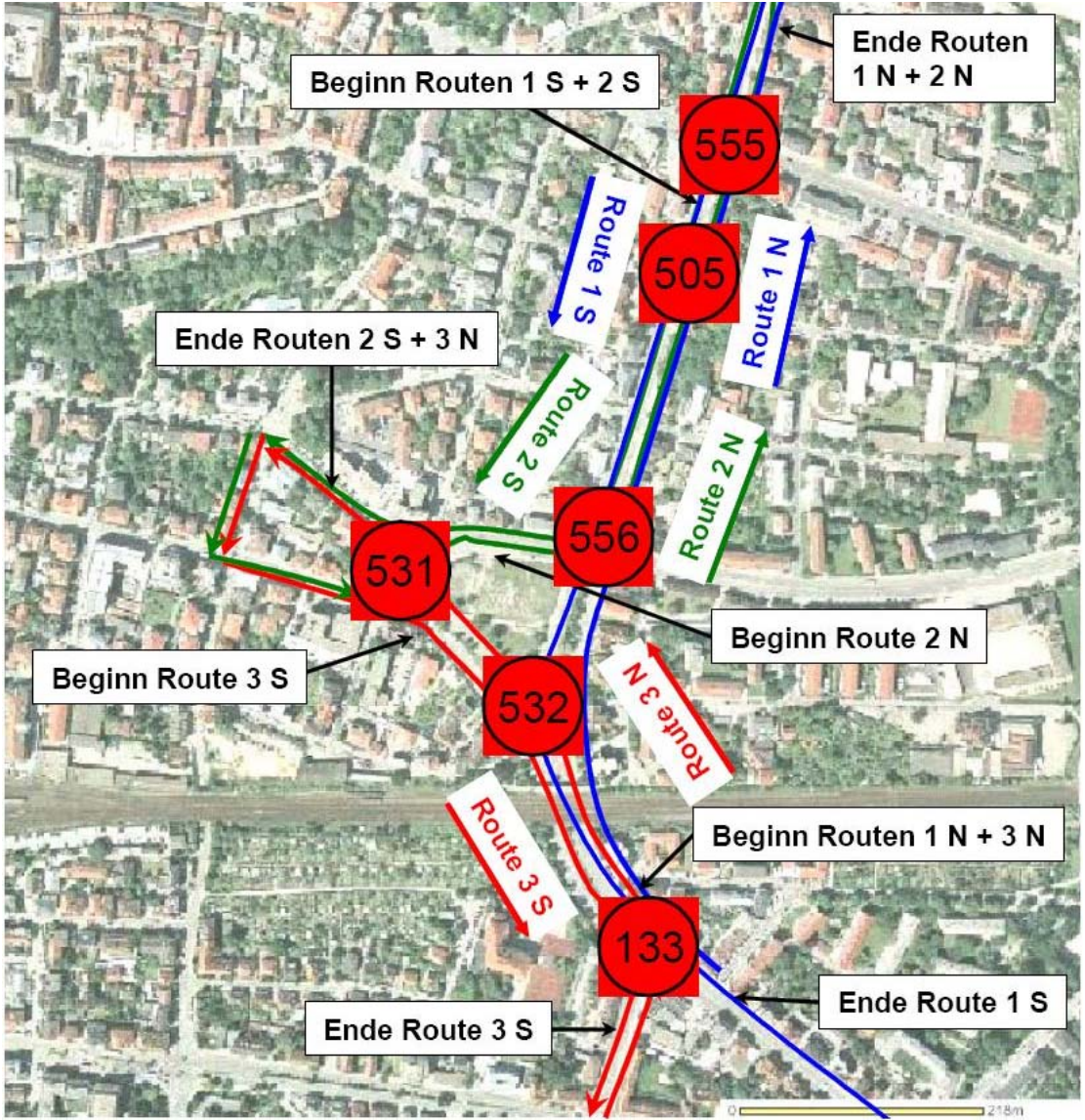
Die von GALOP optimierten Signalpläne wurden implementiert und mit den bisher bestehenden verglichen.

## Messmethoden

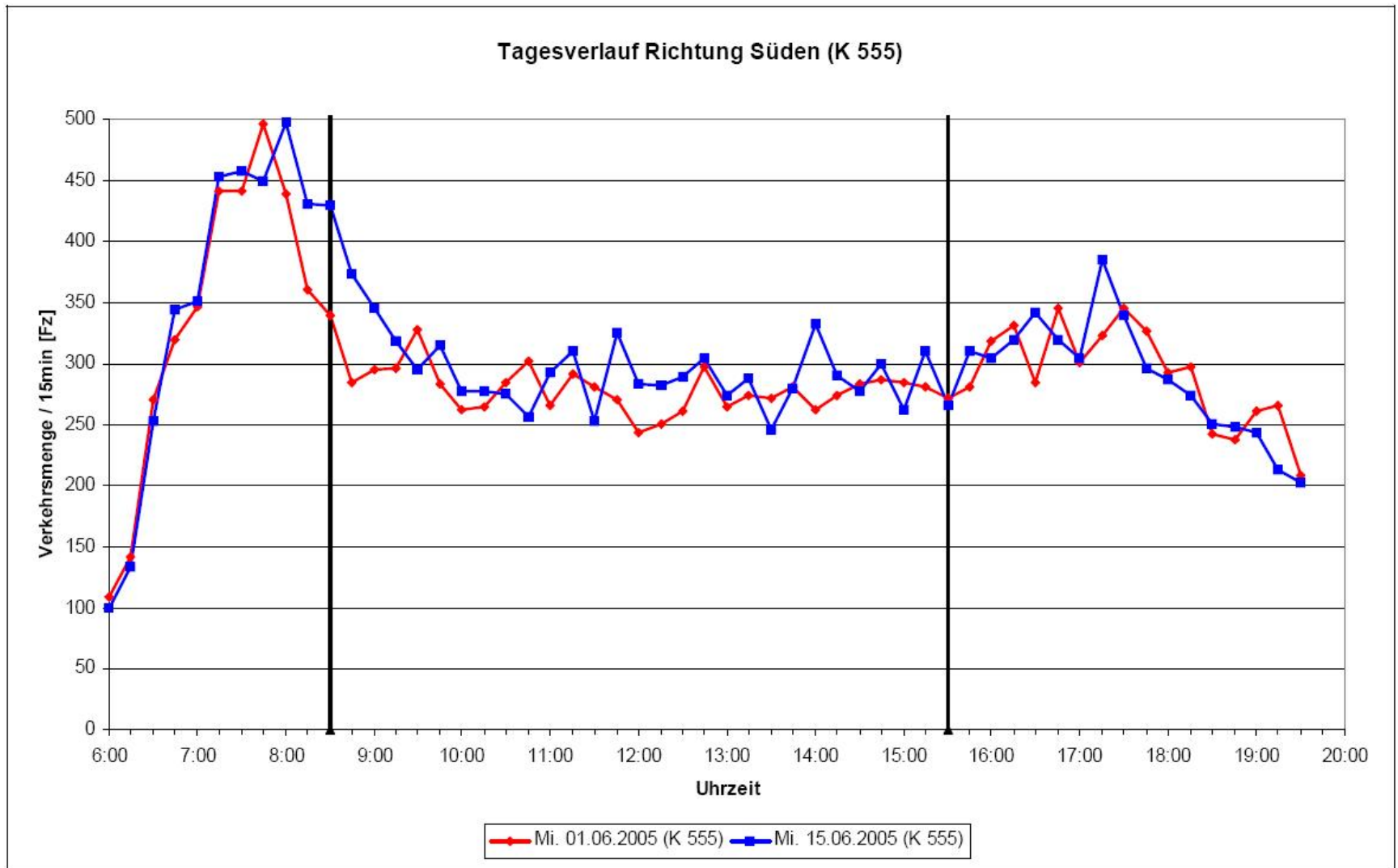
- Befahrungen (Floating Car Data)
- Fahrzeugwiedererkennung

Die Beurteilung der Funktionsfähigkeit einer Grünen Welle kann nur bei nicht übersättigtem Verkehr stattfinden.

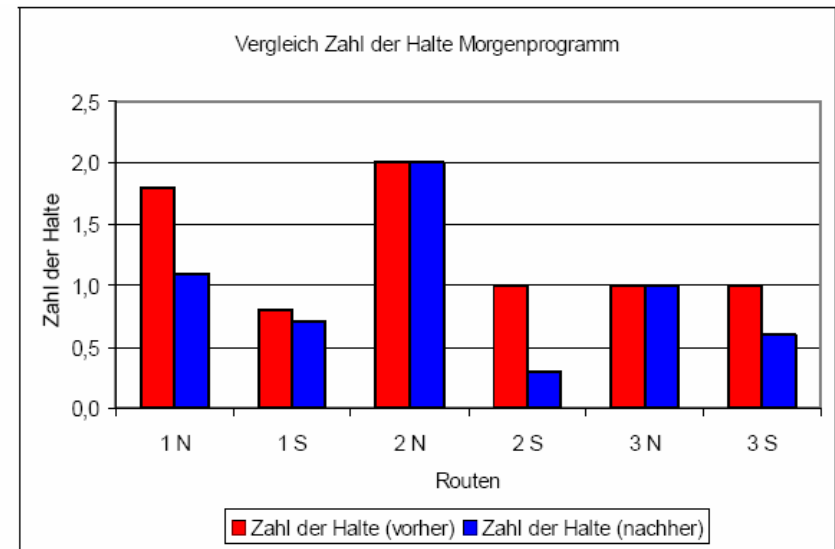
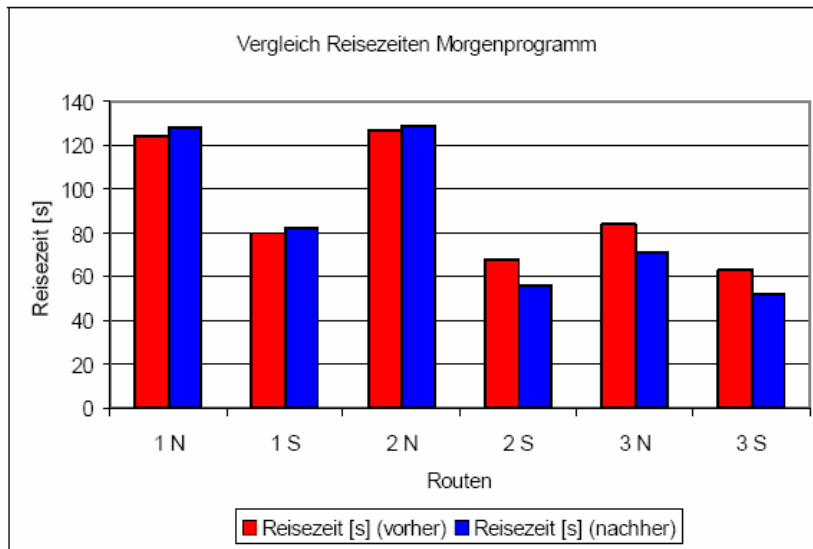
# Befahrungsrouten



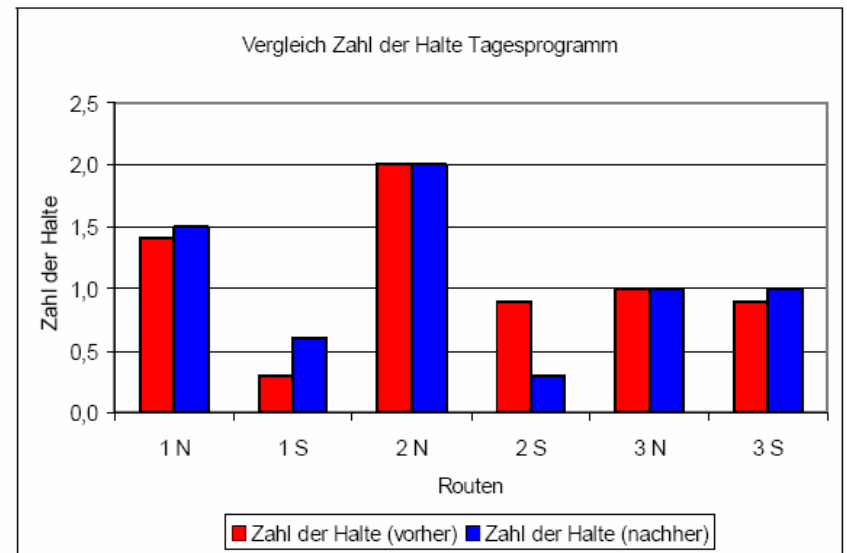
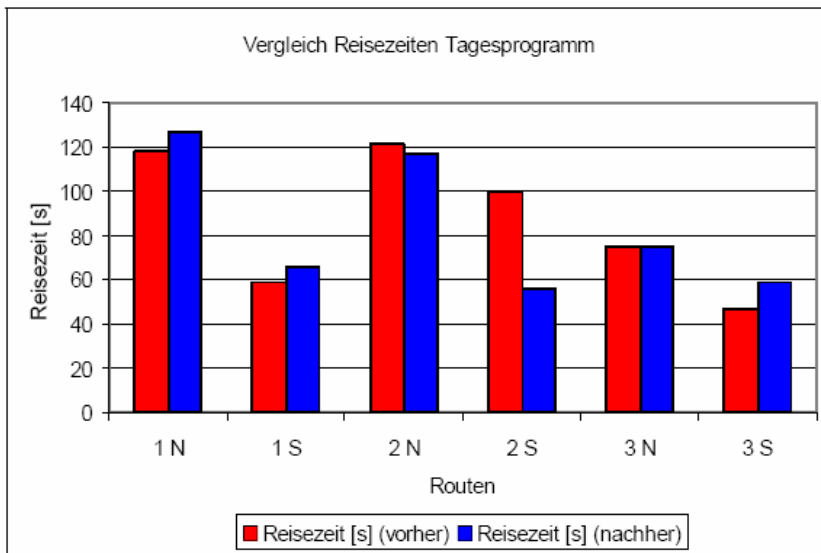
# Verkehrsbelastung an Testtagen



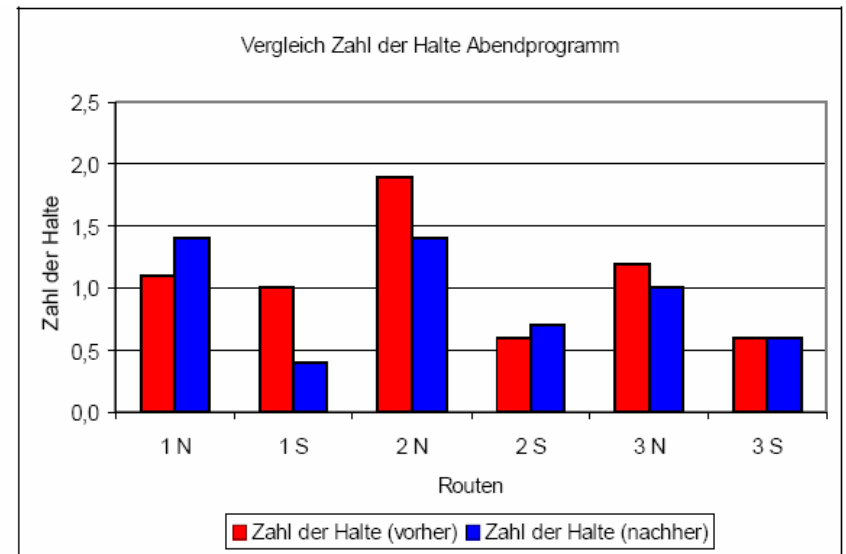
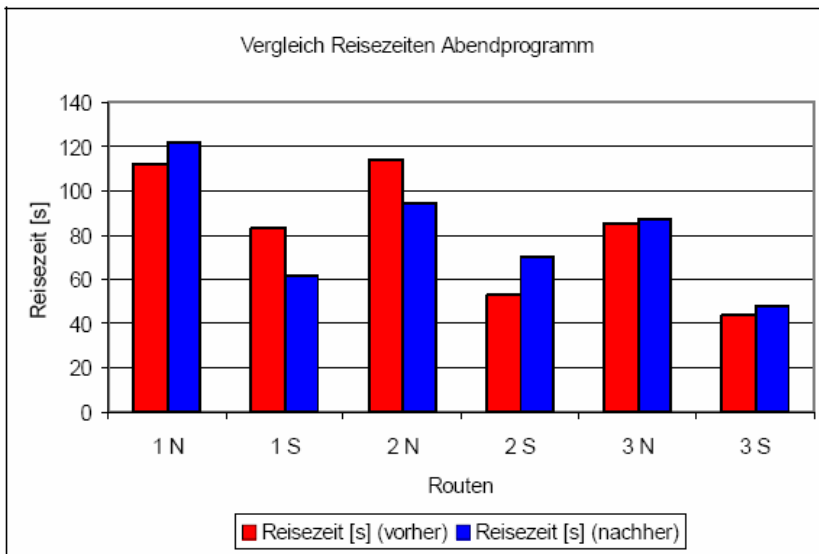
# Morgen - Reisezeiten / Halte



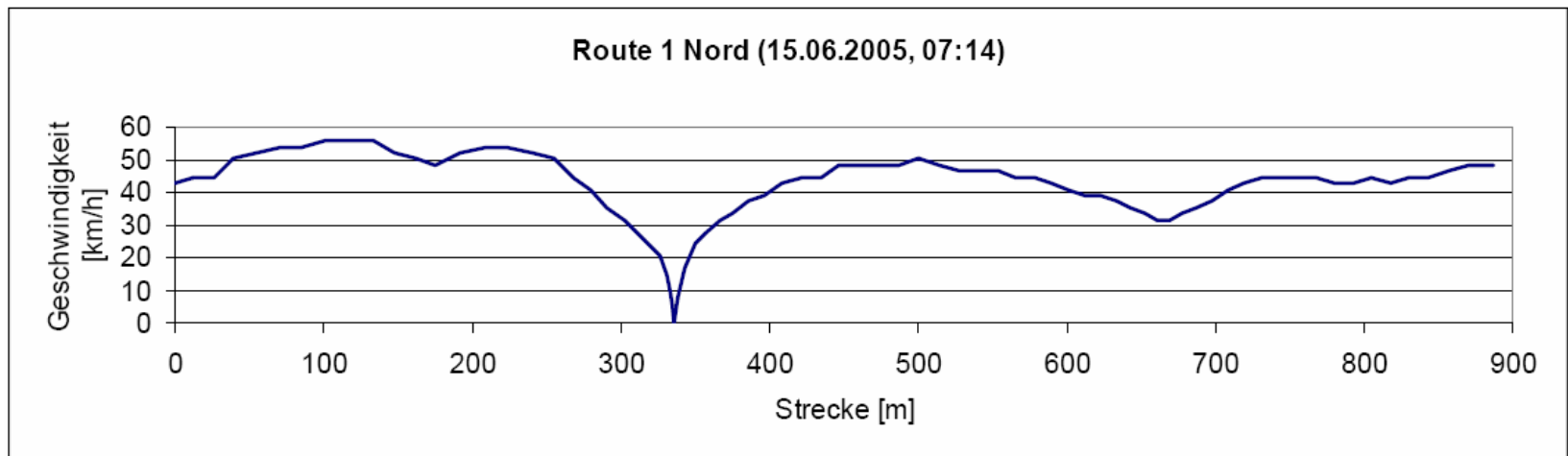
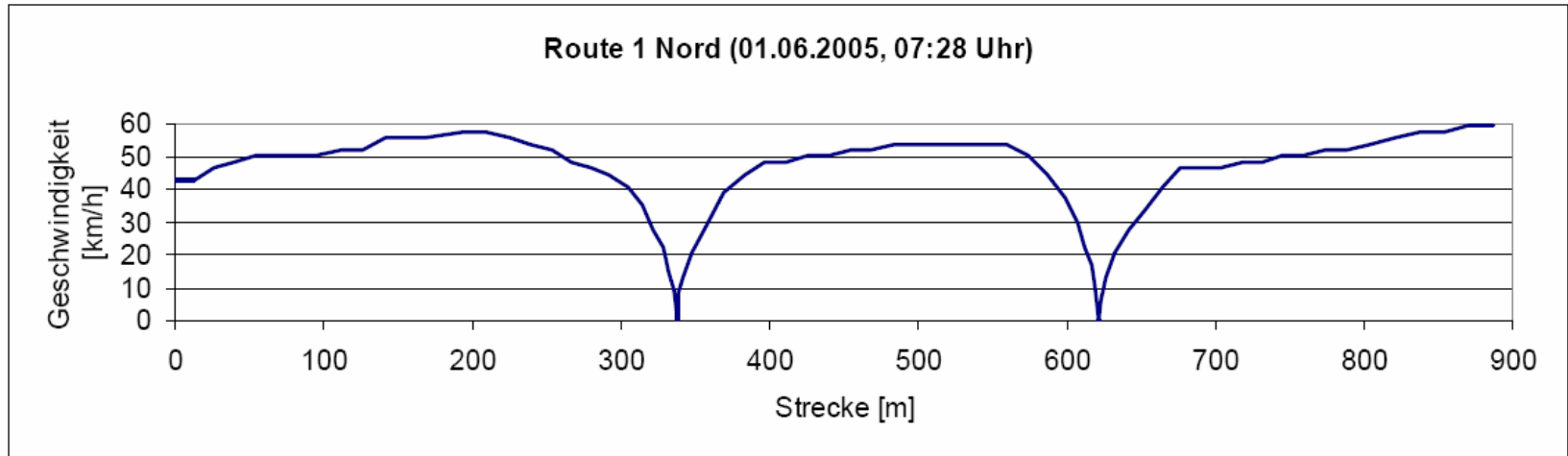
# Tag - Reisezeiten / Halte



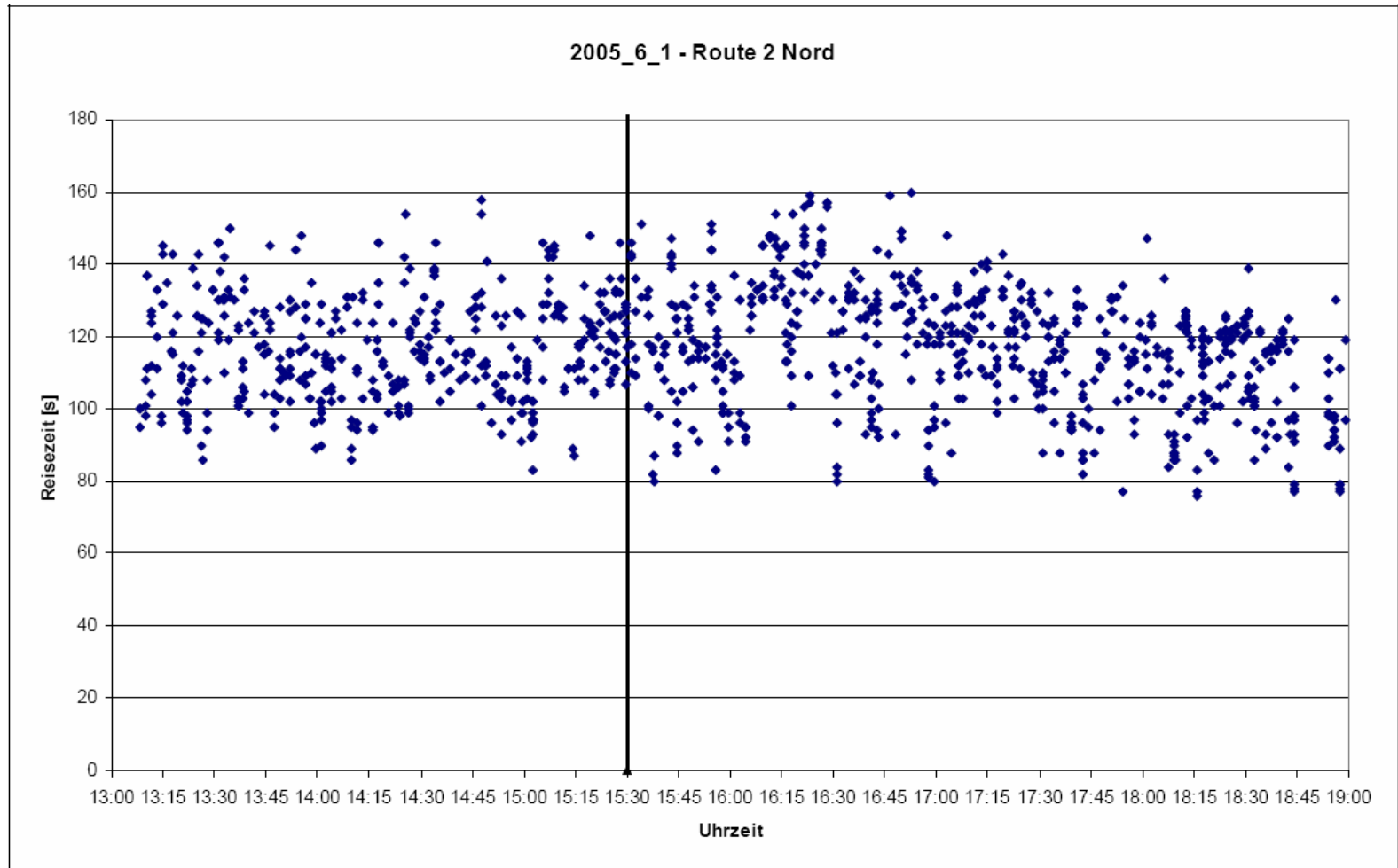
# Abend - Reisezeiten / Halte



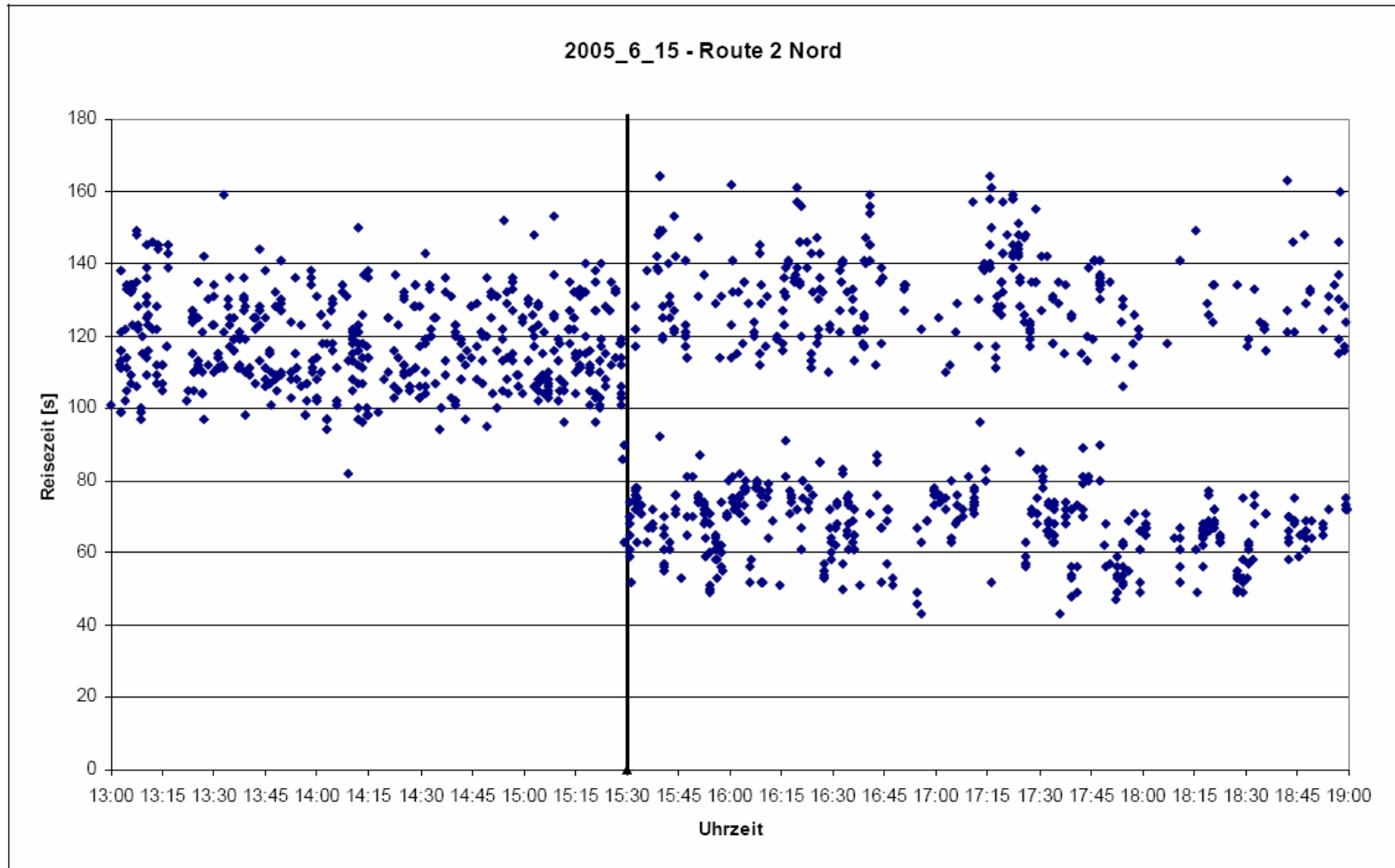
# Fahrverläufe



# Reisezeiten vorher



# Reisezeiten optimiert



# 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

1. Grundlagen
2. Implementierung
3. Fallbeispiel
4. Fazit und Ausblick

# Fazit und 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

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit