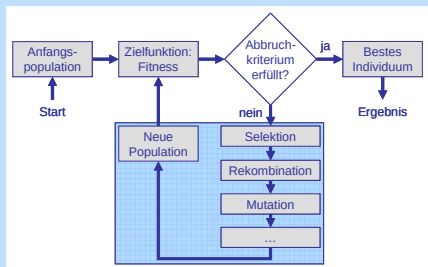


# Anwendung und Bewertung eines Verfahrens zur netzweiten Offline-Optimierung der Lichtsignal-Koordinierung mittels genetischer Algorithmen

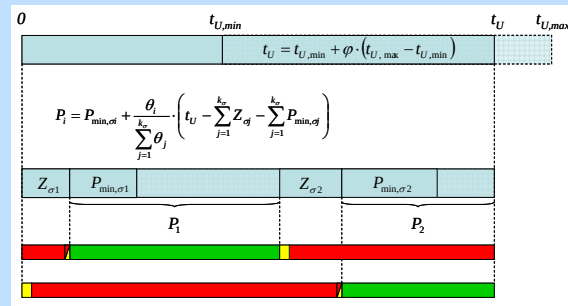
## Verfahren und Implementierung

### GALOP – Genetischer Algorithmus zur Lichtsignaloptimierung in städtischen Netzen

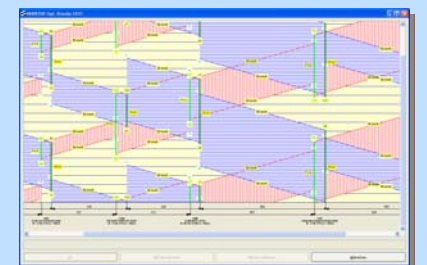
Genetische Algorithmen sind heuristische Suchverfahren die den Evolutionsprozess nachahmen. Optimale Lösungen werden nicht analytisch ermittelt, sondern entwickeln sich durch einige Iterationen und Veränderungen auf Basis ihrer Fitness.



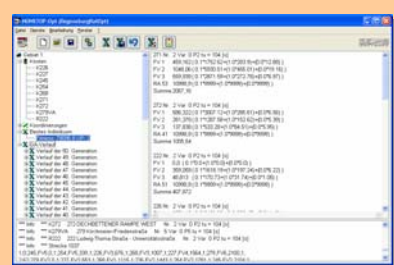
Eine bessere Fitness entspricht einem besseren Wert der Zielfunktion. Jede mögliche Lösung (Signalpläne aller Knoten) lässt sich als Individuum aufassen, das die einzelnen Steuerungsparameter **Umlaufzeit**, **Versatzzeiten**, **Phasenfolgen** und **Grünzeiten** enthält. Die Steuerungsparameter entsprechen den einzelnen Genen, die in kodierter Form vorliegen und von Generation zu Generation verändert werden.



Die Werte der Gene ( $\varphi$ ,  $\theta$ ) für Umlaufzeit  $t_U$  und Phasendauern  $P_i$  werden in die Steuerungsparameter umgerechnet. Durch diese relative Kodierung entstehen keine ungültigen Individuen. Zwischenzeiten  $Z_{σj}$  und Mindestphasendauern  $P_{min,σj}$  sind bereits darin enthalten.

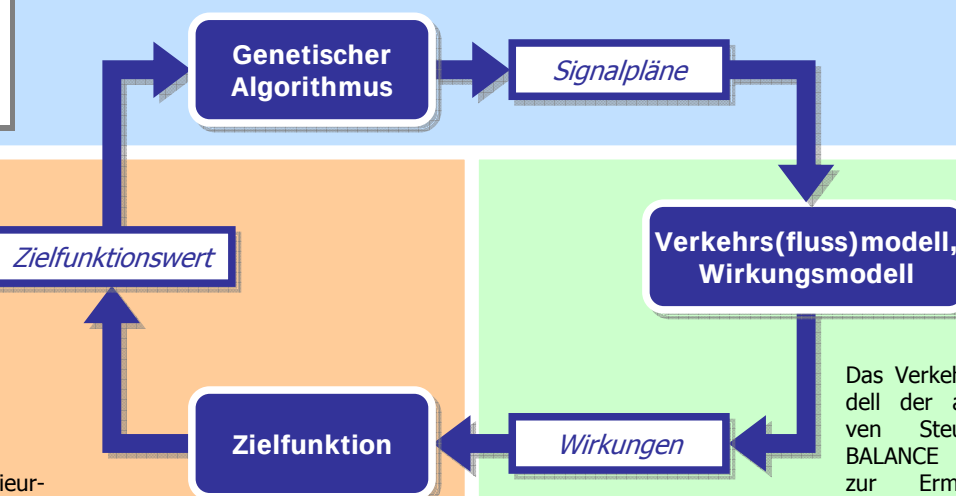


Darstellung eines Resultats im Zeit-Weg-Diagramm



Der Algorithmus ist in den Verkehrsingenieur-arbeitsplatz CROSSIG integriert und damit einfach in der normalen LSA-Planung nutzbar.

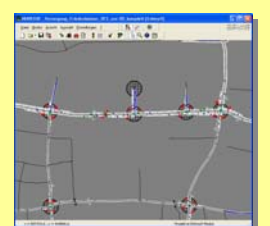
**CROSSIG**



Das Verkehrsmodell der adaptiven Steuerung BALANCE dient zur Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen.

**BALANCE**

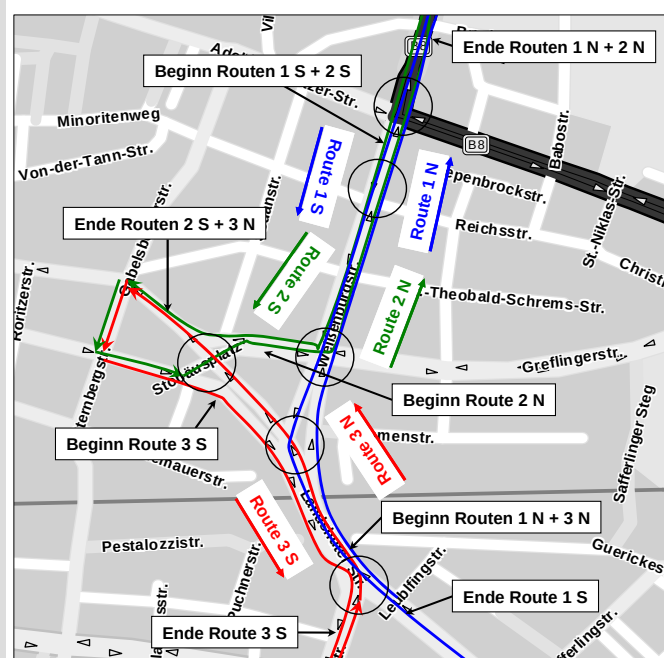
Die Verkehrssimulation mit Netzeditor NONSTOP dient zur Versorgung des Straßennetzes und zur Eingabe der Verkehrsbelastung. Die Anbindung an CROSSIG ermöglicht die Erstellung von Zeit-Weg-Diagrammen für alle Strecken im Straßennetz.



**NONSTOP**

## Anwendung und Bewertung

### Testgebiet in Regensburg



### Bisherige Steuerung

Die bisherige Steuerung basiert auf graphischer Planung. Es bestehen drei tageszeitabhängige Festzeitprogramme (Morgen-, Tages- und Abendprogramm), ergänzt durch eine lokale messwertbasierte Verkehrsabhängigkeit, die innerhalb eines vorgegebenen Rahmens Beginn und Ende der Freigabezeiten geringfügig anpassen kann.

### Optimierung der Steuerung mit GALOP

#### Gewichtung in der Zielfunktion

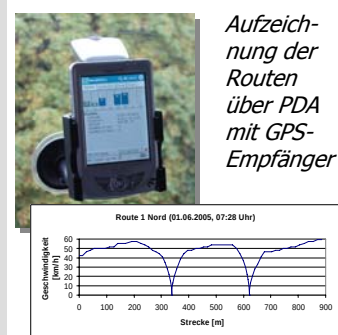
Als Bewertungsgrößen wurden *Zahl der Halte* und *Wartezeiten* gewählt. Auf eine Bewertung der maximalen Staulänge wurde verzichtet, da keine kritischen Rückstaus auftreten.

### Optimierungsergebnis

Die Optimierung ergab für Morgen- und Tagesprogramm jeweils eine der bisherigen Steuerung ähnliche Lösung. Für das Abendprogramm ergab sich hingegen eine unterschiedliche Steuerung. Zusätzlich wurde für alle Programme eine Fußgänger-Anforderung eingeführt, die die Ergebnisse auf Route 2 Süd beeinflusst.

### Messmethoden zur Vorher- / Nachheruntersuchung

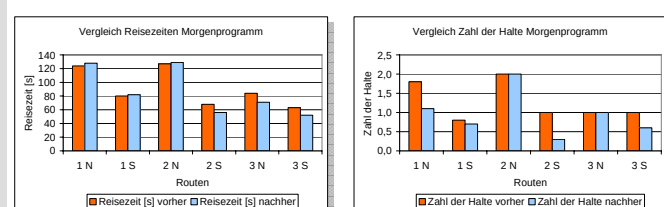
#### Befahrungen (Floating Car Data, FCD)



#### Reisezeitmessung durch Fahrzeugwiedererkennung



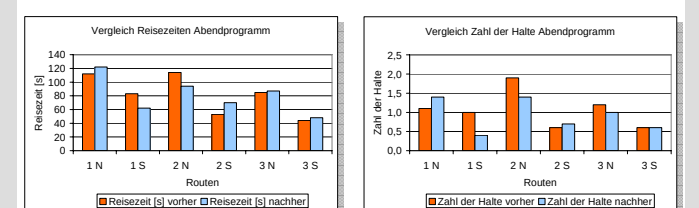
### Ergebnisse



Im **Morgenprogramm** sind die Reisezeiten auf den Routen 3 Nord, 3 Süd und 2 Süd im Vergleich zum Vorherfall etwas kürzer geworden. Alle anderen Reisezeiten liegen in der selben Größenordnung. Die Zahl der Halte wurde auf den Routen 1 Nord, 2 Süd und 3 Süd weniger. Der starke Rückgang der Halte auf Route 2 Süd ist allerdings auch auf die geänderte Fußgänger-Anforderung zurückzuführen.

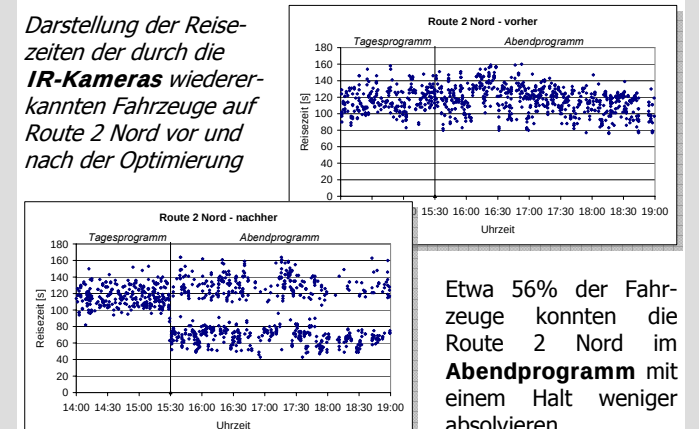
Das neue Morgenprogramm ist insgesamt besser als die bisherige Steuerung, insbesondere was die Zahl der Halte betrifft. Das Ergebnis spiegelt die starke Gewichtung der Zahl der Halte in der Zielfunktion wider.

Die Unterschiede der **Tagesprogramme** vor und nach der Optimierung sind nicht signifikant.



Die Qualität des neuen **Abendprogramms** kann als besser angesehen werden. Reisezeiten und Zahl der Halte auf den Routen 1 Nord, 2 Nord, 3 Nord und 3 Süd unterscheiden sich nicht signifikant. Die Reisezeit der Route 2 Süd wurde trotz Fußgänger-Anforderung auf einem 95%-Niveau signifikant schlechter, während sich die Zahl der Halte dort nicht wesentlich veränderte. Route 1 Süd wurde hingegen sehr viel besser.

Darstellung der Reisezeiten der durch die **IR-Kameras** wiedererkannten Fahrzeuge auf Route 2 Nord vor und nach der Optimierung



Die Reisezeitmessungen mittels Fahrzeugwiedererkennung sind konsistent mit den Ergebnissen der Befahrung.

Etwa 56% der Fahrzeuge konnten die Route 2 Nord im **Abendprogramm** mit einem Halt weniger absolvieren.