

# Regelung in Verkehrssystemen

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Riedel, Thomas Rudolf

**Publication date:**

1994

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000926154>

**Rights / license:**

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

# **REGELUNG IN VERKEHRSSYSTEMEN**

Abhandlung zur Erlangung des Titels  
Doktor der technischen Wissenschaften der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von  
Thomas Rudolf Riedel  
Dipl. El.-Ing. ETH  
geboren am 17. November 1963  
Bürger von Winterthur (ZH)

angenommen auf Antrag von:  
Prof. Dr. M. Mansour, Referent  
Prof. Dr. Th. Liebling, Korreferent  
Dr. U. Brunner, Korreferent

## Kurzfassung

Regelung in Verkehrssystemen: dabei denkt man unweigerlich an Ampeln und Kreuzungen. – Sollte es nicht möglich sein, den *Verkehrsfluss* in einer Stadt *optimal* zu steuern? – Es ist möglich unter der Bedingung, dass die Fahrzeuge messbar sind und ihre Positionen als Eingangsgrösse eines Reglers verwendet werden können. Der Regler seinerseits muss die Kreuzung zeitverzugslos steuern können. Die Arbeit stellt einen durchgehenden Ansatz eines neuen, dynamischen Regelprinzips vor. Nebst der Methodologie der Beschreibung der Kreuzung und des Entwurfes der Regelung wird an einem Beispiel die Implementierung eines konkreten Reglers gezeigt.

*Fahrzeugdetektoren* messen den Verkehr. Nach der Aufbereitung dieser Signale mittels eines *Beobachters* kann die Phasenfolge der Kreuzung für die nächste Zukunft optimiert werden. Weit entfernte Fahrzeuge üben nur einen geringen Einfluss auf diesen Entscheid aus. Erneutes Berechnen der Phasenfolge, sobald zusätzliche Information über Fahrzeuge bekannt ist, führt zu einer *wiederholten Optimierung* mit *finitem Zeithorizont*. Die Optimierung selbst ist ein mehrstufiger Entscheidungsprozess, weshalb sie nach *dynamischer Programmierung* verfahren darf, aus Gründen kürzerer Rechenzeit zusätzlich von *Branch and Bound* überlagert.

Dadurch erreicht man einen Bruch mit der üblichen zyklischen Ampel-Steuerung und kann auf sich verändernde Verkehrssituationen rasch reagieren. *Optimalitätskriterien* lassen sich formulieren, und der Forderung nach *Vortritt des öffentlichen Verkehrs* kann vollumfänglich entsprochen werden.

Nach einer Einführung geht das zweite Kapitel auf die mathematische Beschreibung einer Kreuzung und die Herleitung des Regelalgorithmus ein. Im dritten Kapitel wird die *Implementierung* des Reglers für eine Kreuzung in Zürich beschrieben und welche Resultate damit erzielt worden sind. Dabei muss besonders auf die Aufbereitung von *verfälschten Detektor-Signalen* eingegangen werden. *Filterung* und synchronisierte *Simulation* sind die Aufgaben des *Beobachters*, welcher den Regler mit zuverlässiger Information speisen muss.

Da es nicht nur dieses Problem der Regelung in Verkehrssystemen gibt, geht das vierte Kapitel auf Grüne Wellen und das Dosieren des Zuflusses auf Schnellstrassen ein sowie auf die Grenzen der Anwendung einer solchen Regelung in allgemeinen Warteschlangensystemen.

Das fünfte Kapitel beschreibt die Software, ohne deren Hilfe der Entwurf einer dynamischen Regelung für eine Verkehrskreuzung nicht möglich wäre. Es sind dies ein *Simulator*, ein *Beobachter* und der *Regler* selbst.

## Abstract

Control in traffic systems: who doesn't think now of traffic lights and junctions? – Should it not be possible to control the *traffic flow* through a city in an *optimal way*? – It is possible, under one basic condition: one has to be able to measure the traffic flow and to use the data as input of the controller. The controller must have on-line access to the traffic data, and the decisions of the controller must be transmitted to the junction without time delays. The book presents an approach for developing a new, fully dynamic controller and shows also, with an example, how such a controller has to be implemented.

Vehicle detectors are measuring the traffic through data by each car or tram. The signals must be pre-processed in an *observer* and can then be used for determining the best sequence of phases for the near future. Vehicles, still being far away from the junction, have only little influence on these decisions. As soon as the input data has changed significantly, the phase sequence has to be re-calculated which makes the algorithm to be a *repetitive optimization over a finite time horizon*. The optimization itself is a multistage decision process and can be done therefore using Dynamic Programming; for shorter calculating time it is superposed by Branch and Bound.

The algorithm breaks with the very frequently used cyclic junction control and enables a fast reaction time on changing traffic situations. For the algorithm *optimality criteria* and *objective functions* can be formulated. Furthermore it is possible to give an absolute *priority* to the *public transportation* in form of trams or buses.

After an introduction, the second chapter shows the modelling and the mathematical description, as well as the structure and the details of the control algorithm. The *implementation* of the controller for a junction in Zurich is shown in the third chapter, and some results are given. Special attention is paid to the handling of erroneous or *unreliable detector signals*. An observer, using data *filtering* and synchronized *simulation* feeds the controller with reliable input data.

There are not only junctions with traffic lights in a city, and therefore the fourth chapter shows how to control streets with synchronized lights ("Green Waves"), and highway control for avoiding traffic congestion. Also the limitations of the algorithm are reached by applying it to more general problems in Queuing Theory.

Finally the fifth chapter describes the software developed and needed for designing a dynamic control for a traffic junction. These are a *simulator*, an *observer*, and the *controller*.