

---

## Kurzfassung der Masterarbeit

---

Name: Xiaochen Yu

**Thema: Anwendungsmöglichkeiten der Lichtsignalsteuerung für Knotenpunkte mit Straßenbahnen in China**

Betreuer: Prof. Dr-Ing. Manfred Boltze  
Prof. Dr-Ing. Keping Li (Tongji University Shanghai)  
M.Sc. Jessica Balluff

---

Seit den letzten Jahren werden in China die modernen Straßenbahnen eingeführt und in solchen großen Städten, wie z.B. Schanghai und Schenyang, probeweise betrieben. In weiterem Verlauf bekommen Straßenbahnprojekte einen Aufschwung in China.

Allerdings ist der Betrieb von Straßenbahnen in China nicht reibungslos zu verwirklichen. Besonders im Knotenpunktbereich geschahen viele Konflikte und Unfälle zwischen der Straßenbahn und der anderen Verkehrsteilnehmern. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die laufende LSA-Steuerung an die Eigenschaften der Straßenbahn nicht anpasst wird. Daher ist die LSA-Steuerung für die Straßenbahn ein essentieller Bestandteil des Betriebs der Straßenbahn in China.

Leider erschweren die spezifischen Eigenschaften der Straßenbahn die fehlerfreie LSA-Steuerung. Die Verkehrssicherheit der Straßenbahn stellt sich daher ein Kernproblem in China. Begleitend wird die Verkehrsqualität und Belange der anderen Verkehrsströmen diesem Problem untergeordnet. Mit der Bevorrechtigung der Straßenbahnen verschlechtert die Verkehrssicherheit sich weiterhin, obwohl die Bevorrechtigung in China nur geringen Erfolg erzielt hat. Daraus scheint die Straßenbahn einer Störquelle zu werden. Deshalb stehen die gesamte Leistungsfähigkeit des Knotenpunkts und die Bevorrechtigung der Straßenbahn vor einem Problem. Infolgedessen werden die Lösungen für die LSA-Steuerung der Straßenbahn erstrangig erwartet.

Im Vergleich dazu werden die Straßenbahnen in Deutschland seit langem betrieben und die lichtsignaltechnischen Wissenschaften sind dafür ausgereift. Es lohnt sich, dass die LSA-Steuerung in China an den Erfahrungen in Deutschland basiert. Allerdings wird die komplette Übertragung aufgrund der landesspezifischen Rahmenbedingungen verhindert. In der Masterarbeit wird daher die Anwendungsmöglichkeiten der deutschen Verfahren in China erforscht.

Zuerst werden Grundlagen für die LSA-Steuerung für die Straßenbahn aus den Regelwerken in Deutschland gelesen/den deutschen Regelwerken entnommen. Bei der Erstellung des Signalprogramms werden die Signalgeber, Übergangszeit, Zwischenzeit und Phaseneinteilung für die abbiegende Straßenbahn anders als für den bei dem Kraftfahrzeugverkehr vorgegeben. Als ein komplexes System beinhaltet die Bevorrechtigung die Steuerungsprinzip, -verfahren, die Erfassung der Straßenbahn und den Vorrangegriff der Freigabezeit. Ergänzend wird die Wechselwirkung zwischen der Haltestelle (Fußgängerbelange) und den lichtsignaltechnischen Anforderungen betrachtet, weil die Fußgängerbelange die maßgebende Einflussgröße bei der Bevorrechtigung ist.

In Analogie dazu werden die Grundlagen für die LSA-Steuerung der Straßenbahn in der Praxis erfasst. Bei der Verarbeitung des Signalprogramms für die Straßenbahn wird fast komplett das Signalprogramm für Kraftfahrzeuge, außer der Phaseneinteilung, übernommen. Für die Bevorrechtigung werden viele Überlegungen und Versuche vorgenommen. Aber die verkehrswissenschaftlichen Beschränkungen verhindern den Erfolg der Straßenbahn. Im Hinblick auf die Fußgänger werden keine Überlegungen in der LSA-Steuerung sowie in der Bevorrechtigung vorgegeben.

---

Zugleich werden Untersuchungen in den sechs Testfeldern jeweils in Deutschland und in China durchgeführt, um die praktischen Erfahrungen in Deutschland zu sammeln und die Probleme in China genau zu identifizieren. In Deutschland werden Knotenpunkt Rheinstraße/Neckarstraße/Kasinostraße (A4), Knotenpunkt Frankfurter Straße/Pallaswiesenstraße (A9) und Knotenpunkt Nieder-Ramstädter Straße/Jahnstraße (A66) für die Untersuchung ausgewählt. Entsprechend werden Knotenpunkt Mittelhannanstraße/Südfuminstraße (H01), Knotenpunkt Zuchongzhi-/Guanglanstraße (Z01) und Knotenpunkt Schenbener Allee/Hongyun Straße (H02) in China ausgesucht.

In der Praxis in Deutschland profitiert man wirklich von vielen Tipps, die von den Erfahrungen der Fachleute und der verkehrlichen Unterlagen der Beispielsknotenpunkte gewonnen werden. Der Zuschlag für die Straßenbahneinfahrt bei der Zwischenzeitberechnung, für die Phaseneinteilung für die geradeaus fahrende Straßenbahn mit den Linksabbiegern, für die Festlegung des Meldepunktes, für den Kern vom Logikaufbau usw. ist ein praktischer Schlüsselpunkt für die günstigere LSA-Steuerung für die Straßenbahn.

Begleitend werden die Verkehrserhebungen vor Ort durchgeführt. Für die Erhebung reicht einer Beobachtung des Verkehrsablaufs und des Fahrverhaltens am Knotenpunkt, einer Messung der Verkehrsqualität (mittlere Wartezeit), Analyse der Einfahr- und Räumvorgänge usw. Dies gilt als eine Vorbereitung auf den Vergleich der landesspezifischen Eigenschaften.

Dadurch werden folgende Probleme in chinesischer LSA-Steuerung für die Straßenbahn erkannt.

- Eine gemeinsame Signalgruppe erschwert die Flexibilität der LSA-Steuerung für die Straßenbahn und erhöht die Wahrscheinlichkeit des Übersehens des Signals vom Kraftfahrzeugfahrer.
- Die unzureichende Zwischenzeit mit den regelwidrigen Fahrverhalten gefährdet die Verkehrssicherheit.
- Die Phaseneinteilung wirkt sich negativ auf die Verkehrsqualität der anderen Verkehrsteilnehmer aus.
- Die erfolglose Bevorrechtigung der Straßenbahn
- Die Fußgängerbelange werden untergeordnet.

Somit werden die Anwendungsrahmenbedingungen identifiziert. Dabei werden die gesetzlichen, infrastrukturbezogenen (Hardware), lichtsignaltechnischen und knotenpunktspezifischen Rahmenbedingungen unterworfen. Davon spielen die lichtsignaltechnischen Rahmenbedingungen eine wichtige Rolle und sie nehmen direkten Einfluss auf das Fahrverhalten und somit auf die Verkehrssicherheit.

Anschließend werden Lösungsvarianten der Probleme der Zwischenzeit, der Phaseneinteilung für die geradeaus fahrenden Straßenbahn und die abbiegende Straßenbahn erstellt. Und eine qualitative Vorbewertung erfolgt aus der Verkehrsqualität und Verkehrssicherheit unter Berücksichtigung der Akzeptanz der verschiedenen Abteilungen. Die Konzepte der Bevorrechtigung sind knotenpunktspezifisch und dafür stellen sich keine allgemeinen Lösungen dar.

Danach ergibt sich der Aufbau des Simulationsmodells im Vissim, um die quantitative Analyse und Bewertung abzufertigen. Hierbei werden überwiegend die Probleme der Zwischenzeit, der Phaseneinteilung für die Linksabbieger und die geradeaus fahrende Straßenbahn und die Konzepte der Straßenbahnbevorrechtigung im Modell dargestellt.

Die Varianten der Zwischenzeit werden jeweils mit der 20 km/h und 50 km/h zulässigen Geschwindigkeit im Testmodell simuliert. Die Auswertung der Varianten geht von der Qualität der Verkehrssicherheit aus. Und die Verkehrssicherheit wird wieder durch die Anzahl der Konflikte und die Stärke der Konflikte anhand Software SSAM beschrieben. Durch die TTC-Werte in SSAM werden die Konflikte identifiziert.

Die Bewertung der Varianten der Phaseneinteilung für die geradeaus fahrende Straßenbahn erfolgt aus der Verkehrsqualität. Durch den Vergleich der mittleren Wartezeit der Kraftfahrzeuge und Fußgänger wird die bevorzugte Variante ausgewählt/definiert.

---

Folgend werden Konzepte der Bevorrechtigung erstellt. Das Konzept der Bevorrechtigung beinhaltet die Entwicklung der Steuerungslogik, die Optimierung der Lage des Meldepunkts und die Verbesserung der Fußgängerbelange. Dabei werden drei Konzepte erstellt. Das Konzept 1 basiert sich auf dem aktuellen Bestand, während das Konzept 3 zukunftsorientiert ist. Die Bewertung der Varianten geht auch von der mittleren Wartezeit (Verkehrsqualität) aus.

Zum Schluss werden die Empfehlungen für die aktuelle LSA-Steuerung in Deutschland und in China gegeben. Die Empfehlungen betreffen sowohl die allgemeinen Probleme als auch spezifische verkehrswissenschaftliche Lücken in der LSA-Steuerung für die Straßenbahn. Gleichzeitig wird ein weiterer Forschungsbedarf dargestellt. Der Forschungsbedarf liegt in der Erfassung des spezifischen Verhaltens von Fußgängern und Radverkehr in der Zwischenzeitberechnung, Verbreitung der Zwischenzeitberechnung auf die anderen Städte in China und die Integration von Bussen in den Straßenbahnbetrieb.

**Xiaochen Yu**

11.2014