
Kurzfassung der Vertieferarbeit

Name: Martin Herbst

Thema: Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Lichtsignalgeregelten Knotenpunkten

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
Prof. Dr.-Eng. Masao Kuwahara, University of Tokyo
Dipl.-Ing. Heiko Jentsch

Die bearbeitete Vertieferarbeit mit dem Thema "Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von Lichtsignalgeregelten Knotenpunkten" befasst sich mit einer Gegenüberstellung von verschiedenen Berechnungsverfahren der Zwischenzeiten in Deutschland, Japan, Amerika und der Türkei. Empirische Untersuchungen in Deutschland und Japan sollten dabei die Aussagen aus einer Literaturrecherche untersuchen und aufzeigen, inwiefern die Zwischenzeiten die Leistungsfähigkeit eines Lichtsignalgeregelten Knotenpunktes beeinflussen.

Widersprüche in Theorie und Praxis machten eine nähere Untersuchung des Themas nötig. So wird im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) beschrieben, dass bei geringen Freigabezeiten der Zeitbedarfswert aufgrund zunehmender Ausnutzung der Übergangszeit kleiner werde. Da die Kapazität im HBS jedoch nur mit der Freigabezeit, demnach ohne einen Teil der Übergangszeit berechnet wird, herrscht hier näherer Forschungsbedarf.

Des Weiteren geht die deutsche Berechnungsweise davon aus, dass der innere Knotenpunkt ständig befahren wird. D.h., es herrscht die theoretische Vorstellung, dass direkt hinter dem räumenden Fahrzeug das einfahrende Fahrzeug einfährt und somit den Verkehrsstrom aufgreift. Nach dieser Vorstellung gäbe es einen nicht abreißenden Verkehrsfluss, wodurch keine Verlustzeiten auftreten sollten.

Es sollte eine Antwort auf die Frage gefunden werden, ob Zwischenzeiten überhaupt Verlustzeiten darstellen und wenn ja, inwieweit sich diese auf die Leistungsfähigkeit eines Knotenpunktes auswirken.

Es wurde herausgefunden, dass die Zwischenzeiten in Japan aus einer festgelegten Tabelle abgelesen werden. Diese Zeiten können mit den Eingangsparametern der Distanz der jeweils entgegengesetzten Haltlinien eines Knotenpunktes und der gefahrenen Geschwindigkeit entnommen werden. Da somit der Abstand der Haltlinien zueinander und nicht die Distanz von Haltlinie zum Konfliktpunkt maßgebend ist, kommt es zu weit größeren Räumzeiten als z.B. in Deutschland. Die Überfahrzeit entspricht in Japan immer der Übergangszeit, da nicht zwischen Schnell- und Langsamräumern unterschieden wird. Die Annahme der Dilemmazonen-Theorie entspricht jedoch auch der deutschen Vorstellung.

Interessant ist, dass die japanischen Richtlinien ausdrücklich von Verlustzeiten (lost time) sprechen. Mit entsprechenden Formeln lassen sich die Verlustzeiten berechnen, welche für den Fahrzeugverkehr nicht nutzbar sind. Diese Anfahrverluste (startup lost time) und eine nicht genutzte Übergangszeit (clearance lost time) werden von der Umlaufzeit subtrahiert und bilden somit die effektive Freigabezeit. Diese wird dann zur Berechnung der Kapazität herangezogen.

In Amerika werden vornehmlich Pauschalwerte für die Zwischenzeiten verwendet. Üblicherweise werden sie mit 4 Sekunden angesetzt. Bei großen Knotenpunkten können auch 5 Sekunden gewählt werden.

Die japanische Berechnungsmethode der effektiven Freigabezeit und der Kapazität sind dabei im Grunde genommen identisch zum amerikanischen Regelwerk "Highway Capacity Manual" (HCM), welches bereits eine lange Tradition hat und die wohl weltweit größte Anerkennung auf diesem Gebiet genießt.

Da in der Türkei dem Verkehrswesen noch wenig Aufmerksamkeit zukommt, werden dort die Zwischenzeiten durch Erfahrungswerte bestimmt. Eine Rechnung findet wie in Amerika nicht statt.

An dieser Stelle muss gesagt werden, dass diese pauschalisierten und auf Erfahrungen basierten Schutzzeiten nur in begrenzter Weise auf die Belange einzelner Knotenpunkte eingehen können. Zunehmende Verkehrsstärken und hohe Sicherheitsanforderungen machen solche Werte ggf. zu einem Sicherheitsrisiko. Auch eine verkehrabhängige Steuerung mit pauschalisierten Werten wird in diesem Zusammenhang als kritisch angesehen, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass bei unterschiedlichen Phasenwechseln immer die gleiche Zwischenzeit notwendig ist. Daher werden Untersuchungen von Knotenpunkten und von Zwischenzeiten in den USA als weiterer interessanter Forschungspunkt gesehen. Leider war es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich gewesen vor Ort solche Analysen durchzuführen.

Die in Deutschland angewendeten Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) stellen aufgrund des fahrdynamischen Ansatzes und der Berechnung jeder einzelnen möglichen Zwischenzeit der vorhandenen Konfliktpunkte einen enormen Arbeitsaufwand dar. Aufgrund dessen wurde bereits in der Vergangenheit versucht einfachere Methoden zur Berechnung von Zwischenzeiten zu entwickeln. In diesem Zusammenhang werden das AKF-Verfahren (Addition kritischer Fahrzeugstrombelastungen) und ein Verfahren nach Jakob vorgestellt.

Die empirischen Untersuchungen in Deutschland und Japan machten deutlich, dass Anfahrverluste in beiden Ländern vorhanden sind. Doch aufgrund einer einsekündigen Rot/Gelb-Schaltung in Deutschland, welches dem Fahrzeugführer den bevorstehenden Beginn der Freigabezeit andeuten soll, konnte eine kürzere Reaktionszeit festgestellt werden. Evtl. spielt dabei auch die recht hohe Umlaufzeit in Japan eine Rolle. Aufgrund großer Wartezeiten sind die Verkehrsteilnehmer vielleicht unaufmerksamer. Diese großen Umlaufzeiten werden auch als Hauptgrund dafür gesehen, dass die Übergangszeit und teilweise auch noch Teile der Sperrzeit zum einfahren in den Knotenpunkt genutzt werden. Da in Japan die Polizei für die Schaltung der Signalzeiten verantwortlich ist, werden von ihr bei einem sicherheitskritischen Knotenpunkt oft als erste Maßnahme die Zwischenzeiten und somit auch die Umlaufzeiten erhöht. Dies wiederum führt zu noch längeren Wartezeiten, weshalb die Fahrzeugführer immer weniger bereit sind zu warten und immer mehr versuchen die Gelb- und Rotzeit auszunutzen. Ein Teufelskreis entsteht.

Zum anderen werden weit abgerückte Haltlinien in Japans Ballungszentren bemängelt. Dadurch werden die Räum- und Einfahrwege noch größer. Die Einfahrzeit wird in Japan allerdings nicht berücksichtigt.

Weitere angesprochene Verlustfälle sind neben Rundungsverlusten und manuellen Zeitzugaben zu berechneten Zwischenzeiten, Zeitlücken im Verkehrsstrom als teilweise auch ein wandernder Konfliktpunkt.

Abschließend kann also gesagt werden, dass Zwischenzeiten in der Tat einen Zeitverlust und somit einen Verlust an Leistungsfähigkeit bewirken. Doch sind dies auch gewollte Sicherheitszeiten, die dem Schutz der Verkehrsteilnehmer dienen.

Darüber hinaus wird die Signalschaltungen "Grün-Blinken" und der Einfluss von Fußgängerströmen auf die Zwischenzeiten behandelt.

Für Deutschland wird die Berechnung und Verwendung einer effektiven Freigabezeit in verkehrstechnischen Aufgaben vom Bearbeiter sehr befürwortet. Es mag gut sein, dass sich dadurch wenig an den Ergebnissen von Kapazität, Wartezeiten und allen weiteren mit dieser Zeit berechneten Werten

ändert. Jedoch stellt sie die realistischen Abläufe weit besser und transparenter dar als die reine Freigabezeit. Dennoch werden auch in Zukunft weitere Forschungstätigkeiten nötig sein um insbesondere das Fahrerverhalten besser analysieren zu können.

Abstract

The following student research project called "Der Einfluss von Zwischenzeiten auf die Kapazität von lichtsignalgeregelten Knotenpunkten" deals with a comparison of different forms to calculate the intergreentime of signalized intersections. The observed countries were Germany, Japan, the USA and Turkey. Empirical studies in Germany and Japan should proof the information of literature research and show how the intergreentime affects to the capacity of an intersection.

Discrepancies in theory and praxis required some more research on that topic. So for example it's said in the German guideline "handbook for design of road facilities" (Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen - HBS) that at small green time decreases the used time per vehicle because the transition time is being used longer. But because of the fact that in the HBS the capacity is calculated by green time only, there is more research to do.

Furthermore the German method says that the intersection is being used by vehicles all the time. There is the imagination that right behind the clearing vehicle the entering vehicle catches the traffic flow. Following this imagination there shouldn't be any lost time in a cycle time.

It should be found out an answer to the question if intergreentime is lost time at all and if yes, how this intergreentime affects to the capacity of a signalized intersection.

For result it was found out, that the intergreentime in Japan is set in a table. These values of Yellow- and All-Red-times can be found out by the distance of the stop lines of an intersection and the driven speed. Because the distance of stop lines and not the distance from one stop line to the conflict point is the standard, in Japan you get bigger clearing time than in Germany. Though the idea of a dilemma-theory is the same like in Germany.

Interesting is the fact that the Japanese guidelines emphatically are working with "lost time" in this context. With special formulas you can calculate the lost time that cannot be used by vehicles. There is the start-up lost time and the clearance lost time which you have to subtract of the cycle time in order to get the effective green time. This effective green time can be used to calculate the capacity.

In America they primarily use fixed intergreentimes. Normally it's set with 4 seconds but at big intersections also 5 seconds can be chosen.

The Japanese method of calculating the effective green time and capacity is more or less equal to the American guideline "Highway Capacity Manual" (HCM) which can look back at a long tradition and big acceptance in the world.

Because in Turkey the traffic analysis does not get that attention like in the other countries dealing in this paper, the intergreentime is set by experiences. So there is no calculation like none in the USA.

At this point it must be said that these values cannot response to the different problems of singular intersections. Increasing traffic demand and high security needs may not be harmonized with these flat-rate values.

Further research in America looks really interesting for the future. Especially the question of the intergreentime used in a traffic demand control. Unfortunately it wasn't possible to do this research at this time.

The German instructions "Guidelines for light-signal systems" (Richtlinien für Lichtsignalanlagen - RiLSA) produce a lot of work to calculate the intergreentime because every single conflict point has to be calculated. Therefore in the past some ideas to minimize this workload have been made. In this context the "AKF-method" (Addition kritischer Fahrzeugstrombelastungen) and a "method of Jakob" will be presented.

The empirical researches in Germany and Japan show that the start-up lost time exists in both countries. But because of a red/yellow-signal that is shown for one second at the beginning of green time, the reaction time of drivers can be minimized. Perhaps the big cycle times in Japan are guilty in that point, too. Maybe the drivers are a little bit inattentive because of big waiting times. Nevertheless these big waiting times are the main reason why the drivers cause red light violation. Because the police is responsible for signal control in Japan the intergreentime and so also the cycle time are being increased when there is a security problem. This leads to more amber and red light violation again.

Another problem are stop lines that are quite far away from the inner point of an intersection. Thus the clearance and entering distances become very large. Indeed the entering distance is not being considered in Japan.

Further reasons of lost time dealing in this paper are rounded values, bigger time gaps and a moving conflict point. In addition some more things affecting to the intergreentime are being discussed. So for example flashing green lights and pedestrian traffic.

At the end it can be said that the intergreentime in fact produces lost time and so the capacity decreases as well. But on the other hand these security times are the only way to protect the drivers while phase changing.

For Germany the effective green time can be seen as a new advancement. It may be that the result of capacity, waiting time and level of service won't change by using this effective green time. But in this relation it is more realistic and more transparent than the "normal" green time. However there must be more research in the future especially in order to find out something about drivers behaviour.

Martin Herbst

Oktober 2007