

**Diss. Nr. 3876**

**Untersuchung des Verkehrsverhaltens  
von Strassenbahnen durch Simulation  
auf einem Rechenautomaten**

ABHANDLUNG

zur Erlangung  
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften

der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von  
KURT BAUKNECHT

dipl. El.-Ing. ETH  
geboren am 3. April 1936  
von Zürich

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. W. F. Daenzer, Referent  
Prof. Dr. H. P. Künzi, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich  
1967

## VII. SCHLUSSBEMERKUNGEN

### VII.1. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden einige Strassenbahn-Verkehrsprobleme untersucht und die für ihre Behandlung auf einem elektronischen Rechenautomaten erforderlichen Simulationsmodelle aufgestellt. Mit Hilfe der Monte Carlo Technik konnten dabei folgende Problemkreise betrachtet werden:

1. Verhalten von Strassenbahnen an Strassenkreuzungen auf Grund ihrer Ankunftsverteilungen sowie der Zeitlückenverteilung
2. Beeinflussung der Strassenbahnen durch Linksabbieger
3. Warteschlangenprobleme beim Kreuzen von  $n$  Fahrspuren

Die entsprechenden Modelle wurden so flexibel aufgebaut, dass verschiedenste Aspekte untersucht werden können. Ebenso ist es möglich, diese Modelle zusammenzuhängen oder gleichzeitig auf verschiedene Stellen im Verkehr anzuwenden, so dass man dann komplexere Verkehrsstrukturen betrachten kann. Die für diese Arbeit erstellten Computerprogramme wurden alle in der Formelsprache FORTRAN geschrieben. Die Wahl dieser Sprache war durch die zur Verfügung stehenden Rechenautomaten gegeben. Heute stehen aber eigens für die Programmierung von Simulationsproblemen entwickelte, ausgezeichnete Simulationssprachen, vor allem SIMULA, GPSS, SIMSCRIPT, zur Verfügung. Es empfiehlt sich deshalb unbedingt, diese Sprachen für die Behandlung von Problemen, wie sie in dieser Arbeit untersucht wurden, zu verwenden.

Im Laufe der Arbeit zeigte es sich immer wieder, dass der Grundsatz der Regelungstechnik "Am Anfang einer sinnvollen Steuerung und Regelung muss die Messtechnik stehen" auch für die Verkehrssteuerung volle Gültigkeit hat. Ohne zuverlässige und vollständige statistische Unterlagen über den Verkehrsablauf in einem Strassennetz ist es aussichtslos, mit Erfolg irgendwelche Verbesserungen vornehmen und gewisse Grössen optimieren zu wollen. Die statistische Erfassung des Strassenverkehrs ist aber eine ausserordentlich aufwendige Arbeit. Die heute als Unterlagen für die Erarbeitung optimaler Regelstrategien notwendigen Daten können kaum mehr mit den bisherigen Mitteln beschafft werden, vor allem ist dies unmöglich geworden bei der Verwendung von Regelsystemen, die auf Änderungen im Prozess (Verkehrsablauf) unmittelbar reagieren sollen. Aus diesen Gründen drängt sich eine maschinelle Verkehrserfassung

auf; die modernen Rechenautomaten eignen sich für solche Aufgaben ausgezeichnet.

## VII. 2. DIE AUFGABE DER DATENVERARBEITUNGSANLAGEN BEI DER VERKEHRSTEUERUNG

Den elektronischen Rechenautomaten können dank ihrer bekannten Charakteristiken bei der Verkehrssteuerung sehr viele Aufgaben zugewiesen werden. Man kann diese in drei Hauptklassen zusammenfassen:

### 1. Datenerfassung und Datenaufbereitung

Für die Messung des Verkehrs stehen heute neben den manuellen Methoden eine ganze Reihe von Geräten (Verkehrsdetektoren) zur Verfügung; mit ihrer Hilfe lassen sich Verkehrszählungen durchführen, Geschwindigkeiten messen, Warteschlangenlängen erfassen und noch viele andere Grössen ermitteln. Die Aufnahme der Werte allein genügt aber nicht. Die Messresultate muss man auch ordnen und auswerten, so dass aus ihnen die richtigen Schlüsse gezogen und die sich aufdrängenden Massnahmen ergriffen werden können. Der damit verbundene Arbeitsaufwand kann aber sehr oft nur noch mit Computern bewältigt werden.

### 2. Untersuchung von Verkehrssituationen

Wir haben im Verlauf dieser Arbeit gesehen, dass es ausserordentlich wertvoll ist, wenn man mit Simulationsmodellen den Verkehrsablauf in einem Strassennetz auf einem Elektronenrechner untersuchen kann, ohne Eingriffe mit unbekanntem Auswirkungen in den Verkehr selbst vornehmen zu müssen.

### 3. Verkehrssteuerung

Die Erkenntnisse, die man aus den Verkehrsmessungen und den Untersuchungen mit Simulationsmethoden gewinnen kann, bilden die Grundlagen für neue Steuer- und Regelstrategien. Die Steuerung eines Verkehrsnetzes kann vollständig durch einen Computer durchgeführt werden, wobei eine optimale Steuerung mit Vorteil über die folgenden Stufen angestrebt wird: