



Doctoral Thesis

Simulationsmodell für Tramnetze

Author(s):

Brunner, Peter

Publication Date:

1993

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000694110> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

3. März 1993

DISS. ETH Nr. 10053

Simulationsmodell für Tramnetze

A B H A N D L U N G

Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Peter Brunner

dipl. Informatik-Ing. ETHZ

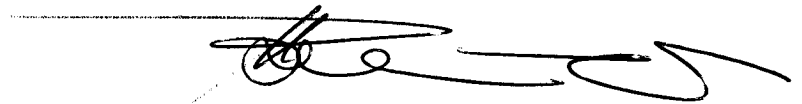
geboren am 13. Mai 1961

von Opfikon ZH und Zürich

Angenommen auf Antrag von:

Prof. H. Brändli, Referent

Prof. Dr. E. Anderheggen, Korreferent



1993

Kurzfassung

Die vorliegende Schrift beschreibt ein "Tramatik" genanntes Simulationsmodell für Tramnetze. Ein Tramsimulationsmodell ist ein Instrument, mit dem die Auswirkungen von Änderungen an Infrastruktur oder Betriebsprogramm eines Trambetriebs zum voraus quantifizierbar werden. Tramatik eignet sich für die Simulation beliebiger Trambetriebe, betriebsspezifische Vorschriften und Spezialfälle lassen sich vom Programmanwender in den Eingabedaten präzise spezifizieren. Um die Simulation zu eichen und zu validieren müssen vom Anwender eine Vielzahl von Parametern justiert werden. Die Eingabedaten für die Simulation sind in Form einer Textdatei bereitzustellen. Der Betriebsablauf wird in einer Netzdarstellung und als grafische Fahrpläne dargestellt.

Vorerst werden Zweck, Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen von Simulationen des Trambetriebs abgehandelt und wird auf in der Literatur beschriebene Simulationen für den Trambetrieb eingegangen.

Der zweite Teil beschreibt die Grundlagen der Realisierung des Simulationsmodells mit den dabei aufgetretenen Problemen und den gewählten Lösungsansätzen. Auf die nachfolgend aufgeführten wichtigen Punkte wird vertieft eingegangen:

- Fahrt auf Sicht und Abstandhaltung zwischen einzelnen Fahrzeugen, inklusive Spezialfälle wie Kreuzungsverbote, Einspurabschnitte und Gleiskreuzungen.
- Fahrverhalten bei Tramweichen, Implementation der Tramweichen.
- Fahrdynamik und Traktionsrechnung.
- Haltestellen und Haltezeiten, mit der Möglichkeit Störungsaufschaukelung zu simulieren.
- Die verwendeten Datenstrukturen und Algorithmen.
- Implementation der Verkehrsregelungsanlagen.
- Implementation von Sicherungsanlagen, wie sie im Bahnbetrieb verwendet werden.

Danach sind die Resultate einer Anwendung des Tramsimulationsmodells an einem konkreten Beispiel aus der Praxis dargestellt. Es wird untersucht, welche Auswirkungen die Verlängerung der Murilinie vom Helvetiaplatz zum Berner Hauptbahnhof auf den städtischen Trambetrieb hätte.

Zum Schluss werden einige für die Zukunft wünschbare Weiterentwicklungen des Tramsimulationsmodells vorgeschlagen und begründet. Diese Erweiterungen würden teils die Einsatzmöglichkeiten des Tramsimulationsmodells ausdehnen, teils die Anwendung vereinfachen. Zuletzt wird kurz dargestellt, inwiefern das Tramsimulationsmodell notfalls für andere Verkehrsmittel, namentlich für Bahnen oder Nahverkehrsmittel, verwendet werden kann und welche Einschränkungen und Randbedingungen dabei zu berücksichtigen sind.

Summary

This work describes "Tramatik", a simulation program for tramway systems. Such a simulation program is a tool which allows quantifying in advance the effects of future changes to infrastructure or timetables in a tramway system. The described program can simulate any tramway system. The user has to specify local operating rules and special cases in the input data. The user must also adjust several parameters to calibrate and validate the simulations. The input data for simulations must be provided in the form of a text file. The simulated operation is displayed in a diagram of the simulated tramway network and as graphic timetables.

The aims, uses and limits of tramway simulations are discussed first. Then some existing simulations for tramways, mentioned in the literature, are briefly described and compared to Tramatik.

The second part describes the basics of a tramway simulation model, its implementation as a simulation program, the problems arising thereby and the solutions adopted. Some important items and features of the implementation are explained in detail:

- Driving by sight and keeping distance between vehicles, including special cases such as crossing prohibitions, single track sections and track crossings.
- * Driving over tramway points, implementation of tramway points.
- * Traction characteristics and calculation of travel times.
- * Stops and stopping periods, the simulation of disturbance build-up.
- Chosen data structures and algorithms.
- Implementation of traffic lights.
- * Implementation of interlocking systems, as used in railway operations.

After this the results of a practical case study, in which Tramatik was used, are presented. This case study examines the effect on the existing tramway system in Bern that the suburban light rail line "Murielinie" would have, if the line were extended from "Helvetiaplatz" to the main station.

Then some future desirable enhancements to the tramway simulation program are proposed. Some of these enhancements would widen the area of application of the program, while others would ease its use. The last part shows how the tramway simulation program may be used for the simulation of other transportation systems, especially railways and local traffic systems, and which limitations are then to be considered.