

Innerbetriebliche Gesetzmässigkeiten des öffentlichen Linienbetriebes

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
WALTHER BERG
dipl. Bauing. ETH
geboren am 7. Mai 1949
von Zürich

Angenommen auf Antrag von
Prof. H. Brändli, Referent
Prof. Dr. C.A. Zehnder, Korreferent

Zürich 1981

Kurzfassung

Im strassenverkehrsabhängigen öffentlichen Personennahverkehr gehen bei kurzer Kursfolge vom Zeitbedarf des Fahrgastwechsels Mechanismen aus, welche die Fahrplanlage von Kursen einer Linie zunehmend verschlechtern können.

Zeitkonstanter Fahrgastzufluss zu den Haltestellen hat zur Folge, dass die Anzahl der Einsteiger proportional zur realen Kursfolgezeit ist. Damit erfahren verspätete Kurse überlange Haltezeiten und vergrössern ihre Fahrplanabweichung. Die Fahrer versuchen im allgemeinen, die erhaltenen Verspätungen durch beschleunigte Fahrweise aufzuholen. Je nach Erfolg wird die Fahrplanabweichung von Haltestelle zu Haltestelle verringert oder aufgebläht.

Die Aufschaukelung der Abweichung ist im wesentlichen abhängig vom Verhältnis zwischen dem gesamten Fahrgastzufluss zu einer Linie pro Zeiteinheit und der Leistungsfähigkeit des Türsystems eines Kurses. Daher kommen grössere Aufschaukelungen vor allem dann vor, wenn die verspäteten Kurse überlastet sind und die Türleistungsfähigkeit sinkt, weil sich der Fahrgastwechsel dadurch verlangsamt. Diese Wirkung der Überlastung tritt bei einer Stehflächenbelastung von mehr als 3 Pers/m² auf.

Auch die Art der Fahrgastabfertigung durch die Fahrer führt gelegentlich zu grossen Türöffnungszeiten und damit zu gesteigerter Empfindlichkeit für Störungsaufschaukelung.

Das Zusammenspiel von Aufschaukelung und Fahrerverhalten kompliziert sich dadurch, dass für die Aufschaukelung allfällige unregelmässige Kursfolgezeiten bestimmend sind, während das Verhalten der Fahrer durch die Fahrplanabweichung beeinflusst wird. Ist die Fahrplanvorgabe zudem unrealis-

tisch, so kann dies zu uneinheitlichen und falschen Reaktionen der Fahrer führen. Ist in einem Fahrplan zuwenig Fahrzeit vorgesehen, so kann ein Kurs auch mit unterdurchschnittlicher Kursfolgezeit verspätet sein. Sein Aufholversuch verringert dann den ohnehin schon kleinen Abstand zum Vorläufer noch zusätzlich, während sich umgekehrt die Lage für den Folgekurs zusätzlich verschlechtert.

Die von den Aufschaukelungsmechanismen herrührenden zusätzlichen Unregelmässigkeiten sind unterschiedlich erkennbar: Solange sie durch das Fahrerverhalten kompensiert werden, liegt der Verlust darin, dass die Fahrplanabweichung nicht oder nur reduziert verringert wird. Erst wenn dies nicht mehr möglich ist, entstehen eigentliche Zusatzverspätungen. Beide Verlustzeitarten zusammen haben einen beträchtlichen Anteil an den Verspätungen (bis zu mindestens einem Drittel).

Die Bekämpfung der Aufschaukelung ist auf verschiedene Weise möglich:

- Eine grosszügige Gestaltung des Rollmaterials bezüglich Platzangebot und Anordnung von Türen verringert durch kleinere Fahrgastwechselzeiten die Aufschaukelung.
- Eine realistische und genaue Fahrplanvorgabe ermöglicht dem Fahrer, der Störungsaufschaukelung und der Fahrplanabweichungen erfolgversprechend entgegenzuwirken.
- Erfolgt eine automatische Standortermittlung, so können Leitstellen die Anstrengungen des Fahrers unterstützen und bei grossen Unregelmässigkeiten korrigierend in das Betriebsgeschehen eingreifen.

Internal laws of public line trafficAbstract

In case of short headways of trams or buses, the boarding time of passengers causes a mechanism, which may deteriorate the punctuality of the vehicles more and more.

If the rate of arriving passengers at the stops is constant over the time, the number of boarding persons is proportional to the real headway. The stops of delayed vehicles will become longer and longer and their schedule will be delayed even more. However the following vehicle has even less passengers than normally; the second vehicle follows up (pairing effect). On the other hand drivers try to stay or to return on schedule as soon as they identify any difference between actual and scheduled time.

The pairing of vehicles depends on the sum of the rate at which passengers arrive at the stops of the line and the capacity of the doors of the concerned vehicles.

There is an especially strong pairing of vehicles if delayed vehicles are overcrowded and therefore the boarding time per passenger is becoming longer. This effect of overcrowding starts at about three passengers per square meter.

If fares are collected by the driver, passengers board at a very slow rate; this fare collecting system causes also a strong pairing of vehicles.

Models are difficult due to the circumstance that the pairing of vehicles depends on the real headways whereas the behaviour of the drivers depends on the timetable.

An unrealistic timetable may cause wrong and different reactions of the different drivers. Different reactions of the drivers are causing irregularities of headways, which may also cause a pairing of vehicles.

The additional irregularities (caused by the pairing of vehicles) are the reason for a large part of timetable deviations. At Zurich's tramline 13 it is up to 30 per cent.

There are different possibilities to reduce the tendency of vehicles to run in pairs:

- Vehicles must be large enough to avoid to be overcrowded and they must have enough doors to get a smooth boarding of passengers.
- It is very important that timetables are detailed and realistic. Only in this case the driver can identify the difference between actual and scheduled time and try to return on schedule.
- Informations from an automatic vehicle location system are very helpful to the driver and to the disponent to intervene in cases of large irregularities.