

Technologie des städtischen Nahverkehrs – Ergebnisse und Aufgaben

1. Entwicklung

In den ersten Jahren nach der Gründung (1952) der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden (HfV) konzentrierte sich die Arbeit in Forschung und Lehre zunächst auf den Verkehrsträger Eisenbahn. Andere Verkehrszweige wurden entsprechend den Möglichkeiten erst nach und nach in die wissenschaftliche Tätigkeit einbezogen.

Gegen Ende des ersten Jahrzehnts des Bestehens der Bildungseinrichtung waren die international zu beobachtenden zunehmenden Schwierigkeiten im Stadtverkehr Anlaß, in kürzester Zeit einen umfassenden Forschungsbericht (1) auf diesem Gebiet und ausgerichtet auf die Entwicklung in der DDR fertigzustellen, wobei zu einem erheblichen Teil auf Erkenntnisse aus der Literatur zurückgegriffen werden mußte. Es wurde weiterhin eine Reihe ungeklärter Probleme festgestellt, die sowohl im Interesse der Entwicklung der Städte der DDR als auch vom grundsätzlichen Anliegen der Verkehrswissenschaft her zu erforschen waren. Ganz besonders galt dies für das Gebiet der Betriebstechnik (heutiger Begriff Transporttechnologie) der öffentlichen Stadtverkehrsmittel, wo eine zusammenhängende Theorie fehlte und in der Literatur nur Aussagen zu bestimmten Teilproblemen vorhanden waren. Auf Initiative von Prof. Dr. Dr. Potthoff wurden deshalb im Jahre 1961 die personellen Voraussetzungen geschaffen, um an dem von ihm geleiteten damaligen Lehrstuhl für Betriebstechnik der Verkehrsmittel auch Probleme des städtischen Nahverkehrs untersuchen zu können. Bereits im Jahre 1963 konnten die ersten selbständigen Vorlesungen auf diesem Gebiet gehalten werden. Der Lehrstoff wurde in den darauf folgenden Jahren entsprechend den Ergebnis-

sen der Forschung, sukzessive vervollständigt und überarbeitet. Wie aus der Beschreibung der Themenkomplexe im folgenden Abschnitt und der Tabelle zu ersehen ist, wurde bereits zu Beginn insbesondere im Interesse der Lehre versucht, auf vielen Teilgebieten zu ersten Aussagen zu gelangen.

Diese Vorgehensweise ermöglichte es auch, 1974 in einem Buch die Technologie des städtischen Nahverkehrs (2) umfassend darzustellen. Der Titel fand in Fachkreisen eine derart gute Resonanz, daß er als übersetzte Fassung im Jahre 1977 in Moskau erschien und bereits 1978 eine überarbeitete, zweite deutsche Ausgabe (3) herausgebracht wurde. Die Technologie des städtischen Nahverkehrs konnte in sich abgerundet auch in das Handbuch Städtischer Verkehr (4) aufgenommen werden.

Seit dem Jahre 1973 ist das Gesamtgebiet der Technologie des städtischen Nahverkehrs innerhalb der Sektion Technische Verkehrskybernetik dem Wissenschaftsbereich Technologie des Straßentransports zugeordnet.

Von Anfang an wurde Wert auf eine enge Zusammenarbeit mit der Verkehrspraxis sowie mit staatlichen Organen und Forschungseinrichtungen des Verkehrswesens gelegt. Vielfach erfolgte das Zusammenwirken auch im Rahmen der Kammer der Technik oder zeitweiliger bzw. ständiger Arbeitsgremien der verschiedensten Institutionen. Ebenso ergaben sich innerhalb der HfV auf Grund der vielfältigen Berührungspunkte des Wissenschaftsbereichs zur Straßenverkehrstechnik, Technologie des Eisenbahntransports, Ökonomie, Fahrzeugtechnik, Anlagentechnik und in den letzten Jahren auch zur Automatisierungstechnik umfassende Kontakte und Kooperationsbeziehungen.

Neben den erwähnten Büchern wurden die Arbeitsergebnisse in etwa 50 Veröffentlichungen und rund 75 Vorträgen zu bestimmten Einzelproblemen publiziert und damit einem größeren Kreis von Fachleuten zugänglich und nutzbar gemacht. Darüber hinaus wurden in den Jahren von 1961 bis 1981 zu Themen der Technologie des städtischen Nahverkehrs 115 Diplomarbeiten und 10 Dissertationen eingereicht. Die Tabelle enthält einen Überblick über die Themenkomplexe und die zeitliche Verteilung der eingereichten Arbeiten.

Deutlich ist die durch eine verbesserte personelle Situation ab 1973 mögliche Steigerung zu erkennen. In diesem Zusammenhang darf allerdings nicht übersehen werden, daß eine Reihe von Diplomarbeiten schon wegen ihrer terminlichen Begrenzung mit der Aussage enden, daß ein bestimmter Lösungsweg für ein einzelnes Problem nicht zum Ziele führt. Auch wenn sie damit im einzelnen nicht direkt nutzbar waren, sind sie jedoch unerlässlich für weiterführende Untersuchungen.

2. Themenkomplexe

Das Gesamtgebiet der Technologie des städtischen Nahverkehrs soll im weiteren in 8 Themenkomplexe unterteilt werden, die aus der Tabelle zu ersehen sind. Die dort aufgeführten Diplomarbeiten und Dissertationen lassen aus ihrer Anzahl und zeitlichen Verteilung die in den einzelnen Jahren behandelten Probleme erkennen.

Profilbestimmend sind die Fahrplantheorie (bis etwa 1975), die Dienstplantheorie und die Theorie der Durchlaßfähigkeit (vor allem ab 1973). Wegen ihrer Bedeutung sollen ihnen im vorliegenden Beitrag jeweils besondere Abschnitte gewidmet werden. Im folgenden soll zunächst kurz auf die restlichen Themenkomplexe eingegangen werden.

Bei den Arbeiten zu Problemen des Verkehrsmitelesinsatzes und der Netzgestaltung, die immerhin ein Fünftel ausmachen, handelt es sich um komplexe Untersuchungen für verschiedene Städte. Die dabei inbegriffenen technologischen Überlegungen gestatten ein Testen und Anwendung der auf verschiedenen Teilgebieten gewonnenen theoretischen Erkenntnisse am konkreten Beispiel.

Der Wunsch, bestimmte Probleme erforschen zu lassen, ging fast immer von den örtlichen Dienststellen aus. Meist ergab sich das auch aus der Absicht, zur Einstellung vorgesehene Absolventen bereits mit der Diplomarbeit an die künftig von ihnen zu bearbeitenden Probleme heranzuführen. Die erzielten Aussagen sind in direkter oder weiterentwickelter Form vielfach in die Verkehrspraxis überführt worden oder haben Eingang in die Generalverkehrspläne oder ähnliche Dokumente gefunden.

Ähnliches gilt für die in der Tabelle getrennt ausgewiesenen Arbeiten zur Festlegung der Linienführung auf einem vorgegebenen Streckennetz bei bekanntem Verkehrsaufkommen. Unter Anwendung des Lösungsalgorithmus des Transportproblems der linearen Optimierung konnte ein Verfahren zum Nachweis der geringsten Anzahl benötigter Arbeitskräfte bzw. Fahrzeuge entwickelt werden. Untersuchungen wurden ferner zum Aufbau besonderer Nacht-Liniennetze geführt. Beispielsweise wurde die im Jahre 1971 für die Hauptstadt der DDR, Berlin, vorgeschlagene Lösung (5) unverzüglich nach Abschluß der Arbeiten realisiert.

Bei den bearbeiteten Problemen der Anlagen und Fahrzeuge aus technologischer Sicht ging es zum einen um den zweckmäßigsten Abstand und die richtige Lage der Haltestellen und um am konkreten Beispiel vorgenommene Untersuchungen zum Ausbau von Straßenbahn-Endpunkten. Zum anderen wurde Anfang der 60er Jahre die technologische Eignung verschiedener Straßenbahnbauarten erörtert, um daraus Hinweise für das Beschaffungsprogramm zu erhalten. In letzter Zeit erforderte die Zielstellung einer höchstmöglichen Energieeinsparung die Klärung fahrzeugtechnischer Probleme aus technologischer Sicht.

In den 70er Jahren wurde mit den Arbeiten zur Weiterentwicklung des Dispatchersystems unter Nutzung der sich rasch entwickelnden Automatisierungstechnik begonnen. Sie wurden im Interesse der Konzentration des Forschungspotentials abgebrochen. Dieser Problemkreis wird nunmehr in Dienststellen der Verkehrspraxis untersucht (6).

3. Fahrplantheorie

Bereits Anfang der 60er Jahre konnte eine mathematische Lösung des Problems der Fahrplanverknüpfungen beim starren Fahrplan (7) vorgelegt werden. Für die rechen-technische Bearbeitung, die sich infolge des sehr hohen Speicherplatzbedarfs als schwierig erwies, erfolgte in der damaligen Versuchs- und Entwicklungsstelle des Kraftverkehrs und städtischen Verkehrs eine Weiterentwicklung. (8) Dennoch ist das Verfahren vor allem manuell vielfach angewandt worden, zumal es allen Absolventen der Vertiefungsrichtung Straßentransport der Fachrichtung Transporttechnologie in der weiterentwickelten Form bekannt ist.

Zum Ende der 60er Jahre konzentrierten sich die Arbeiten zur Fahrplantheorie auf den sich entwickelnden Gemeinschaftsbetrieb zwischen im starren Fahrplan betriebenen Stadt- und Vorortbahnen und den nicht starr verkehrenden Fernzügen. Mit der 1974 in der Verkehrspraxis im wesentlichen abgeschlossenen Entwicklung erübrigten sich weitere Untersuchungen, zumal die um diese Zeit am Wissenschaftsbereich Technologie des Eisenbahntransports anlaufenden Forschungen zum Taktfahrplan eine andere und bessere Lösung der Probleme versprechen.

Seither reduzieren sich die Aktivitäten auf dem Gebiet der Fahrplantheorie für den städtischen Nahverkehr auf die Anwendung der vorhandenen Erkenntnisse auf konkrete Bedingungen, was auf Anforderung der entsprechenden Praxispartner erfolgt.

4. Dienstplantheorie

Mitte der 60er Jahre gelang es in relativ kurzer Zeit, mathematische Methoden auch für das optimale Aufstellen von Diensten im städtischen Nahverkehr einzusetzen. Basis dafür war das Definieren und Einführen des Dienstdurchlaufs, wie er beispielsweise in (3, 4 oder 9) beschrieben ist. Es stellte sich sehr schnell heraus, daß diese Methodik allgemein bei unregelmäßigen Arbeitszeiten anwendbar ist. (9, 10) Seither sind eine größere Anzahl von Dienstplänen auf diesem Wege bearbeitet und in die Verkehrspraxis überführt worden, wobei teilweise eine bemerkenswerte Einsparung von Arbeitszeit erzielt wurde.

Anfang der 70er Jahre wurden Studien zur systematischen und besseren Anordnung der Ruhetage und Dienste in ihrer Reihen-

Themenkomplex	1961-63	1964-66	1967-69	1970-72	1973-75	1976-78	1979-81	Summe
Verkehrsmitelesatz und Netzgestaltung	—	5	5	3	9	2	1	25
Linienführung	—	2	2	2	1	—	1	8
Fahrplantheorie	2	2	2	2	6	1	1	16
Dienstplantheorie	—	3	—	—	5	6	5	19
Theorie der Durchlaßfähigkeit	—	2	—	1	8	16	12	39
Probleme der Anlagen aus technolog. Sicht	2	—	—	1	—	1	1	5
Probleme der Fahrzeuge aus technolog. Sicht	4	1	—	—	—	—	2	7
Dispatchersystem	—	—	—	4	—	1	—	5
Sonstiges	1	—	—	—	—	—	—	1
Summe	9	15	9	13	29	27	23	125

Tabelle Zusammenstellung der auf dem Gebiet der Technologie des städtischen Nahverkehrs von 1961 bis 1981 eingereichten Diplomarbeiten und Dissertationen

folge im Dienstplan in Angriff genommen. Es entstanden der Wochenrhythmus und die dafür erforderlichen theoretischen Grundlagen. (11) Rasch wurden die ersten Beispielfälle in den Nahverkehrsbetrieben geschaffen. Im Ergebnis sind unter diesem Einfluß vielerorts Veränderungen im Dienstplantum vor sich gegangen. Häufig führten sie zum Wochenrhythmus in originaler oder variiert Form, teilweise aber auch zu Kompromißlösungen zwischen der neuartigen und der herkömmlichen Lösung. In jedem Falle waren das Ergebnis erhöhte Freizeit am Wochenende für die Verkehrsschaffenden und eine rationelle Nutzung des gesellschaftlichen Arbeitsvermögens.

Die bemerkenswerten Erfolge beim Überführen der dienstplantheoretischen Erkenntnisse in die Praxis, was durch die freiwillige wissenschaftlich-technische Gemeinschaftsarbeit im Rahmen der Kammer der Technik wesentlich unterstützt wurde, müssen besonders hoch bewertet werden, da zu berücksichtigen ist, daß bei Dienstplanproblemen starke emotionale Randbedingungen wirken, die schwer zu erfassen sind und alle beabsichtigten Veränderungen erfahrungsgemäß besonders schwierig gestalten.

5. Theorie der Durchlaßfähigkeit

Wegen des engen Zusammenhangs sollen im folgenden auch Untersuchungen zur Beschreibung und Qualität des Betriebsablaufs und seiner Steuerung mit betrachtet werden.

Die sich Mitte der 60er Jahre an den ersten Knotenpunkten in den Städten der DDR abzeichnenden Schwierigkeiten hinsichtlich der Durchlaßfähigkeit für die Straßenbahn waren Anlaß, in Ablehnung an das damals verbreitete Zeitbedarfsverfahren des allgemeinen Straßenverkehrs auf der Basis der sich als zutreffend erweisenden Binomialverteilung Bemessungsvorschriften aufzustellen (12), die unverzüglich Eingang in die einschlägige Richtlinie (13) fanden.

Nachdem zunächst weiter an der Beschreibung des Betriebsablaufs als stochastischer Prozeß gearbeitet worden war, erforderten die zunehmenden Behinderungszeiten der öffentlichen Verkehrsmittel an Lichtsignalen ab Mitte der 70er Jahre eine intensive Erforschung dieses Problems. Zwei Wege wurde beschritten:

Einmal wurde bereits zu einer Zeit, als sich die Möglichkeiten der Mikrorechenetechnik allenfalls andeuteten, Untersuchungen darüber geführt, welche Möglichkeiten einer Verbesserung durch Variation der Festzeitsteuerung bestehen. (14) Mit Beginn der Vorarbeiten für die mikrorechnergesteuerte Knotenschaltanlage entwickelte sich eine enge Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftsbereich Automatisierungstechnik. Die Arbeiten stehen vor dem Abschluß. Über Teilergebnisse wird unter anderem in (15) und (16) berichtet, auch waren sie Gegenstand von Weiterbildungsmaßnahmen der Kammer der Technik.

Zum anderen zeigte es sich, daß der Genauigkeitsgrad der bereits erwähnten Bemessungsvorschrift nicht ausreichend war. Insbesondere wurde der zweifelhafte bestehende Zusammenhang zwischen Qualität und Quantität nicht sichtbar. (17)

Es machte sich deshalb eine Präzisierung der Theorie der Durchlaßfähigkeit lichtsignalgesteuerter Knotenpunkte für Straßenbahnen erforderlich. Nach verschiedenen untauglichen Ansätzen gelang es in mühevoller Kleinarbeit, unter Nutzung der Rechenetechnik auf der Basis der hypergeometrischen Verteilung eine brauchbare Lösung zu finden. Sie hat inzwischen Eingang in das Richtlinienwerk (18) gefunden. Gegenwärtig wird noch an einer Erweiterung des Ansatzes gearbeitet, um auch den Einfluß von vor dem Knotenpunkt gelegenen Einfach- und Doppelhaltestellen sowie von Abzweigungen erfassen zu können.

6. Ausblick

Wie aus dem bisher Dargelegten zu erkennen ist, ist es in den letzten beiden Jahrzehnten gelungen, entsprechend der Wissenschaftspolitik in der DDR an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ eine geschlossene Theorie der Technologie des städtischen Nahverkehrs zu schaffen. Sie baut auf den Denkmotiven Prof. Dr. Dr. Potthoffs auf und hat eine vielfältige Bestätigung in der Verkehrspraxis erhalten.

Diese durchaus positive Bilanz darf allerdings den Blick für die anstehenden Aufgaben nicht trüben. Gerade die in letzter Zeit

immer stärker in den Vordergrund tretende Notwendigkeit des sparsamen Umgangs mit Energie läßt manche bisher als gesichert geltenden Erkenntnisse in einem anderen Licht erscheinen. So soll in der komplex angelegten Forschungsaufgabe „Systemanalyse Stadtverkehr“ Klarheit darüber gewonnen werden, welche Entwicklungsstrategie unter welchen Randbedingungen langfristig empfohlen werden kann, wobei auch die Umweltbelastungen besonders beachtet werden. Mit Unterstützung des VEB Verkehrsbetriebe der Stadt Dresden sind weiterhin Untersuchungen darüber angelaufen, welche Energieeinsparungen mit einem Bordrechner-Einsatz auf Straßenbahn-Triebwagen erzielt werden können und was dabei insbesondere im technologischen Ablauf zu beachten ist.

In der Dienstplantheorie zeichnet sich die Aufgabe ab, Formen einer möglichst engen komplexen Wagenbindung einschließlich der dazu gehörenden Theorie zu entwickeln. Sie soll es gestatten, Gelenk-Kraftomnibusse zum Einsparen von Kraftstoff nur noch dann einzusetzen, wenn das verkehrlich erforderlich ist, ohne die Vorteile der Wagenbindung aufzugeben.

Darüber hinaus sind die Arbeiten zur Präzisierung der Theorie der Durchlaßfähigkeit lichtsignalgesteuerter Knotenpunkte für Straßenbahnen in dem am Ende des 5. Abschnitts beschriebenen Sinne fortzuführen und abzuschließen. Das ist eine wichtige Voraussetzung, um auch für komplizierte Bedingungen exakte Aussagen über die Belastbarkeit bestimmter Anlagen zu gewinnen. Andernfalls kann es zu störenden Stauvorgängen oder Überdimensionierungen kommen. In diesem Zusammenhang erscheint es als theoretische Voraussetzung für technologische Untersuchungen in Situationen, denen keine Festzeitsteuerung zugrunde liegt, erforderlich, die stochastische Verhaltensweise der mehrfachen Zugfolgezeiten zu klären.

Mit diesen Zielstellungen wollen die auf dem Gebiet der Technologie des städtischen Nahverkehrs tätigen Mitarbeiter, Studenten und Aspiranten der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ auch im vierten Jahrzehnt des Bestehens der HfV ihren Beitrag zur Weiterentwicklung und effektiven Arbeit des sozialistischen Verkehrswesens der DDR leisten.

QUELLENVERZEICHNIS

- (1) Zur Schaffung von Grundlagen für die weitere Entwicklung des Verkehrs in den Städten unserer Republik. Außerordentlicher Forschungsauftrag der HfV, Dresden 1961/62
- (2) Rüter, S.: Betriebstechnologie städtischer öffentlicher Personenverkehr. transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1974
- (3) Rüter, S.: Transporttechnologie städtischer öffentlicher Personenverkehr. transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1978
- (4) TRANSPRESS – Handbuch Städtischer Verkehr, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1974 bzw. 1977
- (5) Linke, K. H.: Rationalisierung des städtischen Nachtlinienverkehrs. Diplomarbeit, HfV, Arbeitsgruppe Betriebstechnik der Verkehrsmittel, Dresden 1972
- (6) Hahn, G.; Krämer, S.; Mende, M.: Die Entwicklung eines technisierten Dispatchersystems für den Straßenbahnbetrieb der Erfurter Verkehrsbetriebe. In: VESK-Informationen, 10 (1976) 9/10, S. 27–38
- (7) Rüter, S.: Darstellung und günstigste Lösung der Fahrplanverknüpfungen in einem Nahverkehrsnetz. Wissenschaftliche Zeitschrift der HfV, Dresden 11 (1964) 2, S. 145–148
- (8) Jakubski, S.: Fahr- und Wagenlaufplanung für den städtischen Nahverkehr als mathematische Optimierungsaufgabe. In: DDR-Verkehr, Berlin 7 (1974) 8, S. 330–335; 9, S. 374–378
- (9) Rüter, S.: Zur optimalen Bildung von Diensten bei zeitlich unterschiedlichem Arbeitskräftebedarf. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der HfV, Dresden 28 (1981) 5, S. 1063–1068
- (10) Frana, A.; Rüter, S.: Anwendung des Transportproblems der linearen Optimierung zur Besetzung von Dienstsichten. In: Die Deutsche Post, Leipzig 13 (1968) 12, S. 371–374
- (11) Niebergall, G.: Betrachtungen zu einer Dienstplangestaltung im Wochenrhythmus. In: Kraftverkehr, Berlin 17 (1974) 5, S. 158–160
- (12) Harpe, K.; Rüter, S.: Verkehrsknotenpunkte und ihre Durchlaßfähigkeit. Internationale Fachtagung des IZV Nahverkehr der KDT (Tagungsmaterial), Leipzig 1967
- (13) Richtlinie für Stadtstraßen (RIST). Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Ingenieur- und Tiefbau, Heft 31, Deutsche Bauinformation, Berlin 1969
- (14) Naumann, U.: Grünzeitmodifikation für Straßenbahnen. In: DET – Die Eisenbahntechnik, Berlin 24 (1976) 10, S. 462–465
- (15) Fabig, M.; Grahl, S.: OPNN-Bevorrückung innerhalb koordinierter Lichtsignalanlagen. In: Die Straße, Berlin 22 (1982) 2, S. 45–48
- (16) Grahl, S.: Die Grünzeitmodifikation – eine Methode zur Bevorrückung von Straßenbahn und Bus an Lichtsignalanlagen. In: DET – Die Eisenbahntechnik, Berlin 29 (1981) 1, S. 28–32
- (17) Rüter, S.; Weniger, B.: Durchlaßfähigkeit festzeitgesteuerter Knotenpunkte für Straßenbahnen. DET – Die Eisenbahntechnik, Berlin 24 (1976) 7, S. 301–304
- (18) Richtlinie für Stadtstraßen (RIST) – Ausgabe 1981. Bauinformation, Berlin 1982