

Zusammenfassung

Um sich im ÖPNV-Markt in Hinblick auf die fortschreitende Privatisierung und die aktuelle schwierige Wirtschaftslage behaupten zu können, müssen Verkehrsunternehmen immer stärker an den Anforderungen dieses Marktes orientieren. Die Fahrpläne werden dem Beförderungsbedarf angepasst und sollen mit den vorhandenen Ressourcen möglichst kostengünstig bedient werden. Im Rahmen der Fahrzeugeinsatzplanung, die auf einem fest vorgegebenen Fahrplan basiert, werden alle Fahrten eines Tages den Fahrzeugen zugewiesen. Ein Fahrzeugumlaufplan wird erstellt; die darin enthaltenen Leerfahrten und Standzeiten verursachen die operativen Kosten des Fahrzeugeinsatzes. Diese gilt es, zusammen mit den fixen Kosten für benötigte Fahrzeuge, zu minimieren. Bei der Erstellung kostenminimaler Umlaufpläne spielen Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung eine entscheidende Rolle. Diese Werkzeuge basieren oft auf den Modellen und Methoden aus Operations Research.

In der Operations Research Literatur sind einige Modelle und Verfahren für die Optimierung des Fahrzeugeinsatzes beschrieben. Diese Modelle, die alle zulässigen Verknüpfungen zwischen Fahrplanfahrten explizit berücksichtigen, werden im Kontext dieser Arbeit connection-basierte Modelle genannt. Weil connection-basierte Netzwerkmodelle eine sehr große Anzahl von Kanten beinhalten, können große Mehrdepot-Probleminstanzen aus der Praxis häufig nicht mit Standardoptimierungspaketen gelöst werden. Im Gegensatz zu den existierenden Ansätzen erfolgt die Modellierung in der vorliegenden Arbeit auf Basis von einem Time-Space-Netzwerk anstelle von connection-basierten Netzwerken. Diese Modellierungstechnik ermöglicht es, auch extrem große reale Umlaufplanungsprobleme mit mehreren Depots und vielen Tausend Fahrten mit Standard-Optimierungssoftware innerhalb einer akzeptablen Zeitspanne optimal zu lösen.

Um die Lösungszeiten weiter zu reduzieren beziehungsweise um extrem große Probleminstanzen lösen zu können, die mit keinem existierenden exakten Verfahren lösbar sind, werden approximative Modelle und Verfahren erarbeitet. Dabei werden einige Fahrten im Vorfeld der Optimierung zu Teilumläufen miteinander verknüpft. Auf diese Weise kann der Lösungsraum der mathematischen Modelle erheblich reduziert werden, ohne sich zu weit von der optimalen Lösung zu entfernen. Ergebnisse für verschiedene Instanzen weisen eine sehr gute Lösungsqualität auf.

Das vorgeschlagene Modell wird darüber hinaus um spezielle Anforderungen ergänzt, die sich beim praktischen Einsatz der Methoden in verschiedenen ÖPNV-Betrieben ergeben. Möglich ist nun eine Berücksichtigung von Kapazitäten verschiedener Art, wie Stellplatzkapazitäten, Begrenzungen in der Fahrzeugflotte sowie feste Vorgaben für die Anzahl von Fahrzeugen bestimmter Typen in bestimmten Depots. Im Modell werden außerdem eine umlauf- oder volumenbezogene Vergabe

von Fahrleistungen an Fremdunternehmen sowie zeitliche Verschiebeintervalle für Fahrten zwecks Fahrzeugeinsparung integriert.

Ein zusätzlicher Focus der Arbeit liegt auf der Berücksichtigung weiterer praktischer Aspekte bei der Bildung der Umläufe in der Flussdekomposition. Auf Wunsch des ÖPNV-Planers können die Fahrzeugeinsatzpläne in Bezug auf die Linienreinheit verbessert werden, ohne dabei auf die Kostenoptimalität zu verzichten.

Die vorgestellten Methoden wurden in die kommerziellen Betriebsplanungssysteme der PTV Planung Transport Verkehr AG integriert und werden in der Planung des Fahrzeugeinsatzes mehrerer ÖPNV-Unternehmen verwendet.

Schlagwörter:

Bus-Umlaufplanung, ÖPNV, Time-Space Netzwerk, Mathematische Optimierung, Mehrgüterfluss-Probleme