

Zusammenfassung

Busumlauf- und Dienstplanung sind zwei wesentliche Planungsprobleme von Unternehmen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). In der Umlaufplanung werden die vom Fahrplan vorgegebenen Personenbeförderungsfahrten den vorhandenen Fahrzeugen zugeordnet. In der Dienstplanung wird jeder Fahrzeugaktivität der vorher erzeugten Fahrzeugumläufe ein Fahrer zugeordnet.

Beide Planungsprobleme wurden in der Vergangenheit meist sequenziell gelöst: Fahrzeugumlaufpläne werden vor den Dienstplänen bestimmt. In dieser Arbeit betrachten wir hingegen die integrierte Planung von Umlauf- und Dienstplänen. Es ist bekannt, dass die Integration beider Planungsschritte zu Effizienzgewinnen im Vergleich zur sequenziellen Planung führen kann. Bis vor Kurzem war es nicht möglich, kleine bis mittlere integrierte Probleme aus der Praxis mit vertretbarem Zeitaufwand und garantierter Lösungsqualität zu lösen. Nach wie vor können große Praxisinstanzen mit komplexen Dienstzulässigkeitsregeln nicht durch integrierte Ansätze gelöst werden.

Wir formulieren das integrierte Umlauf- und Dienstplanungsproblem als kombinatorisches Optimierungsproblem. Die Basis unserer Formulierung bildet eine Time-Space-Netzwerkmodellierung des zugrunde liegenden Umlaufplanungsproblems, die in der Literatur zu viel versprechenden Ergebnissen führte. Wir lösen die integrierten Modelle mit einer Kombination von Spaltengenerierung und Lagrange Relaxation.

In dieser Arbeit stellen wir für den Pricing-Schritt zwei neuartige Netzwerkformulierungen für ein dekomponiertes Pricing-Problem vor. Wir zeigen, dass die Netzwerkkomplexität unserer Formulierungen günstig im Vergleich zu anderen Ansätzen aus der Literatur ist. Wir verwenden dynamische Programmierung zur Lösung der Pricing-Probleme. In diesem Zusammenhang beschreiben wir bekannte sowie neue Anpassungen von Preprocessing- und Beschleunigungstechniken, die zur Lösung großer Instanzen notwendig sind. Weiterhin stellen wir drei Methoden zur Generierung von zulässigen (ganzzahligen) Lösungen vor: eine Lagrange-Heuristik, eine Branch-and-Bound-Methode sowie eine neuartige, heuristische Branch-and-Price-Methode. Die Ergebnisse auf realen und künstlichen Instanzen zeigen, dass im Vergleich zu anderen Methoden aus der Literatur unser Ansatz in Bezug auf Lösungszeit und Lösungsqualität überlegen ist. Auf bekannten Benchmark-Instanzen konnten wir bisher unbekannt Lösungen präsentieren sowie die bisher größten Instanzen lösen.

Weiterhin stellen wir für das integrierte Problem eine neue hybride, evolutionäre Methode vor, die Techniken der mathematischen Programmierung mit einem evolutionären Algorithmus verbindet. Dieser Ansatz ist unserer vorherigen Methode zwar unterlegen, zeigt allerdings deutliche Effizienzgewinne im Vergleich zu einer sequenziellen Planung.

Schließlich beschreiben wir Erweiterungen und Modifikationen unseres Verfahrens, die es erlauben alle wesentlichen gesetzlichen Regelungen zur Dienstzulässigkeit in Deutschland abzubilden. Zudem betrachten wir den Fall mit unregelmäßigen Fahrplänen, wo viele Passagierfahrten täglich und einige Ausnahmen nicht täglich durchgeführt werden. Mit traditionellen Optimierungsansätzen für die Umlauf- und Dienstplanung entstehen dabei in der Praxis unerwünschte unregelmäßige Dienstpläne für Busfahrer. Wir schlagen Verfahren vor, die die Konstruktion von kosteneffizienten Dienstplänen mit deutlich verbesserter Regelmäßigkeit erlauben.