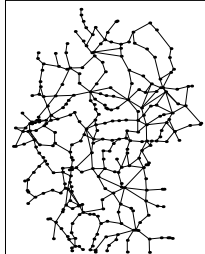


MOTIVATION



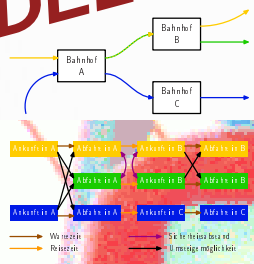
Der Fahrplan ist ein wesentliches Element der Verkehrsplanung. Er legt fest, wann und wo sich die Fahrzeuge der einzelnen Linien im Verkehrsnetz befinden. Die Grobplanung liefert Ankunfts- und Abfahrtszeiten in den Bahnhöfen, die Feinplanung sogar Zeitpunkte für das Passieren einzelner Weichen oder Signalpunkte.

Der Fahrplan muß verschiedensten Anforderungen Rechnung tragen. An erster Stelle steht dabei die Sicherheit. So müssen aufeinanderfolgende Züge Mindestabstände einhalten, um im Unglücksfall ausreichende Bremswege zu garantieren, und entgegenfahrende Züge dürfen sich auf eingleisigen Strecken nicht begegnen. Betriebsbeschränkungen wie die Anzahl der vorhandenen Züge, die Höchstgeschwindigkeit der Züge usw. sind einzuhalten. Andererseits müssen die Kosten der Realisierung eines Fahrplans, z.B. in Abhängigkeit von den eingesetzten Zügen, berücksichtigt werden. Nicht zuletzt soll der Fahrplan auch den Wünschen der Kunden entsprechen. So sollte etwa für Umsteiger der erforderliche Anschlußzug schnell und bequem zur Verfügung stehen, selbst im Fall einer geringfügigen Verspätung.

Die bislang vorhandene Software hilft nur bei der manuellen Erstellung am Bildschirm und ermöglicht die Visualisierung und Simulation von Fahrplänen. Zur wirklichen Unterstützung des Planers fehlen jedoch Systeme zur automatischen Generierung zulässiger und in Hinblick auf die Zielvorstellungen optimierter Fahrpläne.



MODELL



Das Problem, einen zulässigen Fahrplan zu finden, kann mit Hilfe eines Graphen modelliert werden. Jedem zu bestimmenden Zeitpunkt entspricht ein Knoten, jeder einzuhaltenden Zeitrestriktion eine gerichtete Kante zwischen den entsprechenden Knoten.

Alle oben angesprochenen Zeitrestriktionen lassen sich als periodische Restriktionen formulieren, z.B. die Umsteigezeit von einer Linie zu einer anderen in einem Bahnhof:

Die sehr langen Rechenzeiten zur direkten Lösung des MIPs für reale Probleminstanzen können sowohl mittels Schnittebenen von Nachtigall als auch durch im Rahmen des Projektes abgeleitete Schnittebenen verringert werden. Eine wesentliche Reduktion wurde durch Dekomposition in ein Zulässigkeitsproblem mit Zeitrestriktionen und ein Optimierungsproblem mit den anderen Restriktionen erreicht. Die spezielle Struktur beider Teilprobleme muß in Zukunft noch genauer analysiert werden, um in der Praxis effektive Lösungsverfahren zu erhalten.

Man versucht nun, den Knoten Zeitpunkte so zuzuordnen, daß die Zeitrestriktionen auf den Kanten periodisch, d.h. modulo der Fahrplanperiode erfüllt sind (z.B. mit dem Algorithmus von Serafini und Ukovich). Algorithmen, die auf diesem Ansatz aufbauen, gelten bisher als zu langsam und berücksichtigen keine Optimierungsaspekte. Man kann jedoch aus dem Graphen ein gemischt-ganzzahliges lineares Programm (MIP) ableiten. Dieses erlaubt es, die Fahrpläne mit Hilfe einer Zielfunktion zu bewerten und weitere betriebliche Einschränkungen zu modellieren, etwa die Anzahl einsetzbarer Züge.

PRAXIS

Unser Industriepartner Adtranz stellt Planungssoftware her, die beispielsweise bei der DBAG, bei Nederlandse Spoorwegen und einigen Nahverkehrsbetrieben eingesetzt wird. Diese Software unterstützt nur die manuelle Fahrplanerstellung und soll um eine Optimierungskomponente erweitert werden.

Die Optimierung kleiner Netzwerke ist bereits jetzt mit den im Projekt entwickelten Modellen und Algorithmen möglich, das erwünschte interaktive Arbeiten scheidet aber noch an den zu langen Rechenzeiten. Für größere Netze ist die Optimierung zur Zeit nur eingeschränkt möglich.

Für sehr große Netzwerke wird angestrebt, zumindest lokal Teilbereiche zu optimieren und dem Planer entsprechende Teilfahrpläne vorzuschlagen. Dieses Vorgehen entspricht der Praxis: der gesamte Fahrplan der DBAG wird auch nicht auf einmal erstellt. Der Planer kann dann bei der Gesamterstellung des Fahrplans auf die Teilfahrpläne zurückgreifen.

