

Umsetzung eines Verfahrens zur Bestimmung optimaler Dispositionsentscheidungen für die Untersuchung von Betriebsprogrammen auf einer Eisenbahnmodellanlage

Im Hinblick auf die zunehmende Automatisierung im Eisenbahnverkehr wurde in dieser Arbeit ein Verfahren entwickelt, welches den optimalen Ablauf der Zugfahrten in einem Betriebsszenario bestimmt. Das Verfahren wurde auf die Anwendung bei Eisenbahnmodellanlagen, die in Lehre und Forschung verwendet werden, ausgelegt. Das hat den Vorteil, dass unterschiedliche Dispositionslösungen unter Laborbedingungen miteinander verglichen werden können. Als mathematisches Lösungsverfahren wurde die lineare Optimierung verwendet, wobei als Zielfunktion die Minimierung der Wartezeiten der Züge gewählt wurde. Die Nebenbedingungen ergeben sich aus den betrieblichen Abhängigkeiten im Bahnverkehr:

1. Einhaltung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten
2. Warten auf einen Anschlusszug
3. Fahrstraßenkonflikte
4. Wahl alternativer Gleise

Alle Nebenbedingungen können in eine große Vektorungleichung geschrieben werden, wie schematisch in Abbildung 2 dargestellt. Kern des entwickelten Verfahrens ist das automatisierte Anlegen dieser Ungleichung und der Zielfunktion, sowie das anschließende Lösen des Problems. Dafür werden folgende Eingangsdaten benötigt:

1. **Fahrplantabelle:** Enthält je Signal die Ankunfts- und Abfahrtszeiten, die Mindestfahr- und haltezeiten sowie die Fahrtwechselzeiten.
2. **Infrastrukturdaten:** Auflistung der Zwischenweichenabschnitte jeder Fahrstraße.
3. **Verspätungsdaten:** Stochastisch ermittelte Einbruchsverspätungen und Haltezeitverlängerungen.

Das gesamte Verfahren wurde in einem Python-Programm umgesetzt, welches beim Ausführen direkt das optimale Dispositionsergebnis zurückgibt. Anhand realitätsnaher Anwendungsbeispiele wurde getestet, ob das Verfahren sinnvolle Ergebnisse liefert, was bestätigt werden konnte. Zudem wurden Betriebssimulationen durchgeführt, indem für ein Fahrplan etliche Verspätungsszenarien durchgerechnet und die durchschnittlichen Folgeverspätungen ausgewertet wurden. Die Ergebnisse der Simulationen erfüllten die Erwartungen, z.B. wurden im Fahrplan enthaltene Konflikte korrekt identifiziert. Zum Schluss wurden noch einige Ansätze zur Weiterentwicklung des Verfahrens diskutiert.

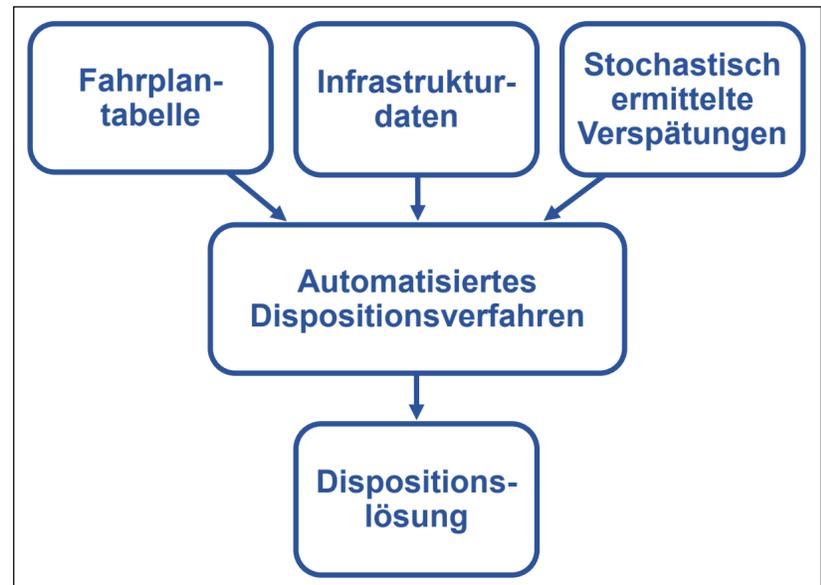


Abbildung 1: Grundsätzlicher Verfahrensablauf

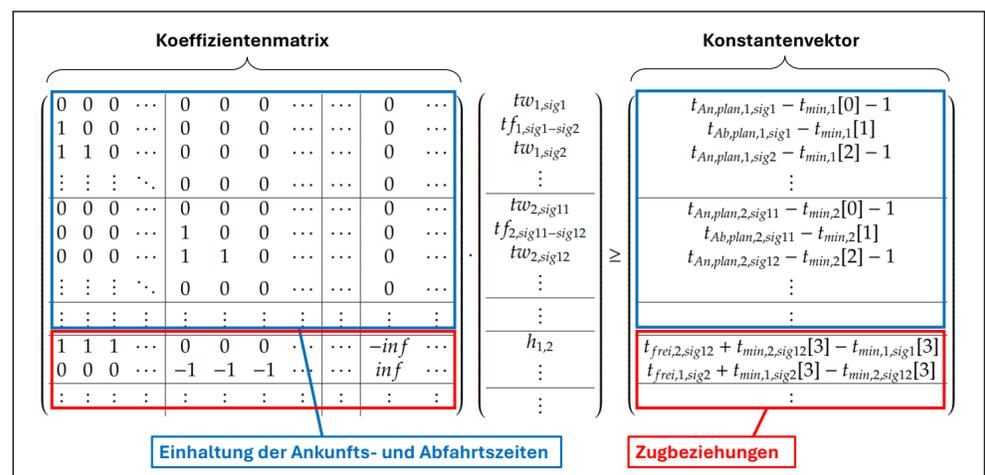


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Vektorungleichung der Nebenbedingungen.

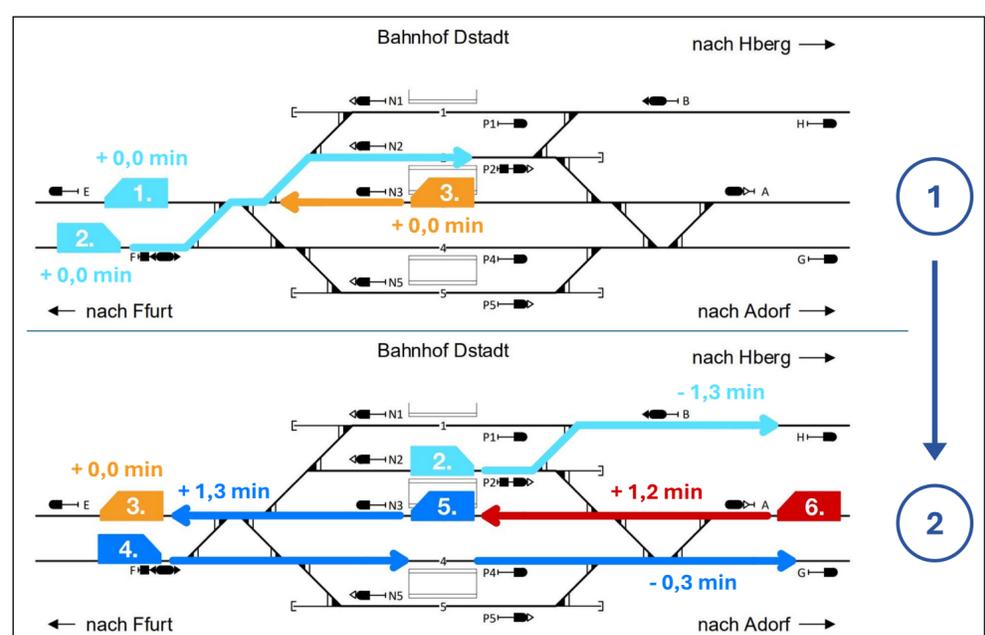


Abbildung 3: Vom Verfahren bestimmtes Dispositionsergebnis für ein beispielhaftes Betriebsszenario. Die Nummern der Züge entsprechen der Reihenfolge der Fahrten.

Bachelorarbeit von Bernd Waltersbacher
 Betreut von Dr. rer. nat. Fabian Hantsch
 Bearbeitungszeitraum 09 2024 - 02 2025