

# Zusammenfassung

## On- and Offline Scheduling of Bidirectional Traffic

Elisabeth Lübbecke

Die vorliegende Dissertation liefert theoretische und praktische Erkenntnisse im Zusammenhang mit der Planung von bidirektionalem Verkehr entlang einer Strecke mit Engpassstellen. Auf diesen dürfen sich entgegengesetzte Fahrzeuge nicht begegnen. Eingleisige Streckenabschnitte im Schienenverkehr stellen beispielsweise solche Engpässe dar. Konkret setzt sich die Arbeit mit der Verkehrsflussoptimierung des Schiffsverkehrs auf dem Nord-Ostsee-Kanal (NOK) auseinander. Dieser verbindet Nord- und Ostsee und wird in beiden Richtungen befahren. Sind zwei entgegengesetzte Schiffe zu groß, ist ausschließlich eine Begegnung in den dafür vorgesehenen Weichen erlaubt.

Die Arbeit legt Ihren Fokus auf zwei charakteristische Eigenschaften dieser Verkehrsflussoptimierung. Der erste Fokus liegt auf der bidirektionalen Komponente: Schiffe in gleicher Richtung können einen Abschnitt mit kurzem Zeitabstand hintereinander befahren, während Schiffe in entgegengesetzter Richtung lange warten müssen, bis der Abschnitt wieder verlassen wurde. Zweitens melden sich Schiffe zur Durchfahrt recht kurzfristig an, d. h. der Plan muss *online* angepasst werden.

Um ein Verständnis für den bidirektionalen Charakter zu erlangen, wird das kompakte Modell des *Bidirektionalen Scheduling* entwickelt, welches verwandt zu klassischem Scheduling auf Maschinen ist. Im Offline-Fall werden Eigenschaften identifiziert, welche die Komplexität des bidirektionalen Scheduling im Vergleich zu klassischem Maschinen Sche-

duling erhöhen. Mittels Kompetitivitätsanalyse werden daraufhin Einsichten

über den

Online-Charakter des Problems gewonnen. Es werden obere und untere Schranken an den bestmöglichen Kompetitivitätsfaktor bewiesen. Allerdings bleibt wie bei vielen Online Optimierungsproblemen auch hier eine Lücke zwischen beiden Schranken.

Die Arbeit präsentiert ein neues Konzept, mit solchen offenen Lücken und der Frage nach dem bestmöglichen Kompetitivitätsfaktor  $\rho^*$  umzugehen. Das entwickelte *Competitive-ratio Approximation Scheme* konstruiert für jedes mögliche  $\epsilon > 0$  einen Online Algorithmus dessen Kompetitivitätsfaktor den Wert  $\rho^*$  um höchstens Faktor  $(1+\epsilon)$  überschreitet. Zusätzlich wird dadurch ein Wert ermittelt, welcher  $\rho^*$  mit  $(1 + \epsilon)$ -Präzision approximiert. Das Konzept wird für Maschinen Scheduling entwickelt und daraufhin auf Bidirektionales Scheduling erweitert. Für die Offline-Variante wird ein *Polynomial-time Approximation Scheme* vorgestellt.

Das eigentliche Problem der Verkehrsflussoptimierung am NOK wird in einem detaillierten geometrischen Modell abgebildet. Dieses enthält zusätzlich zu seinem Scheduling Charakter auch eine Komponente des dynamischen Routing. Es wird ein Ansatz vorgestellt, diese beiden Komponenten algorithmisch zu verknüpfen. Dabei wird eine sequentielle (lokale) Methode, die jeweils ein einzelnes Schiff behandelt, in eine simultane (globale) Methode zur Optimierung der gesamten Flotte eingebettet. Diese Ideen führen schließlich zu der Implementation einer schnellen Heuristik, dessen Qualität durch Rechenexperimente auf historischen Verkehrsdaten ausgewertet und von den Nautikern vor Ort bestätigt wird. Durch die Arbeitsweise in einem rollenden Zeithorizont erfüllt sie einen Online-Charakter und kann mit Programmen zur Schleusenplanung gekoppelt werden.