



10 Schneemobile mit Schneeflockenantrieb

Autor*innen: Niels Lindner (Zuse-Institut Berlin),
Fabian Löbel (Zuse-Institut Berlin),
Berenike Masing (Zuse-Institut Berlin)

Projekt: Electric Bus Scheduling (Forschungscampus MODAL)

Aufgabe

Das Produzieren der Geschenke ist jedes Jahr eine Mammutaufgabe für den Weihnachtsmann und seine Wichtel. Doch nicht nur die Herstellung an sich, sondern auch die Logistik stellt eine echte Herausforderung dar: Die einzelnen Bestandteile müssen pünktlich und rechtzeitig von einer Station zur nächsten transportiert werden. Weil sich die Arbeit über mehrere Tage hinzieht, hatte der Weihnachtsmann bis jetzt immer ein System von Rentierschlitten auf dem Nordpol-Straßennetz benutzt, um die Waren zu befördern. Dabei führten die Schlitten jede Stunde die gleichen Fahrten zu den gleichen Abfahrts- und Ankunftsminuten durch. Das Straßennetz und der Fahrplan sind in Abbildung 1 zu sehen.

Doch dieses Jahr ist alles anders: Die Rentiere wollen diese anstrengende Arbeit nicht mehr ausführen und sind deshalb in einen unbefristeten Streik getreten. Der Weihnachtsmann muss nun schnell handeln: Der Fahrplan der Rentierschlitten lässt sich nicht mehr ändern, denn die Produktion an den einzelnen Stationen ist voll darauf ausgerichtet. Glücklicherweise gelingt es dem Weihnachtsmann, kurzfristig umweltfreundliche Schneemobile zu beschaffen. Sie fahren genauso schnell wie die Rentierschlitten, also zwischen Stationen gemäß den Fahrzeiten in Abbildung 1. Wie die Rentierschlitten dürfen auch sie nicht die Straßen verlassen; die Fahrzeit hängt nicht von der Fahrtrichtung ab.

„Prima!“, denkt sich der Weihnachtsmann. „Dann kann ich den Fahrplan wie vorher mit 6 Schneemobilen abdecken.“ Weil sich der Fahrplan jede Stunde wiederholt, sollen sich die Fahrzeuge auf Kreisen durch das Netz bewegen, die sich ebenfalls periodisch wiederholen. Jede Fahrt soll von genau einem Kreis abgedeckt werden und kein Kreis darf eine Fahrt mehrfach enthalten. Die Fahrzeuge können sich frei auf dem Straßennetz bewegen, insbesondere dürfen sie auch nach Befahren einer Straße diese gleich wieder zurückfahren. Nach Ankunft an einer Station dürfen sie sofort wieder abfahren, können aber auch warten. Konkret hat sich der Weihnachtsmann den Fahrzeugumlaufplan aus Abbildung 2 ausgedacht.

Da klopft Rudolf, das Rentier, an. Als er den Fahrzeugumlaufplan vom Weihnachtsmann erblickt, bricht er in schallendes Gelächter aus. Danach erklärt Rudolf dem verblüfften Weih-

nachtsmann, was er vergessen hat: Die Schneemobile funktionieren mit einem besonderen Schneeflockenantrieb. Dazu ist jedes Fahrzeug mit einem Eimer ausgerüstet, der bis zu 500 Schneeflocken fassen kann. Allerdings verbraucht der Motor pro Minute Fahrzeit 10 Schneeflocken, Schneemobile können dementsprechend nicht mehr als 50 Minuten ohne Pause fahren. Die Eimer können an jeder Station wieder aufgefüllt werden, allerdings benötigt das 5 Minuten Zeit. Also können die Schneemobile nicht wie im Plan des Weihnachtsmanns bis zu 110 Minuten am Stück fahren, ohne an einer Station zu pausieren. Wenn die Fahrzeuge im Plan vom Weihnachtsmann allerdings zum Nachfüllen auf einmal länger hielten, würden sie auch die nächsten Abfahrten verpassen und das ganze Geschenkesystem bräche zusammen. Der Weihnachtsmann muss sich also wohl oder übel neue Kreise ausdenken, auf denen die Fahrzeuge verkehren. Im schlimmsten Fall braucht er mehr als 6 Schneemobile, um alle Fahrten im Fahrplan abzudecken...

Frage: Wie viele Schneemobile werden mindestens gebraucht, um alle Fahrten 1 bis 8 im Fahrplan aus Abbildung 1 zu realisieren?

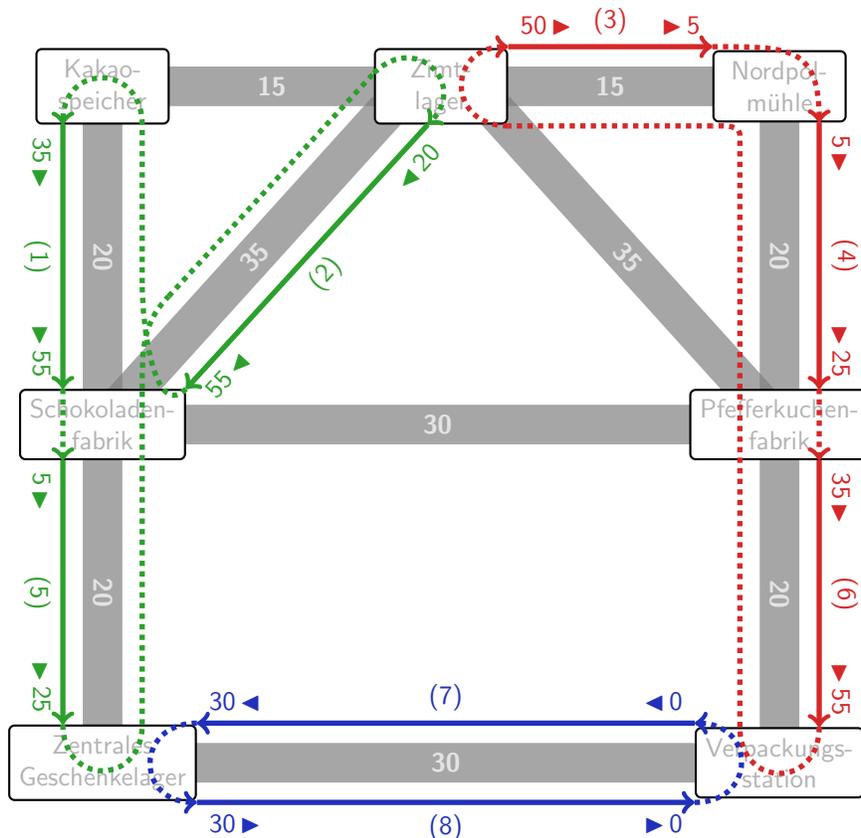


Abbildung 2: Fahrzeugumlaufplan des Weihnachtsmanns:

Auf dem **blauen Kreis** werden abwechselnd Fahrten 7 und 8 bedient. Ein Umlauf dauert 60 Minuten. Daher benötigt der blaue Kreis für einen 60-Minuten-Takt genau ein Fahrzeug. Pausen haben die Fahrzeuge dabei keine.

Der **grüne Kreis** besteht aus Fahrt 1 (20 Minuten), Warten an der Schokoladenfabrik (10 Minuten), Fahrt 5 (20 Minuten), Leerfahrt zum Zimtlager (55 Minuten), Fahrt 2 (35 Minuten), Leerfahrt zum Kakaospeicher (20 Min.), Warten auf Abfahrt von Fahrt 1 (20 Min.). Insgesamt dauert ein Umlauf damit 180 Minuten, es werden also 3 Fahrzeuge für den grünen Kreis benötigt.

Auf dem **roten Kreis** ist jedes Fahrzeug 120 Minuten unterwegs, damit sind genau 2 Fahrzeuge für einen Stundentakt nötig. Durch die 55 Minuten Fahrzeit schaffen die Fahrzeuge mit Ankunft zur Minute 55 an der Verpackungsstation genau die Abfahrt am Zimtlager zur Minute 50. Fahrzeuge auf dem roten Kreis haben nur 10 Minuten Pause an der Pfefferkuchenfabrik.



Illustration: Frauke Jansen

Antwortmöglichkeiten:

1. 1
2. 2
3. 3
4. 4
5. 5
6. 6
7. 7
8. 8
9. 9
10. 10

Projektbezug:

Das MobilityLab am Zuse-Institut Berlin erforscht, wie Organisation, Betrieb und Fahrgastfreundlichkeit im öffentlichen Verkehr mit Hilfe von Mathematik verbessert werden können. Im Rahmen des Forschungscampus MODAL widmet sich das Projekt *Electric Bus Scheduling* der Umlaufplanung von elektrisch angetriebenen Bussen. Die größte Herausforderung bei der Umstellung von Diesel- auf Elektrobussen ist, dass heutige Batteriekapazitäten nicht für die Strecken ausreichen, die Dieselbusse an einem Tag typischerweise zurücklegen. Daher muss das Wiederaufladen der Batterie beim Planen des Fahrzeugeinsatzes mitbedacht werden.