

# Cloud-basierter Service zur Optimierung des Gästetransports von Sport- und Freizeithotels auf Basis von pgRouting

Florian Schögggl<sup>1</sup>, Rainer Prüller<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>pentamap mapping services, Graz · [florian.schoegggl@pentamap.com](mailto:florian.schoegggl@pentamap.com)

## Zusammenfassung

Der Transport von Hotelgästen zu gebuchten Freizeitaktivitäten stellt für Sport- und Freizeithotels eine große Herausforderung dar. Zum einen sollen die Gäste komfortabel und schnell bei entsprechend kurzen Fahrtstrecken und Wartezeiten zu den angebotenen Freizeitaktivitäten transportiert werden. Andererseits sollen die dafür aufgewendeten Transportkosten für die Hotels minimiert werden. Ziel des Projektes TouristDispatch war es eine Software zu entwickeln, die diese Herausforderungen meistert. Basierend auf diversen Funktionen in pgRouting wurde eine Applikation zur Optimierung des Gästetransports von Sport- und Freizeithotels umgesetzt.

**Schlüsselwörter:** *pgRouting, Personentransport, Routing, Optimierung*

## Abstract

The transportation of hotel guests to booked leisure activities is a big challenge for sports and leisure hotels. On the one hand, guests must be transported as comfortable and fast as possible with short travel and waiting times. On the other hand, the transport costs incurred for the hotels should be minimized. The aim of the project TouristDispatch is to develop software that overcomes these challenges. Based on different functions of pgRouting, an application has been implemented to optimize guest transport for sports and leisure hotels.

**Keywords:** *pgRouting, transportation, routing, optimisation*

## 1 Ausgangssituation und Ziele

Viele Sport- und Freizeithotels bieten ihren Gästen auf Tagesbasis geplante Aufenthalte, inkl. Mahlzeiten sowie Sport- und Freizeitprogramme an. Dabei stellt der Transport von Hotelgästen zwischen ihren Unterkünften und gebuchten Freizeitaktivitäten bzw. zwischen aufeinander folgenden Freizeitaktivitäten eine große Herausforderung für Hotelbetreiber und Transportunternehmen dar. Die aufwendige Planung der Fahrten kann nur in Zusammenarbeit mit meist langjährigen Transportpartnern bewältigt werden. Die Herausforderung für Hotelbetreiber liegt dabei einerseits in der Effizienz des Gästetransportes im Hinblick auf zeitliche- und finanzielle Ressourcen, sowie andererseits in der möglichst komfortablen Art der Beförderung der Gäste. Darunter sind sowohl kurze Fahr- und Wartezeiten, als auch sinnvoll gewählte Fahrzeuggrößen für Gäste und Fahrer über einen gewissen Zeitraum zu verstehen. Ziel des Projektes TouristDispatch ist die Entwicklung eines cloud-basierten Services zur Berechnung der optimalen Fahrzeugflotte für einen bestimmten Zeitraum

basierend auf mehreren Funktionen der Open-Source Routing Bibliothek pgRouting. Der Service soll den Hotels einen besseren Überblick über die zu erwartenden Transportkosten liefern. Zusätzlich kann die zeitliche Optimierung auch als Planungsgrundlage ihrer Sport- und Freizeitaktivitäten verwendet werden. Aufbauend auf das Optimierungsservice wurden zwei Softwarekomponenten umgesetzt, eine Webplattform zur Verwaltung der Aktivitäten, Orte und Buchungen, sowie zur Berechnung der in den Algorithmus einfließenden Fahraufträge, sowie eine mobile Applikation für FahrerInnen zur Anzeige der Fahraufträge und Kommunikation mit den Hotels.

## 2 Aufbau von TouristDispatch

### 2.1 Schnittstelle zur bestehenden Hotelsoftware

Ein Teil der Grundlagendaten (Hotels, Aktivitäten, Orte, Buchungen) werden über eine JSON Schnittstelle aus der bestehenden Hotelsoftware bezogen. Aufbauend auf diese Grundlagendaten erfolgt die Datenaufbereitung, um einerseits die Orte der Hotels und Aktivitäten, im pgRouting als *locations* bezeichnet, in einen routingfähigen Straßengraphen zu integrieren und andererseits aus den Buchungen der Aktivitäten Fahraufträge, auch als *orders* bezeichnet, als Basis für die Optimierung zu generieren.

### 2.2 Aufbereitung der Orte

Die Standorte, sowie Ein- und Ausstiegsstellen der verschiedenen Aktivitäten sind wichtige Grundlagen im Projekt TouristDispatch. Dabei können jeder Aktivität mehrere Orte zugewiesen werden:

- Ort der Aktivität (z.B. Kletterhalle, See, Tropfsteinhöhle, Wanderweg)
- Ausstiegsstelle Hinfahrt (z.B. Bushaltestelle der Kletterhalle, Beginn Wanderweg)
- Einstiegsstelle Rückfahrt (z.B. Ende des Wanderwegs)

Um eine Aktivität für die Optimierung berücksichtigen zu können, muss zumindest einer dieser drei Orte vorhanden sein. Startort zu einer Aktivität und Zielort von einer Aktivität ist per Definition immer das Hotel, in dem die jeweiligen Gäste untergebracht sind. Eine Ausnahme bilden Transferfahrten wo direkt zwischen zwei Aktivitäten gefahren wird.

### 2.3 Aufbereitung des OSM Straßengraphen

Der Optimierung der Transporte und dem Routing zwischen den Orten liegt ein Open Street Map (OSM) Straßengraph zugrunde. Straßendaten für Österreich und Bayern wurden über das Datenportal Geofabrik bezogen (Geofabrik, 2018). Um die Orte der Aktivitäten für das Routing im OSM Straßengraph verwenden zu können, muss für jeden möglichen Start- und Zielort der Sport- und Freizeitaktivitäten eine Verknüpfung zum nächstgelegenen Knoten im OSM Straßengraph hergestellt werden.

## 2.4 Berechnung der Kostenmatrix

Nächster Schritt nach erfolgter Verknüpfung der Orte mit dem Straßengraphen ist die Berechnung der Kostenmatrix, die für die Optimierung und auch das eigentliche Routing zwischen den Aktivitäten verwendet wird. Die Berechnung wurde mit der pgRouting Funktion `pgr_dijkstraCostMatrix(edges_sql, start_vid)` durchgeführt und muss bei Veränderungen von Orten neu durchgeführt werden.

## 2.5 Aufbereitung der Fahraufträge

Dritte wichtige Grundlage für die Optimierung der Gästetransporte neben den Orten und der Kostenmatrix sind die zugrunde liegenden Fahraufträge, auch *orders* genannt. Für jede Sport- und Freizeitaktivität muss sowohl die Hinfahrt als auch die Rückfahrt der Gäste geplant werden, wobei folgende Einschränkungen und Parameter berücksichtigt werden:

- Fahrzeuggröße: Es darf keine Order geben, deren Anzahl zu transportierender Gäste größer ist als die Kapazität des größten verfügbaren Fahrzeuges.
- Orte mit Einschränkungen: Gewisse Orte können nicht von allen Fahrzeugen erreicht werden. Mögliche Einschränkungen dabei sind zu kleine Umkehrplätze am Zielort, Brücken mit Gewichtsbeschränkung oder Tunnel mit Höhen- bzw. Breitenbeschränkung. In diesem Fall müssen die Gäste in kleinere Gruppen unterteilt werden (z.B. maximal 16 Personen).
- Einstiegszeit: Für jeden Fahrgast bzw. jedes Fahrzeug kann eine Be-/Entlade- bzw. Ein-/Ausstiegszeit festgelegt werden. Diese kann sich je Aktivität unterscheiden (z.B. wenn auch die Skiausrüstung eingeladen und transportiert werden muss).
- Pausenzeiten: Busfahrer in Österreich müssen im Gelegenheitsverkehr nach 4,5 Stunden Fahrzeit eine Pause von 45 Minuten eingelegt werden (WKO, 2018). Darüber hinaus gibt es weitere Pausenregeln, die zu Berücksichtigen sind.

Die gewählten Parameter und die tägliche Zusammensetzung der Aktivitäten haben maßgeblichen Einfluss auf die berechneten Transportaufträge und die folgende Optimierung des Gästetransports.

## 2.6 Vehicle Routing Problem (VRP)

Die dargestellte Herausforderung der Berechnung einer optimalen Fahrzeugflotte für den Gästetransport basiert auf dem Vehicle Routing Problem (Dantzig et al., 1959). Darüber hinaus gibt es zusätzliche Einschränkung, wie die Vorgabe von Zeitfenstern und genauen Orten zum Transport der Hotelgäste. Somit wird das Vehicle Routing Problem zu einem Vehicle Routing Problem with Time Windows and Pickup and Delivery (VRPTWPD). Die Lösung dieses Problems ist das Ziel von TouristDispatch. In Zusammenarbeit mit den Entwicklern der Open Source Bibliothek pgRouting wurden Funktionen entsprechend dieser Anforderung angepasst, um das webbasierte Optimierungs-Werkzeug umsetzen zu können. Kernstück dabei ist die pgRouting-Funktion `pgr_pickDeliver(sql_orders, sql_vehicles, sql_costmatrix)`. Diese Funktion umfasst drei Eingabeparameter:

- Information zu den berechneten Fahraufträgen (*orders*): Abhol- und Zielort, Zeitfenster für die Abholung vom Hotel sowie Ankunft an der Aktivität, Anzahl der zu transportierenden Personen.
- Information zu den verfügbaren Fahrzeugen (*vehicles*): Kapazität, Durchschnittsgeschwindigkeit und Einsatzzeit.
- Kostenmatrix: Aufwand, um sich im Routinggraphen zu bewegen

Aus diesen Eingangsparametern werden in der Funktion die Anzahl der benötigten Fahrzeuge und deren Fahrsequenzen abgeleitet. Die Berechnung des Ausgleiches erfolgt iterativ, wobei die Anzahl der Iterationen individuell festgelegt werden kann.

### 3 Ergebnisse

Schlussendlich liegen für die Auftraggeber zwei Ergebnisse vor: Die Webapplikation zur Datenverwaltung und Berechnung der optimalen Fahrzeugflotten und die mobile Fahrerapplikation für das Live-Tracking der Fahrzeuge während ihres Einsatzes.

#### 3.1 Systemarchitektur von TouristDispatch

In Abbildung 1 ist die Systemarchitektur von TouristDispatch dargestellt. Alle Daten, die in der Webapplikation und der mobilen Fahrer App erhoben werden, fließen in einer PostgreSQL-Datenbank zusammen, die auch die Optimierungs- und Routinglogik beinhaltet.

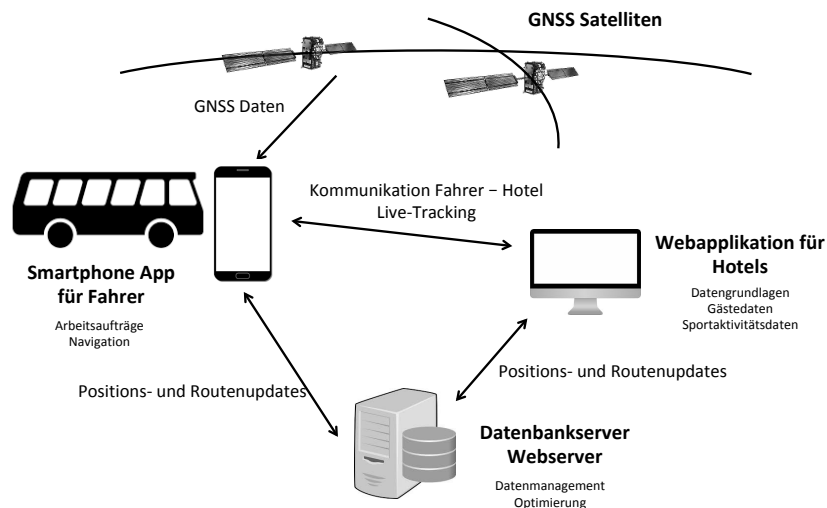


Abbildung 1: Systemarchitektur von TouristDispatch

#### 3.2 Webapplikation zur Datenverwaltung und Dispositionsberechnung

Die Webapplikation von TouristDispatch hat zwei Hauptaufgaben zu erfüllen:

- Datenaustausch mit der Hotelsoftware und Verwaltung der Grunddaten
- Berechnung der Fahraufträge und der benötigten Fahrzeuge

Neben dem Datenaustausch von gebuchten Aktivitäten, Teilnehmern und ihren Orten bietet die Webapplikation die Möglichkeit zusätzliche Grunddaten einzugeben. Vor allem die zur Verfügung stehenden Transportunternehmen und Fahrzeuge (Kapazität, Durchschnittsgeschwindigkeit, Breite, Höhe, etc.). Diese Parameter spielen bei der Auswahl der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge eine entscheidende Rolle. Da es einige Orte gibt, die nur von kleineren Fahrzeugen erreicht werden können.

Die zweite Hauptaufgabe der Webapplikation ist die Berechnung der Fahraufträge aus den gebuchten Aktivitäten, sowie die anschließende Berechnung der Disposition. Dafür können die in Abschnitt 2.5 beschriebenen Parameter eingegeben werden.

### **3.3 Android App für Busfahrer**

Die mobile TouristDispatch Fahrerapplikation wird den BusfahrerInnen unterstützend zur Seite gestellt. Die App wurde für Android-Geräte entwickelt und für Tablets optimiert. An jedes Fahrzeug wird eine Auftragsliste für den aktuellen Tag übermittelt, die anschließend abgearbeitet werden muss. Die Aufträge sind in einer Zeitreihe dargestellt, wobei in der Darstellung zwischen Servicezeiten (Ein- und Ausstieg), Fahrzeiten und Wartezeiten (Pausen) unterschieden wird. Sobald ein Fahrauftrag abgeschlossen ist, wird dieser vom Fahrer als erledigt gekennzeichnet. Zusätzlich bietet die App ein Kommunikationsmodul, über das der Fahrer Kontakt zu den Hotels aufnehmen kann. Sollte es während eines Tages zu größeren Abweichungen oder Problemen kommen, muss für ein Ersatzfahrzeug bereit stehen.

### **3.4 Vergleich mit manuellen Dispositionslösungen**

Der Vergleich der berechneten Dispositionslösungen mit den vorliegenden manuellen Lösungen der Busunternehmer war aus Sicht der Auftraggeber der Gradmesser der Einsatzfähigkeit von TouristDispatch. Die Disposition der Busunternehmer kann als wissensbasierter Ansatz gesehen werden, da die Lösungen auf Basis jahrelanger Erfahrung des Gästetransports für den Auftraggeber stammen. Die berechneten Ergebnisse sind aus Sicht der Disponenten der Busunternehmer erstaunlich gut. Aus Sicht der Auftraggeber ist die Größe der Fahrzeugflotte für die Abarbeitung der Gästetransporte eines Tages entscheidend. Und hier hat sich gezeigt, dass die berechneten Lösungen tendenziell weniger Fahrzeuge verwenden, da die Fahrzeuge im Rahmen der Randbedingungen optimal verteilt werden. Im Falle der Disposition mit Disponenten der Transportunternehmer gönnen diese ihren Fahrern mehrere Ruhezeiten und einen nicht ganz so optimalen und dadurch dichten Zeitplan.

## **4 Diskussion und Ausblick**

Die Optimierungssoftware wird von den Auftraggebern aktuell begleitend eingesetzt, wobei bis zu 3000 Gästetransporte von TouristDispatch optimiert werden. Ab der Wintersaison 2018/19 soll die Software im Vollbetrieb laufen. Bis dahin sollten im ausführlichen Testeinsatz Erfahrungswerte im Live-Betrieb gewonnen werden. Im nachfolgenden Abschnitt

sind sowohl technologische als auch organisatorische Herausforderungen dargestellt, die bereits zu bewältigen waren.

## **4.1 Technologische Herausforderungen**

### **4.1.1 Verkürzte Fahrzeiten auf niederrangigen Straßen**

Die berechneten Fahrzeiten aus der OSM sind im Vergleich mit Google Maps vor allem bei kurzen Strecken verhältnismäßig zu kurz. Diese verkürzte Fahrzeit ergibt sich aus der Zusammensetzung des OSM Straßengraphen. Die Geschwindigkeiten auf niederrangigen Straßen (Gemeindestraßen, Wegen) sind nur schwer zu erreichen. Daher wurden die Fahrzeiten je nach Kosten mit einem Faktor zwischen 1.0 und 1.5 gewichtet.

### **4.1.2 Dichte Fahrpläne für bestimmte Fahrzeuge**

Die Optimierung nach Kosten hat meist einen sehr straffen Zeitplan für einige Fahrzeuge zu Folge, der nicht immer im Sinne der Auftraggeber ist. Eine gleichmäßigere Verteilung der gebuchten Fahrzeuge über den Tag und damit mehrere Pausenzeiten wären vorteilhafter für die Fahrer, können jedoch nur schwer vom Algorithmus abgebildet werden.

## **4.2 Organisatorische Herausforderungen**

### **4.2.1 Beteiligung der Transportunternehmen**

Um den Gästetransport im Live-Betrieb auch im Zusammenspiel mit der mobilen Fahrer-App durchzuführen ist die Bereitschaft der Transportunternehmen und Fahrer das Tool zu nutzen eine Grundvoraussetzung.

## **4.3 Weitere Entwicklung**

In den nächsten Monaten ist die Einführung einer Gäste Applikation geplant, um auch die Gäste über aktuelle Wartezeiten, Fahrzeiten und Aufenthaltsorte der Fahrzeuge zu informieren. Das Optimierungsservice und die Verwaltungssoftware wurden modular aufgebaut, wodurch sich weitere Transportoptimierungsaufgaben durch eine Anpassung der Inputparameter (Orte und Transportaufträge) umsetzen lassen.

## **5 Literatur**

G.B. Dantzig, J.H. Ramser (1959). The Truck Dispatching Problem. Management Science, Vol. 6, No. 1 (Oct., 1959), pp. 80-91.

pgRouting, pgr\_pickDeliver – Proposed [http://docs.pgrouting.org/pickDeliver/en/pgr\\_pickDeliver.html#pick-deliver-vehicles-sql](http://docs.pgrouting.org/pickDeliver/en/pgr_pickDeliver.html#pick-deliver-vehicles-sql) (Zuletzt abgerufen: 15.04.2018)

WKO, Lenk- und Ruhezeiten [https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/Handbuch\\_Lenk-\\_und\\_Ruhezeiten.pdf](https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/Handbuch_Lenk-_und_Ruhezeiten.pdf) (Zuletzt abgerufen: 15.04.2018)