

Erstellung eines Routing-Profiles auf Basis von OSM / Öffentlichen Daten für Feuerwehrfahrzeuge

Amandus Stefan Butzer

23. September 2017

Kurzfassung

Deutsche Kurzfassung

Abstract

Abstract in Englisch

Erklärung

Hiermit erkläre ich

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich all denen Danken..

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Motivation	2
2	Theoretische Grundlagen	2
2.1	Graphen	2
2.2	Routing	3
2.3	Isochronen Berechnung	4
3	Generierung des Routing-Profiles	5
3.1	Informations Erhebung	5
3.2	Aufbau graph backend	5
3.3	Limitierende Faktoren	5
3.4	Erweiternde Faktoren	5
4	Ergebnisse	5

5	Fazit	5
6	Future Work or Ausblick	6

1 Einleitung

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit ist der Verfasser in der Geoinformatik Abteilung des Geographischen Instituts der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg als wissenschaftliche Hilfskraft des openrouteservice (ORS) tätig. Der ORS bietet neben Geocoding, Routing und Location Service auch einen Isochrone Service an. Immer wieder wurden Anfragen bezüglich Erreichbarkeitsanalysen aus dem Rettungs- und Brandschutzwesen erhalten. Für Polizei, Rettungsdienst und Feuerwehr geht es vor allem um das Einhalten amtlich vorgegebener Hilfsfristen. Diese stellen die wichtigsten Eigenschaften für die Planung und Qualität der Einsätze von Feuerwehr und Rettungsdienst dar. Der Brandschutz ist im Gegensatz zum Rettungsdienst eine kommunale Aufgabe und unterliegt nur in manchen Bundesländern bestimmten Standards (vgl.Stein 2015).

Da mit dem Isochrones-Service des ORS Erreichbarkeitsanalysen durchgeführt werden, ist dieser für die Erstellung eines Brandschutzbedarfsplans der Feuerwehr geeignet. Jedoch kann der Dienst in seiner bisherigen Form noch nicht alle erforderlichen Anforderungen für Einsatzfahrzeuge erfüllen.

In dieser Arbeit wird daher ein Emergency-Routing-Profil in Kooperation mit der Freiwilligen Feuerwehr Lützelburg entwickelt. Die Implementierung ist auf eine Fahrzeugklasse der Feuerwehr begrenzt. Allerdings wird bei der Erstellung des Emergency Profils darauf geachtet, dass Erweiterungen für diverse Einsatzfahrzeuge sehr einfach möglich sind. (Aufgrund des geringen Umfangs einer Bachelor Arbeit kann das in dieser Arbeit jedoch nicht erarbeitet werden.)

Grundsätzlich basiert das Profil auf dem Backend des bereits bestehenden Routing Service des ORS. Zusätzlich werden Java Funktionen implementiert, die speziell auf das Emergency Profil zugeschnitten sind. Zur Darstellung wurde das ORS Frontend mit Java-Script angepasst. Dadurch können die Ergebnisse in verständlicher und anschaulicher Weise dargestellt werden. (weitere Infos über technic details?)

1.1 Motivation

STVO Anwendbar für fast alle Einsatzfahrzeuge

2 Theoretische Grundlagen

Als Grundlage für die Berechnung kürzester Wege bedienen wir uns eines Speicherform der Mathematik, dem Graphen.

2.1 Graphen

Ein Graph ist ein sehr nützliches Konzept um Objekte und deren Verbindungen untereinander zu modellieren. Die in der Graphentheorie verwendeten Termini belaufen sich dabei auf Knoten oder Ecken (engl: *nodes* oder *vertices*) für

Objekte und Kanten (engl: *edges*) für die Verbindungen. (Kurt Mehlhorn 2008, S. 49)

Ein Graph G ist die Funktion aus einer endlichen Eckenmenge V und einer endlichen Kantenmenge E (Graph definition with cite)

(simple graph picture)

Der Vorteil von Graphen ist die einfache Darstellung. Dabei werden die Knoten als Punkte und die Kanten als Linien oder Pfeile dargestellt (vgl Abb.) (Kurt Mehlhorn 2008, S. 49). Zwischen zwei Knoten können einfache, mehrfache oder keine Kanten bestehen. Darüber hinaus können sie mit sich selbst verbunden sein und eine Schlinge bilden. Sind zwei Knoten durch eine Kante verbunden bezeichnet man sie als *benachbart*. Das erfüllt bei einem ungerichteten und ungewichteten Graphen allerdings keinen Zweck, da eine Kante für das Anzeigen der Relation ausreichend ist(richtig?).

Es sollte aber nicht vergessen werden, dass ein Graph nicht die räumliche Position der Objekte sondern nur ihre Relation zueinander ausdrückt! Graphen können also komplett unterschiedlich aussehen und dennoch einander entsprechen. Wenn zwei Graphen bei gleichbleibenden Nachbarschaften der Ecken aufeinander abgebildet werden können spricht man von isomorphen Graphen Aigner 2015, S. 106.

Gerichtete Graphen Für das Routing ist es wichtig von einem Knoten zu einem anderen zu gelangen. Im Gegensatz zu einem ungerichteten Graphen können bei einem gerichteten Graphen Kanten nur in einer Richtung durchlaufen werden. Die Kanten werden daher durch Pfeile anstatt Linien dargestellt.

(Abb gerichtet Graph)

Gewichtete Graphen In dieser Arbeit bezeichnet der Begriff "gewichteter Graph" einen Kanten-gewichteten Graphen, bei dem jeder Kante ein Wert zugewiesen wird. Neben dem Kanten-gewichteten gibt es auch Knoten-gewichtete Graphen, bei welchen entsprechend die Knoten gewichtet werden. Diese werden aber nur für wenige Problemstellungen gebraucht und sind hier nicht von Belang. Gewichtete Graphen können gerichtet und ungerichtet sein. Ein klassisches Beispiel hierfür ist der Linien-Netzplan einer Bahn, bei dem die Knotenpunkte einzelne Haltestellen darstellen und die Kantengewichte die benötigten Minuten beinhalten.

(Abb gewichtet Graph)

Mit gewichteten Graphen können diverse Problemstellungen gelöst werden, zum Beispiel die Bestimmung maximaler (Durch-)Flüsse in Rohrsystemen oder das Berechnen kürzester Wege.

2.2 Routing

Routing ist ein Begriff aus der Nachrichtentechnik und bezeichnet die Bestimmung des günstigsten Weges für die Übertragung von Daten in einem Netzwerk (cite DUDEN). In der Navigation bedeutet Routing ebenfalls das Ermitteln eines besonders günstigen (häufig des schnellsten) Weges von Startpunkt A zu Zielpunkt B. Das Netzwerk in dem dieser Weg ermittelt werden soll ist in diesem Fall ein gerichteter und gewichteter Graph, der ein reales Straßen- oder Wegenetz repräsentiert.

Wenn die Kante eines solchen Graphen also eine Straße darstellt, beinhaltet das Kantengewicht dabei die Distanz. Die Richtung der Kante ist äquivalent

zur erlaubten Fahrtrichtung zum Beispiel im Fall von Einbahnstraßen oder Autobahnen.

Eine der naheliegendsten Problemstellungen ist das *shortest path problem* für ein Paar von Knotenpunkten. Dabei wird der kürzeste Weg von einer Ecke zu einer anderen Ecke des Graphen gesucht, bei welchem der kürzeste Weg von einer Ecke zu entweder einer anderen Ecke, allen anderen Ecken

- what is shortest pathing Das Problem des kürzesten Weges Kurt Mehlhorn 2008, S. 191

what algorithms can be used

algorithmus Dijkstra

Dijkstra 1959

speedups: early stopping Kurt Mehlhorn 2008209]kurt

+ contraction hierarchies Kurt Mehlhorn 2008, S. 212

2.3 Isochronen Berechnung

Isochronen (Herkunft wort iso, chronos)

Wenn in einem gewichteten Graphen die Kanten die benötigte Zeit enthalten um von einem Knoten zum nächsten zu gelangen, können damit Isochronen berechnet werden. Isochronen sind Linien gleicher Zeit. Für die Berechnung wird ein Zentrum und das Zeitlimit benötigt. Das resultierende Objekt ist ein Polygon, welches jeden in gegebenem Zeitlimit erreichbaren Punkt beinhaltet. Isochronen können auf unterschiedliche Arten berechnet werden.

Benutzt routing

+ shaping (darstellung)

marching squares grid based (recursive grid?), delauny erklären shape based(triangles) + unsere implementierung shape based (points)

Gitterbasierter Ansatz: Beim *marching squares* algorithmus wird um das Zentrum ein Gitter über dem Graphen gebildet. Die Eckpunkte des Gitters erhalten dabei die Werte des nächsten Punktes auf dem Graphen. Anschließend werden auf den Kanten des Gitters diejenigen Punkte markiert, bei denen der Wert mit dem gesuchten Zeitlimit übereinstimmt. Die markierten Punkte werden verbunden und bilden schließlich die Isochrone.

(Abb. recursive grid / marching squares)

Der Vorteil dieses Algorithmus ist, dass die Maschengröße des Gitters angepasst werden kann. Bei sehr kleinen Maschen liefert der Algorithmus ein sehr genaues Ergebnis. Allerdings werden dabei mehr Ressourcen zur Berechnung gebraucht. Daher können nur kleine Gebiete und geringe Zeitlimits berechnet werden. Bei weiten Maschen ist der Algorithmus dagegen sehr schnell und kann große Distanzen und lange Zeitspannen berechnen. Das Ergebnis ist dementsprechend aber auch ungenauer.

TIN: Delaunay Triangulation vgl **isos** adapt explanation

Formenbasierter Ansatz: Die Implementierung des ORS zur Berechnung von Isochronen verwendet ist ein formen basierter Ansatz (wiederholung :/). Zuerst werden mit dem in Kapitel .. bereits ausführlich erklärten Dijkstra Algorithmus alle in gegebener Zeit erreichbaren Kanten markiert. Anschließend werden die geographischen Punkte der Geometrie der Kante extrahiert. Jede Kante des Graphen stellt ein Wegstück der realen Welt dar. Im Graphen können Kanten allerdings nur durch gerade Linien dargestellt werden. Die wirkliche Geometrie ist deswegen auf der Kante gespeichert. Um jeden der extrahierten Punkte

wird ein kreisförmiger Pufferbereich gelegt. Dadurch können nahe beieinanderliegende Punkte übersprungen werden. Mit den verbleibenden Punkten wird eine Punktwolke generiert. Auf diese Punktwolke wird nun der alpha shape algorithm(Zitat) angewandt um die Isochrone als Hülle um die Erreichbaren Wegsegmente zu zeichnen. (Abb. Pictures shape based stuff) Durch den Dijkstra Algorithmus können mit diesem Ansatz Distanzen bis zu 100km berechnet werden. Je nach Transportmittel entstehen also Unterschiedliche Zeitlimits für die Isochronen Berechnung: Mit dem Auto können bis zu einer Stunde, mit dem Rad bis zu fünf Stunden und zu Fuß sogar bis zu 20 Stunden abgefragt werden. Dieser Ansatz liefert präzise Ergebnisse bei schnellen Berechnungszeiten. Die Verwendung der alpha shape Bibliothek verhindert allerdings die Möglichkeit der Darstellung von nicht erreichbaren 'Löchern' innerhalb der Isochronen.

3 Generierung des Routing-Profiles

3.1 Informations Erhebung

Fragebogen für Feuerwehr Lützelburg¹

3.2 Aufbau graph backend

weightings speed maps

first tests, feedback from firebrigade way too far.

calc weight for dijkstra calc millis for time add up

3.3 Limitierende Faktoren

3.4 Erweiternde Faktoren

4 Ergebnisse

Vergleiche zwischen Firetruck - Emergency Vehicle - Car - Heavy Vehicle + exemplarische reale beispiele!

Hier ein paar räumliche Beispiele aussuchen und exemplarisch zeigen (Routing und Isochronen), welche Änderungen das Profil mit sich bringt, einerseits innerstädtisch, andererseits auch außerhalb der Stadt. Denn Änderungen als solches ist bisschen schwierig zu definieren. die Jungs aus Lützelburg fragen, welches Gebiet mit den bereits vorhandenen Profilen wirklich schlechte Ergebnisse bringt und jetzt mit Emergency weitaus realitischere!

5 Fazit

Much more accurate than previous profile.

¹Lützelburg ist eine Stadt in Bayern

6 Future Work or Ausblick

Suche nach Löschwasser quellen um den Zielpunkt (osm tag emergency=fire_hydrant
) Beschleunigung rush hour , Tag und Nacht Unterscheidung (nachts weniger
los auf Straßen Fußgängerzonen ...)

Literatur

- [Aig15] Martin Aigner. *Graphentheorie*. 2015.
- [Dij59] Edsger W. Dijkstra. „A note on two problems in connexion with graphs“. In: *Numerische Mathematik 1*. 1959.
- [Kur08] Peter Sanders Kurt Mehlhorn. *Algorithms and Data Structures*. 2008.
- [Ste15] Jochen Stein. *Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten*. 2015. URL: <http://www.agbf.de/pdf/Fortschreibung%20der%20Empfehlung%20der%20Qualitaetskriterien%20fuer%20die%20Bedarfsplanung%20in%20Staedten%20Layout%20neu%202016.pdf>.