

Routing für dynamische Wegegraphen abseits von Wegenetzdaten

Master-Thesis UNIGIS Salzburg

Sven Giesbertz

Einleitung

Die Welt wird heutzutage schnell und genau digitalisiert. Dabei spielt die hohe Genauigkeit für viele Disziplinen eine untergeordnete Rolle. Größere Bedeutung kommt dem Faktor Zeit zu. Es ist enorm wichtig, dass Daten aktuell sind, um zu jeder Zeit schnelle und gute Entscheidungen treffen zu können. Dies findet auch im Straßenverkehr statt. Mittels Routingsysteme werden optimale Routen berechnet und angezeigt. Im öffentlichen Raum sind die Verkehrswege bekannt. Eine Änderung der Verkehrsführung findet selten statt. In Bereichen mit ständigen geometrischen Veränderungen werden die Wegerouten hingegen selten angepasst. Auch in diesen Gebieten kann ein Routingsystem viel Zeit und Ressourcen sparen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine automatische Wegeroutenverarbeitung aus topographischen Daten für Routengraphen in dynamischen Gebieten abseits von Wegenetzdaten zu finden. Dabei sollen nicht überwindbare Barrieren berücksichtigt werden. Die abgeleiteten Routendaten sollen über ein individuelles Routingsystem zur Verfügung gestellt werden.

Anwendungsgebiet und Datengrundlage

Als Anwendungsfall wird der Braunkohletagebau Inden, im Westen des Braunkohlreviers von Nordrhein-Westfalen, verwendet. Dort werden täglich auf einer Fläche von circa 5 x 8 Kilometer bis zu 600.000 Kubikmeter Erd- und Braunkohlemassen bewegt. Dies führt zu stetigen Veränderungen der Geometrie des Tagebaus und der Fahrtrouten innerhalb des Tagebaus. Die Bandanlagen sind für den Erdmassen- und Braunkohletransport notwendig, erläutert Stoll et al. (2008). Der Abbau findet terrassenförmig auf sogenannten Sohlen statt (Abbildung 1). Schaufelradbagger nehmen das Material von der Gewinnungsseite auf und kippen es auf die Bandanlage. Diese transportieren das Abraummateriale auf unterschiedlichen Sohlen in den ausgekohlten Tagebau. So entstehen hohe Böschungen die mit dem Kraftfahrzeug nicht überwunden werden können. Die Lage der Bandanlage verändert sich stetig mit Fortschreiten des Tagebaus. Die kilometerlangen Bandanlagen stellen eine Barriere dar, die nur an den Antriebsstationen oder am Bandsammelpunkt unterfahren werden kann.

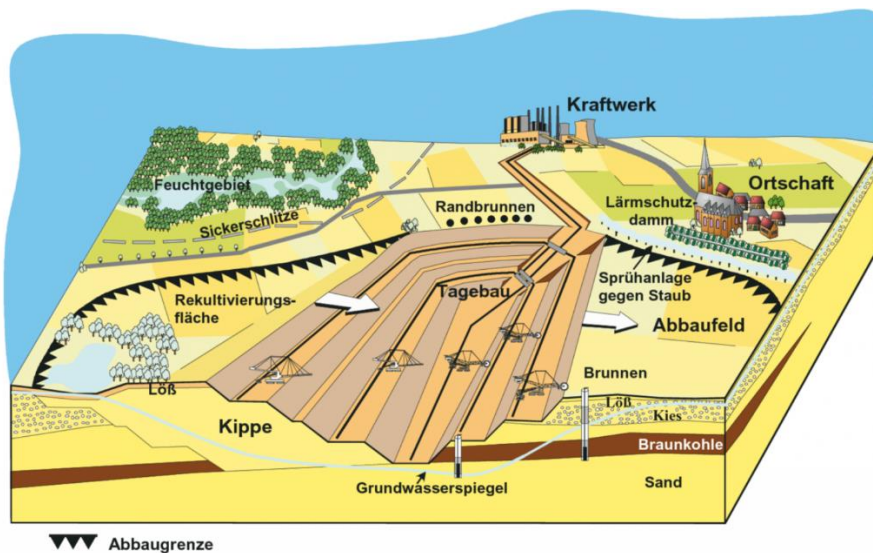


Abbildung 1: Schema eines Braunkohlentagebaues im Rheinischen Revier (DEBRIV 2005)

Die Datengrundlage für die Ableitung der Routengraphen abseits von Wegenetzdaten setzt sich im Anwendungsfall aus topografischen Daten des Tagebaus Inden zusammen. Das Bundesberggesetz (2020) sieht vor, dass Gewinnungsbetriebe in regelmäßigen Abständen das Abbaugebiet vermessen und die Geodaten aktualisieren. Die topographischen Daten von RWE Power AG (2020) bilden die Geländeoberfläche und deren künstlich errichteten Bauten in 3D mit einer Genauigkeit von 30 cm ab.

Problemstellung und Lösung

Eine gerichtete Fortbewegung wie es bei Schienen-, oder Straßenverkehr der Fall ist, trifft nur untergeordnet zu. Die freie Fortbewegung auf einer Fläche wird lediglich durch die Beschaffenheit der Fläche, wie die Hangneigung und Barrieren von baulichen Einrichtung in Abhängigkeit der Fortbewegungsmethode, begrenzt. Mögliche Verbindungen zwischen zwei Punkten als Graph zu digitalisieren ist nicht sinnvoll. Denn bei der Berechnung nach Dijkstra (1959) kann es vorkommen, dass das Ziel nicht erreichbar ist. Der Algorithmus sucht den kürzesten Pfad und die geringste Distanz vom Graphen bis zum Zielpunkt. So kann eine Routenführung bis zum Zielpunkt selbst nicht angezeigt werden. Im Beispiel ist der Zielpunkt durch die Böschung nicht erreichbar (Abbildung 2).

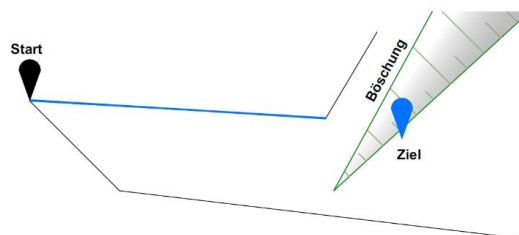


Abbildung 2: Problemskizze für Routing auf Flächen

Aus diesem Grund ist es erforderlich eine Art Dreiecksnetz zu erstellen, so dass auf der Fläche viele Zwischenknoten und Kanten entstehen. Diese dürfen nur eingefügt werden, wenn sich dort keine Hindernisse wie beispielsweise Böschungen oder bauliche Einrichtungen (Bandanlagen) befinden. Die neu erstellten Knoten werden mit allen anderen Knoten verbunden. Durch die Erweiterung der Wegenetzdaten mit Knoten und Kanten auf der Fläche ergibt sich für den Dijkstra-Algorithmus die Möglichkeit Berechnungsergebnis über die Flächen zu finden (Abbildung 3).

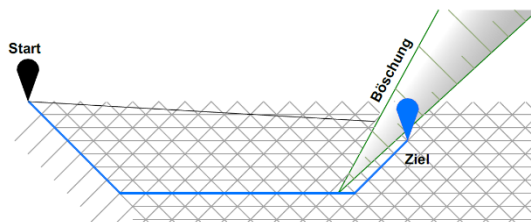


Abbildung 3: Lösungsskizze für Routing auf Flächen

Datenverarbeitung

Zum besseren Verständnis wird in ein Schemaplan dargestellt (Abbildung 4). Dieser fasst die einzelnen Arbeitsschritte vereinfacht zusammen.

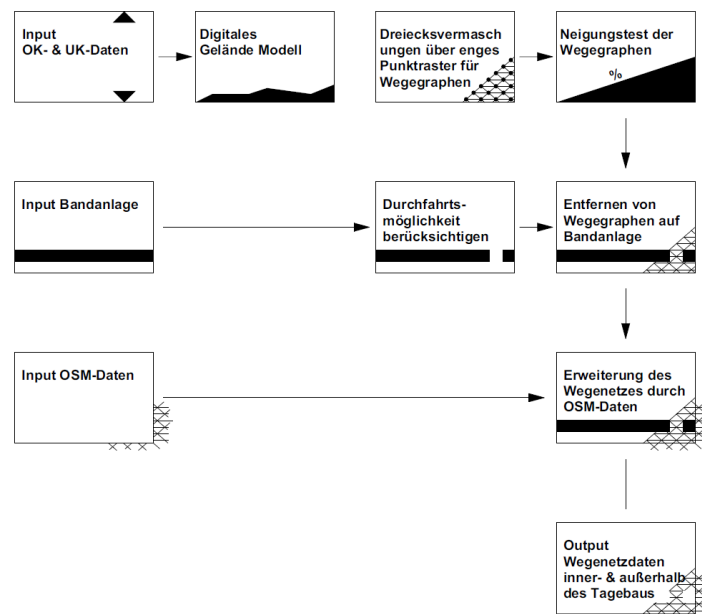


Abbildung 4: Schemaplan Datenverarbeitung

Anhand der Ober- und Unterkanten wird eine digitales Geländemodell (DGM) erstellt und mit einem Rasterweite von 25 m interpoliert. Die Unterteilung der repräsentative Geländeoberfläche wird durch die Interpolation deutlich differenzierter, jedoch nicht genauer. Die kleinen Linienverbindungen spiegeln Routengraphen für den Tagebau wieder und erhalten eine Gewichtung von 6 km/h.

Mit dem Kraftfahrzeug nicht überwindbare Linien werden anhand der Neigung herausgerechnet. Den Neigungsgrenzwert definiert die steilsten befahrbaren Wege im Tagebau. Die steilsten Wege befinden sich oft im Randböschungsbereich. Topologische Verbindungen werden anhand der Böschungsneigung aufgelöst.

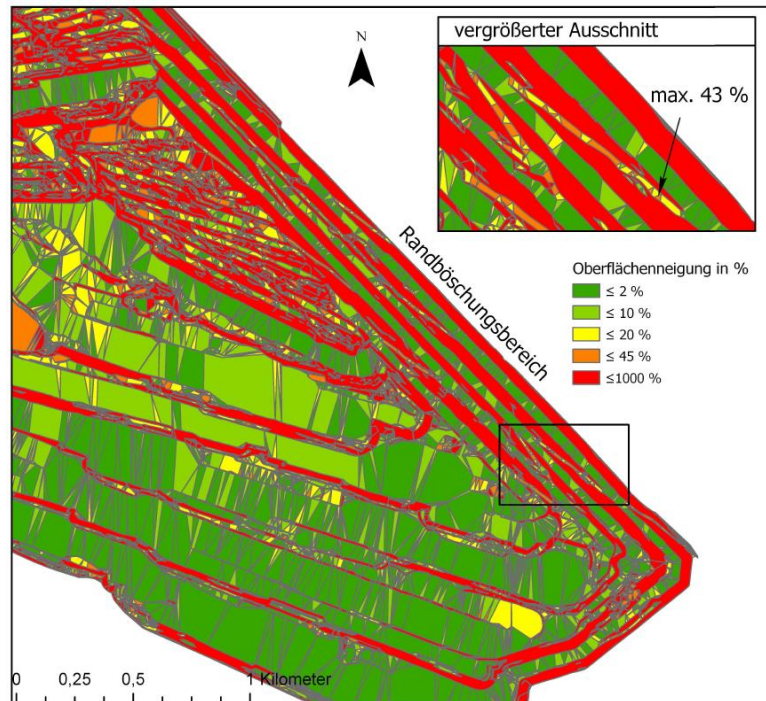


Abbildung 5: Oberflächenneigung im Randböschungsbereich des Tagebaus Inden

Die Bandanlagenachsen werden mit durchgehenden Linien abgebildet. Diese stellen Barrieren dar. Bandanlagen können nur am Bandsammelpunkt und an Antriebsstationen unterfahren werden. Die überlappende Linien werden in einzelne Linien zerschnitten, um eine Kürzung der Linien am Anfang sowie am Ende von 10 m zu ermöglichen. Die angepassten Bandanlagenlinien werden nun mit den Tagebauwegenetzdaten verschnitten. Dabei werden alle Wegenetzlinien entfernt, die von den Bandanlagenlinien gekreuzt werden. Im Bereich der gekürzten Linien bleiben Wegenetzlinien bestehen, die eine Durchfahrtmöglichkeit im topologischen Wegenetz bieten.

Aus Sicherheitsgründen und zur Schonung der Fahrzeuge wird entlang der Bandstraße das Gelände planiert und teilweise mit Kies verfestigt. Die Wege liegen parallel zu den Bandanlagen und werden in das Datenmodell durch 14 m Parallelen zu den Bandanlagenlinien als zusätzliche Wegegraphen in das Wegenetzmodell eingebracht. Die Gewichtung dieser Wegerouten wird mit 25 km/h berücksichtigt. Es werden die parallelen Bandanlagenlinien mit den vorhandenen Wegekanten verschnitten, damit nicht nur am Anfang und Ende dieser Linien auf diese Graphen gelangt werden kann. Durch die Erweiterung der Wegenetzdaten mit Knoten und Kanten auf der Fläche im Tagebau Inden, ergibt sich für den Dijkstra-Algorithmus die Möglichkeit, Berechnungsergebnisse bis zum Zielpunkt zu erreichen.

Oft werden nicht nur Ziele innerhalb eines Tagebaus angefahren, sondern auch außerhalb auf öffentlichen Straßen und Wegen. Die Geofabrik GmbH (2020) stellt freizugängliche Routendaten von OpenStreetMap (2020) bereit. Die OSM-Daten beinhalten topologische Diskrepanzen im und am Tagebau Inden und werden vor Verwendung mit dem Umring des Abbaugebiets verschnitten. OSM-Daten innerhalb des Tagebaus werden gelöscht. Im Bereich von Zufahrten werden Änderungen der OSM-Daten nicht vorgenommen, um eine Verbindung zu den Wegenetzdaten des Tagebaus haben. Der gesamte Verarbeitungsprozess wurde mit der Software FME von SafeSoftware (2020) erstellt und ermöglicht eine automatische wiederholbare Ableitung der Routengraphen im Tagebau Inden nach Veränderung der Datengrundlage.

Individuelles Routingsystem

Eine Veröffentlichung der Wegenetzdaten des privaten Tagebaugeländes ist nicht sinnvoll. Deshalb ist ein individuelles Routingsystem mit einer Vier-Schichten-Architektur zu erstellen.

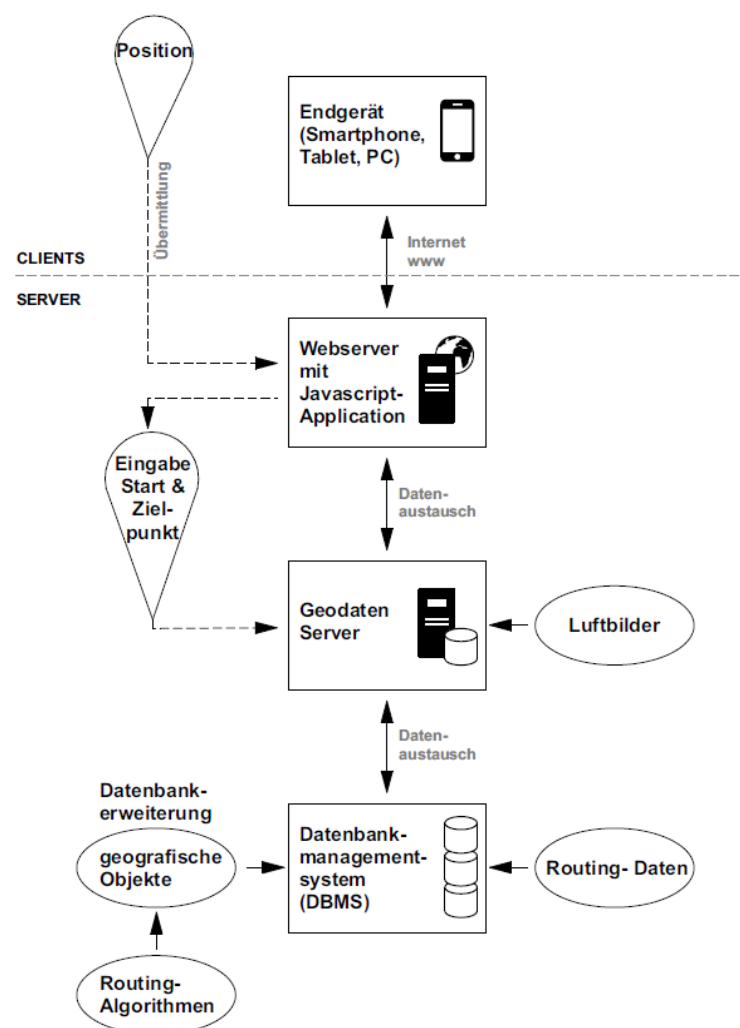


Abbildung 6: Aufbau des individuellen Routingsystems

Der Client übernimmt die Präsentationsaufgabe mit einem Endgerät. Das mobile Endgerät dient als Werkzeug, um ortsbezogene Dienste zu verwenden. Serverseitig werden in der Kommunikationsschicht die http-Anfragen aus der Präsentationsschicht angenommen und die entsprechenden Antworten zurückgeschickt. Anfragen, die eine dynamische Aufbereitung der Daten erfordert, werden in der Applikationsschicht durch entsprechende Applikationen abgearbeitet und anschließend an die Kommunikationsschicht zurückgegeben. In der Datenhaltungsschicht organisiert das Datenbankmanagementsystem sämtliche Daten, welche für die dynamischen Abfragen der Applikationsschicht zur Verfügung stehen.

Otenyo (2018) hat bereits ein solches System erstellt. Ein Überblick über die Architektur mit Datenverteilung und Komponenten zeigt die Abbildung 6.

Ergebnisse

Der Stand der Forschung hat ergeben, dass durch topographische 3D-Vektordaten die Geländeoberfläche in dynamischen Gebieten gut beschrieben und eine Ableitung von flächenhaften Routengraphen abseits von Wegenetzdaten möglich wird. Ein individuelles Routingssystem ermöglicht ausgewählten Personen ein Routing im Anwendungsgebiet mit umliegender Wegenetzdaten bereitzustellen.

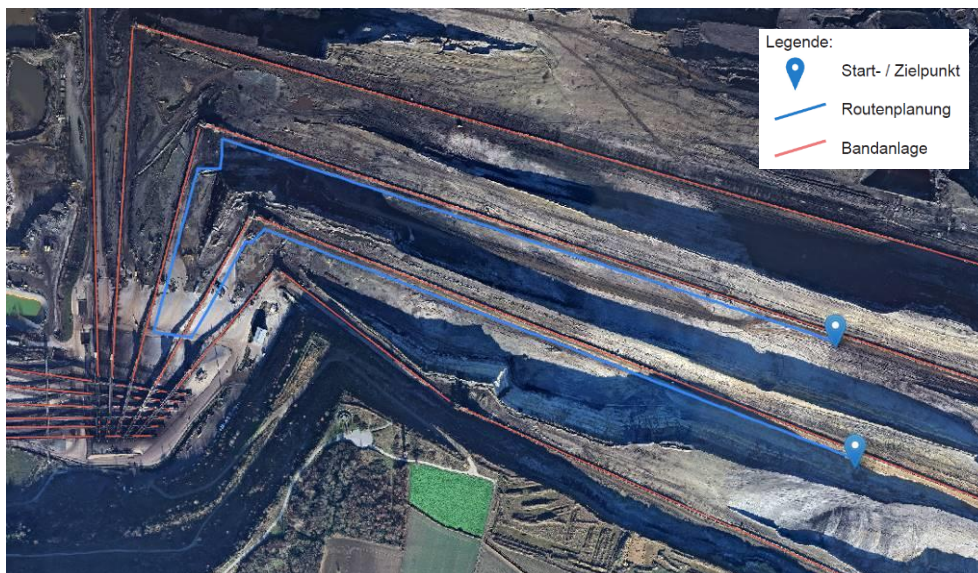


Abbildung 7: Routenplanung im Tagebau Inden

Je nach Dynamik der geometrischen Veränderung spielt die Aktualität und die Qualität der Datengrundlage eine entscheidende Rolle, die Genauigkeit kommt eine untergeordnete Bedeutung zu. Anhand von Böschungskanten wird das Routingmodell aufgebaut. Berücksichtigt werden Barrieren anhand der Böschungsneigung oder künstliche Bauten wie Bandanlagen. Durch systematische, örtliche Gegebenheiten werden gewichtete Wege anhand von Parallelen der Bandanlagen abgeleitet und verbessern dadurch das

Routennetzwerk. Stehenbleibende Routengraphen mit geringer Hangneigung innerhalb der Böschung werden durch den fehlenden topologischen Zusammenhang beim Routing nicht berücksichtigt. Die Routenführung sowie die Zielpunkte zum nächstgelegenen Knoten können bei der Routenplanung abweichen, bedingt durch das Routennetzwerk (Rasterweite von 25 Metern) und die Gewichtung. In Gebieten mit stetiger Veränderung der Vektordaten können die Routengraphen durch gleichbleibende Abläufe automatisiert erneuert werden.

Ein Routing über diese Daten führt zu signifikant, sinnvollen Routen und erleichtert die Zielfindung. Anhand von unterschiedlichen Routenplanungen, wurde die hohe Verfügbarkeit sinnvoller Routen im Tagebau und mit Berücksichtigung öffentlicher Wegenetzdaten bewiesen.

Dynamische Veränderungen der Wegegraphen finden weltweit in anderen Tagebauten oder auch bei der Segeltörn- oder Flugplanung statt. Die Datenzusammenführung ermöglicht eine differenzielle Ableitung von Routengraphen abseits von Wegen. Oft bleibt die Herleitung der Wegegraphen gleich und es lässt sich daraus ein wiederholbarer Prozess ableiten.

Quellenverzeichnis:

Bundesberggesetz (BBergG) (2020): Gesetz über Rohstoffgewinnungsbetriebe vom 13.08.1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Art. 2 G. v. 29.04.2020 I 864 (<https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/BJNR013100980.html>), [20.05.2020].

DEBRIV (2017): Schema eines Tagebaues im Rheinischen Revier, Online verfügbar unter: <https://braunkohle.de/medium/schema-eines-tagebaues-im-rheinischen-revier/>, [13.05.2020]

Dijkstra, Edsger W. (1959): A note on two problems in connexion with graphs. In: Numerische Mathematik 1. Berlin/Heidelberg: Springer, S. 269-271.

Geofabrik GmbH (2020): OpenStreetMap Data Extracts. Online verfügbar unter: <https://download.geofabrik.de/>, [09.06.2020]

OpenStreetMap (2020): OpenStreetMap - Deutschland. Online verfügbar unter: <https://www.openstreetmap.de/>, [08.06.2020]

Otenyo, Erick (2018): Finding the shortest path in a road network with PgRouting + Geoserver + Leaflet JS. Online verfügbar unter: <https://github.com/thegisdev/leaflet-pgrouting-geoserver>, [01.03.2020]

RWE Power AG (2020): interne Vektordaten von RWE Power AG, Stand: Januar 2020

Safe Software (2020): FME (Feature Manipulation Engine). Online verfügbar unter: <https://www.safe.com/fme/>, [13.05.2020]

Stoll, Rolf Dieter / Niemann-Delius, Christian / Drebenstedt, Carsten / Müllensiefen, Klaus (2008): Der Braunkohlentagebau: Bedeutung, Planung, Betrieb, Technik, Umwelt. Berlin/Heidelberg: Springer