

Thomas Rechberger / Simon Kranzer

# Bestimmung des Suchradius für Rettungseinsätze im alpinen Gelände

109 - Data Science: Erfassung, Modellierung, Analyse und  
Visualisierung von Daten

## Abstract

In dieser Arbeit wird eine Methode zur Berechnung des Suchgebietes bei vermissten Personen im alpinen Raum dargelegt. Die Problemstellung wird erörtert, die notwendigsten Grundlagen zur Lösung werden besprochen und der vorgeschlagene Lösungsweg sowie der im Rahmen des bisherigen Projektverlaufes entstandene Prototyp werden gezeigt. Im Abschluss werden mögliche Erweiterungen und die praktische Validierung diskutiert.

## Keywords:

Erreichbarkeitsanalyse, Höhenmodell, GNNS, Graphenmodell

## 1. Problemstellung

Notrufsysteme in Verbindung mit einer satellitengestützten Positionsübermittlung sind mittlerweile weit verbreitet und kommen beispielsweise in der Altenbetreuung zum Einsatz. Besonders interessant ist auch der Einsatz im Alpensport, da in diesem Fall die Suche nach verunfallten oder vermissten Personen meist sehr aufwändig und kostenintensiv ist und teilweise auch hohes Gefahrenpotential für die Hilfsmannschaften besteht. Erschwerend kommt in diesem Fall auch hinzu, dass im alpinen Gelände oft kein ausreichender Mobilfunk- bzw. Satellitenempfang verfügbar ist. Das vorliegende Projekt beschäftigte sich daher mit der Frage, wie für eine vermisste Person, deren aktueller Aufenthaltsort nicht bestimmbar ist, ein Suchgebiet anhand der letzten bekannten Position, der seither vergangenen Zeit und des umgebenden Geländes bestimmt werden kann.

## 2. Grundlagen

Ein speziell für den oben genannten Anwendungsfall der Suchgebietsberechnung im freien Gelände standardisiertes Verfahren ist nicht bekannt. Die Berechnung der Kosten für einen Pfad über eine zusammenhängende Oberfläche kann mittels des Cost-Distance-Verfahrens berechnet werden (de Smith 2015). Die unter Accumulated Cost Surface (ACS) Methoden zusammengefassten Algorithmen, siehe etwa (Douglas 1994) und (Eastman 1989), werden auf Rasterdaten angewendet und erlauben

viele denkbare Kostenfaktoren. Eine Lösung der oben genannten Aufgabenstellung mittels ACS, etwa unter Berücksichtigung des Gradienten, ist durchaus erreichbar. Aber auch eine alternative Lösung unter der Betrachtung eines Weges als Pfad innerhalb eines Netzwerkes, wie sie z.B. durch Straßen gebildet werden, durch eine Erreichbarkeitsanalyse aus der Graphentheorie ist denkbar. Hierbei wird berechnet, welche Punkte des Netzwerks ausgehend von einem Startpunkt innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne erreicht werden können (Bill 2010, Sedgewick 1992). Dieser Lösungsweg soll im folgenden Text näher betrachtet und erarbeitet werden.

Wird dem freien Gelände ein solches Netzwerk, auch Graph genannt überlagert, welches die Geländeform bzw. dessen Begehbarkeit abbildet, lässt sich oben erwähnte Erreichbarkeitsanalyse auch hier anwenden. Als Grundlage dazu dienen Digitale Geländemodelle (DGM) bzw. digitale Höhenmodelle (DHM), die in einem regelmäßigen Raster die Höheninformationen des Geländes enthalten. Sie können zusätzlich auch Strukturinformationen enthalten, wie beispielsweise Bebauung, Wasserläufe etc., die weiterführend ebenfalls ausgewertet werden könnten (Bill 2010).

Um die Ausdehnung des Suchgebiets bestimmen zu können, müssen Annahmen über die Gehgeschwindigkeit der vermissten Person getroffen werden. Im alpinen Raum kommen dazu vorrangig zwei Standards zum Einsatz, die beide auf der Geländeneigung aufbauen. Dies ist die DIN 33466 (Schmid 2011) und die Wegzeitberechnung der nationalen Dachorganisation der Schweizer Wanderwege (SWW) (Kromer 2001).

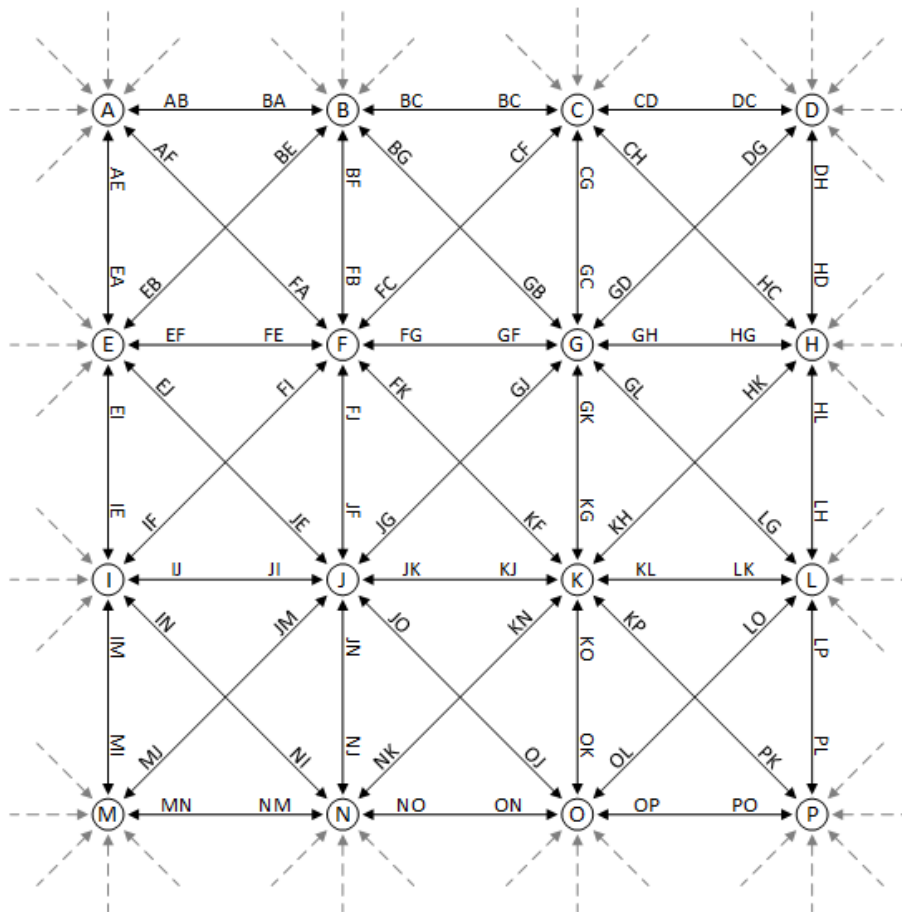
### **3. Lösungsweg**

Das beschriebene Verfahren besteht im Wesentlichen aus vier Teilen, die nachfolgend jeweils kurz skizziert werden. Nach Generierung des Graphen folgen die Berechnung des Suchgebietes, die Integration von GNSS Tracks in den Graphen sowie die Individualisierung der Erreichbarkeitsanalyse.

#### **3.1 Generierung des Graphen**

Aus einem digitalen Höhenmodell wird ein Graph abgeleitet, der das Gelände anhand der Geländeneigung abbildet. Die Rasterpunkte des zugrunde liegenden DHM bilden die Knoten des Graphen und die Kanten entsprechen den Verbindungen zwischen direkt benachbarten Knoten. Die Gewichtung der Kanten ist die Gehzeit, die benötigt wird, um diese Strecke zurückzulegen, sie hängt direkt von der Horizontalentfernung und der Höhendifferenz ab.

Dieses Schema ist in Abbildung 1 visualisiert, wobei die Knoten durch die mit Buchstaben versehenen Kreise repräsentiert werden und die Kanten durch die Pfeile dargestellt werden. Die Buchstabenpaare an den Kanten stehen für die Gewichtung, wobei beispielsweise AB die Wegzeit von Knoten A nach Knoten B darstellt und BA die Wegzeit in umgekehrter Richtung.



**Abbildung 1: gewichteter und gerichteter Graph, gebildet aus DHM**

Diese Berechnung und damit die Gewichtung des Graphen kann nun anhand weiterer Informationen, wie beispielsweise Strukturinformationen zu Bewuchs, Bebauung, Wegführung, Wasserläufen etc., genauer an die realen Geländebeziehungen angeglichen werden. Zudem kann durch die Einführung des Gewichts „unendlich“ eine Kante als unbegebar gekennzeichnet werden, wie dies bei Geländeabbrüchen, größeren Wasserflächen o.ä. der Fall ist. In Abschnitt *Integration von GNSS Tracks in den Graphen* wird eine weitere Möglichkeit vorgestellt, um die Gewichtung des Graphen anzupassen.

### 3.2 Berechnung des Suchgebiets

Auf den oben beschriebenen Graphen kann nun eine Erreichbarkeitsanalyse angewandt werden, um das Suchgebiet zu erhalten. Die letzte bekannte Position der vermissten Person ist dabei der Ausgangspunkt der Analyse und die Dauer der Abgängigkeit entspricht der maximalen Impedanz. Da die Impedanzen des Graphen die Gehzeiten im Gelände darstellen, ist das Ergebnis die Menge aller Knoten um den Ausgangspunkt, die die vermisste Person in der Zwischenzeit erreicht haben kann, was demnach dem Suchgebiet entspricht.

### 3.3 Integration von GNSS Tracks in den Graphen

Die Gewichtung des Graphen anhand der Neigung und anderer Geländeeigenschaften entspricht lediglich einer Schätzung. Durch die Integration bestehender GNSS-Tracks von Begehungen im Gelände ist es möglich, tatsächliche Gehgeschwindigkeiten ebenfalls im Modell abzubilden. Dazu werden die Tracks über den Graphen gelegt und jene Kanten ermittelt, die sich mit dem Track decken. Die Impedanzen dieser Tracks können dann an die Gehgeschwindigkeit des Tracks angepasst werden.

### 3.4 Individualisierung der Erreichbarkeitsanalyse

Sind von der vermissten Person mehrere GNSS-Tracks von vergangenen Touren verfügbar, kann ein individuelles Bewegungsprofil ermittelt werden. Damit kann die Erreichbarkeitsanalyse so abgestimmt werden, dass die Größe des Suchgebiets bestmöglich dem aktuellen Fall entspricht.

## 4 Ergebnisse

Das oben beschriebene Verfahren wurde als Prototyp in Matlab realisiert. In Abbildung 2 wird eine simulierte Suchgebietsberechnung im hinteren Gasteinertal mit einer Vermisstendauer von 60 Minuten dargestellt. Der Ausgangspunkt ist in der Mitte des Suchgebiets in dunklerer Farbe erkennbar. Es ist gut erkennbar, dass das Suchgebiet entlang des flachen Talbodens eine deutlich größere Erstreckung aufweist, als zu den Talseiten hin. Noch deutlicher wird das in der ebenen Darstellung in Abbildung 3 durch überlagerte Höhenschichtlinien des Geländes.

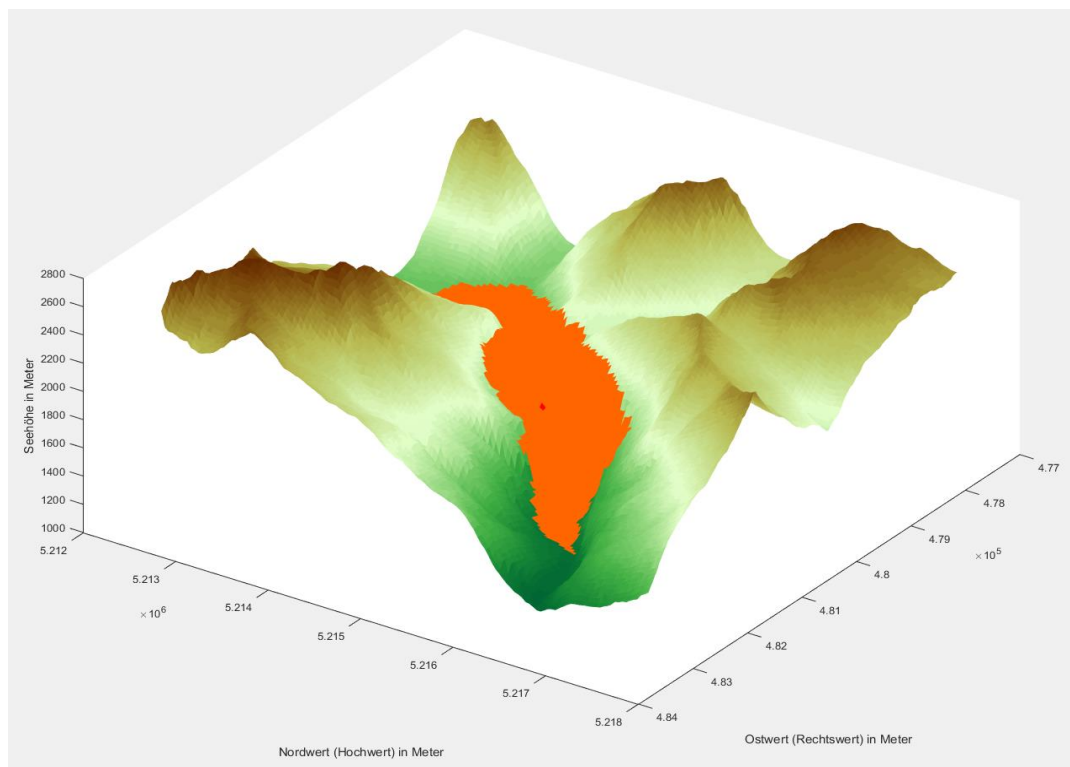
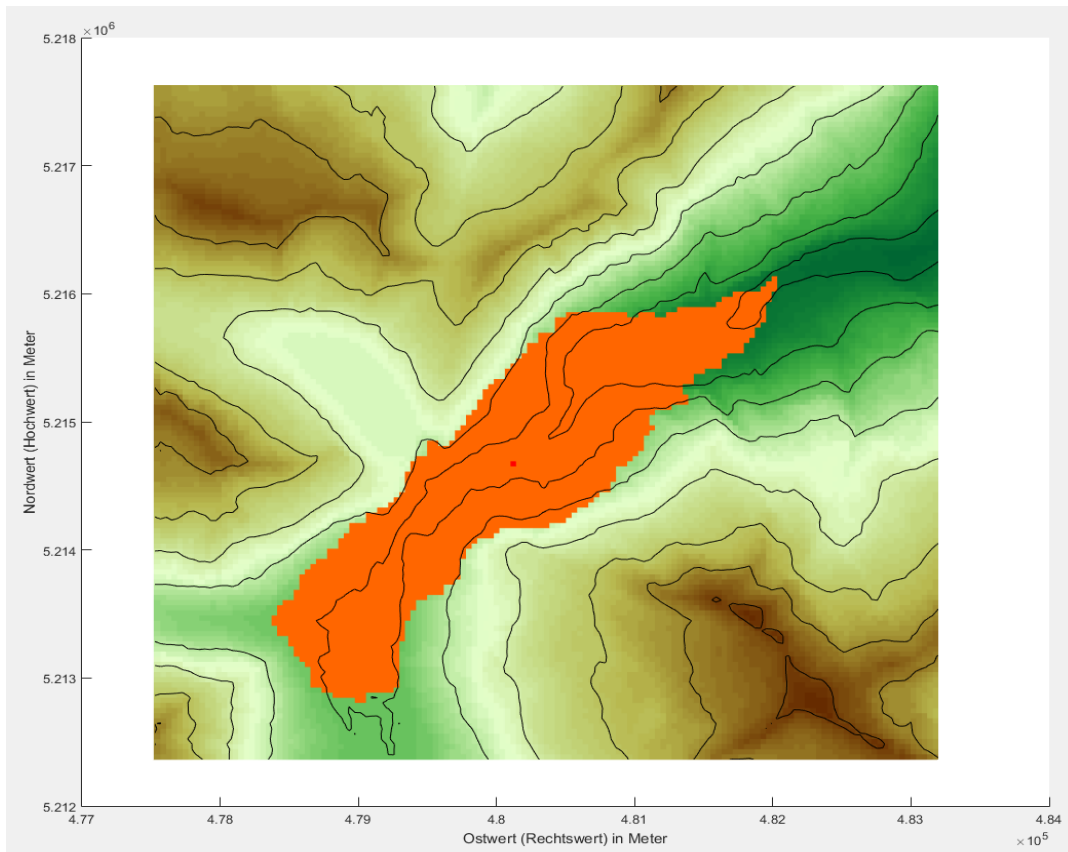


Abbildung 2: 3D Darstellung des berechneten Suchgebiets



**Abbildung 3: 2D Darstellung des berechneten Suchgebiets mit Höhenschichtlinien**

## 5 Zusammenfassung

Die vorgeschlagene Methode zur Bestimmung des Suchradius für Einsatzkräfte in alpinem Gelände anhand von Höhenmodellen, GNNS-Tracks und einem grafenbasierten Algorithmus bildet die Grundlage für einen besseren Einsatz insbesondere von Kräften bei der Suche nach vermissten und potentiell verletzten Personen. Die bisherige Arbeit und der darin entstandene Prototyp bilden dabei die Basis für die experimentelle Validierung und die Erweiterung um zusätzliche Parameter wie etwa die Bodenbeschaffenheit, die Wetterlage und dergleichen.

## 6 Danksagung

Dank gilt Herrn Philipp Stupnik, der als Ideengeber bei der Aufgabenstellung und als Diskussionspartner zur Entwicklung der Lösung wesentlich beigetragen hat.

### **Literaturliste/ Quellenverzeichnis:**

Bill, Ralf (2010): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Berlin: Wichmann

de Smith, Michael J./ Goodchild, Michael F./Longley, Paul A. (2015): Geospatial Analysis online.  
<http://www.spatialanalysisonline.com/> (24.1.2016)

Douglas, D. H. (1994): Least cost path in GIS using an accumulated cost surface and slope lines.  
Cartographica, 31, 37-51

Eastman J. R. (1989): Pushbroom algorithms for calculating distances in raster grids.  
Proceedings, Autocarto 9, 288-97.

Kromer, Felix K. (2001): Schweizer Wanderwege Gehzeitberechnung.  
[http://www.wandern.ch/download.php?id=265\\_984bc5d8](http://www.wandern.ch/download.php?id=265_984bc5d8) (9.4.2015)

Schmid, Silvia (2011): Wegehandbuch der Alpenvereine.  
[https://www.alpenverein.at/portal\\_wAssets/docs/berg-aktiv/wege\\_touren/wegehandbuch\\_digital.pdf](https://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/berg-aktiv/wege_touren/wegehandbuch_digital.pdf)  
(23.5.2015)

Sedgewick, Robert (1992): Algorithmen in C. Bonn: Addison-Wesley.