

GIS-gestützte Modellierung von Anmarschwegen auf Haltestellen des öffentlichen Verkehrs

Jörg JERMANN

Zusammenfassung

In heutigen Verkehrsauskunftssystemen (Routenplaner, Fahrplanauskunft) sind Fusswege nur minderwertig oder gar nicht enthalten.

In der vorliegenden Arbeit soll der Rahmen geschaffen werden, um diese Lücke zu füllen. Dazu werden zuerst die Anforderungen bezüglich Genauigkeit für Modellierungen von Fusswegen formuliert. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen werden dann aus Vektordaten der topographischen Karten 1:25'000 Fusswegenetze modelliert und auf Testgebiete angewendet. Eine Diskussion des gewählten Vorgehens und der Resultate rundet die Arbeit ab.

1 Einleitung

Anmarschwege sind Fusswege von Gebäude zu Zugangspunkt eines Verkehrssystems (Haltestelle, Parkplatz). Sie bilden das erste oder in entgegengesetzter Richtung das letzte Element einer Reise.

Während bei Routenplanern für den Individualverkehr (IV) der Fussweg zum oder vom Parkplatz, bzw. Garage nicht berücksichtigt wird, sind Anmarschwege in Fahrplanauskunftssystemen für den öffentlichen Verkehr (ÖV) zwar teilweise integriert, aber oft wenig aussagekräftig.

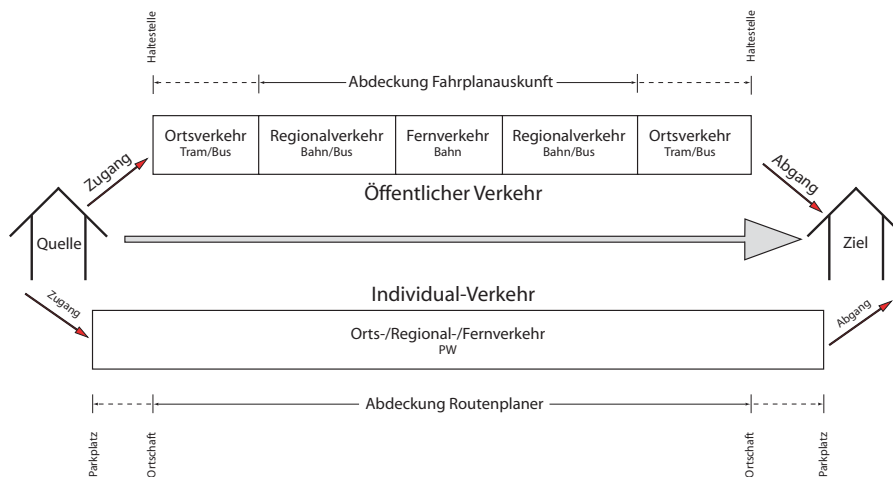


Abb. 1: Schematische Gliederung von Transportkette pro Verkehrsmittel und deren Abdeckung durch Verkehrsauskunftssysteme.

Die vorliegende Arbeit zielt auf diesen Abschnitt der Reise und versucht durch systematische Herleitung der zweckmässigen Genauigkeiten von Daten, Software und Aussagen eine solide Ausgangslage für die eigentliche Fusswege-Modellierung zu bilden.

2 Grundsätzlicher Vorgang der Routenberechnung

Bei der Modellierung von Fusswegen wird der kürzeste Weg zwischen Quell- und Zielpunkt, hier Adresse/Gebäude und Haltestelle, generiert.

Dabei wird der dem Quellpunkt nächstgelegene Knoten des Wegnetzes als Startpunkt und der dem Zielpunkt nächstgelegene als Endpunkt gewählt und zwischen Start- und Endpunkt der Weg geringsten Widerstandes gesucht. Der Widerstand kann dabei zeitlicher oder metrischer Natur sein.

Zur Lösung dieses Problems bestehen eine Vielzahl von Methoden und Algorithmen, die in verschiedenen Produkten implementiert sind. Das hier verwendete Routing-Programm basiert auf MapInfo und unterstützt die Technik der dynamischen Segmentierung nicht.

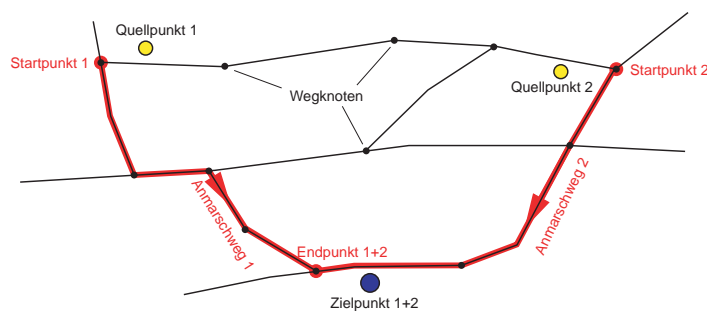


Abb. 2: Schematischer Vorgang bei der Routenberechnung von Anmarschwegen

Massgebend für die Qualität der modellierten Fusswege sind somit einerseits die Wahl der Start- und Endpunkte auf dem Wegnetz sowie eine den Fusswegen entsprechende Topologie des Wegnetzes.

3 Festlegen der Genauigkeit

Bei der Festlegung der Genauigkeiten wird eine Konvergenz zwischen der durch die Modellierung erzielbaren und der von den Aussagen geforderten, bzw. erwarteten Genauigkeit angestrebt (Abbildung 3).

Die Genauigkeit der Modellierung sagt aus, welche Genauigkeit mit den beteiligten Daten und der verwendeten Software bei der Modellierung maximal möglich ist.

Die Genauigkeit der Aussage wiedergibt als Mindestangabe die Genauigkeit, die von den Resultaten gefordert, bzw. erwartet ist.

Die einzelnen an der Modellierung beteiligten Elemente sind zum einen die Daten (Wege, Gebäude) und zum andern die Software (Routing-Programm). Die Aussage gliedert sich in eine örtliche und eine zeitliche Komponente.

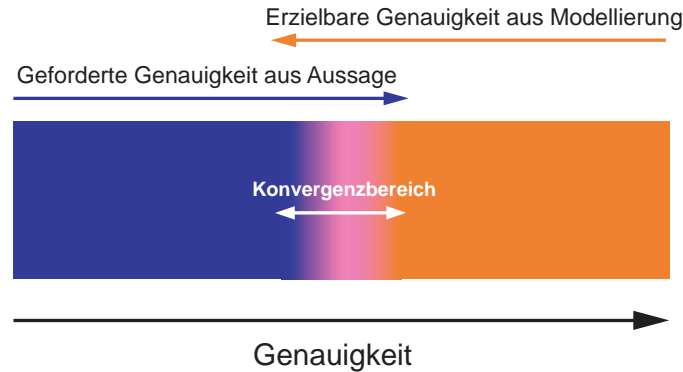


Abb. 3: Zusammenspiel Genauigkeit aus Modellierung und Genauigkeit aus Aussage

3.1 Genauigkeit der Modellierung

Die Genauigkeit der Daten bezieht sich zum einen auf die Lage der Wegachse und die Länge der Wege (da ja nur Weg-Knoten als Start- und Endpunkte gewählt werden können), zum andern auf die Lage der Adresse oder des Gebäudes, ab welchem der Fussweg generiert werden soll. Als Daten kommen bei den Wegen VECTOR25 des Bundesamtes für Landestopographie (Schweiz) und bei den Adressen metergenaue Gebäudekoordinaten des Bundesamtes für Statistik (Schweiz) zu Anwendung.

Die Genauigkeit der Software bezieht sich auf die Länge der Wege, bei welchen die Routenbildung korrekt abläuft¹

3.2 Genauigkeit der Aussage

Die Genauigkeit der örtlichen Aussage beschreibt, wie genau der Verlauf der Fusswege erwartet wird. So bringt die metergenaue Angabe des Anmarschweges wenig, da sich bspw. der Weg vom Startpunkt einer Reise, was ja eigentlich die Wohnungstüre darstellt, zum Startpunkt auf dem Wegnetz bei einem Einfamilienhaus und bei einem Hausblock schon um mehrere Meter unterscheidet. Ebenso geht bei Haltestellen und Bahnhöfen die Strecke vom Koordinatenpunkt der Haltestelle zum genauen Einstiegspunkt nicht in den modellierten Anmarschweg ein, weshalb auch hier die Angabe auf wenige Meter wenig Sinn machen würde. Zudem verhalten sich Personen auf einem Weg durch subjektive Wahl der Wegseiten, Abkürzungen oder Schleichwege individuell, was in der Modellierung nicht berücksichtigt werden kann.

Die Genauigkeit der zeitlichen Aussage beschreibt, welche Präzision von einer Fusswege-Auskunft erwartet wird. Diese muss im Verhältnis zur zeitlichen Genauigkeit der anderen

¹ Bei Versuchen das Fusswegenetz mit 1m, 2m oder 5m-Wege zu modellieren zeigte sich, dass sich das Routing-Programm instabil verhält und die einzelnen Wege aufzublähen beginnt.

Elemente der Transportkette, also der Fahrt mit IV oder ÖV, stehen. Insofern machen sekundengenaue Fusswege-Angaben bei einer Reise, die der IV oder ÖV nie genauer als in Minuten angeben kann, ebenso keinen Sinn.

3.3 Zusammenstellung Genauigkeit

Durch Umformung der zeitlichen Aussagen mit einer durchschnittlichen Fussgängergeschwindigkeit von 4.8 km/h [WEIDMANN 1993] in entsprechende metrische Werte ergibt sich folgende Zusammenstellung der Genauigkeiten und deren Konvergenz.

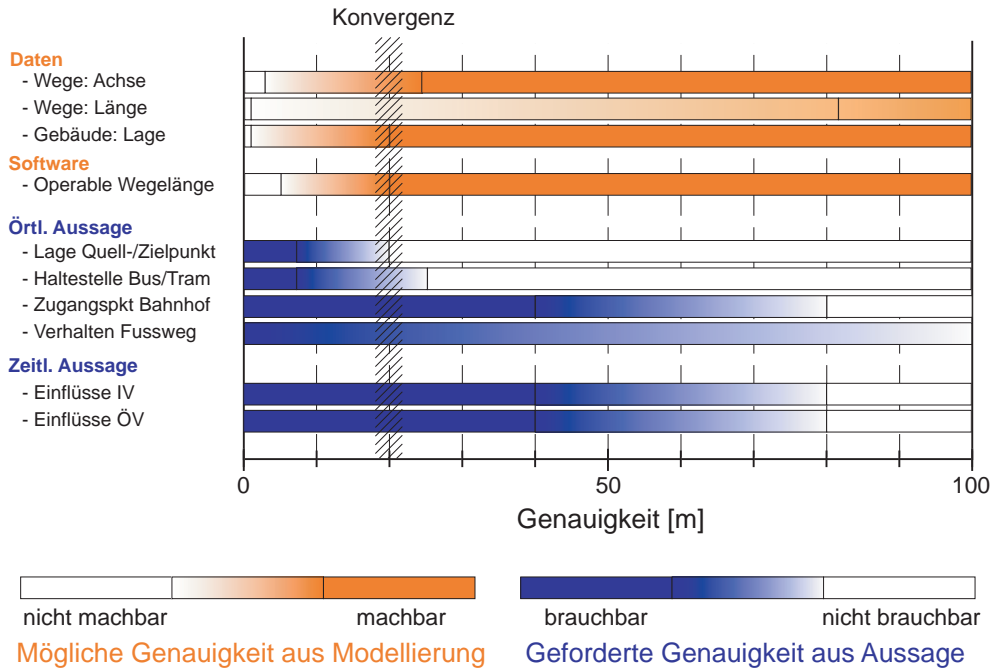


Abb. 4: Genauigkeiten und Konvergenzbereich

Es ist ersichtlich, dass sich im Bereich von ca. 20 Metern eine Konvergenz zwischen den beiden Genauigkeitsgruppen ergibt. Einzig die Länge der Wege vermag dieser Anforderung nicht zu genügen. Diese streuen zwischen 1 – 2250 m mit einem Durchschnittswert bei 83 m. Die Wege sind also in kürzere Elemente zu verfeinern.

Da die Fusswege Steigungen und Gefälle mit der damit verbundenen Reduktion der Fussgängergeschwindigkeit berücksichtigen sollen, ist die Festlegung der Genauigkeit durch eine Zeitgrösse zweckmässiger. Unter Verwendung der Fussgängergeschwindigkeit leitet sich aus den 20 Metern eine zeitliche Genauigkeit von 15 Sekunden ab. D.h. die Wege sind in Elemente zu verfeinern, die ca. 15 Sekunden Fusswegezeit entsprechen.

Die anderen an der Modellierung beteiligten Daten erfüllen bereits die festgesetzte Genauigkeit und bedürfen keiner weiteren Anpassungen.

4 Modellierung des Fusswegenetzes

Unter Berücksichtigung der im vorigen Kapitel festgelegten Genauigkeiten werden nun die Fusswege modelliert. Das Vorgehen kann folgendermassen skizziert werden:

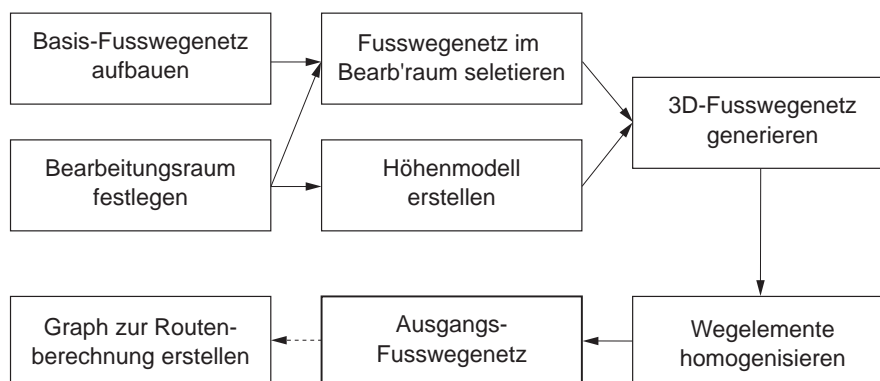


Abb. 5: Methodischer Ablauf Modellieren Fusswegenetz

Von der Haltestelle aus wird auf dem Basis-Fusswegenetz eine Isochrone von 10 Minuten gebildet. Diese Isochrone stellt den Bearbeitungsraum dar. Innerhalb dieses Bearbeitungsraums werden alle Fusswege selektiert. Diese erfahren dann die Veredlung zu anmarschtauglichen Fusswegen.

Dazu wird basierend auf dem 25m-Raster des digitalen Höhenmodells DHM25 des Bundesamtes für Landestopographie (Schweiz) vom gleichen Bearbeitungsraum ein Grid erstellt und daraus ein TIN² mit einer Höhentoleranz von 1 Meter erzeugt.

Mit Hilfe einer 3D-Software wird dann das selektierte Fusswegenetz, das ja noch keine Höhe besitzt, basierend auf dem TIN zu einem 3D-Fusswegenetz umgeformt. Dabei wird automatisch der Weg bei jeder Kante des TIN gebrochen und in einzelne Teile zerlegt, so dass am Schluss nur noch Wegeteile mit konstanter Steigung resultieren. Anschliessend wird die Steigung der Wegeteile berechnet und über die Beziehung der Fussgängergeschwindigkeit in Abhängigkeit der Steigung [WEIDMANN 1993] daraus die kritische Weglänge (für 15 Sek) bestimmt.

In der Folge werden alle Wegeteile, die grösser als die kritische Weglänge sind, weiter zerteilt. Durch die mehrmalige Zerteilung der Wege entstehen viele sehr kurze Wegestücke. Diese werden in einem letzten Schritt mit den benachbarten Wegeteile verschmolzen, so dass am Schluss nur noch Wegteile bestehen, deren Länge nahe bei der kritischen Weglänge liegt. Dieses homogenisierte Wegnetz stellt nun das Ausgangs-Fusswegenetz dar. Das Routing-Programm erstellt aus diesem den für die Routenberechnung benötigten Graphen.

² TIN = Triangulated Irregular Network. Technik zu Modellierung einer Oberfläche mit Dreiecksvermaschung

5 Diskussion des gewählten Vorgehens

Die Anwendung der so generierten Fusswege auf Testgebiete zeigt, dass sich im allgemein plausible Anmarschwege ergeben. Dies wurde auch bei der Verwendung der Fusswege für die Berechnungen von Haltestellenpotenzialen deutlich gemacht.

Ebenso erlaubt die Feinheit der Fusswegedaten Analysemöglichkeiten im Minutenbereich, so etwa die Berechnung von Erschliessungspotenzialen pro Anmarschweg-Minute, oder die Generierung von Einzugsbereichen. Eine umfassende Zusammenstellung der Analysen finden sich in JERMANN 2002.

Durch die Anwendung der Fusswege in den Testgebieten konnten aber auch Schwachstelle und Fehler entdeckt werden:

- So wurden pro Testgebiet einzelne Weg-Kreuzungen im Graph nicht topologisch korrekt abgebildet. Dies betraf aber weniger als 1 Prozent aller Kreuzungen.
- Auch zeigte sich, dass viele Fusswege, besonders in der näheren Umgebung von Haltestellen, nicht in topographischen Karten enthalten sind.
- Ein weitere Punkt ist, dass Fusswege richtungsspezifisch modelliert werden müssten, vor allem wenn die Einfluss der Steigung berücksichtigt werden sollte.
- Ebenso liesse sich durch Anwendung der dynamischen Segmentierung ein viel eleganteres Fusswegenetz erstellen.

Der Einfluss vor allem dieser beiden letzten Punkte werden Inhalte weiterführender Forschungsarbeiten sein.

6 Fazit

Insgesamt zeigt sich, dass sich selbst mit Desktop GIS-Werkzeugen eine doch recht anspruchsvolle und vielschichtige Arbeit wie die steigungsabhängige Modellierung von Fusswegen zielführend bewältigen lässt.

Neben aller Verliebtheit in die Techniken der Modellierung sollte aber trotzdem nicht vergessen werden, dass die entscheidende und wichtigste Grösse die Qualität der verwendeten Daten ist.

Hier gilt es speziell bei Datenanbietern das Interesse zur Erhebung von soliden Fusswege-Daten zu wecken. Denn oft spielen für das Individuum diese kurzen Wege eine entscheidende Rolle beim Verkehrs- oder Konsumverhalten.

7 Literatur

- JERMANN J. (2002): *GIS-gestützte Modellierung von Anmarschwegen auf Haltestellen des öffentlichen Verkehrs*. Diplomarbeit UNIGIS MAS, Institut für Geographie und angewandte Geoinformatik, Universität Salzburg, Salzburg
- WEIDMANN, U. (1993): *Transporttechnik der Fussgänger*. Schriftenreihe Nr. 90, Institut für verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau (IVT), ETH Zürich, Zürich.