

Nutzerbasierte Adaption des Fahrrad-routenplanungsprozesses im Internet

Zusammenfassung

Dieser Artikel beschreibt die Konzeption eines Fahrradrouutenplaners im Internet, dessen Funktionalitäten an die Bedürfnisse und Wünsche der Anwender angepasst sind. Um diese Bedürfnisse zu erfassen, wurde zunächst eine Nutzerbefragung im Internet durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen ist ein Funktionsumfang erstellt und in einem letzten Schritt ein Konzept erarbeitet worden, wie diese vom Anwender gewünschten Funktionalitäten realisiert werden können. Besonders die Loslösung der Routenberechnung von der Eingabe von Haltepunkten stellte eine Herausforderung dar. Der Anwender erhält dadurch die Möglichkeit lediglich durch die Auswahl eines Startpunkts sowie die Eingabe einer zu fahrenden Distanz eine Route zu berechnen, ohne weitere anzufahrende Punkte auswählen zu müssen. Das Konzept und die Entwicklung des Fahrradrouutenplaners erfolgte am Institut für Geoinformatik und Fernerkundung (IGF) der Universität Osnabrück, wo bereits seit etlichen Jahren im Bereich der Fahrradrouutenplanung im Internet gearbeitet wird. So entstand im Jahr 2001 der Fahrradrouutenplaner „Fahrradies“, der nun durch die im Folgenden beschriebenen Funktionalitäten aktualisiert werden soll.

Abstract

This paper describes the conceptual design of an internet based bicycle routing system, which functions are adapted to the needs and interests of the potential users. To capture the users needs an internet based survey was implemented at first. Based on the survey results a set of functions was developed and a concept was worked out, how to realise the implementation of the functionalities desired by the users. Especially the route planning without selecting stops was a challenge. In this way the user gets the opportunity to receive an individual route just based on a selected starting point and a distance to drive (e.g. 20 km). He doesn't have to select any other stops for the route calculation. Design and implementation of the internet based bicycle routing system was done by the Institute for Geoinformatics and Remote Sensing (IGF) at the University of Osnabrück. The IGF is working on bicycle routing systems since many years now. During this time there was developed an route planning system called "Fahrradies" (2001), which is now updated with the functions described above.

planung im Internet besitzen. Für die Ermittlung der Nachfrage ist es notwendig, die Vorstellungen zu erfassen, die von einem Anwender an einen Fahrradrouutenplaner, der im Internet zur Verfügung steht, gestellt werden. Interessant ist z.B., welche Funktionalitäten ein Fahrradrouutenplaner bereitstellen sollte. Zusätzlich ist es sinnvoll, die Gewohnheiten bei der Planung einer Route sowie die Akzeptanz neuer Medien für die Ausgabe einer Fahrradkarte z.B. auf einem PDA abzufragen. Zur Beantwortung dieser Fragestellungen anhand einer empirischen Studie wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Online-Befragung durchgeführt, um ein Routingkonzept zu entwickeln, welches flexibel auf die Wünsche der Anwender reagieren kann.

2 Ermittlung der Nachfrage

Die Befragung richtete sich an die Personen, die in ihrer Freizeit Fahrradtouren durchführen. Bei der Auswertung einer Online-Befragung muss berücksichtigt werden, dass nicht alle Menschen via Internet zu erreichen sind. Laut TNS INFRATEST et al. (2005) verfügt zwar mehr als jeder zweite Deutsche über einen Internetzugang (55,1% im Jahr 2005), 38,6% der Deutschen werden allerdings immer noch als Offliner bezeichnet. Da es nicht realisierbar ist, alle Freizeitradler im deutschsprachigen Raum zu erfassen, konnte für die Befragung nur ein bewusstes Auswahlverfahren in Betracht gezogen werden. Zum einen wurde die Befragung im Internet zur Verfügung gestellt, zum anderen wurden der ADFC sowie ca. 320 Radvereine aus ganz Deutschland angeschrieben. Zusätzlich wurden weitere Portale rund um das Thema Fahrrad gebeten, die Befragungsseiten dort zu verlinken.

Die Befragung wurde ab Februar 2005 mit einer Laufzeit von 12 Monaten durchgeführt. Insgesamt haben sich ca. 800 Personen an der Befragung beteiligt. Wichtig erschien unter anderem eine große räumliche Verteilung der Rückläufe. Durch die Abfrage des Wohnortes mit Postleitzahl konnte eine Übersicht über

AUTORIN

Dipl.-Umweltwiss. Katrin Stroemer

1 Fahrradrouutenplanung im Internet

Für den motorisierten Individualverkehr existiert im Internet bereits eine Vielzahl an Systemen, die dem Anwender eine Route zwischen zwei oder mehreren Orten berechnen. Weniger berücksichtigt waren bisher die Fahrradfahrer, die sich mit Hilfe eines Routenplaners eine Strecke für berufliche oder Freizeit-Zwecke

planen möchten. Mittlerweile gibt es eine Reihe statischer Fahrradrouutenplaner, die dem Nutzer zwar Tourenvorschläge bieten, jedoch nicht die Option beinhalten, individuelle Touren zu planen. Erst wenige Systeme beschäftigen sich mit der interaktiven, internetgestützten Berechnung einer Fahrradtour (z.B. Fahrradies, Radrouutenplaner NRW, Ruhrtal a la Carte).

Grundlegend fehlen Konzepte, um die Radrouutenplanung an die Wünsche der Anwender anzupassen. Zudem ist nicht klar, welche Interessen und Wünsche die Anwender in Bezug auf Fahrradrouuten-

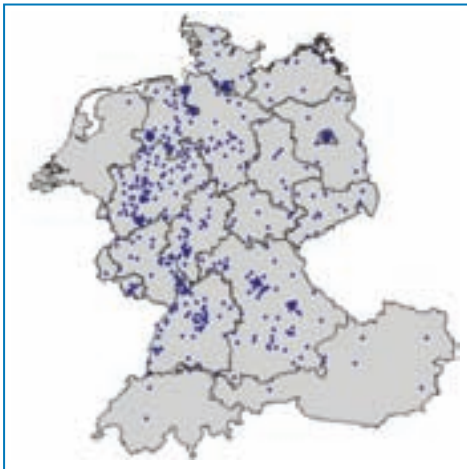


Abbildung 1: Räumliche Verteilung der Befragungsrückläufe.

die räumliche Verteilung der Befragten erarbeitet werden (s. Abb. 1).

Mehr als ein Drittel der Befragten (42,5% = 328 Nennungen) nutzt für die Planung einer Route weiterhin die herkömmliche analoge Fahrradkarte. Nur 10,1% (78 Nennungen) planen ihre Route ausschließlich digital. Davon nutzen nur 39,8% (35 Nennungen) der digitalen Planer das Internet, 60,2% (53 Nennungen) bevorzugen die CD ROM als Medium. Immerhin 29,8% aller Befragten (230 Nennungen) nehmen sowohl die analoge Karte als auch digitale Medien für die Planung einer Route zur Hilfe. Beachtlich ist die Tatsache, dass sogar 17,5% (135 Nennungen) die Route im Vorfeld überhaupt nicht planen.

Besonders interessant gestaltet sich die Antwort auf die Frage, ob die Befragten bereits einen Fahrradroutenplaner im Internet genutzt haben. 87,4% (674 Nennungen) verneinen dies. Nur 12,6% (97 Nennungen) geben an, bereits Erfahrungen mit Fahrradroutenplanern im Internet gemacht zu haben. Dabei steht an erster Stelle der Fahrradroutenplaner NRW mit 37 Nennungen. 8 der Befragten geben an, Map24 als Routenplaner für eine Fahrradtour zu nutzen. Da es sich bei Map24 ausschließlich um einen Planer für den motorisierten Individualverkehr handelt, ist nicht davon auszugehen, dass er für die Planung von Fahrradtouren aufgrund von fehlenden Radwegen oder Nebenstrecken geeignet ist. Immerhin noch 6 der 97 Personen haben bereits das Fahrradies (vgl. EHLERS et al. 2004) getestet. Das Portal Geolife der Landesvermessung und

Geobasisinformation Niedersachsen (LGN) nutzten 5 Befragte.

Es hat sich gezeigt, dass ca. drei Viertel der Befragten (76 %) es vorziehen, eine individuelle Route zu planen, anstatt sich eine Tour aus bereits fertigen Routenvorschlägen auszuwählen. Dabei wird vor allem die Berechnung einer Rundtour sowie einer Tour zwischen zwei Orten gewünscht, wobei die Optionen Beschaffenheit des Radwegs und die Steigung mit einbezogen werden sollten. Die Berechnung einer Route nach einer bestimmten Distanzeingabe wird von ca. 50 % aller Befragten nachgefragt (vgl. Abb. 2).

Für die Ausgabe der Route zur Mitnahme ins Gelände geben 73,7% aller Befragten (568 Nennungen) an, sich vorstellen zu können, einen Computerausdruck mit auf die Tour zu nehmen. Dieses Ergebnis zeigt, dass Akzeptanz für die Planung einer Fahrradroute am PC vorhanden ist. Allerdings schwören 53,2% aller Befragten (410 Nennungen) weiterhin auf die Mitnahme der analogen Fahrradkarte. Lediglich 19,6% (151 Nennungen) könnten es sich vorstellen, eine Trackliste aus dem Internet auf ein GPS-Gerät zu laden, 15,2% (117 Nennungen) würden ein PDA im Gelände nutzen. Dieses Ergebnis macht deutlich, dass die digitalen Medien im Fahrradtourismus noch wenig Beachtung finden.

Allerdings hat die Befragung auch

gezeigt, dass ein erhöhtes Interesse an der Unterstützung zur Planung einer Fahrradtour im Internet besteht. Die Befragungsergebnisse sollen in die Konzeption eines adaptierten Fahrradroutenplaners einfließen, wobei versucht wird, bei der Realisierung so viele gewünschte Aspekte wie möglich mit einzubeziehen. So soll ein Routenplaner entwickelt werden, der neben der standardmäßigen Berechnung einer Rundtour sowie einer Route zwischen zwei Orten die Optionen Steigung und Beschaffenheit in die Routenberechnung einbindet sowie eine Route lediglich auf Basis einer Distanzeingabe erstellt.

3 Entwicklung adaptierter Routingfunktionalitäten

Zur Umsetzung einer adaptierten Routenberechnung wurde zunächst ein Algorithmus entwickelt, der grundlegend eine Route zwischen zwei Orten sowie eine Rundtour ohne die Eingabe von weiteren Optionen erstellt. Für die Berechnung einer Route zwischen zwei Orten wurde das Konzept des A-Stern-Algorithmus zugrunde gelegt. Der A-Stern-Algorithmus ist ein Derivat des Dijkstra-Algorithmus und ermittelt den kostengünstigsten Pfad zwischen einem Start- und einem Zielpunkt innerhalb eines Suchbaums, wobei während der Suche eine Schätzfunktion verwendet wird, die für jeden Knoten eine untere Schranke für den noch zu erwartenden Abstand zum Zielknoten, also die noch zu erwartende Pfadlänge, liefert ►

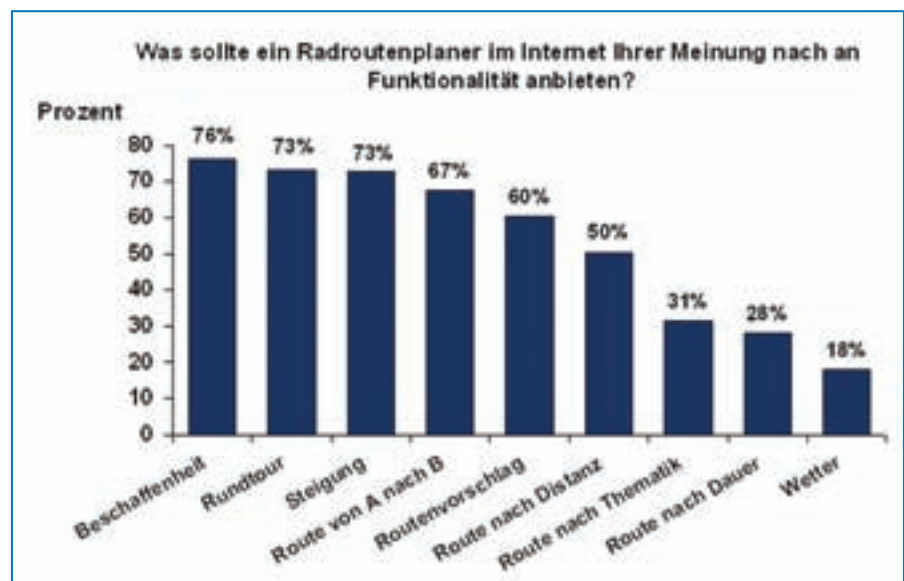


Abbildung 2: Gewünschte Funktionalität für einen Fahrradroutenplaner im Internet (Mehrfachnennungen möglich).

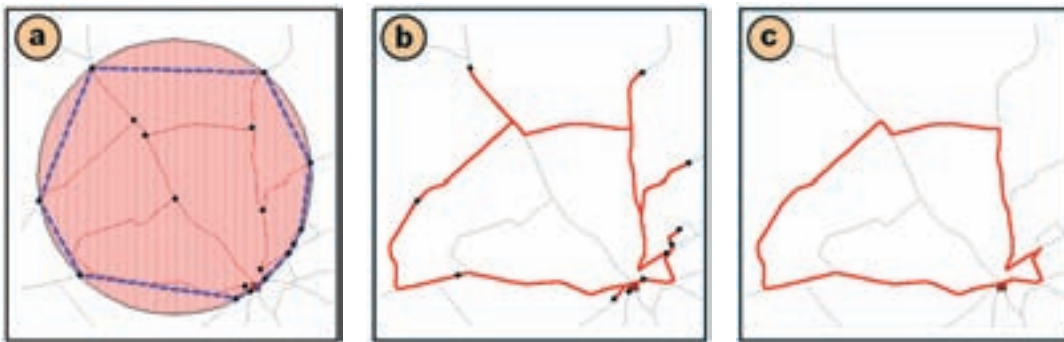


Abbildung 3: Darstellung der Vorgehensweise zur Berechnung eines Routenvorschlags auf Basis einer Distanzeingabe. a: die im Pufferbereich selektierten Linienabschnitte und die konvexe Hülle aller Endkoordinaten (gestrichelte Linie). b: die berechnete Route. c: die Route nach dem Entfernen doppelt befahrener Streckenabschnitte.

(MICHALEWICZ und FOGEL 2000). Dadurch ergibt sich eine zielgerichtete Suche auf den Endknoten. Tests an der Universität Bonn, die auf dem Wegnetzgraphen von Bonn (ca. 30.000 Knoten und 60.000 Kanten) durchgeführt wurden, wiesen dem A-Stern- gegenüber dem Dijkstra-Algorithmus eine fünf- bis sechsfach bessere Performanz nach (PLÜMER et al. 2004, S. 9).

Für die Berechnung einer Rundtour wurde nach dem Prinzip des Ameisenalgorithmus vorgegangen. Dieser Algorithmus macht es sich zu nutze, dass Ameisen fast immer auf direktem Weg zwischen Ameisenhaufen und Futterquelle ihre Ameisenstraßen errichten. Ameisen besitzen eine Drüse am Hinterleib, über die sie einen chemischen Lockstoff (Pheromon) auf ihrem Weg hinterlassen können. Nachfolgende Ameisen orientieren sich am Pheromon ihrer Vorgänger und wählen mit höherer Wahrscheinlichkeit den am stärksten markierten Weg (BOYSEN 2004). Zwar können Ameisen als Heuristik zur Lösung eines Traveling Salesman Problems im Gegensatz zu exakten Verfahren wie z.B. Branch and Bound (vgl.

KORTE und VYGEN 2006) nicht garantieren, dass ihr Ergebnis eine optimale Lösung für das Problem ermittelt. Trotzdem erzielt dieser Algorithmus bei einer Tour-Berechnung für viele Städte, die exakte Verfahren nicht in angemessener Zeit lösen können, einen guten Kompromiss zwischen Lösungsgüte und Laufzeit. Eine Tour mit 20 Städten z.B. löst der Ameisenalgorithmus mit einer Laufzeit von unter einer Sekunde. Die in Java implementierten Algorithmen wurden in eine Architektur eingebettet, die auf dem Konzept freier Software (OpenSource) basiert. Zur Visualisierung der Routenberechnungsergebnisse dient der lizenzkostenfreie UMN MapServer.

3.1 Einbinden von Optionen in die Routenberechnung

Neben der Berechnung einer Rundtour und einer Route zwischen zwei Orten werden die Optionen Steigung und Beschaffenheit bei der Routenberechnung berücksichtigt. Der Anwender erhält so die Möglichkeit, diese Optionen für die Routenberechnung wahlweise ein- oder auszuschalten. Gerade im Bereich der Navigation

von Rollstuhlfahrern werden diese Optionen bereits eingesetzt (vgl. FRASCH 2006). Aber auch im Radverkehr sind Steigung und Beschaffenheit vor allem bei Mountainbike- und Rennradfahrern sowie Familien mit Kindern von großem Interesse. Um die Optionen in den Routingalgorithmus einzubinden, muss zunächst ein Kostenmodell erarbeitet werden, welches

die verschiedenen Optionen bewertet und den einzelnen Linienabschnitten, für die diese Kosten berechnet werden, je nach Ausprägung einen Kostenanteil zuweist. Hierfür erhält jeder Linienabschnitt des Netzwerks ein weiteres Kostenfeld pro Option. Werden Optionen bei der Routenberechnung angegeben, so sind die Kosten, die für jede Linie gespeichert sind, ausschlaggebend für die Bewertung dieser Option. Zu beachten ist jedoch, dass die Kosten zu jeder Zeit auch in Beziehung zu der Länge eines jeden Linienabschnitts gesehen werden, da ansonsten ein verzerrtes Kostenbild entsteht. Das bedeutet, dass die akkumulierten Kosten, die durch die Optionen verursacht werden, als Koeffizient der Länge eines jeden Linienabschnittes dienen.

3.2 Routenberechnung auf Basis einer Distanzeingabe

Neben der Einbindung von Optionen soll die Routenberechnung von dem Anfahren bestimmter Haltepunkte losgelöst werden. Der Anwender erhält damit die Möglichkeit, mit wenigen Eingabeparametern (z.B. einer Startpunkt- und Distanzeingabe) einen Routenvorschlag zu erhalten. Erste Ergebnisse in diese Richtung gibt es bereits im Bereich von personalisierten, mobilen GI-Services für die Fußgängernavigation (vgl. ZIPF et al. 2005). Hier erhält der Anwender einen Routenvorschlag auf Grundlage einer gewünschten Routendauer und Angabe von Points of Interest (POI) oder In-

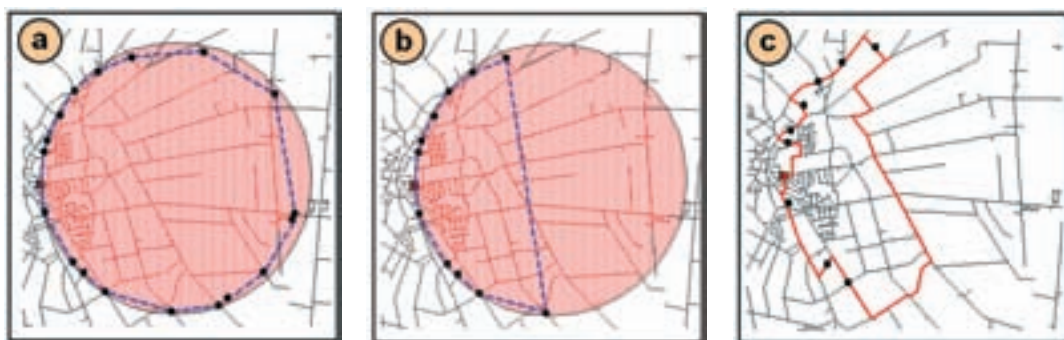


Abbildung 4: Erweitertes Vorgehen durch Reduzierung der konvexen Hülle. a: die konvexe Hülle aller Punkte. b: die reduzierte konvexe Hülle. Ihr Umfang entspricht 70-80% der Eingabedistanz. c: die berechnete Route.

teressensbereichen. Diese Entwicklungen sind stark auf die Einbindung von POI ausgerichtet. Gerade bei der Navigation in der Stadt liegt es nahe, den Besucher durch die Stadt zu führen, indem POI nach Interessen angesteuert werden. Im Bereich des Fahrradtourismus außerhalb von Städten mit einer geringen Dichte von POI ist dieser Ansatz nicht immer sinnvoll. Um dem Anwender in einem Gebiet mit wenig bis hin zu gar keinen POI trotzdem einen sinnvollen Routenvorschlag zu präsentieren, soll die Routenberechnung allein auf der Geometrie der Linienabschnitte des zugrunde liegenden Routennetzes durchgeführt werden.

Im Rahmen der entwickelten Methode für eine Routenberechnung auf Grundlage einer Distanzeingabe wird zunächst ein kreisförmiger Bereich erzeugt, dessen Umfang der gewünschten Routenlänge entspricht. Um eine möglichst kompakte Routenform zu erzielen, wird der kreisförmige Bereich so platziert, dass der Startpunkt auf dem Rand und nicht im Zentrum des Puffers liegt. Die Ausrichtung des Pufferbereichs kann zum einen durch die Eingabe einer Himmelsrichtung durch den Nutzer vorgenommen werden. Da der Nutzer aber so wenig Angaben wie möglich machen soll, wird der Pufferbereich zunächst nach einem vom Startpunkt abgehenden Linienabschnitt, der zufällig ausgewählt wird, ausgerichtet. Im weiteren Verlauf werden alle Linienabschnitte, die sich innerhalb des Pufferbereiches befinden, selektiert und ihre Endkoordinaten ermittelt. Die so gewonnene Punktemenge wird durch die Berechnung der konvexen Hülle minimiert. Die Punkte der konvexen Hülle zusammen mit dem Startpunkt bilden die Grundlage für die Routenberechnung (s. Abb. 3).

Erste Ergebnisse dieses Vorgehens waren sehr positiv, zeigten aber auch, dass die Route gerade in Bereichen, in denen ein dichtes Liniennetz vorherrscht, die Längenvorgaben des Nutzers häufig überschreitet. Zur Reduzierung der Routenlänge wurde zunächst die anzufahrende Punktemenge durch Herausnehmen einzelner Punkte verringert. Zusätzlich stellte sich in zahlreichen Tests heraus, dass durch den Umfang der konvexen Hülle die Länge der zu erzeugenden Route abgeschätzt werden kann. Beträgt der Umfang der konvexen Hülle ca. 70-80% der gewünschten Routenlänge, so wird in den meisten aller durchgeführten Fallbeispiele ein zufrieden stellendes Ergebnis erzielt. Ist der Umfang der konvexen Hülle nicht entsprechend lang, muss solange ein Punkt aus der Menge herausgenommen oder hinzugefügt werden, bis der erforderliche Wert erreicht ist (s. Abb. 4). Ein Vorteil dieses Vorgehens ist, dass eine Route auf diese Weise selten mehrfach berechnet werden muss und so kostbare Rechenzeit eingespart werden kann.

Nach der Routenberechnung wird die Ergebnisroute durch die Entfernung doppelt befahrener Streckenabschnitte optimiert. Hierfür gibt es zwei mögliche Vorgehensweisen. Zum einen werden die Strecken, die direkt hintereinander zweimal befahren werden, entfernt. Zum anderen werden ganze Routenverästelungen gelöscht. Letztere Methode ist zwar für die Form der Route von Vorteil, allerdings kann sich die Länge der Route sehr stark verändern. Als Ergebnis erhält der Anwender die bestmögliche Route für seine Anfrage. Denkbar ist es, ihm wahlweise auch weitere Routen zur Auswahl anzubieten, die sich z.B. in andere Richtungen orientieren.

Die hier beschriebene Vorgehenswei-

se zur Berechnung einer Route auf Basis einer Distanzeingabe soll im Folgenden um die Möglichkeit erweitert werden, konkrete POI oder themenbezogene Kategorien in die Routenberechnung mit einzubinden. Dadurch kann die Route noch stärker auf die Nutzerwünsche angepasst werden.

3.2.1 Einbindung konkreter POI

Gibt der Anwender zusätzlich zu der zu fahrenden Distanz einen konkreten anzufahrenden POI ein, muss zunächst geprüft werden, ob der POI sich in einer angemessenen Distanz zum Startpunkt befindet. Die euklidische Distanz zwischen Startpunkt und POI darf den doppelten Pufferradius $2r$ nicht übersteigen, damit der POI sich noch in dem zu erstellenden Puffer befindet. r ist dabei der Radius, der sich durch die Berechnung des Umfangs, welcher der vom Nutzer gewünschten Distanz entspricht, ergibt. Befindet sich der gewählte POI in der entsprechenden Distanz zum Startpunkt, kann der Puffer mit dem Radius r erzeugt werden. Die Ausrichtung des Puffers erfolgt diesmal nicht durch einen vom Startpunkt abgehenden Linienabschnitt sondern in Richtung des POI.

Nach der Bildung der konvexen Hülle aller Start- und Endpunkte der im Pufferbereich selektierten Linienabschnitte wird der POI zu der Punktemenge der konvexen Hülle hinzugefügt. Jetzt kann die Längenprüfung gestartet werden. Ist der Umfang der konvexen Hülle zu groß, muss der Punkt mit der größten räumlichen Distanz zum Startpunkt aus der Punktemenge gelöscht werden. Wichtig ist, dass der POI nicht entfernt wird. Entspricht der Umfang ca. 70-80% der gewünschten Distanzeingabe, kann die Route berechnet werden. Abbildung 5 zeigt ein mögliches Ergebnis bei ►

Abbildung 6:
Links: Konvexe Hülle mit integriertem POI.
Mitte: reduzierte konvexe Hülle.
Rechts: resultierende Route.



einer Distanzeingabe von 15 km und einem POI (Dreieckssymbol) im ländlichen Raum. Auch hier zeigt sich, dass die Längenabschätzung über die konvexe Hülle sehr hilfreich ist.

3.2.2 Einbindung von Kategorien

Zusätzlich ist es möglich auch themenbezogene Kategorien in die Berechnung zu integrieren. Dabei kann zwischen POI-basierten (Café, Schwimmbad, etc.) und flächenbasierten Kategorien (Wald, See) unterschieden werden. Die Einbindung von Kategorien erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie die oben vorgestellte Einbindung von konkreten POI. In einem ersten Schritt müssen die Kategorien ermittelt werden, die sich in erreichbarer Distanz zum Startpunkt befinden.

Bei einer Kombination mehrerer Kategorien muss zusätzlich geprüft werden, ob auch die Kategorien untereinander in einer angemessenen Distanz zueinander liegen, um innerhalb der gewünschten Fahrraddistanz angesteuert werden zu können. Erst wenn dies zutrifft, kann eine Route berechnet werden, die den Nutzeranforderungen entspricht.

4 Ausgabe der individuell erzeugten Route

Abgesehen von der Möglichkeit, sich die Route in Form einer analogen Karte als Übersicht auszudrucken, erhält der Anwender für seinen individuellen Routenvorschlag auf Wunsch eine Trackliste zum Download auf ein GPS-Gerät. Wie die Befragung gezeigt ist, wird diese Art der digitalen Routenausgabe zunehmend genutzt. Zusätzlich wird am IGF ein mobiler Viewer entwickelt, der dem Anwender auf einem PDA basierend auf Windows Mobile 2003 die Route im Vektorformat in Kombination mit einer georeferenzierten Hintergrundkarte visualisiert.

Durch den Einsatz von GPS ist es so möglich, die analoge Karte für die Navigation zu ersetzen. Die notwendigen Daten wie Route und Hintergrundkarte werden dynamisch

für den individuellen Routenausschnitt generiert. So wird die Datenmenge auf den gewünschten Ausschnitt beschränkt. In Entwicklung ist auch die Erweiterung des Viewers um eine eigene Routingkomponente. Damit erhält der Anwender die Möglichkeit einen berechneten Routenvorschlag direkt auf der Tour zu erweitern oder abzuändern. Erste Ergebnisse werden Ende des Jahres 2006 erwartet.

5 Fazit

Neben der Adaption des Fahrradroutenplanungsprozesses durch das Einbinden von Optionen wie Steigung und Beschaffenheit, ist ein Konzept erstellt worden, die Routenplanung losgelöst von der Eingabe von Haltepunkten durchzuführen. Der Anwender muss lediglich einen Startpunkt und eine gewünschte Distanz für die Routenberechnung eingeben. Das Verfahren kann durch die Auswahl weiterer konkreter POI oder Kategorien wie z.B. Café, Wald, Schwimmbad, erweitert werden. Die Schwierigkeit bestand darin, eine Methode zu entwickeln, die zum einen auf bekannten Algorithmen zur Wegfindung basiert, zum anderen jedoch für die Berechnung der Route keine Haltepunkte erhält. Daher ist diese Methode auch in Regionen mit wenig oder gar keinen POI gut geeignet. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, bei Bedarf konkrete POI oder Kategorien in die Routenberechnung einzubinden. Dadurch kann diese Methode sehr stark auf die Nutzerwünsche eingehen. Allerdings besteht auch die Gefahr, durch zu detaillierte Nutzereingaben möglicherweise kein passendes Ergebnis mehr erzielen zu können. Da die Methode lediglich ein Liniennetz als Basis für die Routenberechnung benötigt, ist es denkbar, sie neben den Radfahrern auch für andere Gruppen wie z.B. Wanderer oder Reiter einzusetzen. Durch den Download der berechneten Route auf ein GPS-Gerät oder PDA erhält der Anwender die Möglichkeit einer komfortablen Navigation im Gelände. ■

AUTORIN

Dipl.-Umweltwiss. Katrin Stroemer
Katrin Stroemer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Geoinformatik und Fernerkundung der Universität Osnabrück Seminarstraße 19 ab, 49069 Osnabrück
kstroemer@igf.uni-osnabrueck.de

Literatur:

- Aho, A.; J. Ullman (1996): Informatik. Datenstrukturen und Konzepte der Abstraktion. International Thomson Publishing, Bonn.
- Boysen, N. (2004): Ameisenalgorithmen. URL (Stand Juli 2005): <http://www.ameisenalgorithmus.de/downloads/ameisenalgorithmen.pdf>.
- Ehlers, M.; K. Stroemer (2004): 'Fahrradies': the GIS Based Bicycle Routing System for the World Wide Web (WWW) and Mobile Use. GIS – Zeitschrift für Geo-Informationssysteme Ausgabe 3-2004, S. 29-34.
- Frasch, G. (2006): Routenplanung für barrierefreien Tourismus. GIS – Zeitschrift für Geo-Informationssysteme Ausgabe 4-2006, S. 22-25. abcverlag, Heidelberg.
- Korte, B.; J. Vygen (2006): Combinatorial Optimization. Theory and Algorithms. Springer Verlag, Heidelberg.
- Michalewicz, Z.; D. Fogel (2000): How to Solve It: Modern Heuristics. Springer Verlag, Berlin.
- Plümer, L.; Steinrücken, J.; Kolbe, T. (2002): Multimediale Visualisierung von Geoinformationen im Internet. Tagungsband des Symposiums Praktische Kartographie 2002 in Königsutter. Kirschbaum Verlag, Bonn.
- Plümer, L.; J. Schmittwilken; T. Kolbe (2004): Mobile GIS für die Orientierung von Fußgängern in städtischen Umgebungen. Universität Bonn. In: Tagungsband zum Symposium Praktische Kartographie 2004, Königsutter, Kartographische Schriften, Band 9, Kirschbaum Verlag.
- Tns Infratest, Initiative D21 (Hrsg.) (2005): (N)ONLINER Atlas 2005. Eine Topographie des digitalen Grabens durch Deutschland. URL (Stand 17. Oktober 2005): http://www.nonliner-atlas.de/pdf/dl_NONLINER-Atlas2005.pdf.
- Zipf, A.; M. Jöst (2005): Implementing Adaptive Mobile GI Services based on Ontologies - Examples for pedestrian navigation support. In: CEUS - Computers, Environment and Urban Systems - An International Journal. Special Issue on LBS and UbiGIS. Pegamon Press, Elsevier.



Abbildung 7:
Mobile Ausgabe
einer berechneten
Fahrradrouten.