

ONTOLOGIEBASIERTE ROUTENPLANNUNG FÜR EINE AKTIVITÄTSORIENTIERTE ELEKTRO- MOBILITÄT MIT OPENSTREETMAP

Till Mossakowski, Mihai Codescu, Oliver Kutz

1. Einführung

Elektromobilität (E-Mobilität) muss nach wie vor mit etlichen fundamentalen Beschränkungen zurechtkommen: kurze Batteriereichweiten, relativ lange Aufladezyklen und ein allgemeiner Mangel an Ladestationen, die schnelles Laden erlauben. In dieser Situation müssen algorithmische Lösungen zur Routenplanung sowohl den Ladezustand zu Beginn einer Fahrt, als auch den Energieverbrauch und Rückgewinn entlang des Weges berücksichtigen.

Wir entwickeln einen Web-Service (DO-ROAM) zur Routenplanung basierend auf einem aktivitätsorientierten Ansatz. Ein Ziel ist, den Nutzer nicht nur in der Planung des Weges von A nach B zu unterstützen, sondern darüber hinaus die Ausübung einer Reihe ausgewählter Aktivitäten (wie Einkaufen, Inanspruchnahme von Dienstleistungen, Sightseeing, ...), entlang des Weges zu ermöglichen. Da Aktivitäten während einer Ladephase realisiert werden können, ist dieser Ansatz von besonderer Relevanz für die Elektromobilität. Unsere Arbeit ist stark beeinflusst von einem früheren aktivitätszentrierten, interaktiven Routenplanungssystem [1] (siehe <http://www.digitaltravelmate.net>). Dieses System erlaubt dem Nutzer interessante Orte anhand gewünschter Urlaubsaktivitäten (z.B. Museumsbesuche, Tauchen, etc.) auszuwählen, woraufhin Routen entlang von Orten geplant werden, welche die Realisierung dieser Aktivitäten ermöglichen.

Eine Schwäche des Systems ist jedoch, dass es mit einer fixierten fiktiven Karte arbeitet und gleichfalls eine kleine vordefinierte Zahl von Aktivitäten annimmt. Im Gegensatz hierzu benutzt unser System OpenStreetMap (OSM), welches nicht nur Karten bereitstellt, sondern darüber hinaus semantische Metadaten in Form von tags. OSM-Tags können benutzt werden, um nach Orten zu suchen, die die Ausführung gewünschter Tätigkeiten erlauben.

OpenStreetMap hat sich zu einer reichhaltigen Quelle für Geodaten entwickelt und überholt in mancher Hinsicht sogar Google maps (wie etwa im Detailreichtum diverser Fußwege). Beim Suchen und Navigieren durch ein Webportal wie <http://www.openstreetmap.org> können semantische Metadaten von großer Hilfe sein, einen intentionalen aktivitätsorientierten Datenzugang zu ermöglichen. Im Falle von OpenStreetMap finden tags durch eine Social Web und wiki-artige Interaktion Eingang in die Datenbank. Metadaten die durch solche Social Web, gemeinschaftliche und community-basierte Anstrengungen erstellt werden haben spezifische Eigenschaften, nämlich evolvieren bottom-up, sind recht verrauscht, da sie Tippfehler und Redundanzen etc. enthalten, und sind ständigem Wandel unterzogen. Eine wesentliche Herausforderung ist es nun in welcher Weise derartige Metadaten im Fluss in sinnvoller Weise für eine aktivitätsbasierte Such- und Navigationsapplikation genutzt werden können. In diesem Beitrag schlagen wir vor, Ontologien sowie (semi-automatisch generierte) Ontologie-mappings zu nutzen, um eine Brücke zu schlagen zwischen den Intentionen eines einzelnen Nutzers und den community-generierten Metadaten, also den tags. Dieser Ansatz bietet einen relativ einfachen jedoch effektiven Lösungsansatz für das generell recht schwierige Problem Daten mit Ontologien zu verknüpfen (vgl. [2]).

Basierend auf diesen Grundideen haben wir eine open source Web-Applikation entwickelt – DO-ROAM – ein Prototyp, der neben den üblichen Suchfunktionen des OpenStreetMap-Portals eine Ontologiebasierte Suche für lokalisierte Aktivitäten sowie Öffnungszeiten bereitstellt, und der vor allem Routen entlang von vom Benutzer ausgewählten Aktivitäten findet.

1.1 Verwandte Arbeiten

Das GeoShare Projekt hat auf dem Gebiet der ontologiebasierten Integration von Geodaten und Diensten Pionierarbeit geleistet [3]. Ihr System vollzieht ontologisches, räumliches und temporales Schließen bei der Bearbeitung von Nutzeranfragen. Wie die Autoren jedoch anmerken: “all application ontologies have in common that they are based on the same vocabulary”. Wir verfolgen hier einen allgemeineren Ansatz der auf Ontologie-Abbildungen (matchings) basiert. Darüberhinaus haben uns die GeoShare/Buster Software Entwickler informiert, dass ihr System von keinem Webservice benutzt wird, und dass es grossen Aufwand erfordern würde ihre Software wieder lauffähig zu machen. Wir haben in der Tat den Eindruck, dass ihre Benutzeroberfläche zu komplex war – eine reduzierte Version, ohne ontologiebasierte Suche, ist jedoch nach wie vor online.

Google Maps implementiert offensichtlich eine Mixtur aus Volltextsuche und Suche in einer Taxonomie von Kategorien; leider sind jedoch nur Teile dieser Taxonomie öffentlich zugänglich. Während Volltextsuche in manchen Fällen interessante Resultate produzieren kann, führt sie auch oft zu Missverständnissen. Wenn man zum Beispiel nach “new york barber restaurant” oder “new york barber near restaurant” sucht erhält man Resultate in der Kategorie “Restaurant” für welche das Wort “barber” in einem verknüpften Text Dokument vorkommt (oder umgekehrt), jedoch nur wenige welche Restaurants die in der Nähe von Friseuren angesiedelt sind beschreiben. Die Suche nach “charging station” liefert in den meisten Fällen keinerlei Resultate. Während die Suche nach “charging station” in OpenStreetMap in der Tat ebenfalls keinerlei Resultate liefert, ist OSMs internes Datenmanagement öffentlich zugänglich, und daher sind bessere Suchalgorithmen umsetzbar, die zum Beispiel OSMs Tag-Infrastruktur benutzen, um Nutzeranfragen semantisch aufzuwerten. Insofern beabsichtigen wir, eine aktivitätsorientierte Suche zu realisieren, welche es erlaubt zahlreiche Aktivitäten miteinander zu kombinieren, Möglichkeiten aufweist nach nahegelegenen Orten zu suchen, bzw. die Suche auf bestimmte Öffnungszeiten einzuschränken.

Google City Tours ist in der Lage, touristische

Reisen beginnend mit einem nutzerdefinierten Startpunkt vorzuschlagen; jedoch ist es dem Nutzer nicht möglich, spezifische Aktivitäten einzubinden. Andere Arbeiten die die Relevanz von Aktivitäten und Aktionen in GIS betonen sind [4, 5], in welchen argumentiert wird, dass um geographische Informationen wirklich nützlich zu machen entsprechende Ontologien mit einem Fokus auf menschliche Aktivitäten konzipiert werden müssen anstatt “static and entity-based” zu sein. Darüberhinaus schlagen die Autoren von [4] vor, textuelle Beschreibungen von Aktivitäten zu nutzen um daraus eine Domänen Ontologie abzuleiten – dies ähnelt unserem Ansatz Metadaten Tags auf Aktivitäten in einer Ontologie abzubilden. Im Unterschied zu unserem Ansatz benutzen jedoch keine dieser Arbeiten Methoden der statistischen Ontologieabbildung (matchings) um diese beiden Schichten miteinander zu verknüpfen, noch nutzen sie die Sprache OWL oder wenden neuere Ideen aus dem Gebiet des ontologiebasierten Datenzugriffs an.

2. Anwendungsfälle

In diesem Abschnitt beschreiben wir einige Szenarien, in welchen Menschen nach Orten suchen, an denen sie gewisse Aktivitäten ausüben können und entsprechende Routen, die diese Orte enthalten.

Ein wichtiges derartiges Anwendungsszenario ist die Elektromobilität, insbesondere wegen der begrenzten Batteriereichweite von Elektrofahrzeugen und den relativ langen Ladezyklen. Man beachte, dass wir annehmen, dass die dem Nutzer präsentierte Karte von OpenStreetMap stammt; unser Ansatz ist jedoch flexibel und könnte durchaus mehrere Datenquellen nutzen. [6] präsentieren verschiedene Navigationsszenarien basierend auf einer GIS-Ontologie; dies inspirierte das Format der hier präsentierten Anwendungsfälle.

– Szenario 1: Alan ist ein Tourist im Allgäu und möchte herausfinden welche Aktivitäten in Fußreichweite zur nächstgelegenen Ladestation liegen.

– Szenario 2: Betty ist neu in der Stadt. Sie möchte gerne die möglichen Aktivitäten in ihrem Viertel kennenlernen. Sie weiß auch, dass sie bald hungrig werden wird, und sucht daher nach allen Restaurants die nah an ihrer Wohnung liegen

und noch in den nächsten 2 Stunden geöffnet sein werden.

- Szenario 3: Maria möchte eine Freundin in München besuchen. Auf dem Weg vom Hauptbahnhof zur Wohnung ihrer Freundin möchte sie etwas einkaufen gehen, eine Bank und eine Postfiliale aufsuchen. Sie benötigt ein System welches eine Route generieren und anzeigen kann welches alle diese Orte enthält, in einer beliebigen Reihenfolge. Sie will darüberhinaus in der Lage sein die vorgeschlagene Route zu modifizieren.

- Szenario 4: Tom möchte von A nach B reisen. Er möchte die landschaftlich reizvollste Strecke wählen. Er möchte des weiteren alle interessanten Orte in einem von ihm ausgewählten und modifizierbaren Ausschnitt der Karte angezeigt sehen. Er möchte schließlich einen Routenvorschlag erhalten der flexibel ist und sich später noch adaptieren lässt.

3. Architektur von DO-ROAM

Wir haben ein Werkzeug DO-ROAM entworfen und implementiert, das solche Fragen beantworten kann und den Benutzer bei der raum-zeitlichen Planung seiner Aktivitäten und Routenauswahl assistiert. DO-ROAM ist ein Akronym für Data and Ontology driven Route-finding Of Activity-oriented Mobility.

DO-ROAM ist gegenwärtig als Prototyp unter do-roam.org verfügbar. Das System erzeugt nur eine Route, die nicht verändert werden kann, so dass Szenario 3 nur teilweise unterstützt wird. Das grafische Interface von DO-ROAM wird in der Abbildung unten gezeigt. DO-ROAM zeigt eine Karte mit Zoom-Funktionalität (basierend auf OpenStreetMap). Der Benutzer legt Start- und Endpunkt fest durch Suche nach einer Adresse oder einem Namen (z.B. Bremen Hbf), durch Klicken auf die Karte (über ein Kontextmenü) oder durch direkte Eingabe von Breiten- und Längengrad. Dann kann der Benutzer über den "+"-Knopf das Interface für die Aktivitäten-Auswahl erreichen. Diese kann

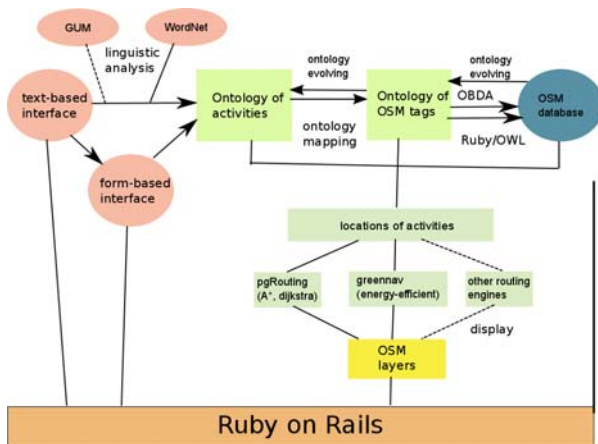
in geführter Weise (mittels einer baumartig strukturierten Taxonomie) oder durch ein freies Textfeld geschehen (in diesem Fall kann auch eine Adresse mit angegeben werden). In beiden Fällen ist es möglich, gewünschte Öffnungszeiten anzugeben. DO-ROAM unterstützt den Benutzer dabei, einen Ort für die gewählte Aktivität auszuwählen, indem links die Liste der Namen der gefundenen Orte angezeigt wird und indem für die einzelnen Orte über Pop-Ups weitere Informationen abrufbar sind. Der Benutzer wählt dann in der Liste einen Ort aus. Die Abbildung unten zeigt die Resultate



der Suche nach Aktivitäten nahe einer Ladestation in Memmingen, mit Markern für ein Café, ein Museum, eine Bank und für Schloss Westertor (mit dem Namen im Pop-Up). Dies illustriert auch die Unterstützung für Szenario 1.

Nachdem der Benutzer eine Reihe von Aktivitäten und Orten ausgewählt hat, kann er den Routing-Algorithmus zwischen "schnell berechnet", "exakt berechnet" und "energie-effizient" auswählen. Genaueres siehe Abschnitt 4.

DO-ROAM ist als Web-Anwendung in Ruby on Rails, einem mächtigen und populären Web 2.0-Framework, implementiert. Die Architektur von DO-ROAM wird in der Abbildung unten gezeigt. DO-ROAM besteht aus drei Komponenten: dem grafischen Interface (GUI), der Daten-Integration und der Routenplanung.



DO-ROAM muss ein Datenintegrations-Problem lösen: die OpenStreetMap-Tags (die die Aktivitäten repräsentieren) können dem Benutzer nicht in Rohform gezeigt werden, und die Interaktion sollte für den Benutzer so einfach wie möglich sein. Als Lösung wählen wir ontology-based data access (OBDA) [7,8]. Dabei wird die jeweilige Domäne als Ontologie modelliert und dann mit der Datenbank so verbunden, dass Anfragen, die das Vokabular der Ontologie verwenden, in Datenbank-Abfragen übersetzt werden können. In unserem Fall ist die Domänen-Ontologie eine Ontologie von Aktivitäten im Raum, siehe Abschnitt 4 unten und [9].

Die Nutzer-Interaktion ist über zwei alternative Schnittstellen geregelt. Die Erste ist eine einfache textbasierte Suche, ähnlich den bereits existierenden Nutzerschnittstellen in Tools wie Google Maps oder OpenStreetMap. Sie stellt extra Funktionalität bereit in Form einer Interaktion mit einer Datenbank wie WordNet zwecks linguistischer Analyse. Für die Zukunft planen wir, ebenfalls die linguistische Ontologie GUM [10] zu verwenden, da sie eine detailliertere Semantik für räumliche Ausdrücke der natürlichen Sprache bereitstellt. Der Nutzer gibt Anfragen in Form einer durch Kommata separierten Liste ein, wobei das erwartete Format wie folgt ist: <activity>, <opening hours>, <address>. Die Applikation benutzt nun WordNet um das eingegebene Wort für <activity> mit der Ontologie von Aktivitäten abzugleichen, und die eingegebene Adresse wird in der OSM Datenbank gesucht.

Schließlich verwaltet die Routenplanungs-Komponente die Orte und generiert Routen auf der Basis diverser Routen-Suchalgorithmen. Der Ansatz

hier ist generisch insofern als andere Routenalgorithmus leicht in DO-ROAM integriert werden können. Wir haben weiter den von greennav.org bereitgestellten Routenplanungs Web-Service integriert um insbesondere energieeffiziente Routen generieren zu können [11].

4. Daten-Integration mittels Ontologien

Die Datenintegrations-Komponente von DO-ROAM folgt den Prinzipien des ontology-based data access (OBDA). Die Domäne (hier die räumlich lokalisierten Aktivitäten) wird als eine Ontologie modelliert, deren Konzepte dann auf Abfragen über der Datenbank (hier die von OSM) abgebildet werden. Dies erlaubt, über query rewriting Informationen zu inferieren, die nicht direkt in der Datenbank gespeichert sind. Das ontologische Schließen basiert dabei auf der open world assumption, im Gegensatz zur closed world assumption der Datenbankwelt.

Ontologien sind formale Beschreibungen von Konzepten in einem bestimmten Wissens- oder Anwendungsbereich. Sie legen die Begriffe eines Gebiets fest und beschreiben im Detail deren Bedeutungen. Ontologien werden in den verschiedensten Bereichen (wie Logistik, künstliche Intelligenz, Semantic Web, Systems-Engineering, Software-Engineering, Bioinformatik, u.a) eingesetzt, um Wissen über die Welt zu repräsentieren. Domänen-Ontologien werden typischerweise in der web ontology language (OWL) formuliert.

Für DO-ROAM spielen räumlich lokalisierte Aktivitäten eine zentrale Rolle, vor allem als Schnittstelle zwischen dem Benutzer und der Repräsentation der Daten in der Datenbank. Unser Ziel ist, dem Benutzer zu erlauben, die Anfragen in einem möglichst natürlichsprachlichen Vokabular zu formulieren. Dafür entwickeln wir eine Ontologie von räumlich lokalisierten Aktivitäten. Die genaue Ausgestaltung hängt von der Anwendung ab; wir haben uns zunächst auf Alltags-Aktivitäten und Tourismus konzentriert. Der Ansatz ist aber flexibel und kann einfach für andere Bereiche (z.B. Business-Aktivitäten) angepasst werden. OpenStreetMap verwendet zur Kennzeichnung von Orten sogenannte tags, deren Struktur von der Community entwickelt wird und die teils auch variiert. Wir haben daher eine Ontologie der relevanten (genauer, mehr als 100 Mal auftretenden

den) Tags angelegt, die diese Struktur offenlegt, und die sich mit den Tags aber auch ändern kann. Die Verbindung zu den Aktivitäten wird über eine Abbildung der Aktivitäts-Ontologie auf die OSM-Tag-Ontologie hergestellt; solche Abbildungen können mittels Ontologie-Matching-Werkzeugen teilautomatisch erstellt werden. Diese Abbildung wird dann für den Ontologie-basierten Datenbank-zugriff verwendet. Für Details siehe [9]. Gleichzeitig macht diese Vorgehensweise von der spezifischen Datenbank (hier OpenStreetMap) unabhängiger. Z.B. ist eine parallele Anbindung von Google maps in Planung; dies würde dann mit einer weiteren Ontologie-Abbildung realisiert.

5. Aktivitäten-basierte Routenplanung

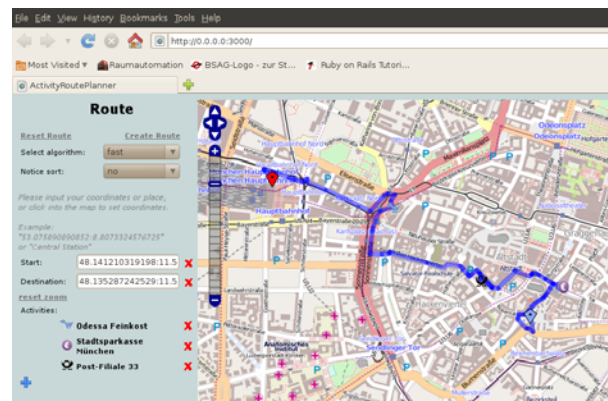
Die Routenplanungs-Komponente von DO-ROAM erzeugt Routen, die vom Start- zum Endpunkt führen und dabei unterwegs Orte für die vom Benutzer ausgewählten Aktivitäten aufsuchen. Der Benutzer kann dabei festlegen, ob die Aktivitäten in der gewählten Reihenfolge angesteuert werden sollen, oder ob die Reihenfolge vom System in Bezug auf Kürze der Route optimiert werden kann.

Um eine Route zu finden, verwenden wir die von der OpenStreetMap community entwickelte pgRouting engine. Diese stellt Standard-Routing-Algorithmen wie A* (schnell berechnet) und Dijkstra (exakt) bereit. Speziell für die Routenplanung für Elektroautos haben wir die Routing engine von greennav.org [11] angebunden, die energie-effiziente Routen (zunächst nur in Bayern) berechnet. Der Benutzer wählt ein Fahrzeugmodell und einen anfänglichen Batterieladestand aus, und die Route wird in Bezug auf den End-Ladestand optimiert. Dabei wird berücksichtigt, dass durch Bremsen und Bergabfahrten Energie zurückgewonnen und die Batterie wieder aufgeladen werden kann. Diese Art der Routenplanung wird von Greennav.org bereitgestellt, und zwar mittels eines Webservices, den DO-ROAM per XML-Schnittstelle ansteuert.

Wir werden nun zeigen, wie mit DO-ROAM die in Abschnitt 2 eingeführten Szenarios 2 und 3 abdeckt. Für Szenario 2 illustriert untenstehender Screenshot die Benutzung des Interfaces, um alle Restaurants zu finden, die in den nächsten zwei Stunden geöffnet sind.



In Szenario 3 wählt Maria zunächst Start- und Endpunkt einer Route aus um dann, nach und nach, Orte zum Einkaufen sowie für Bank und Postbesuche hinzuzufügen. Da die Reihenfolge der Besuche keine Rolle spielen soll, selektiert Maria “no” für “Notice sort” und wählt dann “Create route” was die Route in der Abbildung unten generiert. Das System bietet hier auch die Möglichkeit die Routenauswahl zurückzusetzen.



5.1 Die weitere Entwicklung der Routenplanung

Die Routen-Planungskomponente ist derzeit unter aktiver Entwicklung. Zukünftige Verbesserungen betreffen zum Beispiel bessere Mechanismen zur Reduktion der Suchergebnisse. Gegenwärtig werden die ersten 35 Resultate angezeigt, um die Lesbarkeit der Anzeige zu erhöhen und die Geschwindigkeit von DO-ROAM zu optimieren. Es wäre selbstverständlich wünschenswert, einen Ranking-Algorithmus auf die erzielten Resultate anzuwenden, etwa indem ein Nutzerprofil erstellt wird welches favorisierte Suchergebnisse aufzeichnet, oder indem ein Webpage Ranking angewandt wird,

ähnlich wie in Google Maps. Wir planen darüberhinaus eine selektive Aktivitätenanzeige zu realisieren, die relativ zum zuletzt festgelegten Punkt einer Route der eine bestimmte Aktivität ermöglicht die ebenfalls gewünschten Aktivitäten in der unmittelbaren Nähe des gegenwärtigen Punktes anzeigt. Auf diese Weise kann eine Route interaktiv und induktiv den Wünschen des Nutzers entsprechend konstruiert werden. Man beachte, dass Szenario 4 bisher noch nicht unterstützt wird, da eine Auswahl von Regionen lediglich durch eine Zoom-Funktion möglich ist: zukünftig soll es ermöglicht werden beliebige, komplexe Regionen definieren zu können, auf die die Routen- und Aktivitätssuche reduziert wird.

6. Fazit

Das hier beschriebene System DO-ROAM ermöglicht eine aktivitäten-orientierte Routenplanung, und bietet speziell für Elektroautos auch eine Schnittstelle zum energie-effizienten Routing von grennav.org an. Allerdings ist das System darauf ausgelegt, dass die Route vor der Fahrt einmal geplant wird. Interessant wäre es hier, spontane Änderungen während der Fahrt zu ermöglichen, sei es, weil weitere Orte für Aktivitäten angesteuert werden sollen, oder weil die Route auf Grund von logistischen Problemen (Erschöpfung der Batterie-Reichweite, Verspätung der Bahn usw.) umgeplant werden muss.

Bibliographie

1. I. Seifert. Region-based model of tour planning applied to interactive tour generation. In J. A. Jacko, editor, HCI (3), volume 4552 of Lecture Notes in Computer Science, pages 499–507. Springer, 2007
2. A. Poggi, D. Lembo, D. Calvanese, G. De Giacomo, M. Lenzerini, and R. Rosati. Linking data to ontologies. *J. on Data Semantics*, X:133–173, 2008.
3. S. Hübner, R. Spittel, U. Visser, and T. J. Vögele. Ontology-based search for interactive digital maps. *IEEE Intelligent Systems*, 19(3):80–86, 2004.
4. W. Kuhn. Ontologies in support of activities in geographical space. *International Journal of*

Geographical Information Science, 15(7):613–631, 2001.

5. M. Raubal and W. Kuhn. Ontology-based task simulation. *Spatial Cognition & Computation*, 4(1):15–37, 2004.
6. N. Adabala and K. Toyama. Purpose-driven navigation. In Rodriguez et al. [12], pages 227–233.
7. A. Poggi, M. Rodriguez-Muro, and M. Ruzzi. Ontology-based database access with DIG-Mastro and the OBDA Plugin for Protege. In Patel-Schneider, editor, Proc. of the 4th Int. Workshop on OWL: Experiences and Directions (OWLED 2008 DC), volume 496. CEUR-WS, 2008.
8. D. Calvanese, G. De Giacomo, D. Lembo, M. Lenzerini, A. Poggi, M. Rodriguez-Muro, R. Rosati, M. Ruzzi, and D. Fabio Savo. The MASTRO system for ontology-based data access. *Semantic Web Journal*, 2011. Forthcoming.
9. M. Codescu, G. Horsinka, O. Kutz, T. Mossakowski, R. Rau (2011). DO-ROAM: Activity-Oriented Search and Navigation with OpenStreetMap. In C. Claramunt, S. Levashkin, M. Bertolotto (Eds.), *Fourth International Conference on GeoSpatial Semantics*, Vol. 6631, (p. 88–107). , Lecture Notes in Computer Science.
10. W. Kuhn. Ontologies in support of activities in geographical space. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(7):613–631, 2001.
11. A. Artmeier, J. Haselmayr, M. Leucker, and M. Sachenbacher. The shortest path problem revisited: Optimal routing for electric vehicles. In R. Dillmann, J. Beyerer, U. D. Hanebeck, and T. Schultz, editors, KI, volume 6359 of Lecture Notes in Computer Science, pages 309–316. Springer, 2010.
12. M. A. Rodriguez, I. F. Cruz, M. J. Egenhofer, and S. Levashkin, editors. *GeoSpatial Semantics, First International Conference, GeoS 2005*, Mexico City, Mexico, November 29–30, 2005, Proceedings, volume 3799 of Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2005.