Dieser Beitrag beschreibt Konzepte und technische Ansätze, die den Übergang vom Navigationssystem zum Mobilitätsassistenten unterstützen. Eine wesentliche Rolle spielen dabei die Verknüpfung und Integration von Services mit kartographischen Daten sowie die semantische Beschreibung und Integration der relevanten Informationsbestände und Dienste.

Elektromobilität braucht intelligente Navigation

Mobilitätskonzepte der Zukunft Von Jürgen Ziegler, Daniel Münter und Tim Hussein

Services für die Mobilität der Zukunft

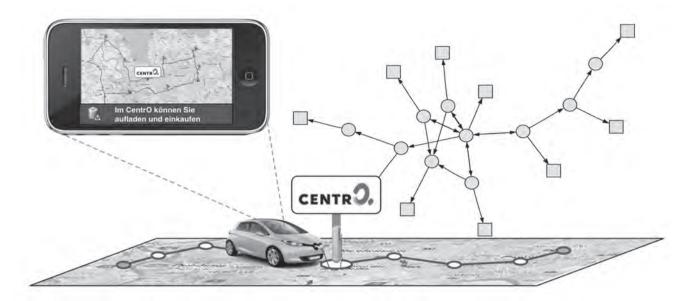
Die Mobilität der Zukunft erfordert neue Lösungsansätze, um die natürlichen Ressourcen zu schonen und den Energieverbrauch in signifikantem Maße auf regenerative Energiequellen zu verlagern. Gleichzeitig sollen individuelle Mobilitätsanforderungen erfüllt und eine frei bestimmbare Fortbewegung, die von einem Großteil der Bevölkerung als wünschenswert angesehen wird, erhalten werden. Die Elektromobilität stellt eine wesentliche Möglichkeit dar, um diesen einander entgegenwirkenden Zielsetzungen gerecht zu werden. Die erwartete Verbreitung von Elektrofahrzeugen

definiert nicht nur neue Anforderungen an die Fahrzeugtechnik und die Konzepte der Energiespeicherung, sondern auch an die Fahrerinnen und Fahrer sowohl im privaten wie auch im gewerblichen Einsatz. Die Dauer des Ladevorgangs und die erst langsam zunehmende Verfügbarkeit von Ladestationen im öffentlichen Raum sind Faktoren, die das Verhalten der Fahrer beeinflussen werden. Beide Aspekte liefern Randbedingungen für die Nutzung von Elektrofahrzeugen, da das Wiederaufladen des Elektrofahrzeugs im Unterschied zu der Verfügbarkeit und zeiteffizienten Nutzbarkeit von konventionellen Tankstellen mit einem höheren Planungs- und damit auch Unterstützungsaufwand ein-

hergeht. Obwohl davon ausgegangen werden kann, dass ein erheblicher Anteil der Ladevorgänge der privaten Nutzerinnen und Nutzer im Wohn- und Arbeitsumfeld erfolgt, wird die Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum einen wesentlichen Einfluss auf das Fahrverhalten haben. Neben solchen primären Einflussfaktoren auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen sind weitergehende sich abzeichnende Veränderungen der Mobilität zu berücksichtigen wie etwa die verstärkte gemeinschaftliche Nutzung von Fahrzeugen in Carsharing-Konzepten oder Intermodalitätsmodelle, die öffentliche Verkehrsmittel und Individualverkehr in neuer Weise verbinden.



Jürgen Ziegler. Foto: Max Greve



(1) Grundidee: Auf Basis reichhaltiger Infrastrukturinformationen und weiterer Daten (zum Beispiel Terminplaner) unterstützt der persönliche Mobilitätsassistent den Benutzer bei der Fahrtenplanung.

Die beschriebenen Faktoren haben in mehrfacher Hinsicht Auswirkungen auf die Planung und Durchführung von Fahrten mit dem Elektromobil. Dies betrifft einerseits die Vorabplanung von Fahrten, bei der abhängig von Fahrstrecke und gegenwärtigem Ladezustand verfügbare Ladeorte sowie die Zeit zur Aufladung zu berücksichtigen sind. Andererseits sind aber auch neue Methoden zur Navigation und Routenführung während der Fahrt erforderlich. Um die potenziellen Nachteile der Beschränkungen der Elektromobilität auszugleichen, müssen sowohl die Routenplanung wie auch die Navigation mit intelligenteren Mechanismen ausgestattet werden, die beispielsweise eine Verknüpfung der Navigation mit der Zeitplanung des Nutzers oder mit Dienstleistungen wie zum Beispiel in der Nähe der Ladestation erreichbaren Einkaufsmöglichkeiten erlauben. Gleichzeitig bietet die Einbeziehung derartiger Aspekte in die Navigation Chancen für neue Geschäftsmodelle, um die energetische Versorgung des Fahrzeugs mit zusätzlichen, insbesondere Internet-vermittelten Informationsangeboten und Services zu verbinden.

Die Einbeziehung solcher Aspekte erfordert eine durchgängige Vernetzung der Fahrzeuge mit im Internet verfügbaren Services, die sich auf der technischen Ebene durch die zunehmende Verfügbarkeit von mobilen Internetverbindungen im Fahrzeug bereits abzeichnet. Neben der Internetanbindung des Fahrzeuges wird auch dem Navigationssystem zukünftig eine weiter reichende Rolle zukommen. Durch Einbeziehung und Integration der zahlreichen Internet-Services, die für Routenplanung und -führung, aber auch darüber hinaus von Relevanz sind, zeichnet sich eine Entwicklung vom heutigen spezialisierten Navigationssystem zum multifunktionalen Mobilitätsassistenten ab. Gerätetechnisch können hierfür fest im Fahrzeug eingebaute Systeme oder aber Mobilgeräte wie Smartphones zum Einsatz kommen.

Im vorliegenden Beitrag beschreiben wir Konzepte und technische Ansätze, die diesen Übergang vom Navigationssystem zum Mobilitätsassistenten unterstützen. Eine wesentliche Rolle spielen dabei die Verknüpfung und Integration von Services mit kartographischen Daten sowie die semantische Beschreibung und Integration der relevanten Informationsbestände und Dienste.

Ein Szenario zur Mobilitätsunterstützung

Im Folgenden wird an einem Beispiel-Szenario das Konzept einer intelligenten Mobilitätsunterstützung erläutert.

Der Kundendienstmitarbeiter eines größeren Heizungsherstellers, er sei Herr X genannt, hat am kommenden Tag Kundentermine in unterschiedlichen Städten der Region und plant daher am Vorabend die anstehende Fahrt. Er wird mit einem Elektrofahrzeug unterwegs sein, das bei entsprechender Fahrweise eine Distanz von 160 Kilometern ohne Ladevorgang zurücklegen kann. Die Termine sind über den gesamten Tag verteilt und die Gesamtfahrstrecke überschreitet auch unter optimalen Bedingungen die Reichweite des Fahrzeugs, so dass ein Nachladevorgang einzuplanen ist. Da die Termine zum Teil am Vormittag und im Übrigen nachmittags geplant sind, kann zur Mittagszeit eine längere Pause einkalkuliert werden. Zusätzlich zu den Kundenbesuchen möchte Herr X in der Mittagspause eine private Besorgung ein Buchgeschenk - erledigen und zu Mittag essen. Der Mobilitätsassistent berechnet nach Eingabe beziehungs-

weise Übernahme der Tourendaten die effizienteste Route und schlägt diese vor. Herr X akzeptiert den Vorschlag, woraufhin vom System über einen Reservierungsservice eine geeignete Ladestation für die Zeit der geplanten Mittagspause gebucht wird.

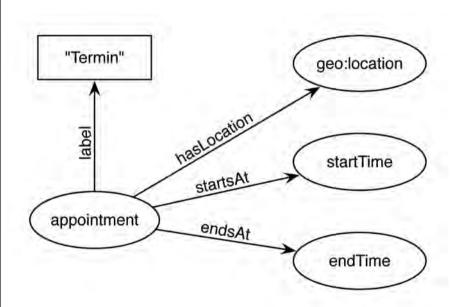
Am nächsten Morgen startet Herr X die Fahrt und lässt sich die für den Tag anstehenden Aufgaben in der geplanten Reihenfolge anzeigen. Beim zweiten Kunden angekommen, überprüft der Fachmann dessen Heiztherme. Dabei stellt er fest, dass ihm ein wichtiges Ersatzteil für die Instandsetzung fehlt. Sollte er dieses Teil nicht kurzfristig beschaffen können, müsste er den Kunden erneut aufsuchen. Daher gibt Herr X die Teilenummer in seinen Mobilitäts-Assistenten ein, der daraufhin die per Webservice zugänglichen Lagerbestände aller Großhändler in der näheren Umgebung auf Verfügbarkeit des gesuchten Ersatzteils überprüft. Tatsächlich wird ein solches Teil gefunden und kann vom Gerät direkt vorbestellt werden. Unter Berücksichtigung der noch ausstehenden Kundentermine wird eine neue, optimale Route vorgeschlagen, die die Beschaffung des benötigten Ersatzteils einschließt. Herr X kann dem Kunden sogleich mitteilen, dass er ihn nach Erledigung weiterer Termine am Nachmittag nochmals aufsuchen und die Heizung an diesem Tag noch reparieren wird.

Auf dem Weg zum letzten Termin des Vormittags fährt Herr X direkt zum ausgewählten Großhändler und holt dort das bestellte Ersatzteil ab. Anschließend nimmt er einen weiteren Termin wahr, erreicht trotzdem noch planmäßig das vom System zur Aufladung und zum Einkauf vorgeschlagene Einkaufszentrum und stellt sein Fahrzeug an der zuvor reservierten Ladesäule ab, um seine Besorgungen zu erledigen. Herr X kann das gewünschte Buch im Buchladen kaufen und einen Imbiss im benachbarten Restaurant einnehmen, bevor er die Fahrt mit einem zu 80 Prozent aufgeladenen Fahrzeug fort-

setzt. Während der Fahrt zu seinem letzten Termin erreicht Herrn X eine SMS seiner Ehefrau, die ihn bittet, auf dem Heimweg noch einige Lebensmittel einzukaufen. Das System informiert Herrn X über die Sonderaktion eines Discounters in unmittelbarer Nachbarschaft seines Wohnortes, der erst kürzlich eine neue Ladestation eröffnet hat und seiner elektro-mobilen Kundschaft die kostenfreie Aufladung während des Einkaufs anbietet. Herr X akzeptiert den neu berechneten Routenvorschlag und beendet seinen Arbeitstag mit einem bereits vollständig aufgeladenen Fahrzeug.

Abbildung (1) zeigt die Grundidee, die sich hinter diesem Beispiel-Szenario verbirgt. Dabei unterstützt der intelligente Mobilitätsassistent den Benutzer auf Basis reichhaltiger

verfügbare Infrastruktur und geographische Gegebenheiten erforderlich. Solche Informationen können zum Großteil über entsprechende webbasierte Services bezogen werden. Darüber hinaus muss eine effiziente Mobilitätsunterstützung auch die individuellen Anforderungen der Benutzerinnen und Benutzer berücksichtigen. Dazu gehören neben anstehenden Aufgaben und Terminen auch die persönlichen Interessen und Bedürfnisse. Um solche Faktoren in die Navigationsunterstützung einzubeziehen, werden Informationen über den Benutzer selbst und seinen aktuellen Nutzungskontext benötigt, die sich etwa aus dem persönlichen Terminplaner und Userprofilen sozialer Netzwerke ermitteln lassen. Auch hierfür stehen inzwischen Schnitt-



(2) Modellierung der Aspekte "Ein Termin hat eine Bezeichnung", "Ein Termin hat einen Ort", "Ein Termin hat eine Startzeit" und "Ein Termin hat eine Endzeit" in grafischer Notation.

Informationen über die Infrastruktur sowie weiterer, dynamisch eingebundener Daten, etwa persönlichen Terminen, bei der Fahrtenplanung.

Integration webbasierter Services auf Basis semantischer Modelle

Um Navigation intelligenter zu gestalten, sind zunächst reichhaltigere Informationen über die stellen zu den entsprechenden Webservices bereit.

Ein wirklicher Mehrwert lässt sich aber erst durch die intelligente Integration, Kombination und Präsentation der verschiedenen Informationen generieren. Als Datenbasis eignet sich dazu die Verwendung semantischer Modelle, deren grundlegende Konzepte nachfolgend erläutert werden.

Semantische Modelle

Neben dem reinen Datenaustausch ist die Integration heterogener, verteilter Informationen ein Kernproblem der modernen Informationstechnologie. Diese muss sowohl auf der syntaktischen als auch auf der semantischen Ebene erfolgen. Während sich erstere auf die Frage einheitlicher Datenformate und Schnittstellen bezieht, geht es bei letzterer um die Bedeutung von Begrifflichkeiten und deren Beziehungen untereinander.

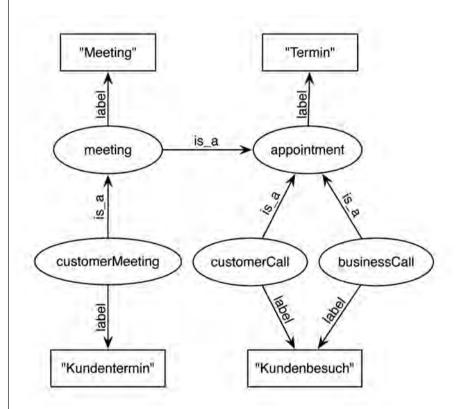
Wenn Menschen miteinander kommunizieren, erklärt sich die Semantik ihrer Aussagen typischerweise durch den vorliegenden Kontext der Situation. Für ein Informationssystem ist jedoch zunächst nicht entscheidbar, ob die Bezeichnungen "Station" und "Ladestation", die von zwei unterschiedlichen Anbietern verwendet werden, das gleiche Konzept benennen. Sollen heterogene Systeme miteinander kommunizieren, wird deshalb ein eindeutiges, vordefiniertes Vokabular benötigt, um Fehler auszuschließen.

In semantischen Modellen wird einerseits axiomatisches, also grundsätzliches Wissen modelliert. Dabei lassen sich allgemeine, infrastrukturelle Gegebenheiten, wie "Ein Einkaufszentrum hat eine Anschrift", "Ein Einkaufszentrum beherbergt Geschäfte" modellieren. Es können aber auch spezielle, beispielsweise aufgabenbasierte Aspekte, wie "Ein Mitarbeiter hat Kundentermine", "Ein Termin hat ein Datum", "Ein Termin hat einen Ort" abgebildet werden. Darüber hinaus kann ein semantisches Modell auch Faktenwissen enthalten, das im Rahmen der definierten Axiome frei modelliert werden kann: "Herr X hat Termin Y", "Termin Y ist am 20.08.11 um 11.00 Uhr", "Termin Y ist an der Lotharstr. 65 in Duisburg". Grundsätzlich lassen sich so beliebige Zusammenhänge der realen Welt in Form von semantischen Modellen darstellen. Sie erlauben auch die Abbildung einer kompletten Infrastruktur, wobei Elemente dieser Struktur sowohl nach ihrem Typ als auch nach ihren Eigenschaften klassifiziert werden können.

Semantische Modelle haben mit der Verbreitung des Semantic Web¹ stark an Bedeutung gewonnen. Die Vorstellung des Semantic Web zielt darauf ab, das existierende Web, das aus miteinander vernetzten Dokumenten besteht, durch ein Web of Data zu ergänzen, wobei alle Datenelemente miteinander vernetzt sind und anwendungsunabhängig abgefragt werden können. Häufig werden semantische Modelle in Form von Ontologien realisiert², die Methoden zur Spezifikation der

interpretiert werden, lassen Schlussfolgerungen über die enthaltenen Entitäten zu und sind mit Hilfe von Integritätsregeln auf ihre Konsistenz hin überprüfbar. Durch das für die Normierung im Bereich des Web zuständige Gremium W3C³ wurden eine Reihe von Standards (Web Ontology Lanugage OWL, Resource Description Framework RDF und andere) definiert, die neben der Modellierung semantischer Modelle auch deren Übertragung in einheitlicher Weise sicherstellen.

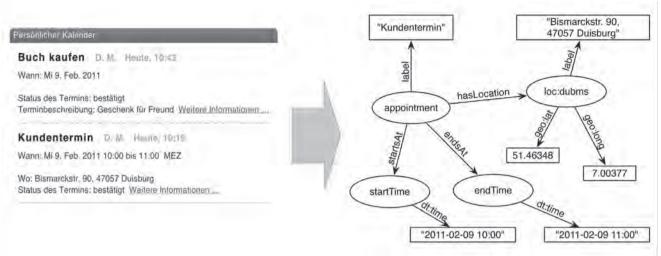
Ein Grundbaustein zur Darstellung semantischer Modelle sind einzelne Aussagen, wobei eine Aussage in der Form Subjekt



(3) Abbildung verschiedener Begrifflichkeiten auf einen abstrakteren Oberbegriff ("Mapping") mit Hilfe semantischer Modelle.

Semantik von Terminologien in einer wohldefinierten und eindeutigen Weise bieten. Es handelt sich also um formale Beschreibungen von Begrifflichkeiten und deren Beziehungen untereinander innerhalb eines bestimmten Gegenstandsbereichs oder einer Domäne. Sie können von Maschinen gelesen und

("Ressource") Prädikat ("Property") Objekt ("Ressource") formuliert wird. Man sagt auch, dass ein <Subjekt> eine Eigenschaft <Prädikat> mit der Ausprägung <Objekt> hat. Prädikate werden ebenfalls als Ressourcen behandelt. Im Semantic Web werden alle Ressourcen weltweit eindeutig mit Webadressen (URLs)



(4) Modellierung konkreter Daten am Beispiel eines Kundentermins.

bezeichnet. Da jedes Objekt einer Aussage wiederum Subjekt einer weiteren Aussage sein kann, können in einem Web of Data gespeicherte Aussagen beliebig miteinander verknüpft werden. Als Ausprägungen von Eigenschaften können weiterhin direkt Datenwerte, so genannte Literale, angegeben werden, so beispielsweise ein String als Name eines Herstellers oder ein numerischer Wert für einen Preis. Abbildung (2) zeigt die Modellierung der Aspekte "Ein Termin hat eine Bezeichnung", "Ein Termin hat einen Ort", "Ein Termin hat eine Startzeit" und "Ein Termin hat eine Endzeit" in grafischer Notation.

Sofern ein einheitliches Vokabular zwischen unterschiedlichen Systemen vereinbart wurde, können derartige Modelle aus unterschiedlichen Quellen direkt aufgebaut werden, welches reichhaltige Informationen zur weiteren Verwendung bereitstellt. Existiert dagegen kein gemeinsames Vokabular, muss es innerhalb der verarbeitenden Anwendung entsprechende Mechanismen geben, die heterogene Informationen integrieren und in das intern verwendete Vokabular überführen. Auf Basis eines übergreifenden semantischen Modells können die verwendeten unterschiedlichen Begriffe auf ein einheitliches Konzept abgebildet werden. Die Begriffe "Kundenbesuch",

"Meeting", "Treffen" könnten so unter dem allgemeineren Konzept "Termin" zusammengefasst werden. Werden unterschiedliche Ontologien zur Beschreibung der Daten eingesetzt, können Methoden aus dem Forschungsgebiet des Ontology Matching herangezogen werden, um diese zu verbinden oder zu integrieren. Abbildung (3) zeigt, wie die Abbildung verschiedener Begrifflichkeiten auf einen abstrakteren Oberbegriff ("Mapping") mit Hilfe semantischer Modelle aussehen kann. Abbildung (4) zeigt die Modellierung konkreter Daten am Beispiel eines Kundentermins.

Neben den generellen, statischen Strukturinformationen einer Domäne gibt es weitere Parameter, die zeitlichen Veränderungen unterliegen. Als Beispiel seien die aktuellen Kraftstoffpreise von Tankstellen genannt, die bereits über existierende Web Services abgefragt werden können. Die Integration solcher veränderlichen Daten und die Kombination mit den Strukturinformationen eines semantischen Modells eröffnen neue Möglichkeiten zur Mobilitätsunterstützung.

Ein semantisches Infrastrukturmodell

Im Rahmen des Projekts colognE-mobil bestand ein Ziel in der Entwicklung von Konzepten

sowie prototypischen Realisierung von intelligenten Navigationsfunktionen, die den Fahrer bei der Planung und Durchführung von Fahrten durch die Integration unterschiedlicher Services (zum Beispiel Vor-Ort-Angebote in der Nähe der Ladestationen) unterstützen. Zu diesem Zweck wurde in einem ersten Schritt ein abstraktes, semantisches Infrastrukturmodell entwickelt, das die Grundlage für ein intelligentes Mobilitäts-Assistenz-System bildet.

Das zentrale Element des Modells ist das Konzept "Location". Jede Örtlichkeit - sei es eine Tankstelle, ein Restaurant oder ein Geschäft – muss bezüglich ihrer geografischen Lage identifiziert werden können. Bei der Navigationsunterstützung wird dazu in einem begrenzten Bereich nach Örtlichkeiten gesucht, die bestimmte Bedingungen erfüllen. Dazu besitzen alle Elemente des Modells eine Eigenschaft "hasLocation" mit dem Objekt "Location". Damit lässt sich sowohl die Frage nach dem "Wo befindet sich etwas?" als auch diejenige nach dem "Was ist an diesem Ort?" beantworten. Ein Ort lässt sich eindeutig durch die geografischen Koordinaten ("Latitude", "Longitude"), die Höhenangabe ("Altitude"), einen Bezeichner ("Label") und eine Anschrift ("Address") beschreiben. Zusätzlich können Informationen zur Region,

Bundesland oder Ähnlichem hilfreich sein.

Zur Kategorisierung enthält das Modell die grundlegenden Elemente Verwaltung, Unterhaltung, Gastronomie, Dienstleistungen, Einkaufsmöglichkeiten und Verkehrsraum. Unterhalb dieser Gliederung sind konkretere Bereiche modelliert, zum Beispiel Ladestation und Parkplatz als Spezialisierung von Verkehrsraum. Weiterhin wurde das Modell mit Informationen über Angebote der einzelnen Örtlichkeiten angereichert. So liefert beispielsweise eine Ladestation Strom und in einem Restaurant werden Speisen angeboten. Schließlich wurden die jeweiligen Elemente bei deren Instanziierung miteinander in Beziehung gesetzt.

Zum Beispiel ist das CentrO in Oberhausen ein Einkaufszentrum, das neben vielen Geschäften und Restaurants auch Parkplätze bietet. In dem resultierenden Gesamtmodell befinden sich also nicht nur abstrakte Strukturinformationen sondern auch solche über konkrete Örtlichkeiten.

Integration unterschiedlicher Dienste unter Verwendung semantischer Modelle

Im Internet haben sich in den letzten Jahren viele verschiedene Dienstleistungsangebote etabliert. Webbasierte Services bieten eine enorme Menge an Informationen, beispielsweise Bewertungen für Restaurants oder Hotels, aktuelle Benzinpreise oder Sonderangebote beim Discounter. Darüber hinaus werden wertvolle Daten über die geografische Struktur entlang der Strecke bereitgestellt, mit deren Hilfe sich eine berechnete Route hinsichtlich ihrer Effizienz bewerten lässt. Eine der Herausforderungen besteht darin, wie solche Informationen unter Verwendung von webbasierten Services beschafft und vom System bei der Navigationsunterstützung berücksichtigt werden können.

Die wesentliche Problematik bei der Serviceintegration ist die Verteiltheit und Verfügbarkeit der Webdienste. Häufig stellen sie heterogene Schnittstellen bereit und übertragen die angeforderten Informationen in unterschiedlichen Datenstrukturen. Da es sich dabei bislang oft nicht um standardisierte Formate handelt, bietet sich ein Konzept an, welches einem Clearing-House-Mechanismus entspricht. Dazu wurde - ebenfalls im Rahmen des Vorhabens *colognE-mobil* – eine spezielle Komponente entwickelt, die unterschiedliche Schnittstellen und Datenformate aggregiert, indem sie die Daten in ein einheitliches semantisches Modell konvertiert. Dazu bedient sie sich einer Reihe von Konnektoren, die die Kommunikation mit den Webdiensten übernehmen. Auf diese Weise stehen der Anwendung alle Funktionen über eine einheitliche Schnittstelle und alle gelieferten Daten in einem einheitlichen Format zur Verfügung. Dieses Vorgehen bietet sich an, um dynamisch Informationen in das semantische Infrastruktur-Modell zu integrieren, die von Webservices bereitgestellt werden. Abbildung (5) zeigt eine schematische Darstellung der entwickelten Komponente. Dabei sind einige der verwendeten Webservices einerseits und die konvertierte Repräsentation der Daten andererseits dargestellt.

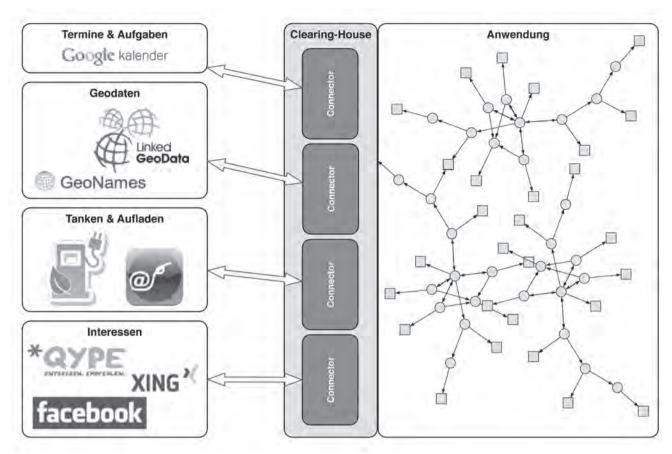
Erzeugen von situationsangepassten Empfehlungen

Aufgrund der großen Anzahl verfügbarer Web Services und der enormen Datenmengen ist es wenig sinnvoll, wenn ein Benutzer die für ihn relevanten Dienste immer selbst auswählen und aktivieren muss. Vielmehr sollte das System diese Auswahl automatisiert und in Abhängigkeit vom Nutzungskontext vornehmen. Eine Gruppe von Systemen, die solche Funktionalität bereitstellen, sind kontextadaptive Empfehlungssysteme4. Sie sind in der Lage, die gewünschten Daten individuell, zum Beispiel interessenabhängig innerhalb eines bestimmten Radius um die

aktuelle Position eines Fahrzeugs, bereitzustellen. So werden ein unnötiger Datentransfer vermieden und Systemressourcen geschont.

Im Unterschied zu Suchmaschinen werden jedoch die empfohlenen Objekte nicht auf explizite Anfragen des Nutzers hin angeboten, sondern durch das System auf Basis von Hintergrundinformation über die Nutzer, die Objekteigenschaften oder andere Faktoren generiert und in unterschiedlicher Form präsentiert. Empfohlene Inhalte sind zumeist kommerzielle Produkte, die dem Kunden zum Kauf angeboten werden, können aber genauso gut bestimmte Orte sein, an denen ein Benutzer etwas Bestimmtes tun kann. Empfehlungssysteme haben sich insbesondere in Onlineshops auf breiter Front etabliert. Ihr Potenzial ist damit aber nicht ausgeschöpft. Sie lassen sich auch hervorragend in anderen Bereichen einsetzen, etwa zur Empfehlung geeigneter Ladestationen entlang einer Route.

Recommender-Systeme haben sich seit den neunziger Jahren auch als eigenständiges Forschungsgebiet herausgebildet. Ihre Wurzeln liegen in verschiedenen Disziplinen, unter anderem im Information Retrieval und in der Kognitionsforschung. Aus diesen Arbeiten resultiert eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze und Methoden zur Empfehlungsgenerierung, die sich unter anderem im Bezug auf die verwendeten Basisdaten, die Ansätze zur Relevanzberechnung und die konkreten Algorithmen unterscheiden. Die eingesetzten Methoden werden häufig grob unterteilt in kollaborative und inhaltsbasierte Ansätze sowie Hybridsysteme. Als kollaborativ wird ein System dann bezeichnet, wenn Empfehlungen dadurch entstehen, dass Einkäufe oder Aktionen aller Nutzer zueinander in Beziehung gesetzt werden. Inhaltsbasierte Systeme hingegen beruhen auf vorab modellierten Ähnlichkeitsbeziehungen der Produkte untereinander. Hybridsysteme kombinieren beide Ansätze.



(5) Konnektoren fungieren als Konverter, welche die heterogenen Schnittstellen und Datenformate webbasierter Services in eine homogene semantische Struktur umwandeln.

Mit der wachsenden Verbreitung mobiler Systeme hat auch die Bedeutung ortsbezogener Empfehlungen erheblich zugenommen (beispielsweise in Form von location-based services). Dabei werden Objekte oder Dienste empfohlen, die im aktuellen örtlichen Umfeld des Nutzers relevant sind. Ortbezogene Empfehlungen werden bislang aber zumeist ohne Einbeziehung weiterer Informationen über den Nutzer oder die Objekte erstellt.

Erste Ansätze zur Einbeziehung von Kontext werden etwa seit dem Jahr 2000 verstärkt diskutiert, beispielsweise durch die Einbeziehung der aktuellen Aufgabe des Benutzers in die Empfehlungsgenerierung. Hinsichtlich einer Navigationsunterstützung besteht der Nutzungskontext neben Ort und Zeit aus zusätzlichen Faktoren wie die gefahrene Geschwindigkeit und aktuelle Reichweite des Fahrzeugs oder die Anzahl der Insassen.

Situationsbezogene Empfehlungen für Navigationssysteme

Liegt nun ein semantisches Modell der Infrastruktur vor, kann unter Einbeziehung der Zeit- und Aufgabenplanung des Benutzers eine Auswahl geeigneter Wegpunkte für die Routenberechnung erfolgen. Die mittels Broker verbundenen webbasierten Services bieten dabei die Möglichkeit, etwa aktuelle Preise und Sonderangebote von Geschäften entlang der Route zu ermitteln, Reservierungen an Ladestationen auszulösen und vieles andere mehr.

Bezüglich des eingangs beschriebenen Beispiel-Szenarios besteht die Herausforderung darin, eine optimale Route unter Berücksichtigung der anstehenden Kundentermine, der Reichweite des Fahrzeugs sowie der nötigen zusätzlichen Aufgaben zu berechnen. Dabei könnte die längere Pause zur Mittagszeit zur Aufladung des Fahrzeugs genutzt werden. Da

das Nachladen einige Zeit beanspruchen wird, könnte die Wartezeit zur Erledigung der erforderlichen Besorgungen dienen. Daher soll der Ladevorgang an einem Ort stattfinden, der Herrn X. neben einer Ladesäule auch entsprechende Einkaufsmöglichkeiten bietet. Dazu gehört ein Büchergeschäft, wo er das Buchgeschenk erwerben kann. Das Infrastrukturmodell kann hierbei die Information liefern, dass Einkaufszentren auch eine Buchhandlung beherbergen. Dies lässt den Schluss zu, dass die Fahrt zu einem Einkaufszentrum zum gewünschten Ziel, ein Buch zu kaufen, führen kann. Gleiches gilt für das Restau-

Die Planung der Route erfolgt dann nach folgendem Prinzip: Zunächst werden die anstehenden Aufgaben priorisiert, wobei zwischen statischen und dynamischen Aufgaben unterschieden wird. Statische Aufgaben sind im vorlie-



(6) Der Prototyp berechnet die Route und bietet auf Basis der Restreichweite die besten noch erreichbaren Tankstellen beziehungsweise Ladestationen entlang der Fahrstrecke an.

genden Fall die Kundentermine, die durch ihre zeitliche und örtliche Beschränkung eine höhere Priorität genießen als Aufgaben, die über den Tag verteilt zu einem günstigen Zeitpunkt erledigt werden können. Diese stellen die dynamischen Aufgaben dar. Die statischen Aufgaben werden nach ihrer Fälligkeit aufsteigend sortiert. Anschließend werden die dynamischen Aufgaben nach ihrem Zeitbedarf und ihren infrastrukturellen Anforderungen betrachtet. Im Beispiel-Szenario ist eine längere Fahrtunterbrechung an einem Ort erforderlich, der eine Ladestation und Einkaufsmöglichkeiten bietet. Eine längere Unterbrechung bietet sich nach der Terminplanung zur Mittagszeit an.

Die übrigen Informationen liefert das semantische Modell der Infrastruktur. Eine Buchhandlung findet sich an mehreren Orten in der Umgebung der Teilstrecke, die Herr X. im genannten Zeitraum zurücklegen wird. Jedoch findet sich nur an einem größeren Einkaufszentrum gleichzeitig eine Ladestation. Dieser Ort soll als Zwischenziel dienen und wird deshalb an der entsprechenden Stelle in die Aufgabenliste einsortiert.

Sofern alle dynamischen Aufgaben in dieser Weise geordnet wurden, werden die den Aufgaben zugrunde liegenden Orte als Zwischenziele für die Routenberechnung verwendet. Analog geschieht dies bei einer Neuberechnung aufgrund veränderter Anforderungen, wie zum Beispiel die Beschaffung des Ersatzteils. Dabei werden die zusätzlichen Zwischenziele ihrer Priorität nach in die bereits bestehende Liste eingefügt und anschließend die Route ab der aktuellen Position neu berechnet.

Die Erstellung von Routenprofilen unter Berücksichtigung zusätzlicher Parameter, wie beispielsweise den Höhendaten, erlaubt darüber hinaus den Vergleich potenzieller Strecken hinsichtlich ihrer Energieeffizienz.

Prototypische Entwicklung eines intelligenten Mobilitätsassistenten

Auf Basis der beschriebenen Konzepte ist ein erster Prototyp des intelligenten Mobilitätsassistenten entstanden. Dieser benutzt Schnittstellen öffentlich zugänglicher Webdienste, wie der Google-API. Der Prototyp ist bereits in der Lage, auf Basis von Einträgen des persönlichen Google-Kalenders eine aufgabenorientierte Routenberechnung zu veranlassen. Zusätzlich können aus verschiedenen Webdiensten wie zum Beispiel Qype.com interessante Orte ermittelt und dem User empfohlen werden. Die Benutzungsschnittstelle des Prototypen verfügt über Schnellwahl-Buttons, die eine gezielte Generierung von Empfehlungen zu Tankstellen oder Ladestationen, Parkplätzen, Übernachtungsmöglichkeiten und Restaurants in unmittelbarer Umgebung des aktuellen Standorts ermöglichen. Dabei werden verfügbare Bewer-

tungen anderer Benutzer ebenso einbezogen, wie aktuelle Preise. Die Empfehlung von Tankstellen oder Ladestationen kann aber auch in Abhängigkeit von der aktuellen Reichweite in Verbindung mit dem Standort automatisch generiert werden. Die Art des Antriebskonzepts lässt sich dabei frei konfigurieren. Mit dem Prototyp ist derzeit eine umfangreiche Fahrtenplanung möglich. Bei Planung einer längeren Strecke werden automatisch die auf der geplanten Route letzten erreichbaren Tankstellen abhängig von deren Preis und Entfernung zur Route empfohlen. Abbildung (6) zeigt einen Screenshot des entwickelten Prototyps.

Summary

In-car navigation systems are increasingly evolving into powerful mobility assistants which, in addition to conventional functions such as routing and providing directions, can offer the driver manifold information resources and services. Because of this, they will also become an important supportive technology for making mobility with electric vehicles more effective and acceptable. More intelligent methods of trip planning and routing will be required for e-cars due to the current constraints concerning charging time and availability of charging stations. Moreover, by flexibly integrating different information resources and services available on the Internet, trips can be better aligned with the driver's tasks and needs, opening up opportunities for new business models for service providers and merchants. Primary methods for integrating heterogeneous services in a smart mobility assistant are provided by Semantic Web technologies and standards. This article discusses the different requirements for a mobility assistant, describes the underlying technologies, and

presents a prototypical system that was developed in the *colognE-mobil* project.

Anmerkungen

- 1) Berners-Lee et al., 2001
- 2) Gruber, 1993
- 3) http://www.w3.org/
- 4) Sarwar et al., 2000

Literatur

- Auer, S., Lehmann, J., Hellmann, S.: Linked-GeoData: Adding a spatial Dimension to the Web of Data. The Semantic Web-ISWC 2009, 731–746, 2009.
- Dey, A. K., Abowd G. D.: Towards a better Understanding of Context and Context-Awareness. In HUC '99: Proceedings of the 1st international Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, 304–307. Springer-Verlag, 1999.
- Dey, A. K.: Understanding and using Context. Personal Ubiquitous Computing, 5(1):4–7, 2001.
- Dey, A. K., Hightower, J., de Lara, E., Davies, N.: Location-based services. IEEE Pervasive Computing, 9:11–12, 2010.
- Fonseca, F. T., Egenhofer, M. J., Agouris, P., Câmara, G.: Using Ontologies for integrated Geographic Information Systems. Transactions in GIS, 6(3):231–257, 2002.
- Fonseca, F. T., Egenhofer, M., Davis, C., Câmara, G.: Semantic Granularity in Ontology-driven Geographic Information Systems. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 36(1):121–151, 2002.
- Gruber, T. R.: A Translation Approach to portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition, 5:199–220, 1993.
- Guarino, N.: Semantic Matching: Formal ontological distinctions for information organization, extraction, and integration. Information Extraction A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology, 139–170, 1997.
- Hussein, T., Linder, T., Gaulke, W., Ziegler, J.: Context-aware Recommendations on Rails. In Workshop on Context-Aware Recommender Systems (CARS-2009) in Conjunction with the 3rd ACM Conference on Recommender Systems (ACM RecSys 2009), New York, NY, USA, 2009.
- Hussein, T., Linder, T., Gaulke, W., Ziegler, J.: A Framework and an Architecture for context-aware Group Recommendations. In Proceedings of the 16th international Conference on Collaboration and technology, CRIWG'10, 121–128, Berlin, Heidelberg, 2010. Springer-Verlag.
- Junglas, I. A., Watson, R. T.: Location-based services. Commun. ACM, 51(3):65–69, 2008. Lee, T. B., Hendler, J., Lassila, O.: The Semantic Web. Scientific American, 284(5):34–43, 2001.

- Kaasinen, E.: User Needs for locationaware mobile Services. Personal Ubiquitous Comput., 7(1):70–79, 2003.
- Münter, D., Hussein, T., Gaulke, W.: Kontextabhängige Empfehlung von Services zur intelligenten Navigationsunterstützung. In Interaktive Kulturen - Proceedings der Workshops der Mensch & Computer 2010-10. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien, DeLFI 2010 - Die 8. E-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. und der Entertainment Interfaces 2010, 138-142, 2010. - Sarwar, B., Karypis, G., Konstan, J., Riedl, J.: Analysis of Recommendation Algorithms for e-Commerce. In EC '00: Proceedings of the 2nd ACM Conference on electronic Commerce, 158-167, New York, NY, USA, 2000. ACM.

Die Autoren

Jürgen Ziegler studierte Elektrotechnik an der Universität Karlsruhe und promovierte an der Universität Stuttgart zum Thema "Entwurf objektorientierter Benutzungsschnittstellen". Bis 2003 war er Leiter des Competence Center Softwaretechnologie und Interaktive System am Fraunhofer-Institut IAO in Stuttgart, seit 2003 ist er Inhaber des Lehrstuhls für Interaktive Systeme und Interaktionsdesign Universität Duisburg-Essen. Zieglers Forschungsschwerpunkte sind: Mensch-Computer-Interaktion, kontextadaptive Systeme und visuelle Interaktion mit semantischen Daten mit den Hauptanwendungsfeldern Electronic Business, Smart Environments und Mobilität, unterhaltungsorientierte Nutzungen. Jürgen Ziegler ist in zahlreichen nationalen und internationalen Konferenz- und Normierungsgremien aktiv, unter anderem als Vorsitzender der Konferenz "Mensch & Computer" der Gesellschaft für Informatik im Jahre 2010.

Daniel Münter studierte Angewandte Informatik an der Universität Duisburg-Essen und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Interaktive Systeme und Interaktionsdesign der Universität Duisburg-Essen. Seine Forschungsthemen sind: Konzepte zur intelligenten Mobilitätsunterstützung und Mensch-Service-Interaktion.

Tim Hussein studierte Computer Science an der Universität Dortmund und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Interaktive Systeme und Interaktionsdesign Universität Duisburg-Essen. Er leitet das Forschungsteam Entwicklung intelligenter Benutzerschnittstellen. Husseins Forschungsschwerpunkte sind: Adaptive Benutzerschnittstellen und Empfehlungssysteme.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online



Offen im Denken



universitäts bibliothek

Dieser Text wird über DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

10.17185/duepublico/73874 DOI:

URN: urn:nbn:de:hbz:464-20210205-122814-2

Alle Rechte vorbehalten.