

Hubcab Taxi-Fahrgemeinschaften, digital erkundet

1 Big Data und Mobilitätsverhalten

Daten über die Aktivitäten von Menschen können städtische Verkehrssysteme erheblich verbessern. Umfangreiche Daten über menschliche Interaktionen wie Telefongespräche, Kreditkartentransaktionen oder der Gebrauch von sozialen Online-Netzwerken lassen Regelmäßigkeiten erkennen, sind hochgradig vorhersagbar (Song et al. 2002) und ermöglichen es, hinter unserem Alltagsverhalten und unseren Bewegungsmustern versteckte statistische Gesetzmäßigkeiten sichtbar zu machen. Unser Mobilitätsverhalten und auch andere Formen unseres Verhaltens interessieren längst nicht mehr nur die Sozialwissenschaften, sondern auch technische Disziplinen, wo Forscher mit Hintergrundwissen in Computerwissenschaft, Mathematik oder Physik unsere Bewegungsmuster untersuchen, als würden sie Elementarteilchen oder unbelebte Materie studieren. Überraschenderweise kann das aggregierte und statistische Verhalten hochkomplexer Organismen in vielen Situationen in rein mechanistischen Begriffen verstanden und formuliert werden (Ball 2003).

Wie aber läßt sich erklären, daß Terabytes von Daten zur menschlichen Mobilität nun so leicht verfügbar sind? Und mit welchen Konsequenzen für die Planung von Verkehrssystemen? Die leichte Verfügbarkeit verdanken wir technischen wie sozialen Fortschritten: Mobiltelefone haben die Art und Weise revolutioniert, wie wir kommunizieren – wir sind stets erreichbar, aber auch ‚ausspähbar‘. Telekommunikationsprovider nutzen eine machtvolle Infrastruktur, speichern die Position der nächstgelegenen Basisstation während jedes einzelnen Anrufs, den wir tätigen, oder bei jeder einzelnen SMS, die wir schreiben.

Die Technologie des Global Positioning System (GPS), mit dem jedes moderne mobile Telefon und andere Einrichtungen der mobilen Kommunikation ausgestattet sind, ermöglicht die genaue Verfolgung unserer jeweiligen Standorte. Nicht nur

die Routen eines jeden Individuums lassen sich verfolgen; nachvollziehen lassen sich auch die von Menschen, die ein beliebiges städtisches Verkehrsmittel nutzen. In Fahrzeugen installierte GPS-Tracker liefern eindrucksvolle Bilder des Stroms von Millionen von Fahrzeugen (Bild 1.2, Seite 34f) und ermöglichen uns so ein besseres Verständnis des kollektiven menschlichen Verhaltens und der Engpässe in unseren Verkehrssystemen.

Was die gesellschaftlichen Entwicklungen betrifft, so möchten wir die sogenannte *Open-Data-* oder *Open-Government-Initiativen* erwähnen. Der Begriff „Open Data“ meint, daß bestimmte Daten für jeden frei verfügbar sein und beliebig verwendet werden können sollten, ohne Restriktionen durch Copyright, Patente oder andere Kontrollmechanismen. Dazu gehören beispielsweise offene Daten aus den öffentlichen Verkehrssystemen von Städten, die die unabhängige Entwicklung von Smartphone-Anwendungen für Echtzeit-Bus- und Zugfahrpläne ermöglicht haben, die *open311-Initiative*, die es Stadtbewohnern erlaubt, direkter mit ihrer Stadt zu interagieren,¹ oder verschiedene Archive, die für Wissenschaftler der unterschiedlichsten Fächern gedacht und im *Open Access Directory*, eine *Sammlung von frei verfügbaren Datensätzen* aufgelistet sind.² Ein ähnliches Projekt ist auch *OpenStreetMap*³ – ein Wiki-ähnliches Projekt, das kartographische Daten erstellt und abbildet und unter einer offenen Lizenz publiziert. In den Vereinigten Staaten geht die Idee einer ‚transparenten‘ Regierung auf das Jahr 1966 zurück, als Präsident Lyndon B. Johnson ein Bundesgesetz unterzeichnete, den „Freedom of Information Act“ (FOIA) – nach zehn Jahren Kongreß-Hearings, die vom Abgeordneten John E. Moss betrieben wurden, um Zugang zu den Beratungen der Exekutive unter der Regierung Eisenhower zu erlangen (Blanton 2002).

In seinem Kampf erhielt Moss Rückendeckung von bekannten Journalisten, die gegen die bürokratischen Hürden und die Geheimnistuerei der damaligen Regierung vorgingen. Moss beschreibt diesen Kampf sehr anschaulich: „Es war verdammt schwer, überhaupt irgendeine Art von Information zu bekommen.“ (Kennedy 1978) Der FOIA erlaubt die Veröffentlichung von bis dahin nicht ver-

1 Open311 ist ein standardisiertes Protokoll für kollaboratives Verfolgen von ortsbezogenen Problemen, insbesondere für den öffentlichen Raum und für öffentliche Dienstleistungen. Siehe <http://open311.org> Letzter Zugriff 7. Juli 2013.

2 http://oad.simmmons.edu/oadwiki/Data_repositories Letzter Zugriff 7. Juli 2013.

3 <http://www.openstreetmap.org> Letzter Zugriff 7. Juli 2013.

öffentlich, von der Regierung kontrollierten Dokumenten und legt ein verbindliches Veröffentlichungsprozedere fest. Auch wenn das Gesetz inzwischen novelliert wurde, gelten heute noch dieselben Prinzipien, die Studien wie die weiter unten beschriebene ermöglichen. „Watergate“ und andere weitreichende Skandale haben für das Weiterbestehen des FOIA gesorgt und blieben ein Katalysator für die weltweite Open-Information-Bewegung (Blanton 2002).

Abgesehen von solchen wünschenswerten systematischen Initiativen, die sich dafür einsetzen, daß mehr Daten im öffentlichen Interesse verfügbar gemacht werden, stehen Wissenschaftlern Datenquellen oft nur dann zur Verfügung, wenn private Institutionen sie freigeben oder sie ungeplant an die Öffentlichkeit gelangen. Zum Beispiel sind Informationen über Mobiltelefonate in der Regel proprietäre Daten, im Besitz der Telefonunternehmen – und es hängt vom Überzeugungstalant der Wissenschaftler und von der Bereitschaft der Unternehmen ab, im öffentlichen Interesse stehende Daten für Forschungszwecke zugänglich zu machen oder nicht.

Eines der Paradebeispiele für eine ungeplante Veröffentlichung, die sich für die Bereiche der sozialen Netzwerke und des maschinellen Lernens als Segen erwies, ist der *Enron-Corpus*, eine riesige Datenbank mit mehr als 600 000 E-Mails, die von 158 Angestellten der Firma Enron stammen und nach den Ermittlungen im Zuge des skandalumwitterten Zusammenbruchs der Firma im Jahre 2003 öffentlich gemacht wurde.⁴

Eine koordinierte soziale Netzwerkanalyse des Korpus hatte bislang unbekannte Unternehmenspraktiken zu Tage gefördert und Einblick in die Gruppendynamik in großen Organisationen gegeben. Im Mobilitätskontext ist der Fall des Apple-iPhones ein gutes Beispiel für eine ungeplante Veröffentlichung von Daten zur Mobilität: Im April 2011⁵ wurde bekannt, daß das iPhone monatelang User getrackt und leicht zugängliche Logs der Bewegungen der Besitzer gespeichert hatte. Die Entdeckung dieser Logs hat zu Initiativen wie *crowdflow.net* geführt, ein Internetdienst, der offene Datenbanken von Wifi- und Mobilfunknetzwerken aufbaut.⁶

4 <http://www.nytimes.com/2011/03/05/science/05legal.html> Letzter Zugriff 7. Juli 2013.

5 <http://radar.oreilly.com/2011/04/apple-location-tracking.html> Letzter Zugriff 7. Juli 2013.

6 Apple hat sein Betriebssystem ein paar Wochen später aktualisiert, wodurch diese Möglichkeit dann nicht mehr gegeben war.

2 *Die Verbesserung städtischer Taxi-Systeme*

Wie aber können wir diese Menge an Daten für die Verbesserung des städtischen Lebens nutzen? Was das Thema Mobilität betrifft, so interessieren wir uns für das Funktionieren städtischer Verkehrssysteme. Angesichts der schnellen Urbanisierung und der Zunahme des städtischen Verkehrsaufkommens ist das reibungslose Funktionieren eines Verkehrssystems in einer Stadt wichtiger denn je. Stausituationen zum Beispiel wirken sich negativ auf die urbane Umgebung aus und haben signifikante Folgen für Wirtschaft und Umwelt, denn CO₂-Emissionen beeinträchtigen die lokale Luftqualität.

Wir wollen uns hier auf städtische Taxisysteme konzentrieren, ein wesentliches Element des städtischen Verkehrs. Trotz deren Bedeutung für den städtischen Verkehr hat sich die Forschung bislang wenig für die Taxis interessiert, deren Unternehmen sich ihrerseits systemischen Veränderungen und Verbesserungen hartnäckig widersetzen. So haben im Laufe etlicher Jahrzehnte New Yorker Bürgermeister immer wieder geschworen, das System verbessern zu wollen, und dennoch hat sich die Branche seit 1900 kaum verändert (Li 2006). Eine Verbesserung der Effizienz des Taxivermittlungssystems ist jedoch von zentralem Interesse für Taxiunternehmen, Taxikunden und Stadtplaner – denn nur wenn dynamische Vermittlungsverfahren eingesetzt werden und die Servicequalität und Nachhaltigkeit des städtischen Verkehrs verbessert werden, läßt sich beispielsweise auch der Kraftstoffverbrauch senken.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts haben wir einen Datensatz untersucht, der Auskunft gibt über die Positionen aller 13 500 New Yorker Taxis, enthält, die während der 170 Millionen Fahrten aufgezeichnet worden sind, die im Jahre 2011 in der Stadt New York getätigt wurden. Das Taxigewerbe wird in New York von der New York City Taxi and Limousine Commission (TLC) geregelt, die streng limitierte Genehmigungen (sogenannte Medaillons) vergibt und den bekannten gelben Fahrzeugen das exklusive Recht verleiht, Fahrgäste nach Anfrage auf der Straße aufzunehmen.

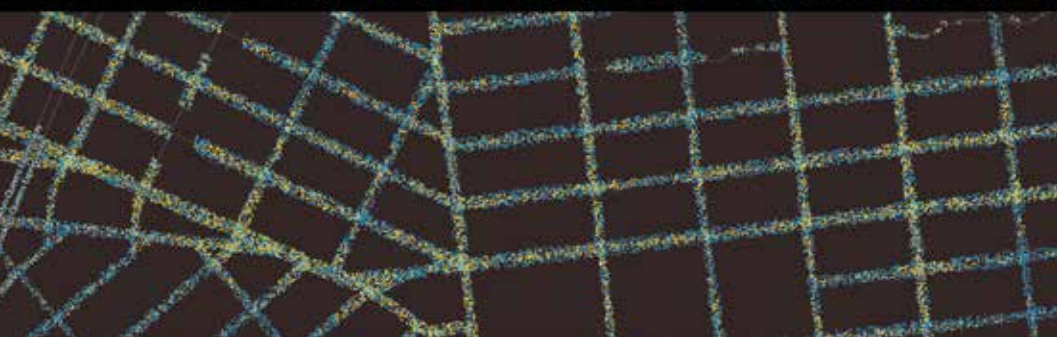
Seit 2008 müssen alle New Yorker Taxis auf Anordnung der TLC mit einem „Taxi Technology System“ (TTS) ausgerüstet sein, das einen GPS-Tracker mit einer Live-Map des Standortes des Taxis umfaßt, den der Fahrgast auf einem Bildschirm am Rücksitz verfolgen kann. Die vom Tracker gesammelten GPS-Daten werden direkt an die TLC übermittelt.



1.1 Screenshot des Projekts „The World’s Eye“ im Design Museum in Barcelona, 2008. Die Visualisierung zeigt, wie sich Anwesenheit und Bewegung der Touristen entwickeln. Die Fotostapel spiegeln die Intensität der touristischen Aktivität und machen deutlich, woher Touristen kommen, wo sie sich befinden, was für sie interessant genug ist, um festgehalten zu werden, und welche Elemente ihres Besuches sie mit anderen teilen. (Vergleiche Seite 19)







1.3 Verschiedene Zoom-Ebenen des Hubcab-Tools. Die hohe räumliche Granularität der Daten erlaubt es, tief hineinzuzoomen und einzelne Taxi-Ein- und -Ausstiege in New York auf Straßenniveau anzuzeigen. (Vergleiche Seite 41)

Seite 34f:

1.2 Taxi-Spuren in New York City, Screenshot von Hubcab. Die Straßen von New York sind in 40-Meter-Segmente unterteilt, die gesamte Taxi-Aktivität während des Jahres 2011 ist hier visualisiert. Ein Segment erscheint gelb, wenn es mehr Einsteige aufweist, und blau, wenn es mehr Ausstiege aufweist. Die Dicke der Straßensegmente ist proportional zur Taxiaktivität. Fast alle von Taxi anfahrbare Straßen werden von Taxis auch tatsächlich besucht. Hauptverkehrsadern sind tendenziell gelb, während kleinere Straßen blau sind, was ein schönes Bild eines komplexen Stadtsystems ergibt. (Vergleiche Seite 30)

Die Installation von GPS-Trackern war umstritten – begleitet von gelegentlichen, sich über Jahre hinziehenden Streiks und Anzeigen seitens der Taxifahrer gegen die TLC. Bei einer Sammelklage wurde die Installation als „gegen die Verfassung verstößender, unbefugter Eingriff in ihre Privatsphäre“ bezeichnet, nachdem eine bestimmte Anzahl von Medaillon-Lizenzen von der TLC zurückgezogen wurde, weil Kunden angeblich auf der Basis der gesammelten Daten zu viel berechnet worden war – was „gegen die Verfassung verstößt“, wie die Kläger behaupteten.⁷ Ungeachtet dessen war die TLC in diesem Streit erfolgreich, und nun kann jeder über eine FOIA-Anfrage von der TLC die vollständigen, anonymisierten Datensätze über die Taxistandorte erhalten.

New York ist nicht die einzige Stadt, wo Taxipositionsdaten frei erhältlich sind. Bei der Singapur-MIT Alliance for Research and Technology (SMART) hat das größte Taxiunternehmen des Stadtstaates ausgewählten Partnern Zugang zu Daten von 16 000 der 26 000 Taxis gewährt, und zwar für Studien, die die Lebensqualität innerhalb der Stadt verbessern sollen. Ähnliche Studien gibt es für Schanghai, San Francisco und Wien, und weitere Studien sind in den nächsten Jahren zu erwarten. Wir konzentrierten uns zunächst auf die New Yorker Taxiflotte. Hier lag das Material in hoher Auflösung und für ein ganzes Jahr vor, aber unsere Resultate können, ohne an Gültigkeit zu verlieren, auf Taxifлотten in beliebigen urbanen Zonen angewendet werden.

Bei der Analyse der Daten aus New York bemerkt man sofort, daß das Taxisystem als ganzes äußerst ineffizient ist. Das gilt auch für andere Städte. Ineffizienz läßt sich anhand der Gesamtlänge oder der Zeit von Leerfahrten quantifizieren, das heißt anhand von Fahrten ohne Kunden. Leerfahrten weisen in der Regel bimodale Verteilungen auf: Der erste Höhepunkt entspricht der erwarteten durchschnittlichen Leerfahrt, während der zweite – kleinere – Höhepunkt rund um die Strecke vom Stadtzentrum zum Flughafen zu finden ist. Diese besonderen Zonen rund um Flughäfen oder dicht bewohnte Stadtzentren sind maßgeblich für das Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage verantwortlich. Taxifahrer tendieren dazu, sich dort zu konzentrieren, wo fast immer Kunden zu erwarten sind, also entlang von Hauptstraßen und in anderen hochfrequentierten Gegenden. Aber aufgrund der langsamen Verbreitung von Informationen kommt es beim

7 Vergleiche Fall 1:12-cv-00784-LAK, Aka und Carniol v. Yassky et al.

tatsächlichen Kundenaufkommen zu starken Schwankungen – vor allem bei Flughäfen ist zu manchen Tageszeiten die Schlange leerer Taxis oft sehr lang, wenn viele Fahrer gleichzeitig die Idee haben, zum Flughafen zu fahren. Diese Ineffizienz des Systems führt logischerweise zu schädlichen Effekten wie einem unnötig hohen Niveau an Schadstoffemissionen; die ineffiziente Straßennutzung verstärkt Staus und Engpässe. Daß Flughäfen und ähnliche Gebiete signifikante Probleme im Verkehrssystem schaffen, sollte zu einem Überdenken der Stadtplanung führen, damit solche Gebiete zukünftig auf einer strategisch höheren Ebene angesiedelt werden.

In der Vergangenheit hat man immer wieder versucht, die Taxisysteme zu verbessern, meist in Form selbstorganisierter Initiativen. Das Teilen von Taxifahrten ist in vielen asiatischen Städten ein wohlbekanntes Phänomen: Die Fahrgäste teilen sich die Kosten, verzichten dafür auf ein bißchen Komfort und nehmen längere Fahrtzeiten in Kauf. Jüngst gab es kommerzielle Versuche mit kombiniertem Transport, also mit der Kombination verschiedener Beförderungsoptionen inklusive Taxis, wie im Projekt Moovel von Daimler oder bei Carsharing-Diensten. Hier fehlt es oft an ausreichender Akzeptanz, oder es gibt andere Effizienzprobleme. Zudem wurde eine ganze Reihe von Smartphone-Apps entwickelt, mit deren Hilfe User Taxis aufspüren, anhalten und für eine Fahrt mit einem Klick bezahlen können. Diese Apps werden nun weltweit mit unterschiedlichem Erfolg eingesetzt. Städtische Taxisysteme zeigen allerdings insgesamt keine grundlegenden Veränderungen.

Wir schlagen ein neues System vor, das alte Systeme ersetzen oder parallel zu ihnen funktionieren kann. Dazu verwenden wir die verfügbaren Daten und mathematische Modellierung und entwickeln ein effizienteres System, das weniger Emissionen verursacht und für die Kunden auch kostengünstiger ist als die bestehenden. Die Fahrten im Datensatz von New York umfassen 99 Prozent aller Straßen der Stadt (nicht enthalten sind Stadtteile wie Staten Island, die von Taxis nicht angefahren werden). Jedes Straßensegment enthält ein eindeutiges Set an Zielpunkten (andere Straßensegmente, wo Taxis hinfahren) und Ausgangspunkten (andere Straßensegmente, von wo Taxis herkommen).

Wir haben vor allem bemerkt, daß viele Fahrten kombiniert und daher eingespart werden könnten. In den dicht bewohnten Gebieten von Manhattan gibt es viele Paare von Straßenkreuzungen, wo bis zu zwei Millionen Fahrten in unmittelbarer Nähe des Ausgangs- beziehungsweise des Zielpunkts beginnen oder enden

(immer über ein ganzes Jahr gerechnet). Viele dieser Fahrten starten und enden fast zur gleichen Zeit, was sie unnötig machen würde, wenn die Fahrgäste bereit wären, ein Taxi zu teilen. Unser Ansatz konzentriert sich daher auf der Entwicklung eines neuen Vermittlungsalgorithmus, wobei die Grundidee das Teilen von Fahrten ist.

Dieser neue Prozeß beabsichtigt die Gesamtkosten des Dienstes zu minimieren, zugleich aber bestimmte Komfortkriterien beizubehalten. Beispielsweise sollten die Kunden nicht länger als übermäßig lange warten müssen als vorher. Im einfachsten Fall hat ein Taxi Kapazität für zwei Fahrgäste. Wenn zwei Fahrgäste sich am selben Ausgangspunkt befinden und denselben Zielpunkt erreichen wollen und das auch noch zur selben Zeit, dann ist das Taxi in der Lage, beide abzuholen und wieder abzusetzen. Dieser Fall scheint äußerst selten einzutreten, doch ist genau dies, wie unsere Beobachtungen und Berechnungen zeigen, oft der Fall, zumindest in dichten Gebieten wie Manhattan.

Manche Annahmen sind nicht so eng zu sehen: Start- und Zielpunkt müssen sich nicht unbedingt genau decken oder können entlang der Route der längeren Fahrt liegen. Wie dem auch sei, wir zeigen zuerst anhand von Simulationen, daß das aktuelle Taxisystem optimiert werden kann, um die Nachfrage besser zu befriedigen, wenn ein Taxi zwei Fahrgäste aufnimmt. Es ist dann selbstverständlich ein nächster Schritt, die Taxi-Kapazität auf willkürlich gewählte höhere Werte auszuweiten. Wenn Modelle, Simulationen und analytische Untersuchungen zeigen, daß eine höhere Kapazität effizienter ist, dann könnten in der Praxis größere Taxis eingesetzt werden, die „Taxi-Limousinen“ ähneln, wo Fahrgästen ein eigenes, privates Abteil wie in einem größeren Fahrzeug zur Verfügung steht, ähnlich wie in einem Bus, einem Fahrzeug, das aber individuellen, dynamischen Routen folgt.

Mathematisch gesehen, definiert unser Ansatz ein Fahrten-Sharing-Netzwerk, wo Knoten Fahrten darstellen und die Verbindungen zwischen Knoten bedeuten, daß zwei Fahrten nach bestimmten Regeln und mit Einschränkungen kombiniert werden können. Wenn mehr als zwei Fahrten geteilt werden sollen, wird das Netzwerk wesentlich komplexer, mit Verbindungen mit höherdimensionalen Verbindungen. Der Algorithmus löst dann das sogenannte *Maximum-Matching* – Problem, das sich mit der Aufgabe beschäftigt, eine maximale Anzahl von Elementen einander zuzuordnen. In diesem Fall wird so eine optimale Lösung für die Aufgabe gefunden, Fahrten zu kombinieren.

Exakte Lösungen sind rechengestützt für große Graphen nicht möglich. Aber es gibt Algorithmen, die sich optimalen Lösungen in vernünftiger Laufzeit annähern

können. In diesem Prozeß definieren wir einen Verlängerungsparameter, der für die Menge Zeit steht, um die ein Taxikunde bereit ist, seine Fahrt zu verlängern. Weist diese Zeit einen niedrigen Wert, ist die Dienstleistungsqualität höher, da der Kunde weniger lange warten muß. Allerdings können dann nur weniger Fahrten kombiniert werden. Das Umgekehrte gilt für lange Prolongationszeiten.

Ziel der Studie ist zu beurteilen, ob das Teilen von Fahrten möglich ist, ohne daß die Qualität der Dienstleistung substantiell leidet. Erste Ergebnisse, basierend auf Fahrten innerhalb von Manhattan, sind ermutigend: Wenn zwei Fahrten kombiniert werden, können 90 Prozent der Fahrten geteilt werden, sofern die Kunden bereit sind, eine [bis zu] fünf Minuten längere Fahrtzeit in Kauf zu nehmen. Damit könnte man die gesamte Fahrtstrecke – und damit die Umweltbelastung – um mehr als 40 Prozent reduzieren. Wenn drei oder mehr Fahrten geteilt werden sollen, scheint das Potential sogar noch höher zu sein. Bis zu fünf Minuten länger unterwegs zu sein, dafür aber nur die Hälfte zahlen zu müssen, ist offensichtlich ein vernünftiger Deal. Man beachte, daß der Fahrtenteil-Algorithmus so einfach zu sein scheint, daß man ihn in ein Online-Vermittlungssystem implementieren könnte. Hat man ein Taxi angehalten, kann man fast unmittelbar eine Rückmeldung bezüglich der verfügbaren Teil-Möglichkeiten erhalten.

Während also die technischen Details für das Teilen von Taxifahrten im städtischen Kontext algorithmisch lösbar zu sein scheinen, ist es nicht klar, ob die wahrscheinlich schwierigere politische Aufgabe gelöst werden kann, sowohl die Behörden als auch die Nutzer vom neuen System zu überzeugen. Die Kosten für die Ausweitung bestehender Technologien könnten als zu hoch angesehen werden, und vielleicht müßten – über die Kosteneinsparung hinaus – Anreize geschaffen werden, um die Kontaktängste zwischen einander fremden Fahrgästen auszuräumen, etwa durch getrennte, private Abteile innerhalb eines Fahrzeugs.

3 *Hubcab – das Instrument*

Parallel zu unseren Forschungen haben wir ein ergänzendes Online-Tool entwickelt – Hubcab –, um einer breiteren Öffentlichkeit die Möglichkeit zu geben, die untersuchten Phänomene auf einfache und interessante Art und Weise kennenzulernen. Das Tool ist auf www.hubcab.org verfügbar. Es visualisiert den Datensatz der New Yorker Taxifahrten und zeigt alle 170 Millionen Fahrten. So kann die Stadt

aus einer ganz neuen Perspektive erfahren werden. Das Tool zeigt einem weltweiten Publikum, welche Möglichkeiten ein so intelligenter und effizienter Vermittlungsalgorithmus bietet.

Besonderes Augenmerk legen wir auf die intuitive Darstellung der Menge und der Richtung der Fahrten. Ein- und Ausstiege sind kohärent und auf dynamische, hierarchisch strukturierte Weise dargestellt. Sie zeigen das Maximum an Information eines einzigen Einstiegs- und Ausstiegspunkts in höheren Zoom-Ebenen. Dieser Ansatz hat den Vorzug, daß potentielle Nutzer gleichzeitig sowohl die Richtung als auch die etwaige Anzahl von Fahrten sehen können. Was die kartographischen Daten betrifft, so verwendeten wir Karten von *openstreetmap.org*. Wir entwickelten ein Skript, um das große Straßennetz von New York in 200 000 Segmente mit einer Länge von 40 Metern aufzuteilen und so eine hohe Auflösung und dementsprechende gute Nutzereffizienz zu erreichen. Die allermeisten dieser Segmente enthalten zumindest einen Einstieg und einen Ausstieg, manche aber auch Tausende (über ein ganzes Jahr gerechnet). Hubcab ermöglicht es, in bisher ungekannter Genauigkeit in die Karten hineinzuzoomen (Bild 1.3, Seite 36). User können zwischen verschiedenen Zeitabschnitten wählen und die vollen Daten oder Daten nach Zeitabschnitten sowie verschiedene, besonders aktive Einstiegs- und Ausstiegs-Zonen zu verschiedenen Tageszeiten anzeigen. Der Radius dieser Zonen kann unmittelbar verändert werden. Alle Fahrten zwischen Ein- und Ausstiegen werden dynamisch ausgewählt; Hubcab ermöglicht, die Ströme zwischen 40 Milliarden (200 000 mal 200 000) Straßensegment-Paaren zu explorieren und zu visualisieren.

Das Hubcab-Tool liefert einen einzigartigen Einblick in das Funktionieren der Stadt aus der zuvor unsichtbaren Perspektive des Taxisystems, und das mit nie dagewesener Granularität. Mit Hubcab kann man genau untersuchen, wie und wann Taxis Kunden aufnehmen beziehungsweise absetzen, und Zonen erkennen, wo sich Ein- und Ausstiege häufen. Vor allem aber wird durch die Visualisierung der Ströme zwischen zwei beliebigen Punkten in der Stadt die Redundanz einer großen Anzahl von Fahrten und das damit verbundene Verbesserungspotential deutlich.

Hubcab weitet die Wahrnehmung des städtischen Raums aus und verändert sie – und damit möglicherweise auch das Verhalten seiner Bewohner und Besucher. Gesellschaftliche und politische Implikationen sind evident, und die Stadtplanung könnte sich durch den Einsatz solcher Tools signifikant verändern. Die visualisierten Daten können dazu dienen, Städte besser zu gestalten oder wo nötig zu erweitern und Prototypen für die Städte der Zukunft zu entwerfen.

Bei unserem Ansatz haben wir unter anderen Methoden eingesetzt, bei denen Optimierungsalgorithmen auf Graphen angewandt werden. Welche anderen Arten von Lösungen für dieses Problem wären möglich, abgesehen von einer solchen logischen Optimierung? Frühere Forschungen, die mit Mobiltelefon-Daten arbeiteten, haben gezeigt, daß die spezifische Raumsyntax einen wichtigen Einfluß auf die Geographie menschlicher Aktivitäten haben kann (Reades et al., 2009) und daher auch auf das Funktionieren des öffentlichen Verkehrssystems. Es wäre sinnvoll zu überlegen, städtische Strukturen so neu zu arrangieren, daß sich auch die Landnutzung verschiebt, damit öffentliche Verkehrssysteme in einem integrierten Ansatz verbessert werden können, zum Beispiel über eine effizientere Abstimmung zwischen Wohnregionen und Arbeitsbezirken und den diese verbindenden öffentlichen Verkehrsmitteln. Jedenfalls wird eine systematische Verbesserung nur möglich sein, wenn der Status Quo erfaßt und die so erhaltenen Datensätze einer strengen Analyse unterzogen werden.

Dank

Die Autoren danken ihren Forschungsmitarbeitern Paolo Santi und Giovanni Resta (Institute of Informatics and Telematics of CNR, Pisa, Italien), Steven Strogatz (Department of Mathematics, Cornell University, Ithaca, NY), Stanislav Sobolevsky und Carlo Ratti (Senseable City Lab), den Web-Entwicklern von Hubcab (47nord) sowie der National Science Foundation, der AT&T Foundation, dem SMART Program des MIT, dem MIT CCES Program, Audi Volkswagen, BBVA, Ericsson, Ferrovial, GE und allen Mitgliedern des MIT Senseable City Lab Consortium.

Literatur

- Ball, P. 2003. The physical modelling of human social systems. *Complexus 1*: 190–206
- Blanton, T. 2002. The world's right to know. *Foreign Policy 131*: 50–58
- Kennedy, G. 1978. *Advocates of Openness: The Freedom of Information Movement*. Dissertation, University of Missouri-Columbia
- Li, S. 2006. *Multi-attribute taxi logistics optimization*. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology
- Reades, J., Calabrese, F., and Ratti, C. 2009. Eigenplaces: analysing cities using the space-time structure of the mobile phone network. *Environment and Planning B 36*: 824–836
- Song, C., Zehui, Q., Blumm, N. and Barabási, A.-L. 2010. Limits of predictability in human mobility. *Science 327*: 1018–1021