

Erste Mobilitätsdienste auf Basis von “Floating Car Data“

S. Lorkowski, E. Brockfeld, P. Mieth, B. Passfeld, K.-U. Thiessenhusen, R.-P. Schäfer

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR

Institut für Verkehrsforschung

Rutherfordstr. 2

12489 Berlin

stefan.lorkowski@dlr.de

Abstract

This paper presents a couple of prototype Intelligent Transport Systems (ITS) applications for some large European cities based on Probe Vehicle Data (PVD) of taxi-fleets. First of all, the PVD are used to monitor the current traffic conditions in urban areas. Areas of congested traffic can be easily identified and traffic jams can be highlighted on time. Another prototype application is a route guidance and dynamic navigation system based on current and historical road segment travel times. First experiences with Berlin, Munich, Nuremberg, Stuttgart and Vienna implementations based on taxi-PVD demonstrate that the integration of this type of data source in traffic management systems could greatly improve the quality of ITS applications in urban areas. Individual and collective routing information will be enhanced by more reliable travel time information.

Finally, the paper presents an attempt to derive digital road maps and street characteristics from ordinary taxi-PVD. An example of an automatically generated road map of a designated city area will be given.

1 Einleitung

Eine der Hauptaufgaben der Verkehrsforschung in Deutschland ist die Mithilfe bei der nachhaltigen Sicherung der Mobilität. Das kann durch die prototypische Demonstration neuer Dienste und Konzepte geschehen.

Ziel von Mobilitätsdiensten ist die Optimierung des Verkehrs, sowohl für den einzelnen Verkehrsteilnehmer als auch für deren Gesamtheit. Allerdings muss man das Verkehrssystem zuerst verstehen, um es optimieren zu können. Dazu braucht es fundiertes Wissen über die Entwicklung der Verkehrsnachfrage über den Tag und die Woche, die örtliche Verteilung der Verkehrsströme, das Routenwahl- und Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer usw.. Da sich diese Variablen dynamisch ändern, muss dieses Wissen kontinuierlich angepasst werden. Weiterhin treten im System Straßenverkehr häufig unerwartete Störungen auf, welche es zu erfassen gilt.

Möglichkeiten zur Verkehrsdatenerfassung wurden bereits in Form verschiedener Sensoren entwickelt. Der wohl bekannteste Verkehrssensor ist die Induktionsschleife, welche an einer bestimmten Stelle des Straßennetzes die Anzahl und ggf. die Geschwindigkeit der passieren-

den Fahrzeuge misst. Gleiches leisten heutzutage optische und Infrarotsensoren. Haupteinschränkung dieser Verfahren ist jedoch die Begrenztheit der gewonnenen Information auf das unmittelbare Umfeld der Sensoren.

Diese Einschränkung wird mit den „Floating Car Data“ (FCD) überwunden, die bereits seit einigen Jahren Gegenstand der Forschung sind. Grundidee ist die Nutzung von im Verkehrsfluss „mitschwimmenden“ Fahrzeugen als mobile Sensoren für die aktuelle Verkehrslage. Die Fahrzeuge melden in regelmäßigem Abstand ihre aktuelle Position an eine Zentrale, wo dann deren Reisezeiten ermittelt werden und daraus auf die Verkehrssituation geschlussfolgert wird. Prägnantester Vorteil dieses Verfahrens ist die flächenhafte Erfassung des Verkehrsgeschehens.

Dem Einsatz von FCD in der Praxis stand bisher immer entgegen, dass für eine hinreichend gute Erfassung des Verkehrsgeschehens, z.B. in einer Großstadt, eine Flotte mit vielen hundert bzw. sogar tausend „Floating Cars“ erforderlich ist. Das Ausrüsten einer solchen Flotte mit der entsprechenden Ortungs- und Kommunikationstechnik sowie der Betrieb ist mit erheblichen Kosten verbunden. Sollen Fahrzeuge von Privatpersonen als FCD-Lieferanten genutzt werden, so sind weiterhin datenschutzrechtliche Fragen zu bedenken. Die Markteintrittsbarriere für potentielle Betreiber eines solchen Systems ist daher relativ hoch. Weiterhin ist die Akzeptanz von auf FCD basierenden Mobilitätsdiensten sowie die Zahlungsbereitschaft der Nutzer und damit die Amortisation der Kosten nur schwer kalkulierbar, resultierend in einem hohen unternehmerischen Risiko. Auch war es bislang nicht möglich, die prinzipielle Machbarkeit von FCD zu demonstrieren.

Ein Ansatz zur Überwindung dieser Schwierigkeiten ist die Nutzung von Taxis als Lieferanten für FCD. Heutzutage übermitteln ein beträchtlicher Anteil der Taxis in Deutschland¹ ihre aktuelle Position an Taxizentralen, welche dann entsprechend die telefonisch eingehenden Aufträge an die Taxis vermitteln. Bei den Taxizentralen liegen somit hochwertige FCD vor, welche bisher von niemandem für die Erfassung der Verkehrssituation genutzt wurden; ein eklatanter Widerspruch zu den vielen teuren Installationen von Zählschleifen in deutschen Städten.

Bezüglich der Nutzbarkeit von Taxi-FCD stellen sich folgende Fragen:

- Eignen sich Taxis als FCD-Lieferanten? Inwieweit repräsentieren sie typische Verkehrsteilnehmer? Ist ihre Anzahl ausreichend, um die Verkehrssituation in einer Stadt hinlänglich erfassen zu können?
- Welche Algorithmen sind für die Auswertung der FCD von Taxis zu entwickeln?
- Welche Mobilitätsdienste lassen sich auf FCD-Basis entwickeln? Wie ist deren Akzeptanz? Lassen sie sich wirtschaftlich betreiben?

Zur Klärung dieser Fragestellungen wurde die gesamte Prozesskette von der Erfassung der FCD über deren Auswertung bis zum Betrieb darauf aufgesetzter Mobilitätsdienste umgesetzt. Die dabei bisher gewonnenen Erkenntnisse sind nachfolgend beschrieben.

2 Erfassung von Taxi-FCD

Die Erfassung von Verkehrsdaten mittels der FCD-Technologie erfordert, wie bereits erwähnt, große Flotten von Fahrzeugen, welche

- ihre aktuelle Position hinreichend genau bestimmen können und

¹ Z.B. in den USA ist das bisher nicht der Fall.

- diese Positionsinformation in zeitlich möglichst kurzer Folge an eine Zentrale übermitteln.

Für die Positionsbestimmung von „Floating Cars“ ist die Nutzung der Satellitennavigation die derzeit geeignetste Methode. Die Empfänger sind relativ kostengünstig zu erwerben und zu betreiben und liefern die erforderliche Ortungsgenauigkeit (ca. 10 m), weshalb z.B. in Onboard-Navigationssystemen, aber auch in den u.a. von Taxis genutzten Flottendispositionssystemen derzeit nahezu ausschließlich Satellitennavigation zum Einsatz kommt. Eine Alternative ist die sogenannte Handyortung, jedoch ist zumindest im Moment die hier zu erzielende Ortungsgenauigkeit deutlich geringer (z.B. [Yim, 2002]).

Für die Übermittlung der Positionsdaten an die Zentrale bieten sich die verschiedenen Mobilfunkstandards (z.B. GSM, GPRS, Betriebsfunk mit digitalem Datenkanal) an. Während bei GSM und GPRS die Kommunikationskosten dominieren, überwiegen bei Betriebsfunksystemen die Anschaffungskosten. Die Flottendispositionssysteme der Taxizentralen nutzen i.d.R. analogen Betriebsfunk mit einem digitalen Datenkanal für die Übermittlung der Position an die Zentrale.

Im Rahmen von Pilotprojekten konnten Taxizentralen in fünf Großstädten für die Datengenerierung gewonnen werden (siehe Tabelle 1 und <http://ivf.dlr.de>). Die Daten werden kontinuierlich und in Echtzeit bezogen.

Tabelle 1 : Im Rahmen der Pilotprojekte bezogene "Floating Car Data" von Taxis

Stadt	Taxis	seit	Datensätze	Ø Zeitintervall
Berlin	ca. 300	05/01	40 Mio.	67 s
München	ca. 220	04/03	2 Mio.	110 s
Nürnberg	ca. 500	02/02	22 Mio.	68 s
Stuttgart	ca. 700	04/03	10 Mio.	40 s
Wien	ca. 600	03/02	41 Mio.	40 s

Bei der Auswertung der Daten zeigte sich als ein weiterer Vorteil, der für die Nutzung von Taxis als „Floating Cars“ spricht, deren sehr hohe Fahrleistung. Diese ist etwa 15 mal höher als die von Privat-PKW's. Etwaige Investitionen in Ortungs- und Kommunikationstechnik amortisieren sich aufgrund der hohen Auslastung entsprechend schneller. Die hohe Fahrleistung der Taxis führt dazu, dass in den Tagesstunden durchschnittlich 30% gleichzeitig in Dienst sind.

Die Taxis übermitteln mit jeder Positionsmeldung ihren aktuellen Status. Typische Statusmeldungen sind z.B. „Besetzt“, „Anfahrt zum Kunden“, „Frei“. Der Zeitabstand zwischen den Positionsübermittlung variiert mit dem aktuellen Status des Taxis. Da beispielsweise ein besetztes Taxi ohnehin nicht zur Disposition steht, übermittelt es seine aktuelle Position seltener als ein freies Taxi. Der durchschnittliche Zeitabstand ist Tabelle 1 zu entnehmen.

3 Auswertung der Taxi-FCD

Die Auswertung der FCD beginnt damit, dass aus den Daten durchgehende Trajektorien herausgefiltert werden. Trajektorien sind dabei Wegstrecken, welche von den Taxis unter Verfolgung eines festen Fahrzieles zurückgelegt wurden. Nur diese Strecken sind repräsentativ für das Verkehrsverhalten der Gesamtheit der Verkehrsteilnehmer. Kriterien für eine Trajek-

torie sind u.a., dass sich der Status des Taxis nicht ändert und der zeitliche Abstand zwischen den Ortungen einen Maximalwert nicht überschreitet.

Weiterhin erfolgt ein Plausibilitätscheck der eingehenden Positionsdaten. In stark bebauten Gebieten kann es aufgrund von Abschattungen und Reflexionen des GPS-Signals zu einer erheblich reduzierten Ortungsgenauigkeit kommen. Stark fehlerbehaftete Ortungen führen jedoch oft zu nicht plausiblen Geschwindigkeiten und können auf diesem Wege leicht erkannt und eliminiert werden.

Nach der Trajektorienfilterung und dem Plausibilitätscheck erweisen sich ca. 85% der eingegangenen Taxi-FCD's als für die Weiterverarbeitung geeignet.

Nun werden die Positionsdaten auf das eigentliche Straßennetz referenziert. Für den als „Map Matching“ bezeichneten Prozess wurde ein geeigneter Algorithmus entwickelt, welcher gleichzeitig die von den „Floating Cars“ benutzten Routen zwischen den Ortungen ermittelt. Voraussetzung ist das Vorhandensein eines digitalen Abbildes des Straßennetzes. Straßennetze in digitalisierter Form existieren derzeit für alle größeren europäischen Städte. Ist ein solches digitales Abbild des Straßennetzes nicht vorhanden, so kann es mit gewissen Einschränkungen auf Basis der FCD generiert werden (siehe Kapitel 5.5).

Sind die von den Taxis benutzten Routen ermittelt, so können die von ihnen benötigten Reisezeiten für die einzelnen Straßen berechnet werden. Hierzu wird die Reisezeit zwischen zwei Ortungspunkten anteilig auf die zwischen diesen Punkten benutzten Straßen aufgeteilt, wobei das bereits vorhandene Wissen über die für die Straßen zu erwartende Reisezeit in die Aufteilung mit eingeht.

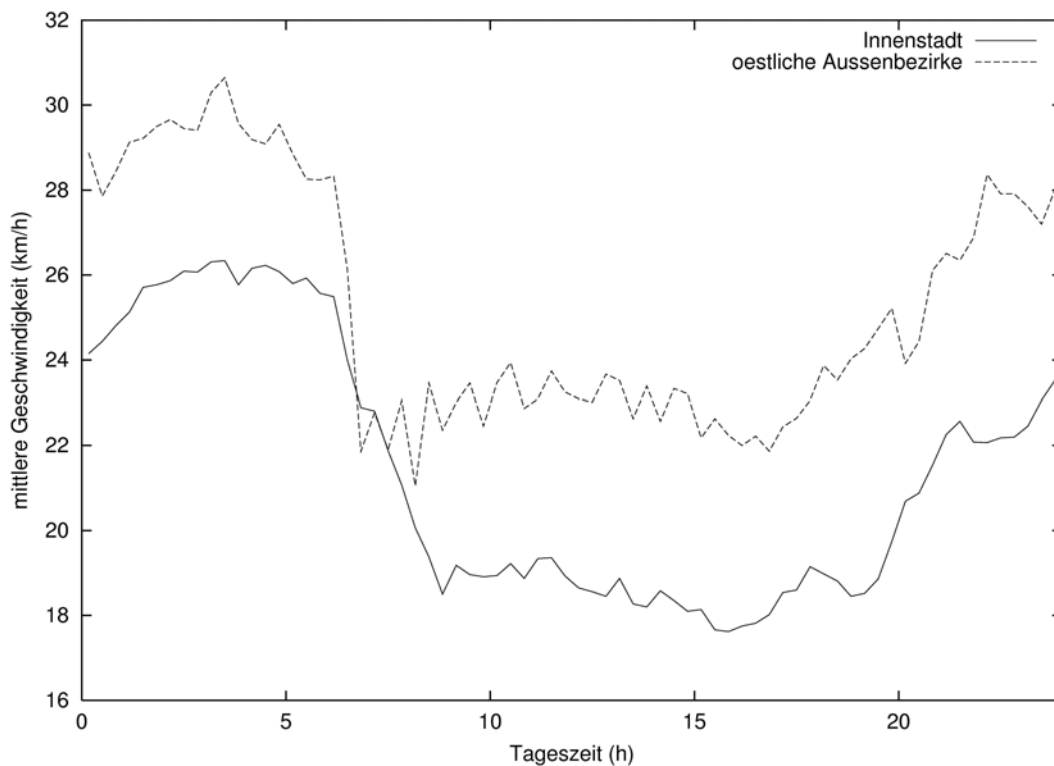
Die so für die einzelnen Straßen ermittelten Reisezeiten sind das Ergebnis der FCD-Erfassung und -Auswertung. Sie werden in einer Reisezeit-Datenbank archiviert. Für die Mobilitätsdienste können nun je nach Bedarf verschiedenste Analysen dieser Daten ausgeführt werden.

4 Ausgewählte Analysen der FCD-Reisezeitdaten

Aus der FCD-Reisezeitdatenbank lassen sich durch geeignete Analysen verschiedenste Informationen über das Verkehrsgeschehen in einer Stadt erlangen. Neben der aktuellen Verkehrssituation auf den von den „Floating Cars“ in den zurückliegenden Minuten befahrenen Straßen können durch Analyse des historischen Datenbestandes globale, lokale sowie zeitliche Charakteristika des Verkehrs im Gesamtstraßennetz ermittelt werden.

So können z.B. die typischen Tagesgänge der Geschwindigkeiten im Stadtgebiet oder in einzelnen Stadtteilen ermittelt werden. Abbildung 1 zeigt die ermittelten Tagesgänge (werktags) für die Innenstadt sowie die Außenbezirke Berlins. Die Tagesgänge wurden in 4 x 4 km großen Gebieten im östlichen Stadtzentrum sowie in einem Vorortgebiet (Lichtenberg/Hohenschönhausen/Marzahn) ermittelt.

Abbildung 1: Tagesgänge der Geschwindigkeit für das Zentrum sowie die Außenbezirke Berlins

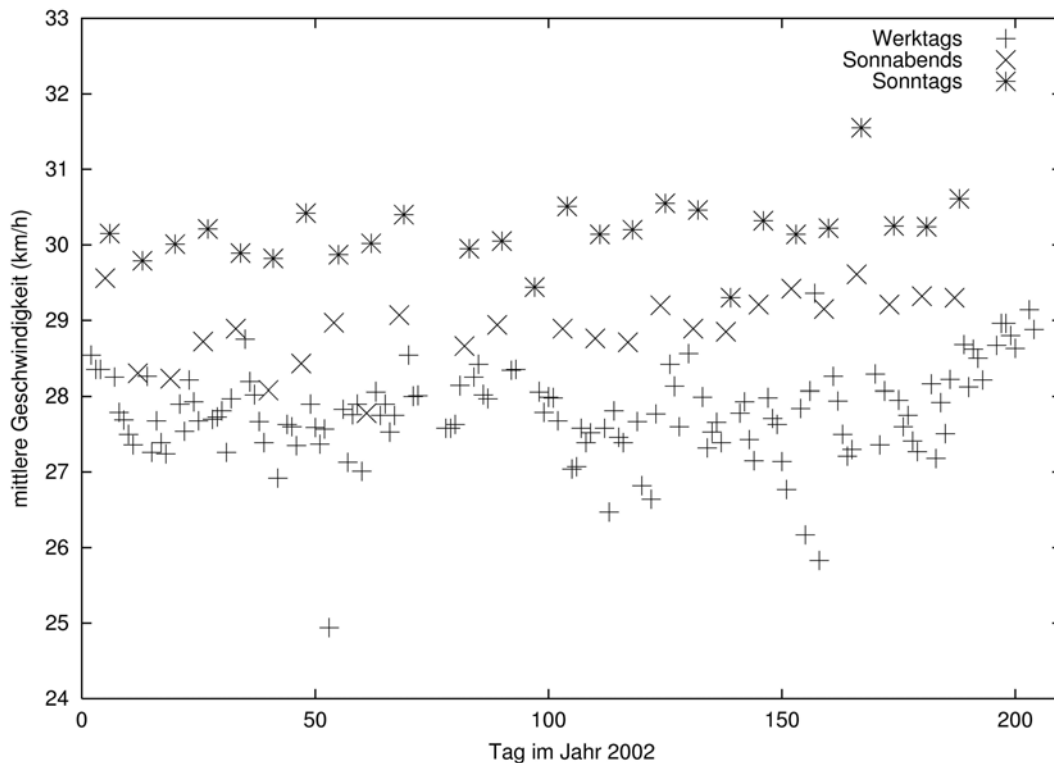


Aus Abbildung 1 wird deutlich, dass der Berufsverkehr in den Außenbezirken naturgemäß bereits früher einsetzt und am Abend länger anhält als in der Innenstadt, da viele Berufstätige in den Vororten wohnen und zum Arbeiten in die Innenstadt pendeln.

In der Innenstadt beginnt der morgendliche Geschwindigkeitsabfall erst später. Zwischen etwa 9 und 16 Uhr verweilt die Geschwindigkeit auf relativ konstantem, niedrigem Niveau. Sie ist generell deutlich geringer als in den Vororten. Ein kleiner, aber dennoch signifikanter Geschwindigkeitsabfall ist im Stadtzentrum gegen 19.30 sowie 22.00 Uhr zu beobachten, wenn viele Menschen die dortigen Theater und sonstigen Kultureinrichtungen besuchen bzw. wieder verlassen.

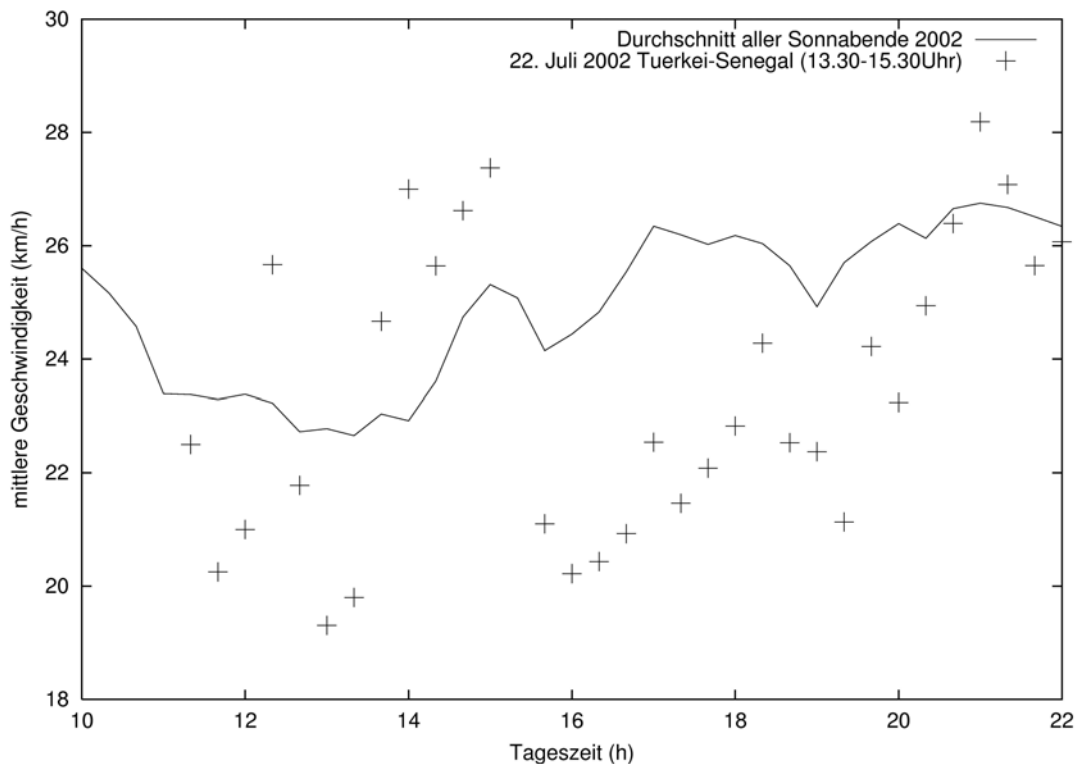
Die Verkehrssituation in einer Stadt oder einem Stadtteil kann an bestimmten Tagen aus verschiedenen Gründen von der typischen Situation abweichen. In Abbildung 2 ist der Verlauf der über den Tag gemittelten Durchschnittsgeschwindigkeit in der Berliner Innenstadt für die ersten 200 Tage des Jahres 2002 dargestellt. Die Mittelwerte der Geschwindigkeiten an den Wochenenden liegen naturgemäß über denen an Werktagen. Weiterhin sind diverse Geschwindigkeitsvariationen zu beobachten, welche z.B. auf Schlechtwetter mit Schneefall, aber auch auf Großereignisse in der Stadt sowie auf die Schulferien zurückzuführen sind.

Abbildung 2: Tagesdurchschnittsgeschwindigkeiten in der Berliner Innenstadt



Besondere Ereignisse können sich auch lokal auf den Verkehr in einzelnen Stadtteilen auswirken. Abbildung 3 vergleicht den mittleren Tagesgang der Geschwindigkeit für alle Sonnabende im Frühling 2002 in den Berliner Stadtteilen Kreuzberg und Neukölln (wo ein Großteil der türkischstämmigen Bevölkerung der Stadt lebt) mit dem von Sonnabend, den 22. Juni 2002. An diesem Tag fand von 13.30 - 15.30 Uhr das Fußballweltmeisterschaftsspiel zwischen der Türkei und Senegal statt. Da das Spiel offensichtlich von vielen Anwohnern verfolgt wurde, waren die Straßen in besagtem Zeitraum entsprechend leerer als an vergleichbaren Tagen und die Geschwindigkeiten somit höher. Nach dem Spiel entlud sich die Begeisterung über den Sieg der türkischen Mannschaft in Autokorsos, die zu Staus und partiellen Verkehrszusammenbrüchen führten.

Abbildung 3: Tagesgang der Geschwindigkeit in Berlin Kreuzberg/Neukölln



Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Erfassung von Taxi-FCD einen guten Ansatz zur Analyse der Reisezeiten im Stadtverkehr darstellt. Der Schluss von Reisezeiten auf Verkehrsflüsse ist nur bedingt möglich und derzeit Gegenstand der Untersuchungen.

5 Mobilitätsdienste auf FCD-Basis

Aufbauend auf der oben beschriebenen FCD-Reisezeitdatenbank und deren Analysemöglichkeiten wurden Prototypen für verschiedene Mobilitätsdienste entwickelt. Diese werden derzeit in einer Testphase betrieben, eine Vermarktung durch kommerzielle Betreiber wird angestrebt. Nachfolgend sind die Dienste beschrieben.

5.1 Verkehrslagedarstellung im Internet

Den „Lowest-Level“-Dienst stellt das Publizieren der aktuellen Verkehrslage dar. Hierfür wurde ein entsprechender Internetauftritt entwickelt, welcher mit Hilfe eines Java-Applets das Straßennetz der jeweils gewählten Stadt darstellt, wobei die Straßen entsprechend des aktuellen Verkehrszustandes eingefärbt sind. Dem Nutzer stehen verschiedene Zoom-Funktionen zur Verfügung, so dass er sich schnell einen Überblick über die aktuelle Verkehrssituation in ihn interessierenden Stadtgebieten verschaffen kann. Weiterhin wird zwischen wichtigen Kreuzungen die zu erwartende Reisezeit in der Karte angegeben.

Ähnliche Dienste existieren bereits, jedoch ausschließlich für mit stationären Detektoren bestückte Straßennetze (hauptsächlich Autobahnen).

5.2 Automatisch generierte Staumeldungen

Es wurde ein Algorithmus entwickelt, welcher die FCD-Reisezeitdatenbank bzgl. aktueller Staus filtert. Hierzu wird überprüft, ob auf einem zusammenhängenden Ausschnitt des Straßennetzes mit einer definierten Mindestlänge die Geschwindigkeit unter einen Schwellwert sinkt, welcher sich wiederum an der dort vorliegenden Geschwindigkeitsbegrenzung orientiert. So können automatisch Staumeldungen generiert werden. Das Prinzip der privaten Staumelder, welche Staus per Telefon z.B. an Radiosender melden, oder auch der Staubeobachtung von Flugzeugen aus wird somit in einer effizienten Art und Weise automatisiert. Weiterhin wird dem häufig beobachteten Problem von Staumeldungen privater Verkehrsteilnehmer begegnet, dass die Stauauflösung zu spät erfasst wird.

Die Staumeldungen können über die konventionellen Medien Radio, RDS-TMC, Videotext, etc. publiziert werden. Eine Kooperation mit verschiedenen Radiosendern ist derzeit in Vorbereitung.

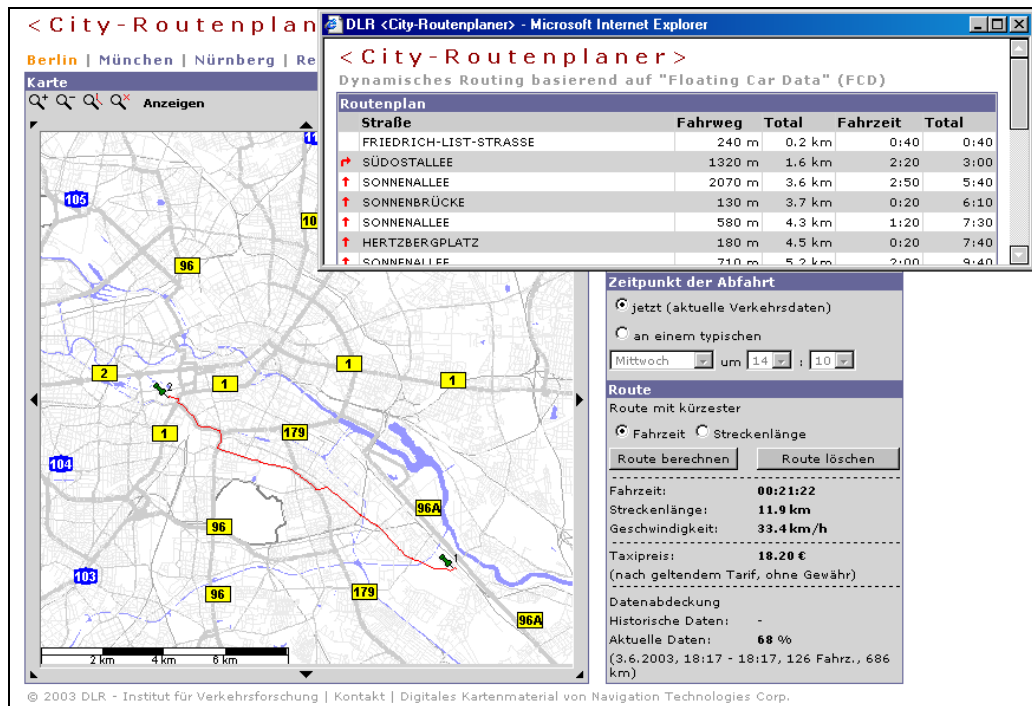
5.3 Dynamische Routenplanung

Eine wichtige Mobilitätsdienstleistung für Kraftfahrzeugführer stellt die Routenplanung dar. Das wurde bereits in der Vergangenheit erkannt und der Markt mit entsprechender Routenplanungssoftware für Personalcomputer und mobile Endgeräte bedient. Weiterhin entstanden einige Routenplanungsportale im Internet.

Nachteil der existierenden Lösungen ist, dass i.d.R. keine aktuellen Verkehrsinformationen in die Routenplanung eingehen. Der Nutzer muss somit die empfohlene Route entsprechend der ihm ggf. bekannten Staumeldungen selbst korrigieren. Weiterhin erfolgt die Abschätzung der Reisezeiten in den meisten Routenplanern auf Basis sehr grober Informationen über die Kategorien der Straßen (Autobahn, ..., Spielstraße), ohne Kenntnis der typischen Verkehrssituation „vor Ort“.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde ein Routenplaner (siehe Abbildung 4) entwickelt, welcher die FCD-Reisezeit-Datenbank für die Routenermittlung benutzt. Das Wissen sowohl um die typische Reisezeit auf einer Straße an einem bestimmten Wochentag zu einer bestimmten Uhrzeit als auch die Kenntnis der aktuellen Verkehrssituation geht somit direkt in die Routenplanung ein, wodurch ein erheblich fundierteres Ergebnis erzielt wird. Der Routenplaner ist im Internet über <http://ivf.dlr.de> zu erreichen.

Abbildung 4: Der "City-Routenplaner", zu erreichen über <http://ivf.dlr.de>



Der Routenplaner erlaubt multikriterielles Routing. Neben der Reisezeit und der Streckenlänge wird zukünftig auch das Kriterium „Stauanfälligkeit“ bzw. „Verlässlichkeit der Reisezeitprognose“ in den Routenfindungsprozess mit einbezogen werden können. Die Wichtung dieser drei Kriterien ist vom Nutzer innerhalb definierter Grenzen frei wählbar.

Da der Bedarf nach einer Routeninformation naturgemäß häufig in Situationen entsteht, in denen nicht über einen PC auf das Internet zugegriffen werden kann, wurden für mobile Endgeräte (Personal Digital Assistants PDAs, Java- und WAP-fähige Mobiltelefone) entsprechende Versionen des Routenplaners entwickelt.

Die Erfahrungen erster externer Nutzer des Routenplaners sind überwiegend positiv. Testergebnisse zeigen, dass die prognostizierten Reisezeiten i.d.R. um weniger als 10% von den realen Reisezeiten abweichen. Für Gebiete mit zu geringer FCD-Abdeckung steigt dieser Wert erwartungsgemäß an. So werden z.B. die Verkehrsstörungen im morgendlichen Berufsverkehr im Ostteil Berlins durch die Taxi-FCD nur unzureichend erfasst, da hier zu selten Taxis der die Daten liefernden Taxizentrale unterwegs sind. Diese Taxizentrale vertritt allerdings auch nur ca. 300 der etwa 7.000 Berliner Taxis. In den anderen untersuchten Städten ist die Anzahl der „FCD-Taxis“ bezogen auf die Gesamtheit deutlich höher.

5.4 Offboard-Navigationssystem

Durch die oben beschriebene dynamische Routenplanung ist es dem Nutzer möglich, sich jederzeit die für ihn günstigste Route ermitteln zu lassen. Der Zugang über mobile Endgeräte ermöglicht ihm weiterhin das Abrufen der Informationen während der Fahrt. Die Fahrt muss hierzu jedoch unterbrochen oder die Aufgabe von einem Beifahrer übernommen werden.

Im Sinne einer komfortablen Nutzung und einer damit verbundenen hohen Akzeptanz ist jedoch klar, dass die Entwicklung hin zu einem Navigationsassistenten mit individueller und dynamischer Zielführung gehen muss, welcher den Fahrer stets die nach aktuellsten Informationen günstigste Route führt. Hierzu wurde eine Software für internetfähige PDAs entwi-

ckelt, welche diese in Kombination mit einem internen oder externen GPS-Empfänger zu einem solchen Offboard-Navigationssystem aufwertet (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Personal Digital Assistant (PDA) als Offboard-Navigationssystem



Die Zielführung in diesem Navigationssystem erfolgt sowohl optisch als auch akustisch. Die Anforderungen an Rechenleistung und Speichergröße des PDA sind dabei gering, da die Route komplett auf dem Server berechnet wird. Da auf dem PDA keine digitale Karte des Straßennetzes gehalten werden muss, ist deren stetige Aktualisierung nur auf dem Server notwendig und folglich mit erheblich geringerem Aufwand zu realisieren.

Gemäß [ADAC, 2002] steigt der Absatz an Onboard-Navigationsgeräten kontinuierlich an (Ende 2002 waren ca. 2,3 Mio. Autos in Deutschland damit ausgerüstet). Ein nächster Schritt muss demzufolge die Integration dynamischer Verkehrsdaten auch in diese Geräte sein. Die Firma BMW geht mit dem Telematikdienst „Assist“ in diese Richtung, wobei die mit diesem System ausgestatteten Fahrzeuge gleichzeitig FCD liefern sollen.

5.5 Generierung digitaler Straßennetze / Ableitung von Straßenattributen

Dieser Dienst wendet sich nicht direkt an die Verkehrsteilnehmer, sondern an die Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen, welche häufig eine digitale Karte des Straßennetzes für den Betrieb ihrer Dienste benötigen. Während solche Karten für nahezu alle Städte Deutschlands existieren, fehlt für viele Regionen der Erde entsprechendes Kartenmaterial. Insbesondere die schnell wachsenden Großstädte Asiens sind jedoch ein wichtiger potentieller Markt für Telematikanwendungen, welche die Existenz digitaler Straßenkarten voraussetzen. Das Erheben dieser Karten ist allerdings bisher ein aufwändiger und kostenintensiver Prozess.

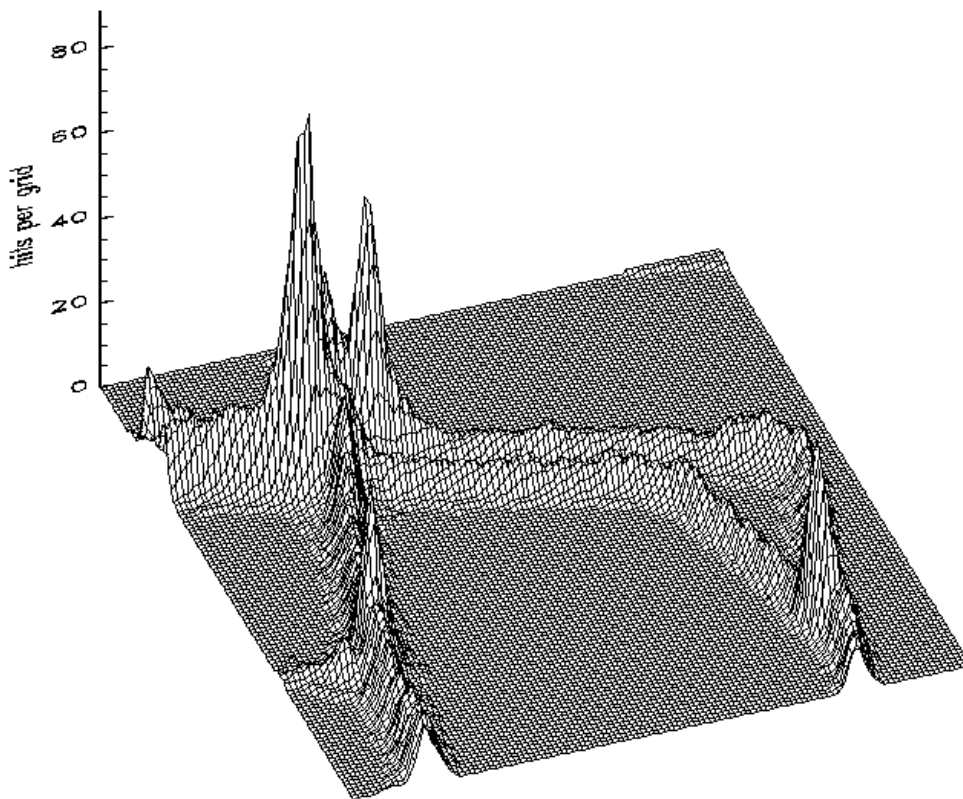
Weiterhin sind bereits vorhandene Karten von unterschiedlichem Informationsgehalt und unterschiedlicher Qualität. So benötigen bestimmte Dienste Informationen, die derzeit erhältli-

che digitale Karten i.d.R. nicht bereitstellen, wie z. B. richtungsaufgelöste Spurenanzahl oder Haltepunkte an Ampeln.

Das Straßennetz unterliegt weiterhin einer nicht zu vernachlässigenden Dynamik. Infrastrukturmaßnahmen wie der Bau von Umgehungsstraßen oder Straßensperrungen aufgrund notwendiger Bauarbeiten modifizieren das Netz. Das regelmäßige Aktualisieren der Karten ist daher für Navigationszwecke und Routenassistenz unerlässlich.

Es wurde deshalb untersucht, welche Informationen über das Straßennetz aus Taxi-FCD abgeleitet werden können. Basierend auf der Verteilung der FCD-Trefferdichten sowie weiterer abgeleiteter FCD-Charakteristika wurden Algorithmen getestet, die es ermöglichen sollen, das Straßennetz von Großstädten anhand vorhandener Taxi-FCD automatisch zu erzeugen und die für Anwendungen notwendige Straßenattribute aus den Daten zu extrahieren.

Abbildung 6: FCD-Dichte an der Kreuzung Potsdamer Str. - Bülowstr., Berlin



In Abbildung 6 ist die FCD-Trefferdichte an einer ausgewählten Straßenkreuzung dargestellt. Deutlich sind die erhöhten Trefferdichten an den Haltepunkten der Kreuzung zu erkennen.

Die Daten einzelner Fahrten von „Floating Cars“ sind aufgrund von zu geringer Ortungsgenauigkeit und Übermittlungsfrequenz nicht für eine Rekonstruktion des Straßennetzes geeignet. Die Ausnutzung der statistischen Eigenschaften einiger Millionen aggregierter FCD ermöglicht hingegen zumindest die Generierung des grundlegenden Verkehrsnetzes. Probleme gibt es insbesondere in den Kreuzungsbereichen und in Gebieten, für welche nur wenige FCD zur Verfügung stehen.

Abbildung 7: Digitale Straßenkarte eines Ausschnitts des Berliner Stadtzentrums, hergeleitet aus Taxi-FCD; als mehrspurig erkannte Straßen sind fett hervorgehoben

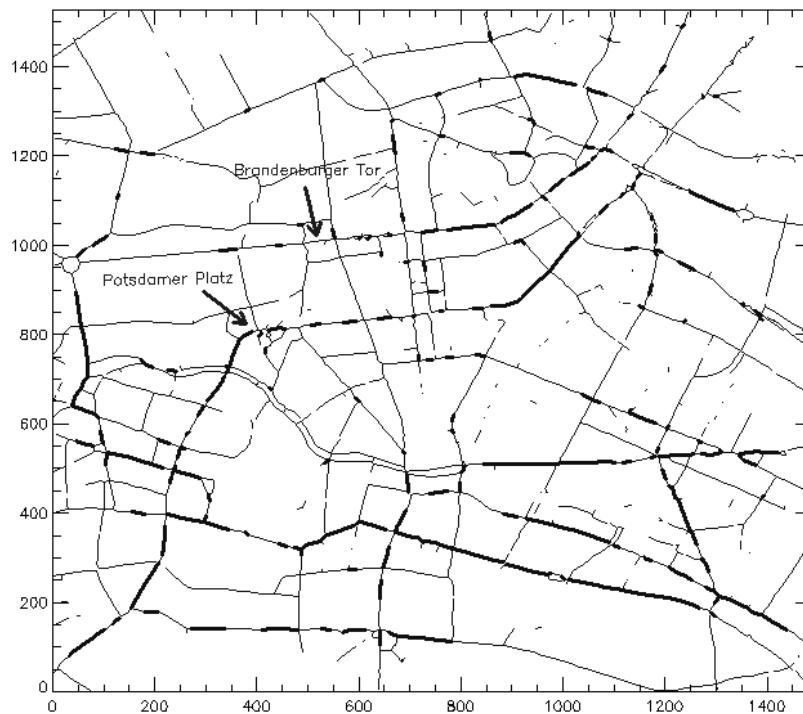


Abbildung 7 zeigt einen ca. 6 km x 6 km großen Ausschnitt einer aus FCD abgeleiteten Straßenkarte der Berliner Innenstadt. Die als mehrspurig erkannten Straßenabschnitte sind in der Grafik fett hervorgehoben.

Über die Erhöhung von Ortungsgenauigkeit und Übermittlungsrate der FCD sowie durch eine bessere Datenabdeckung, eventuell unter Hinzuziehung alternativer Methoden der Positionsbestimmung, ist zukünftig mit einer weiteren Verbesserung der Ergebnisse zu rechnen.

6 Zusammenfassung

Derzeit werden in Deutschland diverse und z.T. kostenintensive Anstrengungen unternommen, die Verkehrslage in Städten zu erfassen und darauf aufbauend Mobilitätsdienste zu etablieren. Die Technologie der „Floating Car Data“ rückt dabei mehr und mehr in den Vordergrund.

Die Untersuchung der Eignung von Taxis als FCD-Lieferanten ergab, dass hier eine sowohl qualitativ als auch quantitativ hochwertige Datenquelle für die Verkehrsdatengewinnung zur Verfügung steht, und das zu äußerst geringen Kosten. Die Daten sind sowohl autark als auch in Kombination mit Daten anderer Sensoren für die Generierung eines Abbildes der Verkehrslage geeignet.

Es wurden auf Basis von Taxi-FCD mehrere Prototypen für Mobilitätsdienste entwickelt, welche es jetzt in den kommerziellen Betrieb zu überführen gilt. Erste Interessenten haben sich hier bereits gefunden.

Im Rahmen der Pilotprojekte werden in allen untersuchten Städten nur von einem kleinen Teil der vorhandenen Taxis FCD bezogen. Das Potential von Taxi-FCD ist somit bei weitem nicht

ausgeschöpft, was im späteren Betrieb unter Nutzung aller Taxis eine weitere Erhöhung der Qualität der Daten und der darauf aufbauenden Dienste erwarten lässt.

Referenzen

- ADAC, 2002 - „Marktentwicklung für Kfz-Navigation, ADAC-Schätzung und Prognose bis 2005“, Dez. 2002
- Schäfer, 2002 - R.-P. Schaefer, K.-U. Thiessenhusen, P. Wagner, “A Traffic Information System by means of real-time Floating Car Data”, European Transport Conference, Cambridge, 2002
- Yim, 2002 - Y.B.Y. Yim, R. Cayford, “Investigation of Vehicles as Probes Using Global Positioning System and Cellular Phone Tracking: Field Operational Test”, 2001