

Schlauere Navigation durch Mobilfunk?

Matthias Kienzler

Betreuer: Tobias Bandh

Seminar Future Internet SS2009

Lehrstuhl Netzarchitekturen und Netzdienste

Fakultät für Informatik

Technische Universität München

E-Mail: kienzler@in.tum.de

Kurzfassung—Vorhandene Navigationssysteme haben den Nachteil, dass die Daten auf denen die Navigation basiert nicht aktuell sind und Staus nur berücksichtigen, falls sie TMC empfangen können. Dies wird mit Hilfe anderer Quelle versucht zu umgehen, sodass man auf den Straßen unterwegs sein kann, ohne lange im Stau zu stehen. Im folgenden wird anhand verschiedener Projekte untersucht, inwiefern Mobilfunk hilfreich sein kann um Daten über die reale Situation auf den Straßen zu gewinnen. Mit diesen Daten kann dann das Navigationssystem frühzeitig eine Ausweichroute berechnet um erst gar nicht in einen Stau hineinzugeraten. Neben einer Einführung in die Technologie der Floating Car Data“werden sowohl großflächige Projekte von TomTom oder der University of Berkeley als auch City-Projekte, die nur einen bestimmten Bereich abdecken, vorgestellt. Alle Projekte beinhalten gute Ansätze, um in Zukunft besser durch dichten Verkehr zu gelangen und Stau von vornherein zu umfahren. Allerdings basieren die Systeme auf unterschiedlichen Technologien und auch die Funktionsweisen unterscheiden sich stark.

Schlüsselworte—FCD, FPD, Stau, Route, Verkehr, Mobiltelefon, GPS

I. EINLEITUNG

Jeder kennt das Problem des Staus, sobald man in den Urlaub fährt oder es eilig hat um rechtzeitig bei einem Termin zu sein. Vermeiden lassen sich Staus aber leider nicht. Allerdings kann man sich die Frage stellen, wie man einen Stau schon frühzeitig antizipieren kann, um gar nicht in diesen hinein zu geraten. Damit es überhaupt zu einem Stau kommt braucht es nicht viel. Es reicht ein abruptes Abbremsen, eine Lücke im Verkehr oder ein Spurwechsel bei dichtem Verkehr, das heißt circa 30 Fahrzeuge pro Minute pro Spur. Sofort fängt es an zu stocken. Und wenn man einmal in einem Stau drin ist, ist die Aussicht schnell wieder herauszukommen sehr gering. Forscher haben herausgefunden, dass sich Stau mit einer Geschwindigkeit von nur 15 km pro Stunde ausbreitet. Man kann also nur hoffen, dass sich dieser schnell wieder auflöst [1]. Das beste bekannte Mittel um dem Ärger zu entgehen sind bislang die Verkehrsmeldungen im Radio, die bei frühzeitigem Hören durchaus sehr hilfreich sein können. Allerdings liegen die Probleme bei diesem Dienst darin, dass die Daten nicht automatisch verarbeitet werden, diese zu ungenau sind und natürlich auch zum richtigen Zeitpunkt das Radio eingeschaltet sein muss, denn die Kapazität dieses Kanals ist beschränkt. Wäre dies nicht so, würden nur noch Verkehrsnachrichten im Radio laufen. Eine andere Möglichkeit hat man nicht, wenn

man schon unterwegs ist. Vielen ist auch bekannt, dass man sich im Internet Staus anzeigen lassen und dann auch gleich nach Alternativen schauen kann, aber das muss vor Abfahrt stattfinden und kann sich geändert haben bis man an besagter Stelle ist. Deshalb gibt es verschiedene Ansatzpunkte mit denen man den Stau auf den Grund geht und die gewonnenen Informationen direkt und ohne Zeitverzögerung an die Autofahrer übermittelt. Einige der neueren Techniken werde ich versuchen zu erläutern.

II. FLOATING CAR DATA

Floating Car Data“ (FCD) bezeichnet eine Technik bei der Autos als mobile Sensoren dienen um den Verkehrsfluss zu ermitteln.

A. Allgemeines

Damit die Autos als Sensoren genutzt werden können wird auf die GPS-Technologie zurückgegriffen, durch welche die aktuelle Position und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs berechnet wird. Als Sensoren dienen GPS-fähige Handys. Diese senden die Daten dann über das Mobilfunknetz an eine Verkehrszentrale. GPS eine Abkürzung für “Global Positioning System“, also ein weltweites System um Positionsbestimmungen durchzuführen. Es wird versucht die Positionen und die Positionsveränderungen von Autos über diese GPS-Signale zu erfassen. Dazu erst einmal ein kurzer Einblick, wie die GPS-Technologie überhaupt funktioniert. Es gibt Satelliten im Weltall die ständig ihren Ort und die Uhrzeit ausstrahlen. Ein GPS-Empfänger berechnet aus diesen Daten dann zunächst seine exakte momentane Position. Werden die kontinuierlichen Messung nun in Relation zueinander gesetzt kann die Geschwindigkeit des Empfängers ermittelt werden [2]. Extended Floating Car Data“ (XFCD) ist eine Erweiterung von FCD, die weiter Daten außer der Position aus dem Auto heraus an die Zentrale übermittelt. Wenn also nicht nur Ort und Geschwindigkeit über GPS bestimmt und übertragen werden, sondern zusätzlich auch noch Daten von ABS, ASR, ESP, Regensensoren [3]. Dadurch kann in der Zentrale ermittelt werden, wie die äußeren Begebenheiten im Moment sind. Springen zum Beispiel ABS und ESP an, dann ist die Straße vereist oder, falls durch den Regensensor die Scheibenwischer starten, so wird deren Geschwindigkeit ermittelt und die Informationen weitergegeben. Einer der größten Vorteile der

FCD-Technik sind, im Vergleich zu den bisher eingesetzten Systemen der Verkehrserfassung, die geringen Kosten um an Informationen zu kommen. Bislang musste der Verkehr über Sensoren, die in den Straßenbelag eingebaut waren gemessen oder über Radarsysteme und Kameras am Straßenrand erfasst werden. Allerdings verursachen diese Systeme hohe Kosten für Anschaffung, Installation und Wartung, sodass nur Autobahnen damit bestückt sind. Durch FCDs lassen sich Straßeninformationen sehr viel billiger und genauer gewinnen. Außerdem ist die Anzahl der abgedeckten Routen nicht auf Autobahnen beschränkt, sondern ausgedehnt auf alle befahrbaren Straßen [4], [5]. Die Fragen sind nun warum Handynutzer zustimmen sollten ihre GPS-Daten "herzugeben", welche Vorteile sie davon hätten und ob sie dadurch überwachbar sind. Der Vorteil ist natürlich, dass durch viele FCDs das Bild der Straßenlage genauer wird. Und von dieser Genauigkeit profitiert jeder Autofahrer, der in irgendeiner Weise auf eine Technik zurückgreift, bei der eine Route mit Hilfe von FCDs berechnet wird. Die Überwachung des Handybenutzers wäre theoretisch möglich. Allerdings garantieren die Betreiber, dass sich nicht nachzuvollziehen lässt, von welchem Handy das Signal ausgeht und auch, dass die Route nicht gespeichert wird. Ebenfalls wird zugesichert, dass keine persönlichen Daten weitergegeben werden, sondern nur die Lokalität des Signals. Dadurch wäre die Anonymität gewahrt. Zustimmen sollten Handynutzer einfach deswegen, weil keine Nachteile entstehen, da die Privatsphäre garantiert ist [4].

B. Architektur und Funktionsweise

Das Funktionsprinzip dieser Technik ist ziemlich einfach. Um von der oben beschriebenen GPS-Technik zur FCD-Technik zu kommen braucht es nur noch eine Funktion im Endgerät, dass dieses die berechneten Daten auch wieder freigibt und an eine Zentrale übermittelt. Dazu ist ein Programm nötig, das in einem bestimmten Zeitintervall, die durch GPS genau bestimmte Position, über das Mobilfunknetz aussendet. Nach einer hinreichenden Anonymisierung und der Konsolidierung mit den anderen FCDs wird dort ein virtuelles Bild der Straße gezeichnet. In diese komplexe Berechnung der Straßensituation fließen auch noch andere Daten ein, wie zum Beispiel durch Sensoren direkt an Straßen gewonnen Informationen oder Beobachtungen von Verkehrsmelder.

Am Ende des Prozesses steht ein sehr genaues und auch sehr schnell erstelltes Realbild von sehr vielen Straßen, das dann wieder zurück an die Autofahrer gereicht werden kann oder aber zu anderen Zwecken weiterverarbeitet wird. Die Übertragung an die Navigationsgeräte im Auto erfolgt wiederum über das Mobilfunknetz. Damit diese Übertragung funktioniert muss das Gerät natürlich mit einer SIM-Karte ausgestattet sein. Falls das Gerät mit einem Radioempfänger ausgestattet ist, so gibt es einen alternativer Weg der Datenübermittlung, nämlich über TMC. Der große Vorteil an der Übertragung über das Mobilfunknetz ist, dass das Gerät jederzeit Informationen über eine spezifische Route anfragen kann. Die Übermittlung über TMC ist hingegen regional begrenzt und wird nur periodisch abgestrahlt. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Informati-

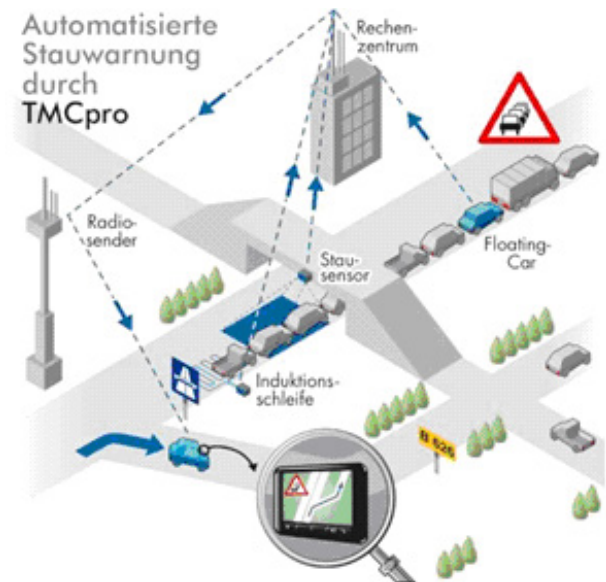


Abbildung 1. Konsolidierung der Informationen

onsquellen und den, aus der Übertragung an den Autofahrer, entstandenen Nutzen - dieser kann frühzeitig die staubelastete Straße verlassen [3], [5]–[7].

C. Abgrenzung zu Floating Phone Data

Neben den FCDs gibt es noch die sogenannten Floating Phone Data (FPD). Der Unterschied ist, dass FCDs über Ortsbestimmung via GPS funktionieren und FPDs werden gewonnen indem die Bewegungen von Mobiltelefonen nachvollzogen werden. Jedes Handy mit aktivem Gespräch ist an mindestens einem Mobilfunkmasten angemeldet. Nun lässt sich das Gerät lokalisieren, da der Mobilfunkanbieter die Informationen über die Position der Masten speichert, über welchen das Gespräch geht. Diese Masten haben ein bestimmtes Gebiet das sie abdecken (Abbildung 2, links). Meldet sich nun ein Handy an einem Mast ab, weil es aus dem Abdeckungsbereich herausgeht, so meldet es sich automatisch und gleichzeitig am nächsten Mast an, zu dem das Gebiet gehört, in dem sich das Handy gerade befindet. Diese An- und Abmeldevorgänge werden als Zellwechsel bezeichnet, weil das Handy von einer Zelle in die nächste wechselt. Ist das Handy inaktiv, so muss der Tracing Mode aktiviert sein um eine Lokalisierung durchzuführen.

Gibt es nun einen Kooperation eines Mobilfunkanbieters mit einem Anbieter für Stauservice, so kann sehr leicht durch die, von den Zellwechseln gespeicherten, Daten die Route des Mobiltelefons nachvollzogen werden. Auch die ungefähre Geschwindigkeit kann errechnet werden indem die Zeit zwischen den Zellwechseln berechnet wird. Nun hat man also die Positionsveränderung eines Handys und die Geschwindigkeit mit der diese Veränderung geschieht. Diese Informationen können nun mit einem Straßennetz abgeglichen werden und so kann die Route dieses einen Handys verfolgt werden. Alle auf diese Weise gewonnen FPDs werden nun konsolidiert und diese

Navigation mit Mobilfunkdaten



Abbildung 2. Floating Car Data

Daten dann mit dem Straßennetz abgeglichen. So erhält man also eine Vielzahl von verschiedenen Daten über den gleichen Streckenabschnitt und kann daraus nun ein Modell erstellen, wie die verkehrstechnische Lage auf diesem Streckenabschnitt gerade ist (Abbildung 2, mitte). Diese Informationen werden nun wieder weitergereicht und nachfolgende Autofahrer profitieren - wie in Abbildung 2, rechts gezeigt - davon, indem sie die Straße frühzeitig verlassen [8], [9].

III. PROJEKTE

Im folgenden Teil werden Projekte vorgestellt, die zum Ziel haben Daten über die aktuelle Straßenlage zu gewinnen. Bei den vorgestellten Projekten geschieht die Datengewinnung jeweils unterschiedlich.

A. Mobile Millenium Project

Die University of California, Berkeley, und der Handyhersteller Nokia haben gemeinsam dieses Projekt initiiert. Ziel war es die zu diesem Zeitpunkt theoretisch existierenden Erkenntnisse über FCDs als Hilfsmittel zur Navigation praktisch nachzuvollziehen. Vorrangiges Ziel war es ein effizientes lauffähiges System zu entwerfen, zu testen und dann auch unter realen Bedingungen einzusetzen. Aber auch die Abwägung zwischen Abschätzungsgenauigkeit des Verkehrs, Schutz der Persönlichkeitsrechte und Intimsphäre der Probanden und der entstehenden Kosten spielte eine große Rolle. Für das Projekt ist eine Java-Software geschrieben worden, die alle Daten automatisch an einen Server der Universität übermittelt. Allerdings nur, falls der Nutzer zustimmt. Die Daten werden per GPS ermittelt und beinhalten die Position bis auf wenige Meter und die Geschwindigkeit bis auf circa 3 Meilen pro Stunde genau. Diese Software wurde auf Nokia, N95 Handys geladen, die dann in 100 Testautos platziert wurden. Die Testpersonen sind Studenten, deren Aufgabe es

ist in einem bestimmten Testgebiet, mit dem präparierten Auto während des Versuchs zu fahren. Die gesendeten Daten werden sofort anonymisiert. Das Senden und Verwahren der Daten ist gesichert durch eine sehr gute Verschlüsselung. Treffen die Daten am Server ein werden sie unverzüglich mit allen anderen Daten zusammengefügt, um so das Bild der aktuellen Straßensituation zu erhalten. Diese Daten werden dann zunächst im Internet veröffentlicht, sodass sich jeder eine Vorstellung darüber verschaffen kann, wie es auf dem Testabschnitt momentan aussieht. Außerdem werden die Daten statistisch ausgewertet und über das Mobilfunknetz an Empfänger versendet [5], [10].

B. TomTom-Projekte

Der Navigationsgeräte-Spezialist TomTom ist seit langer Zeit auf der Suche nach besseren Navigationsmöglichkeiten. Dazu gehört neben einer Verbesserung der Routenberechnung auch eine kluge Stauumfahrung. Die Routenberechnung ist von daher ein Problem, da oft nur die großen Straßen genutzt und die kleinen außen vor gelassen werden. Oder aber auf den berechneten Routen Behinderungen durch Baustellen oder ähnliches auftreten. Um dies zu verbessern wurde zuerst die Map-Share-Funktion ins Leben gerufen. Die nächste Neuerung war IQ-Routes, das ebenfalls einer besseren Routenberechnung dient und vor allem die tatsächlich benötigte Zeit einberechnet. Die Stauumfahrung ist ein weitaus größeres Problem, das mit dem neusten Projekt von TomTom - HD-Traffic - gelöst werden soll. In dieses Projekt fließen ebenfalls die aus Map-Share und IQ-Route gewonnenen Daten und Statistiken ein.

1) *Map-Share*: Diese Funktion erlaubt es dem Benutzer eine berechnete Route zu verbessern und diese Verbesserungen dann via Internet an TomTom zu übermitteln. Ist beispielsweise eine Straße gesperrt, die laut Navigation genutzt werden sollte, so kann dies abgespeichert werden, sodass später berechnete Routen nicht mehr über diese Straße führen. Abgespeichert werden können auch Routen von denen ein ortskundiger Fahrer denkt, dass diese geschickter zu fahren seien als die angegebenen. Wird das Gerät dann an einen Computer angeschlossen, so werden die gesicherten Daten an TomTom geschickt und Alternativrouten von anderen Usern empfangen und auf dem Navigationsgerät abgespeichert [11], [12].

2) *IQ-Routes*: Dieser Dienst bietet ebenfalls eine bessere und zeitlich genauere Berechnung einer optimalen Route an. Das Navigationsgerät speichert den kompletten Verlauf der Fahrt. Also tatsächlich gefahrene Strecke, Tempo und Dauer. All diese gespeicherten Daten werden bei einer Computeranbindung via Internet an TomTom übertragen und in einer Datenbank gespeichert, in der auch die Daten der anderen IQ-Routes-Nutzer gespeichert sind. So hat TomTom Zugriff auf einen sehr großen Erfahrungsschatz der auf tatsächlich fahrbaren Geschwindigkeiten, statt auf theoretisch möglichen Höchstgeschwindigkeiten beruht. Auch Straßenbegebenheiten und Umwelteinflüsse werden registriert und berücksichtigt.



Abbildung 3. Standardgeschwindigkeitsnetz (London)



Abbildung 4. IQ-Routes-Geschwindigkeitsnetz (London)

Für die meisten Straßen wurden Geschwindigkeitsdurschnittswerte bestimmt, die auf den theoretischen Höchst-geschwindigkeiten beruhen (Abbildung 3). Auf der Basis dieses Geschwindigkeitsnetzes erfolgt bei einem herkömmlichen Navigationsgerät nun für jede Route die Berechnung. Hierbei bedeutet grün, dass eine schnelle Fahrt möglich ist, also keine Behinderungen auf den Straßen sind. Dass dies nicht der Realität entspricht ist eindeutig in Abbildung 4 zu sehen. Hier wurde dank IQ-Routes das Geschwindigkeitsnetz angepasst. Es wurden wieder die Durchschnittsgeschwindigkeiten aus den erlangten Daten errechnet und über das gleiche Straßennetz gelegt. Außerdem wird eine statistische Erhebung durchgeführt zu welchen Tageszeiten sich die Durchschnitts-geschwindigkeit wie verhält. Die Farbe rot bedeutet, dass auf diesen Straßen nur langsam gefahren werden kann. Nun sieht man deutlich, dass so gut wie alle Straßen rot markiert wurden. Es kann also nicht von normalen Geschwindigkeiten und flüssigem Verkehr ausgegangen werden, sondern es ist mit Verstopfungen und zähem Verkehr zu rechnen. Das beeinflusst die Routenberechnung natürlich elementar, denn wie in Abbildung 4 zu erkennen ist, sind kaum noch Straßen grün gefärbt. In Abbildung 3 hingegen wird der von den Kilometern her kürzeste Weg ausgewählt, sodass die Route nicht über eine rote Straße führt.

Durch ortskundige Fahrer steigt auch die Anzahl der verschiedenen Alternativrouten, die bei der Berechnung einbezogen werden. Denn diese wissen durch eigene Erfahrungen, wann es besser ist eine bestimmte Strecke oder einen bestimmten Knotenpunkt zu meiden und fahren dann automatisch über eine Ausweichroute. Desweiteren wird auch Tag und Uhrzeit abgespeichert, sodass es möglich ist an verschiedenen Wochentage zu verschiedenen Uhrzeiten eine andere Strecke zu berechnen, die exakt zu diesem Zeitpunkt die beste ist. Aufgrund all dieser realen Informationen ist eine sehr viel bessere und zeitminimierende Routenführung möglich. Bei

jeder Internetanbindung des Geräts werden nun nicht nur die gespeicherten Daten übertragen sondern auch neue Informationen von anderen Usern auf das eigene Navigationsgerät geladen, sodass die Berechnung einer Route immer auf höchstem Niveau stattfinden kann [13]. Etwas deutlicher wird das ganze, wenn man sich einen Fahrer vorstellt, der innerhalb von London möglichst schnell an ein bestimmtes Ziel kommen möchte. Herkömmliche Navigationsgeräte würden den Weg wie in Abbildung 5 berechnen. Es ist der kürzeste Weg von den Kilometern her und auch die Zeit ist geringer als auf anderen Routen, da von Geschwindigkeiten ausgegangen wird, die gefahren werden könnten bei freier Fahrt. Allerdings verlängert sich die reale Fahrzeit automatisch durch Verkehr, Ampel, Fußgänger, et cetera. Diese reale Fahrzeit wird in Abbildung 6 dargestellt.

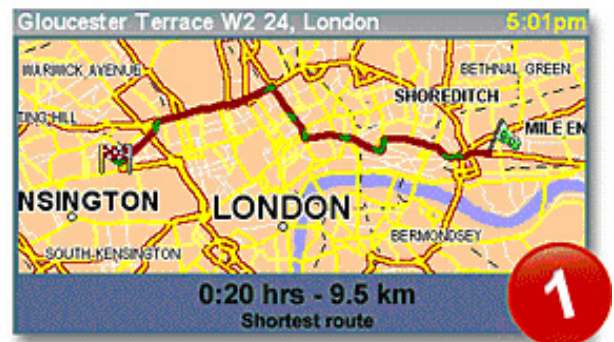


Abbildung 5. Standardberechnung - Kürzester Weg [14]

Dank IQ-Routes ist es nun möglich nicht nur Schätzdaten in die Routenberechnung einfließen zu lassen sondern auch die realen Erfahrungen von vielen anderen Nutzern die nach der Internetanbindung auf dem Gerät vorhanden sind. Dadurch wird eine komplett andere Route berechnet, die nicht zum Ziel

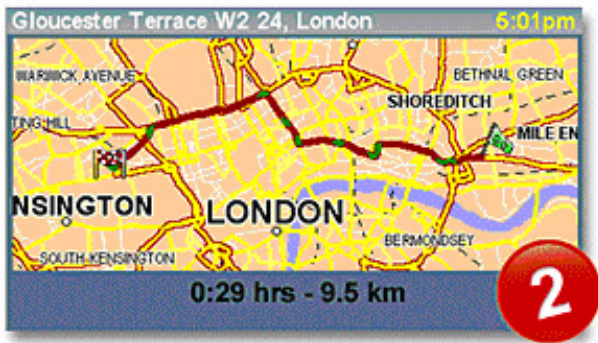


Abbildung 6. Standardberechnung - Tatsächlich benötigte Zeit [14]

hat einfach nur den kürzesten und schnellsten Weg nach dem Standardverfahren zu bestimmen, sondern es erfolgt auch eine Abschätzung, welche Route dank der neuen Informationen am geschicktesten für den Fahrer ist. Diese neue, laut Navigationsgerät, bessere Route ist in Abbildung 7 gezeigt. Sie ist kilometermäßig etwas länger, dafür aber schneller zielführend [11], [13], [15].

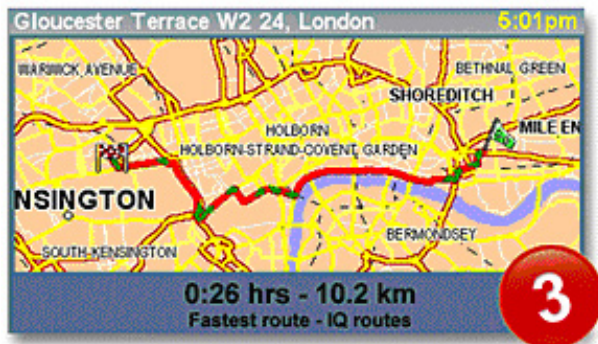


Abbildung 7. IQ-Routes-Berechnung - Schnellste Route [14]

3) *HD-Traffic*: Die neuste Innovation von TomTom ist HD-Traffic. Dies bezeichnet einen Service, mit dem es möglich ist, durch die Verfolgung von Mobiltelefonen, Informationen über den Verkehrsfluss zu bekommen. Dahinter steckt das Prinzip der FPDs (siehe 2.3). Um an die Mobilfunkdaten zu kommen arbeitet TomTom mit Vodafone zusammen an diesem Projekt [6]. Vodafone anonymisiert die Daten und übergibt dann nur die Daten bezüglich der Bewegung der Handys an eine TomTom-Zentrale. Es wird also sehr auf Datenschutz geachtet, sodass es nicht möglich ist die Daten zurückzuverfolgen. Diese Daten werden nun kombiniert mit klassischen Verkehrsinformationen von Landesmeldestellen, den FPDs von vielen Tausend FFahrzeugen aus dem Bereich von Flottenmanagement-Systemen“ [6] und den Daten aus IQ-Routes. Zusätzlich fließen in die Verkehrsberechnung FCDs ein, die von Speditionen geliefert werden. Denn diese müssen immer informiert sein, wo der Lastwagen im Moment ist. Alle diese Daten zusammen fließen in die Vorhersage der aktuellen Straßensituation ein und können dann an die

Autofahrer weitergegeben werden [6], [11], [16]. Um die verteilungsfertigen Daten an die Navigationsgeräte zu senden gibt es nun verschiedene Techniken. Zum einen besteht die Möglichkeit der Übermittlung durch TMC. Das ist eine Technologie, die den Radiokanal benutzt um Verkehrsinformationen zu senden. Dazu müsste das Navigationsgerät mit einem Radioempfänger ausgerüstet sein. Bei dieser Technik besteht das Problem, dass die Nachrichten in manchen Fällen nicht zeitnah oder unvollständig übertragen werden, denn es muss immer eine Verbindung zu einem Sendemast bestehen. Ist der nächste Mast zu weit entfernt oder fährt man durch Tunnel, so wird das Signal unterbrochen und der Dienst fällt aus. Auch auf die Qualität der Nachricht hat TomTom keinen Einfluss. Darum hat sich eine andere Technik durchgesetzt. TomTom stattet die Navigationsgeräte nun mit SIM-Karten aus, über welche diese ständig mit neuen Informationen über das Mobilfunknetz versorgt werden können. So erlangt man Unabhängigkeit vom Radionetzwerk und kann Informationen mit größerer Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit übermitteln. Da die Übertragung aus einer konzernerneigenen Zentrale erfolgt ist auch die Qualität immer auf dem gewünschten Standard. Die Gefahren bei dieser Technik ist, dass sich eventuelle keine Verbindung herstellen lässt und dadurch dann keine Daten auf das Navigationsgerät übertragen werden können [7].

C. Innerstädtische Projekte

Neben dem großangelegten Projekten der University of Berkeley oder den bereits realisierten Projekten von TomTom, die darauf abzielen große Fläche abzudecken, gibt es mehrere kleinere Projekte, die in der Erforschung und Vorhersage künftiger Stauentwicklung und der Stauumfahrung innerhalb von großen Städten ihr Ziel haben. Diese lokal begrenzten Projekte sind allerdings noch nicht ausgereift genug um in großem Umfang kommerziell eingesetzt zu werden.

1) *Nagel-Schreckenberg-Simulation*: Vorweg ist zu sagen, dass es hier bislang noch keine Verwendung des Mobilfunks gibt. Allerdings bietet die Simulation gute Möglichkeiten den Verkehr zu bestimmen. Außerdem kann man die Unterschiede der Techniken die auf Mobilfunk basieren und solcher ohne Mobilfunk erkennen. Der Ansatz beruht nicht darauf auf Verkehr zu reagieren und dann unterwegs auf einen Ausweichroute auszuweichen, sondern schon von vornherein zu wissen wie sich der Verkehr entwickeln wird und gleich die beste Route zu wählen. Das Simulationsgebiet bezieht sich auf Nordrhein-Westfalen. Durch die Computersimulationen ist es inzwischen möglich die Verkehrslage bis zu einer Stunde im Voraus zu ermitteln und die Ergebnisse dann im Internet zu veröffentlichen [1]. Um diese Prognosen anzustellen ist ein Computersystem entwickelt worden mit dem der Verkehr simuliert wird. Darin sind die betrachteten Straßen dargestellt durch Zellen, die genauso lang sind wie ein Auto samt Abstand zum Vordermann. Eine Zelle ist nun entweder leer, das heißt auf diesem Streckenabschnitt ist kein Verkehr, oder es befindet sich genau ein Auto in der Zelle. Dies bedeutet dann einfach, dass sich ein Auto auf dem Streckenabschnitt befindet Es kann nicht sein, dass sich 2 Autos in einer Zelle befinden oder

dass ein Auto auf der Grenze zur nächsten Zelle steht. Die Autos können sich nun mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen. Um eine Zelle vorzurücken wird die Geschwindigkeit 1 angenommen, was bedeutet, dass sich das Auto mit 27km/h bewegt. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 5, was so viel bedeutet wie 135 km/h. Hier wird das Auto dann also um 5 Zellen vorwärts bewegt. Nun wird also jedem Auto in der Simulation, bevor diese startet, eine Geschwindigkeit und eine Route vorgegeben. Erst danach starten die Autos sich, wie vorgegeben, zu bewegen. In der Simulation wechseln die Autofahrer jetzt die Spuren bei dichtem Verkehr oder trödeln bei freier Fahrt, immer auf der Grundlage des „schlechtestmöglichen Verkehrs“. Das Problem ist, dass es inzwischen zwar sehr gut geht den Verkehr zu prognostizieren, wenn es keine Zwischenfälle gibt, allerdings ist das System anfällig bei Unfällen oder sonstigen unvorhersehbaren Ereignissen, denn bis diese verarbeitet sind dauert es sehr lange und somit wird die ganze Vorhersage ungenau [17], [18].

2) *Taxi-FCD*: Das Berliner Institut für Verkehrsforschung (IVF) hat tausende neue FCDs erschlossen, mit dem Ziel den Verkehr in den Metropolen besser zu regulieren und regeln. Dazu hat das Institut eine Kooperation mit den Taxi-Unternehmen geschlossen, um an die GPS- und Funkdaten zur Zentrale der Taxis zu gelangen. Mit diesen Bewegungsdaten der Taxis lässt sich jetzt die Straßensituation modellieren, indem sie mit Erfahrungswerten über den Tage und den Zeitpunkt zusammengebracht und dann mit dem Straßennetz der Stadt abgeglichen werden. Schließlich erfolgt eine Übermittlung der Daten über das Mobilfunknetz an die Empfänger. Durch die Speicherung des Verkehrsflusses zu bestimmten Uhrzeit an den Tagen lässt sich für jeden Tag der Woche und für jeden Uhrzeit dieses Tages eine individuelle Berechnung aufstellen, welche Route gut zu fahren ist und welche besser nicht gewählt werden sollte. Die Aktualisierung der momentanen Verkehrslage geschieht mehrmals pro Minute, sodass die Informationen immer hochaktuell sind. Taxis eignen sich deshalb sehr gut, da sie sowieso mit einem GPS-Empfänger ausgestattet sind. Über diesen hat die Taxi-Zentrale immer den Überblick welches Taxi momentan wo ist und wie schnell es fährt. Dies kann sehr nützlich sein um zu ermitteln, welches Taxi den kürzesten Weg zu einem neu eintreffenden Kundenauftrag hat. Ein weiterer Vorteil von Taxis ist, dass sie zuverlässig in Bewegung sind und auch meistens nur innerhalb der Stadt. Dadurch ist die Genauigkeit größer, als wenn unklar ist wo und ob überhaupt ein Auto sich in Bewegung befindet. Außerdem sind die von den Fahrern gewählten Routen oft identisch, sodass sich durch viele Daten über den gleichen Streckenabschnitt sehr gut abschätzen lässt wie der Verkehr dort ist. Die Route ist meistens eine große Straße, weil Taxis kaum über kleinere fahren. Dadurch sind dann automatisch alle kritischen Stellen in einem Stadtverkehr abgedeckt. Das große Ziel dieser Technik ist es die Durchschnitts-geschwindigkeit in großen Städten zu erhöhen. Momentan kann diese bei circa 15km/h festgesetzt werden. Realistisch sind, so die Forscher, bis zu 19 km/h. Erklären lässt sich die Erhöhung durch das frühzeitige Erkennen von Hindernissen, die dann umfahren

werden können. Aber auch andere Verkehrsteilnehmer als die Autofahrer können von dieser Technologie profitieren. Zum Beispiel kann so die Route der Müllabfuhr dem Verkehr angepasst werden, oder auch die Stadtreinigung kann besser planen zu welchem Zeitpunkt sie an einer Stelle der Stadt arbeitet [?], [1], [19].

IV. ZUSAMMENFASSUNG

Alle hier vorgestellten Projekte bieten sehr gute Möglichkeiten das Problem des Staus zu vermindern. Allerdings lassen sich doch Unterscheidungen machen in der Qualität der Informationen, der Verarbeitungs- und Verbreitungszeit und den Distributionswegen. Die Qualität von Informationen ist natürlich sehr stark abhängig von der Zeit die vergeht zwischen der Registrierung eines Ereignisses und der Weitergabe an den Autofahrer. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Weg auf dem die Informationen letztlich zum Nutzer kommen und in welcher Weise er dann beteiligt ist an der Endverarbeitung, um die beste Strecke herauszufinden. Es lässt sich also feststellen, dass es durchaus Chancen gibt die Navigation durch Mobilfunk zu verbessern. Denn die Ansätze, die auf FCD (Mobile Millennium Project und Taxi-FCD) oder FPD (TomTom HD-Traffic) basieren haben mehr Vorteile als solche, auf Basis von Simulationen oder den Erfahrungen der Autofahrer. Die bei den FCD-/FPD-Projekten gewonnen Informationen sind hochaktuell und schnell soweit verarbeitet, dass ein klares Bild der Straße entsteht. Der größte Vorteil, im Vergleich zu den Methoden die das Mobilfunknetz nicht nutzen, ist aber sicherlich die Verteilung über dieses direkt an die Navigationsgeräte. So hat der Autofahrer immer die neusten Daten auf dem Display und das beste für ihn daran ist, dass er sich nicht selber um die optimale Route kümmern muss, sondern das Navigationsgerät automatisch neu eintreffende Daten einberechnet. Kommt also die Meldung, dass eine eigentlich vorgesehene Route ungünstig ist, so wird automatisch eine andere berechnet und der Fahrer merkt dies nicht einmal unbedingt. Durch diese Technik ist der Erfolg eindeutig am größten und zusätzlich dazu auch noch an besten für den Fahrer, denn er kann „dem Navigationsgerät nachfahren“ und trotzdem sehr schnell am Ziel sein. Das Problem bei HD-Traffic ist aber, dass dieser Service erst seit kurzem angeboten wird und auch erst zwei Modelle von TomTom unterstützt werden. Die Durchdringung ist also sehr gering. Um die vollständigen Vorteile nutzen zu können müssten vermutlich sehr viel mehr dieser Geräte im Straßenverkehr zu finden sein. Vieles deutet daraufhin, dass der Service zur Zeit hauptsächlich über Statistiken läuft und weniger über tatsächliche Informationen in Echtzeit. Dies lässt sich aber aufgrund der dürftigen Quellenlage nicht mit Sicherheit sagen. Der Zeitaspekt ist bei der Nagel-Schrecken-Simulation eindeutig schlechter als bei den anderen. Denn hier braucht es länger, bis alle Informationen verarbeitet wurde. Was bei diesem Ansatz aber der noch gravierendere Unterschied ist, ist die Tatsache, dass sich der Autofahrer selbst um die beste Route kümmern muss. Er muss am besten noch vor Reiseantritt im Internet recherchieren, was laut Simulation die beste

Route wäre. Aber klar ist auch, dass sich auf der ausgewählte Route bis zum Zeitpunkt zu dem der Autofahrer tatsächlich die Straße fahren will wieder ein Stau ergeben kann, der in diesem System noch nicht erfasst war. Es ist festzustellen, dass dieses Projekt nicht auf die Vorteile des Mobilfunknetzes zurückgreift, obwohl die Nutzung des Mobilfunks eventuelle weitere Vorteile für das Projekt bringen würde. Es werden keine Daten daraus verarbeitet und auch eine Übertragung über das Mobilfunknetz findet nicht statt. Ebenfalls ohne die Nutzung des Mobilfunks sind die Projekte Map-Share und IQ-Routes zu betrachten, da die Kommunikation nur über das Internet abläuft. Hätten die Geräte, die diese Services unterstützen, eine Möglichkeit, die gewonnenen Daten direkt zu übermitteln und zu empfangen, dann wäre die Verbesserung der Routenführung aktueller und dadurch noch größer. Es muss aber auch angemerkt werden, dass die Daten die aus beiden Projekten gewonnen werden statistisch erfasst und bei der HD-Traffic-Technik verwendet werden. Merkwürdig erleichtert werden kann die Navigation also nur durch den Einsatz von Mobilfunk, auch wenn diese Techniken auf Daten zurückgreifen, die nicht mit Hilfe dessen gewonnen wurden. Allerdings wurde noch keine endgültige und alle zufriedenstellende Lösung erarbeitet. Deshalb sind viele Projekte auch auf kleine Bezirke beschränkt und noch nicht in kommerziellem Einsatz

V. AUSBLICK

Letztlich lässt sich also festhalten, dass es schon eine sehr ausgefeilte Technik gibt, aber diese noch nicht flächendeckend genug eingesetzt wird. Die größte Abdeckfläche hat das TomTom HD-Traffic Projekt, das zur Zeit in den Niederlanden und in Deutschland aktiviert ist. Vereinbarungen über eine Zusammenarbeit gibt es auch schon mit Mobilfunkanbietern in Frankreich und der Schweiz. Das mittelfristige Ziel ist also das System in ganz Europa verfügbar zu machen, und falls dies gut gelingt ist eine weitere Expansion nicht ausgeschlossen. Es ist anzunehmen, dass auch TomTom alles daran setzen wird das Verfahren immer weiter zu verbessern, um seine führende Stellung in Sachen Stauumfahrung zu behalten oder sogar auszubauen. Auch bei Projekten die bislang nichts mit Mobilfunk zu tun haben, wie dem Nagel-Schreckenberg-Modell sind Verbesserungen denkbar, durch welche sich die Vorhersage noch genauer berechnen ließe. Zum Beispiel könnten die statistischen Erhebungen der bei anderen Projekten gewonnenen FCDs in die Simulation einfließen. So hätte man den Vorteil, dass das Verkehrsaufkommen zu bestimmten Tageszeiten bekannt ist. Ein weiterer großer Vorteil wäre natürlich die direkte Übermittlung der Ergebnisse an die Empfänger. Dazu wäre das Mobilfunknetz die geeignetste Möglichkeit zur Datenübertragung, dieser Kanal fehlt allerdings bislang. Zwar wird sich das große Problem des Staus an sich nicht lösen lassen über solche Projekte, aber es kann sich doch erheblich reduzieren, wenn die Autos nicht alle im Stau stehen, sondern viele Autos auf Ausweichrouten unterwegs sind.

Zusätzliche Literatur: [5], [20]–[25]

LITERATUR

- [1] J. Wegner and M. Efler, "Verkehr: Den Stau vorhersagen wie das Wetter?" [Online]. Available: http://www.focus.de/auto/unterwegs/verkehr-den-stau-vorhersagen-wie-das-wetter_aid_207940.html
- [2] "Global positioning system." [Online]. Available: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/global-positioning-system-GPS-GPS-System.html>
- [3] "Floating car data." [Online]. Available: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/floating-car-data-FCD.html>
- [4] U. Fastenrath, "Floating car data on a larger scale." [Online]. Available: <http://www.ddg.de/pdf-dat/ddgfcd.pdf>
- [5] S. Yang, "Joint nokia research project captures traffic data using gps-enabled cell phones." [Online]. Available: http://berkeley.edu/news/media/releases/2008/02/08_gps.shtml
- [6] A. Strobel, "Großer Stauangriff." [Online]. Available: http://www.connect.de/themen_spezial/HD-Traffic-Grosser-Stauangriff_3771410.html
- [7] TomTom, "All about traffic tomtom's visions." [Online]. Available: www.tomtom.com/lib/img/hdt/doc/Whitepaper.doc
- [8] T. Kuhn, "Wie Handys zu Staumeldern werden." [Online]. Available: <http://www.wiwo.de/technik/wie-handys-zu-staumeldern-werden-383418>
- [9] J. Rähm, "Navteq will Handydaten zur Stauvermeidung nutzen." [Online]. Available: <http://www.teltarif.de/arch/2009/kw04/s32689.html>
- [10] Heise-Online, "Gps-handys zur Verkehrsvorhersage." [Online]. Available: <http://www.heise.de/newsticker/GPS-Handys-zur-Verkehrsvorhersage-/meldung/119376>
- [11] A. News, "Tomtom bringt bessere IQ-Routes-Version und HD-Traffic." [Online]. Available: http://www.auto-news.de/navigationssysteme/anzeige_Neue-TomTom-Highlights-Bessere-IQ-Routes-Version-und-HD-Traffic-id_22409
- [12] TomTom, "Map share technology." [Online]. Available: <http://www.tomtom.com/page/mapshare>
- [13] A. Strobel, "Tomtom IQ routes." [Online]. Available: http://www.connect.de/themen_spezial/Intelligente-Navigation_3770730.html
- [14] [Online]. Available: <http://www.tomtom.com/page/iq-routes>
- [15] TomTom, "IQ routes." [Online]. Available: <http://www.tomtom.com/page/iq-routes>
- [16] —, "Tomtom HD traffic." [Online]. Available: <http://www.tomtom.com/services/service.php?id=2>
- [17] "Nagel-schreckenberg-modell." [Online]. Available: <http://www.ptt.uni-duisburg.de/fileadmin/docs/paper/1992/origca.pdf>
- [18] "Verkehrsflusssimulation mit dem Nagel-schreckenberg-modell." [Online]. Available: http://duepublico.uni-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-190/nagel_schreckenberg_modell.1.htm
- [19] S. Lorkowski, P. Mieth, and R.-P. Schäfer, "New ITS-applications based on floating car data." [Online]. Available: <http://www.ectri.org/YRS05/Presentations/Session-6bis/LORKOWSKI-presentation-YRS2005.pdf>
- [20] L. 3sat, "floating car data" gegen den Verkehrsinfarkt in Berlin." [Online]. Available: <http://www.3sat.de/nano/cstuecke/37788/index.html>
- [21] R. Anderson, "Social impacts of computing: Codes of professional ethics," *Social Science Computing Review*, vol. 2, pp. 453–469, 1992.
- [22] A. S. P. template, "http://www.acm.org/sigs/pubs/proceed/template.html," ACM SIG PROCEEDINGS.
- [23] S. Conger and K. Loch, "Ethics and computer use."
- [24] W. Mackay, "Ethics, lies and videotape..." in *CHI '95 (Denver CO)*. ACM Press, 1995, pp. 138–145.
- [25] M. Schwartz and T. F. on Bias-Free Language, "Guidelines for bias-free writing," 1995.