



BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN
University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Medieninformatik

Ampelphasen-Informationssystem für FahrradfahrerInnen
auf Grundlage persistenter geo- und zeitbasierter Daten

Berlin, den 3. Dezember 2014

Autorin:

Jacoba BRANDNER

Matrikelnummer:

786635

Betreuerin:

Frau Prof. Dr. Gudrun GÖRLITZ

Gutachter:

Philipp WOLFER

INHALT

1	Einführung	5
1.1	Motivation	5
1.2	Ziel- und Umsetzung	5
1.3	Aufbau der Arbeit	6
2	State of the art und Grundlagen	7
2.1	State of the art	7
2.1.1	Projekt Wolfsburger Welle	7
2.1.2	Projekt Travolution	7
2.1.3	Autokonzerne	8
2.1.4	EnLighten	8
2.1.5	Signal Guru	9
2.1.6	Ampelmeter	10
2.1.7	Analyseergebnis	10
2.2	Technische Grundlagen	10
2.2.1	Arduino / Android-App	10
2.2.1.1	Mobile Sensing	10
2.2.2	Backend mit nodejs / socket.io und MongoDB	10
2.2.3	Open-Street-Map	10
3	Die Anforderungsanalyse	11
3.1	Personas	11
3.1.1	Einleitung	11
3.1.2	Definition	11
3.1.3	Grund für Personas	11
3.1.4	Prototyp: Personas	11
3.2	Funktionalität	11
3.3	Die graphische Oberfläche	11
4	Der Entwurf	12
4.1	Klassenstruktur	12
4.2	Mockup	12
4.3	bla	12
4.3.1	Sensoren	12
4.3.1.1	GPS	12
4.4	Evaluation	12

5	Der Prototyp	13
5.1	Theorie	13
5.1.1	Die Berechnung der Entfernung	13
5.1.2	Die Berechnung der Ankunft in Abhängigkeit der Geschwindigkeit	13
5.1.3	Die Berechnung der Dauer der Ampelphase?	13
5.2	Das Design	13
5.2.1	screens...	13
5.2.2	Karte...	13
5.3	Funktionalitäten	13
5.3.1	Sensorik (GPS)	13
5.3.2	Open Street Map	13
5.4	Architektur	13
5.4.1	Technologien	13
6	Ergebnis und Ausblick	14
6.1	Ampelhinweissystem	14
6.2	Ausblick	14
	Akronyme	15
	Glossar	16
	Abbildungsverzeichnis	17
	Literaturverzeichnis	17

Zusammenfassung

Im Berliner Verkehrswesen ist ein deutlicher Trend zu bemerken. Das Fahrrad wird zum ökologischen und gesundheitlichen, aktiven Lebensstil und wird dem hohen Verkehrsaufkommen der Automobile, insbesondere in der Stadtregion, entgegenwirken. "Fahrradfahren boomt in Berlin stärker als bislang bekannt" (J.Anker, Berliner Morgenpost, am 6.06.2014)

Neue Fahrradwege und Vergrößerung des Fahrradstraßennetzes sind regionale Baumaßnahmen, die dabei aktuell diesen Fahrradtrend unterstützen.

Grund der neuen Fahrradeuphorie ist nicht zuletzt die erfolgreiche Etablierung der E-Bikes. E-Bikes erfreuen sich großer Beliebtheit und ermöglichen auch längere Touren ohne große Anstrengung.

Abstract

Im Berliner Verkehrswesen ist ein deutlicher Trend zu bemerken. Das Fahrrad wird zum ökologischen und gesundheitlichen, aktiven Lebensstil und wird dem hohen Verkehrsaufkommen der Automobile, insbesondere in der Stadtregion, entgegenwirken. "Fahrradfahren boomt in Berlin stärker als bislang bekannt" (J.Anker, Berliner Morgenpost, am 6.06.2014)

Neue Fahrradwege und Vergrößerung des Fahrradstraßennetzes sind regionale Baumaßnahmen, die dabei aktuell diesen Fahrradtrend unterstützen.

Grund der neuen Fahrradeuphorie ist nicht zuletzt die erfolgreiche Etablierung der E-Bikes. E-Bikes erfreuen sich großer Beliebtheit und ermöglichen auch längere Touren ohne große Anstrengung.

1 EINFÜHRUNG

1.1 MOTIVATION

Im Berliner Verkehrswesen ist ein deutlicher Trend zu bemerken. Das Fahrrad wird zum ökologischen und gesundheitlichen, aktiven Lebensstil und wird dem hohen Verkehrsaufkommen der Automobile, insbesondere in der Stadtregion, entgegenwirken. “Fahrradfahren boomt in Berlin stärker als bislang bekannt” [J.A14]

Neue Fahrradwege und Vergrößerung des Fahrradstraßennetzes sind regionale Baumaßnahmen, die dabei aktuell diesen Fahrradtrend unterstützen. Grund der neuen Fahrradeuphorie ist nicht zuletzt die erfolgreiche Etablierung der E-Bikes¹. E-Bikes erfreuen sich großer Beliebtheit und ermöglichen auch längere Touren ohne große Anstrengung.

Die Digitalisierung der Autoinnenräume mit Navigation und Bordelektronik sowie die Verbindungen zu Smartphones stellen aktuell keine Besonderheit mehr dar. Wird das Fahrrad nun als „vollwertiges“ Mitglied im Straßenverkehr angesehen, kann zusätzliche Elektronik wie Navigation und Blickmechanismen die FahrradfahrerInnen unterstützen.

Der Fahrtfluss des Radfahrers soll nicht unnötig unterbrochen werden. Dafür werden die potentiellen Wartezeiten an der nächsten Ampel vorzeitig errechnet und dem Fahrer mitgeteilt. Resultierend kann der Nutzer die Geschwindigkeit anpassen und die verbleibende Wegstrecke zur Ampel nutzen, um bei Grün ohne anzuhalten die Kreuzung zu überqueren. Für die Datenerhebung werden zugleich die mobilen Systeme der Radfahrer genutzt.

1.2 ZIEL- UND UMSETZUNG

Um die Ampeldata zu erfassen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine 100prozentige Deckung erreicht man durch manuelle Ablesung jeder Ampel. Wenn man das mit Ampeln auf gegebener Teststrecke umsetzt, kann zunächst der Prototyp des Ampelhinweissystem entwickelt werden.

Eine zweite Möglichkeit ist es, jedes Fahrrad mit einem Global Positioning System (GPS) Tracker auszustatten und die Ampeldata durch einen Algorithmus zu erfassen. Dieser vergleicht die Standorte an denen die Radfahrer stehen bleiben mit der Position der Ampel, interpretiert die Daten und hat nach einer gewissen Zeit ziemlich genaue Ergebnisse zu welcher Zeit die Fahrradfahrer an einer zu erwartenden “roten” Ampel warten.

Gewiss von Vorteil und sicher wäre es natürlich auch, die Verkehrsdaten bei der Verkehrsregelungszentrale anzufragen. Realistisch ist allerdings höchstens, die Daten der automatischen Ampeln zu bekommen. Wenn diese jedoch für eine hohe Trefferquote genügen würden.

Des Weiteren gibt es an viel befahrenen Kreuzungen Kameras, die ebenfalls die Ampeln filmen. Die Auf-

¹Elektrofahrrad. Ein Fahrrad mit elektrischem Hilfsmotor

nahmen analysierend, hat man für diese Kreuzungen ebenso entsprechende Daten.

Zunächst ist eine Datenbank zu erstellen, in der die Positionen und Zustände der Ampeln gespeichert wird. Mithilfe von OpenStreetMap man die Ampeln lokalisieren und gegebenenfalls in die Karte der Navigationssoftware einbinden. Um den Projektrahmen nicht zu sprengen genügt die Umsetzung der ersten genannten Erfassungsweges.

Nun wird anhand eines Algorithmus, der die empfohlene Geschwindigkeit mittels der verbleibenden Zeit der jeweiligen Ampelphase und der Distanz zwischen Fahrrad und Ampel errechnet.

Die Auswertung erfolgt entweder durch eine Smartphone-App oder durch ein Licht-emittierende Diode, auch Lumineszenz-Diode || Leuchtdiode (LED)-Licht-System per Blinkfrequenz; beides am Lenker angebracht. Bei Nutzung des Telefons, nimmt man den integrierten GPS-Sender, bei der zweiten Variante muss man das System mit einem ausstatten.

Das Ziel der Arbeit ist ein Konzept und dessen prototypische Anwendung eines Ampelhinweissystem, welches einem auf Basis der zu erstellenden Ampeldatenbank Informationen über die Ampelschaltung zukommen lässt und ihn so interaktiv durch das Verkehrsnetz führt.

1.3 AUFBAU DER ARBEIT

2. Grundlagenkapitel:

State of the art: Was gibt es schon. Projekte und Studien und fertige Apps, Grundbegriffe (technische Grundlagen), Definitionen, Überblick über mögliche Einsatzgebiete

3. Analysekapitel:

Anforderungsanalyse für Fahrradapp. Personas werden eingeführt?, =fiktive Benutzer, dann Zusammenfassung der herausgearbeiteten Anforderungen.

Funktionalität, graphische Oberfläche 4. Kapitel = Kern – Konzipierung:

mobile Anwendung. app. anrduino. die nutzer auf ampeln hinweist und die dauer der phase. es wird auf.. eingegangen. Der Einsatz von mobile sensig wird dargelegt, alles vorgestellt. Zusammenfassend wird das Konzept am Ende von allen Personas noch einmal kritisch betrachtet und evaluiert.

5. Kapitel: Umsetzung in exemplarischen Prototyp der ... Nach klärung der theoretischen berechnungsgrundlagen... dann wird der Prototyp in Design, Funktionalität und Architektur erläutert und schließlich in mehreren Testreihen uf die Probe gestellt. Die Ergebnisse folgen in den letzten Abschnitten des Kapitels.

6. Kapitel:

Abschluss dieser Arbeit = Evaluation der These der Arbeit, Zusammenfassung, Auslick auf zukünftige Entwicklung hinsichtlich des Themas.

2 STATE OF THE ART UND GRUNDLAGEN

Die Verkehrsstrategie des Senats sieht vor, dass das Radfahren bis zum Jahr 2025 20 Prozent des Gesamtverkehrs ausmachen soll. [J.A14] "Wir brauchen eine intelligente Konstruktion, die alle Verkehrsarten verbindet", sagte Stadtentwicklungssenator Michael Müller (SPD).

Für Autos gibt es bereits funktionierende Applikation (App)s wie EnLighten und SignalGuru, aber auch Projekte mit eingebauten Systemen im Autocomputer, welche anstreben den Verkehr elektronisch optimieren.

Mehrere Möglichkeiten Verkehrszentrale – trotzdem gibt es manuell geschaltete Ampeln

2.1 STATE OF THE ART

Vehicle-to-X (V2X)- Kommunikation, GLOSA Für den Einsatz in Kraftfahrzeugen gibt es bereits Projekte zu Ampelassistenten in Bordcomputern, Navigationssystemen, oder aber auch als App die rote Ampeln erkennen und die optimale Fahrtgeschwindigkeit ermitteln.

2.1.1 Projekt Wolfsburger Welle

Die Volkswagen (VW)-Forschung initiierte in den 80er Jahren mit dem Projekt "Wolfsburger Welle" die ersten Untersuchungen zur "Grünen Welle" Informationen im Fahrzeug; mit der Idee, beim Annähern an eine Ampel die optimale Geschwindigkeit im Fahrzeug zu geben.¹ "Dazu sendet die Ampelanlage ihren aktuellen Phasenzustand und eine Prognose für den nächsten Zustandwechsel an alle Fahrzeuge, die sich annähern. Der Fahrzeugcomputer setzt dann die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit mit dem Abstand zur Ampel und der aktuellen Ampelphase in Bezug. Daraus wird errechnet, ob das Fahrzeug im Moment mit der grünen Welle 'mitschwimmt' oder ob die Geschwindigkeit außerhalb des optimalen Bereichs liegt" [Tho09].

2.1.2 Projekt Travolution

Im Sommer 2008 wurde das Projekt TRAVOLUTION² (TRAffic & eVOLUTION), von dem Amt für Verkehrsmanagement und Geoinformation der Stadt Ingolstadt, Audi AG³, GEVAS Software und dem Lehrstuhl für Verkehrstechnik an der Technischen Universität München abgeschlossen. Es besteht aus den Teilprojekten VERKEHRSADAPTIVE NETZSTEUERUNG MIT GENETISCHEN ALGORITHMEN und DER INFORMIERTE FAHRER. Im Netzsteuerungsprojekt wurden 46 Lichtsignalanlagen in Ingolstadt mit der Netzsteuerungssoftware BALANCE ausgestattet, wodurch sie intelligent auf den Verkehr reagieren und die Schaltung an den Verkehr anpassen.

¹ [Zim84]

² [tra]

³ Automobilhersteller, dem Volkswagen-Konzern zugehörig



Abbildung 2.1: V2I-Kommunikation: Der Bordcomputer zeigt die optimale Geschwindigkeit an, sodass die nächste Kreuzung ohne Halt überquert werden kann. Quelle: [Aud]

Ziel des zweiten Teilprojektes ist es, die Autofahrer über die Ampelphasen zu informieren. Die V2I-Kommunikation mittels WLAN umsetzend, senden mit Kommunikationsmodulen ausgestattete Ampeln die Grünphasen an den Bordcomputer der Autos, welcher wiederum die Geschwindigkeit für ein reibungsloses Passieren errechnet.

2.1.3 Autokonzerne

Toyotas System erfordert eine spezielle Infrastruktur an Kreuzungen, die Installation von Infrarot-Sendern, die mit dem Toyota-Navigationssystem kommunizieren. An roter Ampel werden die Fahrer über die verbleibende Wartezeit informiert.⁴

Andere Autohersteller wie BMW, Volvo und Volkswagen kooperieren in diesem Forschungsprojekt, mit dem Forschungsziel die Sicherheit an Kreuzungen zu verbessern. Im Auto installierte Sensoren kommunizieren mit Kameras und Scanner in der Ampel.

Allerdings funktioniert das System nur mit dem ambitionierten Ziel, wenn alle Autohersteller zusammenarbeiten und sich auf den gleichen Standard einigen.⁵

2.1.4 EnLighten

Die App EnLighten erkennt rote Ampeln und visualisiert die Dauer dieser Phase. EnLighten nutzt GPS zur Lokalisierung des Autos und verwendet die Vehicle-to-Roadside (V2R)-Kommunikation zu Ampelphasenprognose.

⁴ [Toy11]

⁵ [Elf14]

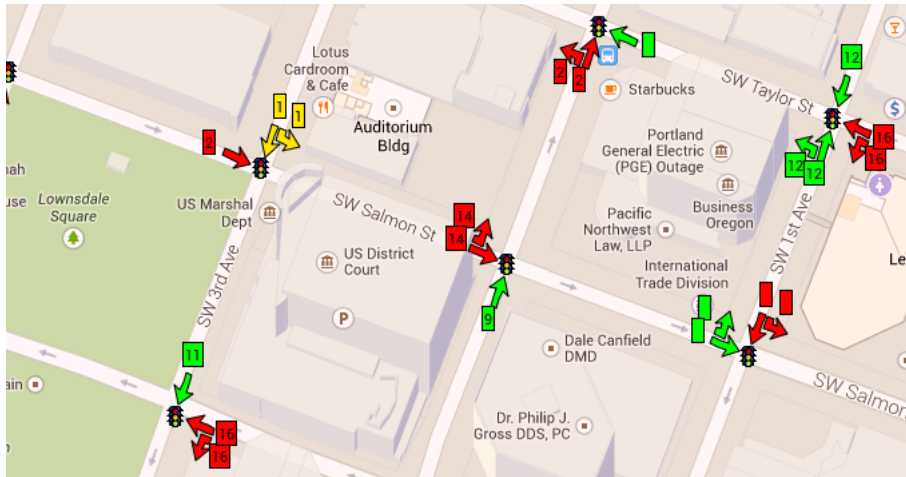


Abbildung 2.2: Schnappschuss der Echtzeit Ampelsignalstatusprognose in Portland. Quelle: [EnL]

Hierbei verbindet sich die App über Dedicated Short Range Communication (DSRC) mit den Lichtsignalanlagen und beachtet dabei Komponenten wie die Höchstgeschwindigkeit, Fahrtrichtung und Tageszeit. Die Installation der DSRC-Hardware an den Komponenten ist sehr aufwändig und teuer, weswegen EnLighten erst in einigen amerikanischen Städten funktionstüchtig ist.

2.1.5 Signal Guru

Signal Guru wurde von den Wissenschaftlern des Massachusetts Institute of Technology (MIT) und der Universität von Princeton entwickelt. Die App errechnet über die Smartphones vieler Nutzer - welche miteinander kommunizieren - die Wahrscheinlichkeit, wann eine Ampel grün wird und wie das eigene Fahrverhalten entsprechend anzupassen ist. Wie in Abbildung 2.3 ist zu sehen ist, muss die eingebaute Kamera durch die Windschutzscheibe die Ampel registrieren. Bei Testläufen im Straßenverkehr vielen die Ergebnisse bei statisch geschalteten Ampeln deutlich besser aus als bei angepassten Ampelschaltungen ⁶



Abbildung 2.3: Signal Guru App muss in der Lage sein die Ampel zu 'sehen'. Quelle: [KPM11]

Ob das auch in Deutschland funktioniert ist schwer zu sagen, da die Ampeln hierzulande so gesetzt sind, dass das Smartphone in der Pole-Position die Ampel evtl. nicht erfassen kann. Dies gilt es in der Entwicklungsarbeit zu testen und gegebenenfalls auszuarbeiten.

⁶Vgl. [Har12]

2.1.6 Ampelmeter

Ampelmeter ist eine Anwendung, die eine Geschwindigkeitsempfehlung angibt, bei der man die in Fahrtrichtung nächste Ampel bei grün erreichen. Der zweite Anwendungsfall ist die Restrot- bzw. Restgrünanzeige. Da der timingbezogene Teil der Datenbank zum Startzeitpunkt noch leer ist, bedarf es etwas Mitarbeit der NutzerInnen.

2.1.7 Analyseergebnis

Diese Beispiele zeigen deutlich, dass die Nachfrage nach Ampelassistenten – mobil oder statisch – steigt und auf dem Markt Anklang findet. Der Verkehr ist flüssiger, die Teilnehmer entspannter, die Luft sauberer. AutofahrerInnen sind schon lange nicht mehr allein auf der Straße und so gilt es, dieses erfolgreiche Konzept für alle VerkehrsteilnehmerInnen zu erweitern.

2.2 TECHNISCHE GRUNDLAGEN

2.2.1 Arduino / Android-App

2.2.1.1 MOBILE SENSING

Der Beschleunigungssensor ist ein Hardware-Sensor, der dazu benutzt wird, Position, Bewegung, Neigung, Erschütterung, Vibration und natürlich Beschleunigung des Gerätes zu messen. Es gibt bis zu 3-Achsen Beschleunigungssensoren, die meistens zum Erkennen der Ausrichtung des Smartphones genutzt werden und somit das Display beim Anschauen von Bildern, Webbrowsern oder Musikplayern in die passende Richtung vom Portrait-Modus (senkrecht) zum Landscape-Modus (waagrecht) zu drehen. In Kombination mit GPS kann das Smartphone dank ihm sogar erkennen, welche Art Transportmittel (Fahrrad, Bus, U-Bahn) der Nutzer gerade benutzt und bestimmte Muster wie z.B. Rennen, Gehen oder Stehen unterscheiden.

GPS oder Global Positioning System erlaubt dem Smartphone sich selber zu lokalisieren und den exakten Standpunkt auf der Erde zu bestimmen. Es hilft locationbased⁷ Apps wie z.B. Navigation, lokale Suche nach Shops, Restaurants etc. oder soziale Netzwerke wie Facebook oder Foursquare nötige Informationen zu ermitteln. Der Kompass erweitert die Möglichkeiten der Lokalisierungsermittlung eines Smartphones. Er bestimmt den Winkel des Geräts relativ zum Nordpol der Erde. Der Kompass besitzt einen Magnet, der mit dem magnetischen Feld der Erde interagiert und sich entsprechend zu einem der Pole ausrichtet. Zusammen mit dem Gyroskop-Sensor verbessern GPS und Kompass die Präzision von locationbased Applikationen. Der Gyroskop-Sensor bestimmt die Rotations- und Drehgeschwindigkeit des Smartphones auf seinen drei Achsen gegenüber dem Weltkoordinatensystem.

2.2.2 Backend mit nodejs / socket.io und MongoDB

2.2.3 Open-Street-Map

⁷ ortsgebunden

3 DIE ANFORDERUNGSANALYSE

Kapitel soll durch Untersuchung helfen, Vorstellung für die Anforderungen an Ampelhinweissystem -App zu bekommen. Begriff Persona wird eingeführt, erklärt, entwickelt. Mit Hilfe dieser Personas ... werden analysen gemacht + kritisch beurteilt. Den Abschluss bildet das Ergebnis dieser Untersuchung in Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen an eine App.

3.1 PERSONAS

3.1.1 Einleitung

Im heutigen High-Technologie Zeitalter ist gerade die Benutzbarkeit bei der Entwicklung eines Produktes ein wichtiger Faktor, der von Software-Entwicklern beachtet werden muss. Die Anforderungen der Nutzer stehen dabei im Mittelpunkt. Es geht in erster Linie darum, jene zufrieden zu stellen und nicht nur Interesse, sondern auch Begeisterung beim potentiellen Kunden zu wecken. Verschiedene Methoden, diese Anforderungen besser zu identifizieren und erfüllen zu können, haben sich bereits verbreitet und basieren meistens auf einer präzisen Darstellung der Nutzer. Eine erprobte Methode hat der Software-Entwickler Alan Cooper eingeführt: Personas oder Archetypen von Nutzern.

3.1.2 Definition

Fokus auf Gruppe spezifischer Nutzer bekommen blabla

3.1.3 Grund für Personas

Effizienz mit Personas

3.1.4 Prototyp: Personas

Um eine mögliche Anforderungsanalyse erarbeiten zu können, ist die Wahl auf Personas, als Kriterium der Anforderung von Zielnutzern, gefallen. Auf den nachfolgenden Seiten sind vier verschiedene Personas in einem übersichtlichen Tabellenprofil aufgelistet.

3.2 FUNKTIONALITÄT

3.3 DIE GRAPHISCHE OBERFLÄCHE

4 DER ENTWURF

4.1 KLASSENSTRUKTUR

4.2 MOCKUP

4.3 BLA

4.3.1 Sensoren

4.3.1.1 GPS

wird gebraucht für...

4.4 EVALUATION

5 DER PROTOTYP

Prototyp zeigt, wie mittels GPS ... realisiert werden kann. Design und Funktionalitäten werden ebenfalls vorgestellt

5.1 THEORIE

Um die korrekte Umsetzung des Prototyps zu ermöglichen, müssen zunächst einmal prinzipielle Theorien und Hintergründe diesen betreffend betrachtet werden. grundlegendes Wissen über geographische Koordinaten sowie mathematische Voraussetzungen im Umgang mit diesen, müssen zur Ideenverwirklichung berücksichtigt werden.

5.1.1 Die Berechnung der Entfernung

5.1.2 Die Berechnung der Ankunft in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

5.1.3 Die Berechnung der Dauer der Ampelphase?

5.2 DAS DESIGN

5.2.1 screens...

5.2.2 Karte...

5.3 FUNKTIONALITÄTEN

5.3.1 Sensorik (GPS)

5.3.2 Open Street Map

5.4 ARCHITEKTUR

5.4.1 Technologien

Für die Entwicklung des Prototyps fiel die Wahl der zu verwendeten Technologien zunächst auf das AngularJS Framework, da bereits Vertrautheit mit Web Technologien vorlag.

6 ERGEBNIS UND AUSBLICK

6.1 AMPELHINWEISSYSTEM

6.2 AUSBLICK

LED subsequent LED

glossar testeintrag: Antwortdatei

ABKÜRZUNGEN

App Applikation.

DSRC Dedicated Short Range Communication.

GPS Global Positioning System.

LED Licht-emittierende Diode, auch Lumineszenz-Diode || Leuchtdiode.

MIT Massachusetts Institute of Technology.

V2I Vehicle-to-Infrastructure.

V2R Vehicle-to-Roadside.

V2X Vehicle-to-X.

GLOSSAR

Antwortdatei

Informationen zum Installieren einer Anwendung oder des Betriebssystems.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

2.1	Travolutions	8
2.2	Echtzeit Ampelsignalstatus	9
2.3	Signal Guru	9

LITERATURVERZEICHNIS

- [Aud] Audi travolution: vehicle to traffic light communication system reduces fuel consumption. <http://www.gizmag.com/audi-travolution-vehicle-to-traffic-light-communication/15340/picture/115853/>, . – Zugriff: 08.12.2014
- [Dam14] DAMBECK, Holger: Wir fahren schon mal vor. In: *Technology Review - Das Magazin für Innovation* (2014), August, S. 70ff.
- [Elf14] ELFLEIN, Nicole: *Der perfekte Beifahrer*. <http://www2.toyota.co.jp/en/news/11/06/0629.html>, August 2014. – Zugriff: 08.12.2014
- [EnL] *EnLighten*. <http://connectedsignals.com/index.php>, . – Zugriff: 28.11.2014
- [Har12] HARTMANN, Thomas: *Signal Guru: App soll helfen Sprit zu sparen*. <http://www.macwelt.de/news/Apps-fuer-iPhone-Smartphones-Signal-Guru-App-soll-helfen-Sprit-zu-sparen-6620.html>, September 2012. – Zugriff: 28.11.2014
- [J.A14] J.ANKER: Fahrradfahren boomt in Berlin stärker als bislang bekannt. In: *Berliner Morgenpost* (2014), Juni
- [KPM11] KOUKOU MIDIS, Emmanouil ; PEH, Li-Shiuan ; MARTONOSI, Margaret: *SignalGuru: Leveraging Mobile Phones for Collaborative Traffic Signal Schedule Advisory* / MIT and Princeton University. 2011. – Forschungsbericht
- [MoM11] *Projekt MoMo*. <http://projekt.beuth-hochschule.de/momo/>, 2011. – Zugriff: 18.11.2014
- [Tho09] THOMA, Stephan: *Mensch-Maschine-Interaktion*, Technische Universität München, Diss., Oktober 2009
- [Toy11] TOYOTA: *TMC Develops Navigation System Compatible with Vehicle-Infrastructure Cooperative Safety System*. <http://www2.toyota.co.jp/en/news/11/06/0629.html>, 2011. – Zugriff: 08.12.2014
- [tra] *Verkehrsoptimierung mit Genetischen Algorithmen*. <http://www.travolution-ingolstadt.de>, . – Zugriff: 28.11.2014
- [Zim84] ZIMDAHL, Walter: Guidelines and some developments for a new modular driver information system, 1984, S. 178 – 182