



BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN  
University of Applied Sciences

# Bachelorarbeit

Medieninformatik

---

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

---

Berlin, den 29. Dezember 2014

*Autorin:*

Jacoba BRANDNER

*Matrikelnummer:*

786635

*Betreuerin:*

Frau Prof. Dr. Gudrun GÖRLITZ

*Gutachterin:*

Frau Prof. Dr. Petra SAUER

# INHALT

<b>1 Einführung</b>	<b>6</b>
1.1 Motivation . . . . .	6
1.2 Zielstellung . . . . .	6
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	7
<b>2 Bestehende Konzepte und deren Beurteilung</b>	<b>8</b>
2.1 Ampelinformationssysteme . . . . .	8
2.1.1 Grüne Welle auf Radwegen . . . . .	8
2.1.2 Individuelle Ampelinformationssysteme im Auto . . . . .	9
2.2 Ampelinformationssysteme als mobile Applikation . . . . .	11
2.3 Fahrraderweiterungen . . . . .	12
2.3.1 Displaylose Fahrradnavigation . . . . .	12
2.3.2 Intelligente Fahrradlenker . . . . .	13
2.3.3 Das Samsung Smart Bike . . . . .	14
2.3.4 Der COBI Fahrradcomputer . . . . .	14
2.4 Analyseergebnis . . . . .	15
<b>3 Grundlagen</b>	<b>16</b>
3.1 Mathematische Grundlagen . . . . .	16
3.1.1 Berechnung der Dauer der Ampelphase . . . . .	16
3.1.2 Berechnung zuer Ermittlung der Progressionsgeschwindigkeit . . . . .	16
3.2 Technische Grundlagen . . . . .	16
3.2.1 Arduino / Android-App . . . . .	16
3.2.1.1 Mobile Sensing . . . . .	16
3.2.2 Backend mit nodejs / socket.io und MongoDB . . . . .	16
3.2.3 Open-Street-Map . . . . .	16
<b>4 Die Anforderungsanalyse</b>	<b>17</b>
4.1 Personas . . . . .	17
4.1.1 Einleitung . . . . .	17
4.1.2 Definition . . . . .	17
4.1.3 Grund für Personas . . . . .	17
4.1.4 Prototyp: Personas . . . . .	17
4.2 Funktionalität . . . . .	17

4.3	Diagramme . . . . .	17
4.3.1	Sequenzdiagramm . . . . .	18
4.3.2	Ablaufdiagramm . . . . .	18
4.3.3	UML – Diagramm . . . . .	18
4.4	Die graphische Oberfläche . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Konzeption</b>	<b>19</b>
5.1	Architektur . . . . .	19
5.1.1	Technologien . . . . .	19
5.1.2	Navigation (bei App) . . . . .	19
5.2	Das Design . . . . .	19
5.2.1	Anzeigeelemente . . . . .	19
5.2.1.1	Geschwindigkeit . . . . .	19
5.2.1.2	Ampeln . . . . .	19
5.2.1.3	Informationen . . . . .	19
5.3	Ampeldatenanfrage und Auswertung . . . . .	19
5.3.1	Sensoren . . . . .	19
5.3.1.1	GPS . . . . .	19
5.4	Theorie . . . . .	19
5.4.1	Die Berechnung der Entfernung . . . . .	20
5.4.2	Die Berechnung der Ankunft in Abhängigkeit der Geschwindigkeit . . . . .	20
5.4.3	Die Berechnung der Dauer der Ampelphase? . . . . .	20
5.5	Funktionalitäten -> Anforderungsanalyse? . . . . .	20
5.5.1	Sensorik (GPS) . . . . .	20
5.5.2	Open Street Map . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Der Prototyp</b>	<b>21</b>
6.0.3	APIs . . . . .	21
6.0.4	Komponenten . . . . .	21
6.0.4.1	.css . . . . .	21
6.0.4.2	.html . . . . .	21
6.0.4.3	.js . . . . .	21
<b>7</b>	<b>Evaluierung</b>	<b>22</b>
7.1	Systemtest . . . . .	22
<b>8</b>	<b>Ergebnis und Ausblick</b>	<b>23</b>
8.1	Ampelhinweissystem . . . . .	23
8.2	Ausblick . . . . .	23
<b>Akronyme</b>		<b>24</b>

<b>Glossar</b>	<b>25</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>26</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>26</b>

---

## **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-Bikes<sup>1</sup>. 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 ZIELSTELLUNG

- nicht absteigen müssen
- gut für Verkehr, Gesundheit
- so wird weniger bei rot gefahren
- Funktionalität / Wozu dient die Anwendung?

Um die Ampeldaten zu erfassen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine 100prozentige Deckung erreicht man nicht einmal durch manuelle Ablesung jeder Ampel, da circa 20 Prozent der Lichtsignalanlagen in Berlin manuell gesteuert werden. Wenn man das mit Ampeln auf gegebener Teststrecke umsetzt, kann zunächst der Prototyp des Ampelhinweissystem entwickelt werden.

Die Berliner Verkehrslenkungszentrale stellt für diese Arbeit verkehrstechnische Unterlagen wie einen

---

<sup>1</sup> Elektrofahrrad. Ein Fahrrad mit elektrischem Hilfsmotor

Lageplan, Signalzeitenpläne und Daten der verkehrsabhängigen Steuerung von Lichtsignalanlagen von circa zehn Anlagen zur Verfügung. Die Auswertung erfolgt entweder durch eine Smartphone-App oder durch ein Licht-emittierende Diode, auch Leuchtdiode (LED)-Licht-System per Blinkfrequenz; beides am Lenker angebracht. Bei Nutzung des Telefons, nimmt man den integrierten Global Positioning System (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

Zunächst wird analysiert welche Studien, Projekte oder Anwendungen es zu diesem Thema bereits gibt. Auf Grundlage dessen wird entschieden, in welcher Art das Thema dieser Arbeit umgesetzt wird. Es wird erläutert, ob sich eine mobile Anwendung oder eher eine Arduinoinstallation anbietet. Anhand dessen werden im vierten Kapitel die technischen Grundlagen erklärt. Hier werden also Definitionen und Entwicklungswerkzeuge beschrieben und ein Überblick über mögliche Einsatzgebiete gegeben. Für das Verständnis der Umsetzung ist die Klärung der theoretischen Berechnungsgrundlagen erforderlich.

Im Anforderungsanalysekapitel werden die Anforderungen an Funktionalität und Usability Kriterien für die Anwendung ermittelt und strukturiert.

*Es werden Personas, fiktive Benutzer, eingeführt und schließlich eine Zusammenfassung der herausgearbeiteten Anforderungen gestellt.*

Das sechste Kapitel bildet mit der Konzipierung den Kern dieser Arbeit. *Architektur, Design, (Theorie — funktioniert nicht wie in Konzeption beschrieben, weil... ) es wird auf.. einneggang.... mobile Anwendung. app. arduino. die nutzer auf ampeln hinweist und die dauer der phase. Zusammenfassend wird das Konzept am Ende von allen Personas nocheinmal kritisch betrachtet und evaluiert.*

Kapitel sieben beschreibt die Umsetzung des exemplarischen Prototyps. Dieser wird dann in Architektur, Funktionalität und Design erläutert und schließlich in mehreren Testreihen evaluiert. Anhand einiger Systemtests wird eine Optimierung der Anwendung herausgearbeitet und gegebenenfalls umgesetzt.

Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Zusammenfassung der Ereignisse dieser Arbeit und einen Ausblick auf zukünftige Entwicklung hinsichtlich des Themas.

## 2 BESTEHENDE KONZEPTE UND DEREN BEURTEILUNG

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

Sowohl statisch an Radwegen, als auch für den Einsatz in Kraftfahrzeugen gibt es bereits Projekte zu Ampelassistenten in Bordcomputern, Navigationssystemen, oder aber auch als Applikation (App) die rote Ampeln erkennen und die optimale Fahrtgeschwindigkeit für die Grüne Welle ermitteln. Auch Erweiterungen für's Rad direkt werden vielfältiger — vom einfachen Navigationssystem bis hin zu intelligenten Aufsätzen, die an das Smartphone gekoppelt sind.

### 2.1 AMPEL INFORMATIONSSYSTEME

Unter dem Prinzip "Grüne Welle" wird die Abstimmung der Ampelschaltzustände, sodass ein Fahrzeug in einer bestimmten Geschwindigkeit mehrere Ampeln passieren kann ohne anzuhalten, verstanden. Der folgende Abschnitt soll die existierenden Lösungen und Ansätze für Ampelinformationssysteme darstellen.

#### 2.1.1 Grüne Welle auf Radwegen

In Kopenhagen unterstützen grüne LEDs auf Radwegen die Radfahrer indem sie wenn diese mit einem Tempo von 20 km/h fahren, sie begleiten und so signalisieren, dass sie sich auf der Grünen Welle befinden.

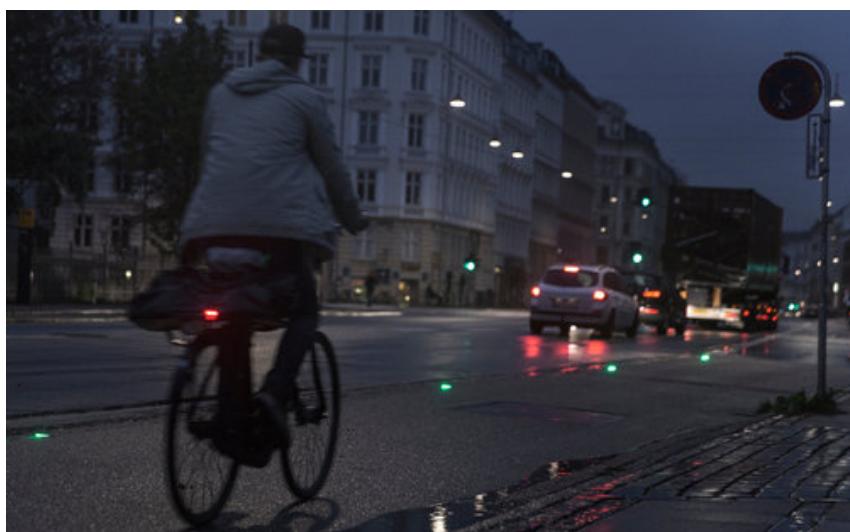


Abbildung 2.1: Kopenhagen: LEDs signalisieren die Grüne Welle bei 20 km/h Quelle: [Car14]

Zusätzlich erkennen Sensoren im Radweg Fahrradgruppen und veranlassen dann die Ampel zu einer längeren Grünphase. In einem anderen Stadtteil sind Leuchttafeln, die die verbleibende Zeit der Ampelphase anzeigen, am Radwegrand installiert [Sch14].

Kopenhagen als Vorbild hat Berlin mit vier Ampeln in Schöneberg eine Grüne Welle für RadfahrerInnen umgesetzt und plant bereits die zweite [Neu14]. Auch hier möchte man die Benutzung des Rades attraktiver machen und den Fahrradverkehr beschleunigen.

### 2.1.2 Individuelle Ampelinformationssysteme im Auto

In den letzten Jahrzehnten gab es immer wieder Intentionen, eine Anzeige von Geschwindigkeitsempfehlungen im Auto umzusetzen. Der folgende Abschnitt soll die existierenden Lösungen und Ansätze dafür aufzeigen.

#### 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. [Zim84] "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]).

#### Projekt Travolution

Im Sommer 2008 wurde das Projekt TRAVOLUTION (TRAffic & eVOLUTION), von den Projektpartnern<sup>1</sup> 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. Ziel des zweiten Teilprojektes ist es, die Autofahrer über die Ampelphasen zu informieren. Die Car-to-Infrastructure (C2I) mittels Wireless Local Area Network (WLAN) und Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) umsetzend, senden mit Kommunikationsmodulen ausgestattete Ampeln die Grünphasen an den Bordcomputer der Autos, welcher dann die Geschwindigkeit für ein reibungsloses Passieren errechnet [tra, BBK<sup>+09</sup>] und wie in Abbildung 2.2 zu sehen, anzeigt.

---

<sup>1</sup> [tra]



Abbildung 2.2: Der Bordcomputer zeigt die optimale Geschwindigkeit an. Quelle: [tra]

Fundierend auf TRAVOLUTION sind Folgeprojekte wie zum Beispiel das ebenfalls von Audi ins Leben gerufene “Ampelinfo online“ entstanden. Über Mobilfunk ist in der Car-to-X (C2X)-Anwendung das Auto mit dem zentralen Verkehrsrechner, welcher die Ampelanlagen steuert, vernetzt und visualisiert die entsprechenden Informationen im Bordcomputer. [Amp14]

#### Projekt Kolibri

In Bayern wurde im April 2011 das Pilot-Projekt KOLIBRI<sup>2</sup> mit den Teststrecken der B13 bei München mit sieben und der St2145 in der Nähe von Regensburg mit acht ampelgeregelten Kreuzungen gestartet. Gemeinsam untersuchten die Projektpartner<sup>3</sup> die Funktionen und Auswirkungen eines Ampelassistenten außerhalb von Ortschaften ([kol], [kol11]). “Per Mobilfunk übermittelt das Fahrzeug Rohdaten wie Zeit und genaue Position. Der Computer in der Zentrale kann daraus Informationen über die Verkehrslage, die Geschwindigkeit oder die Zahl der Ampelstopps und die Wartezeiten ermitteln, die dann als Korrekturgrößen wieder in die Steuerung der Lichtsignalanlage (LSA) einfließen können.“ ([kol11]) Zusätzlich wurden die FahrerInnen sowohl fahrzeugintegriert<sup>4</sup> als auch via Smartphone über die Schaltung der nächsten Ampel informiert und erhielten Empfehlungen über die aktuelle Progressionsgeschwindigkeit.

#### Projekt Testfeld Telematik

Ende des Jahres 2013 wurde in Wien das Projekt TESTFELD TELEMATIK – Feldversuch zur Stärkung österreichischen Know-Hows im Bereich umweltverträglicher Mobilität erfolgreich abgeschlossen. Per C2X bringt das Projekt Kooperative Dienste wie Ampelinformationen direkt ins Auto.

---

<sup>2</sup> Kooperative Lichtsignaloptimierung – Bayrisches Pilotprojekt

<sup>3</sup> <http://www.kolibri-projekt.de/Sites/kolibri3.html>

<sup>4</sup> On-Board-Computer



Abbildung 2.3: Mobile Anwendung des Projekts Testfeld-Telematik – “Grüne Welle bei 50 km/h“

Quelle: [Jan14]

Über Navigationssysteme, integrierte Systeme, Nachrüst-Plattformen oder mobile Endgeräte erreicht die FahrerInnen die Information der optimalen Geschwindigkeit sowie die Dauer der jeweiligen Ampelphase [Jan14]. Um an die Informationen zu kommen wurden unter anderem Kameras und Sensoren, beispielsweise als Induktionsschleife in die Fahrbahn eingelassen. Andere Autohersteller wie Bayerische Motoren Werke (BMW), Volvo und Volkswagen kooperieren als Forschungsprojekt “Car 2 Car Communication Consortium“ mit TESTFELD TELEMAK, ebenfalls mit dem Ziel 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. [Elf13]

### Toyota

Auch Toyota hat ein System entwickelt, welches eine spezielle Infrastruktur an Kreuzungen, die Installation von Infrarot-Sendern, die mit dem Toyota-Navigationssystem kommunizieren erfordert. An roter Ampel werden die Fahrer über die verbleibende Wartezeit informiert. Die ausgestatteten Navigationssysteme wurden bis jetzt jedoch ausschließlich in Japan getestet. [Toy11]

## 2.2 AMPEL INFORMATIONSSYSTEME ALS MOBILE APPLIKATION

Ampelassistenten als mobile Anwendung sind recht einfach umzusetzen. Smartphones sind bereits mit einem GPS-Empfänger ausgestattet und haben fast durchgängig Internetzugang. Die hier vorgestellten mobilen Anwendungen existieren bereits oder befinden sich in der Testphase.

### Mobile Applikation EnLighten

EnLighten erkennt rote Ampeln und visualisiert die Dauer dieser Phase. Die mobile Anwendung nutzt GPS zur Lokalisierung des Autos und verwendet ebenfalls die C2X-Kommunikation zu Ampelphasenprognose. Hierbei verbindet sich die App mit den Lichtsignalanlagen und beachtet dabei Komponenten

wie die Höchstgeschwindigkeit, Fahrtrichtung und Tageszeit. Aufgrund von hohen Installationskosten und -Aufwand ist EnLighten erst in einigen amerikanischen Städten funktionstüchtig und verfügbar.

### Mobile Applikation 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 2.4 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 Ampelschaltung [KPM11]



Abbildung 2.4: Signal Guru muss in der Lage sein die Ampel zu 'sehen'. Quelle: [KPM11]

Dieser Ansatz ist für Fahrräder jedoch nicht umsetzbar, da das Smartphone in der Halterung am Lenker die LSA nicht erfassen kann.

## 2.3 FAHRRADERWEITERUNGEN

Als Schnittstelle das Smartphone nutzend gibt es ausgeklügelte Systeme mit reichlich Funktionen. Das einfache Navigationssystem für Fahrräder ist kaum noch notwendig, wo doch zum Beispiel die hier aufgeführten um einiges umfangreicher sind.

### 2.3.1 Displaylose Fahrradnavigation

Das HAMMERHEAD ist ein "Hammer", oder einfach ein "T", an den Lenker angebracht. Gespickt mit verschiedenfarbigen LEDs zeigt es den Weg zeigen, warnt vor Hindernissen und ersetzt die vorderen Scheinwerfer.



Abbildung 2.5: Hammerhead – LEDs zeigen den Weg. Quelle: [ham]

Via Bluetooth ist HAMMERHEAD an das Smartphone gekoppelt, auf dem die zugehörige Navigationsanwendung läuft mit der man Routen eingeben, teilen und speichern kann [ham].

Ein sehr ähnliches Prinzip verfolgt das CYCLENAV von der Firma Schwinn. Unterschiede findet man hier im Design und einem integrierten Lautsprecher, der Abbiegehinweise ausgibt und auf Wunsch wiederholt [cyc14].

### 2.3.2 Intelligente Fahrradlenker

Mehr High-Tech, aber auch umfangreichere Funktionen bietet der vom amerikanischen Startup HELIOS-BIKES entwickelte HELIOS-Lenker. Neben dem Frontlicht hat der Lenker wie in Abbildung 2.6 zu sehen, an den Enden LEDs die einen zum gewünschten Standort leiten.



Abbildung 2.6: Helios-Lenker Quelle: [hel14]

Sie passen ihre Farbe der Geschwindigkeit an und haben auf Wunsch auch eine Blinkfunktion. Verbindet man den Lenker mit einem Smartphone, lässt sich die Farbe der LEDs individualisieren. Die Verbindung zum Handy hat weitere Vorteile: dank des eingebauten GPS-Trackers und eingesteckter SIM-Karte lässt sich das Fahrrad per SMS über den derzeitigen Standort abfragen [hel14], was im Falle eines Diebstahl sehr hilfreich sein kann.

VANHAWKS VALOUR heißt das Rad, das ab April 2015 lieferbar ist. Wie im HELIOS-Lenker steckt auch hier ein über das Smartphone steuerbares Navigationssystem, das die Abbiegehinweise per LED signalisiert, im Lenker. Auf den gefahrenen Routen merkt sich das Rad durch einen Erschütterungssensor erfasste Hindernisse wie Unebenheiten in der Fahrbahn und ermittelt beim nächsten Mal darauf rücksicht nehmend eine andere Route. Es ist darüber hinaus in der Lage mit anderen VANHAWKS VALOUR-Rädern zu

kommunizieren und dessen Routenbegebenheiten ebenfalls zu berücksichtigen. Mittels Radarsensoren registriert das Fahrrad Autos im toten Winkel und benachrichtigt die FahrerInnen durch ein vibrierenden Lenker [van].

### 2.3.3 Das Samsung Smart Bike

Auf der Mailänder Designwoche hat Samsung ein Smartbike vorgestellt, das mit verschiedenen intelligenten Komponenten wie Bluetooth, einer Kamera und Laserprojektoren ausgestattet. Der Rahmen ist aus Aluminium und leicht geschwungen, was Vibrationen abfangen soll. Wie Abbildung 2.7 zeigt, zeichnen vier Laserprojektoren den eigenen, begleitenden Fahrradweg auf die Straße und sollen so die Sicherheit erhöhen, indem sie den Sicherheitsabstand markieren und aus dem toten Winkel sichtbar sind.

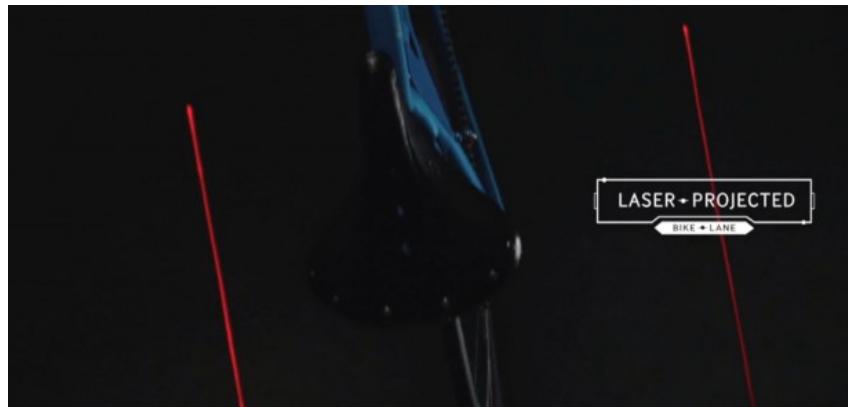


Abbildung 2.7: Samsung Smart Bike Quelle: [sma14]

Natürlich ist auch dieses Fahrrad mit dem Smartphone verbunden, das sich dank eines Magneten einfach am Lenker anbringen lässt. Darüber kann man die Laserprojektoren ein- und ausschalten, dafür einen Timer bestimmen und über die eingebaute Kamera unter dem Sattel den Verkehr hinter sich im Auge behalten. Das Smartphone fungiert außerdem als Navigationsgerät und durch den eingebauten GPS-Empfänger lassen eigene und Routen von anderen Nutzern speichern und intelligent verarbeiten [sma14]. Wenn also viele Menschen mit einem Samsung Smartbike unterwegs sind, erkennt das Rad die Route als angenehm und navigiert dort entlang.

### 2.3.4 Der COBI Fahrradcomputer

Ein Kickstarterprojekt aus Frankfurt am Main entwickelt das System COBI (Connected Biking), das alle standardisierten Fahrradsysteme wie Lampen, Navigation, Tachometer etc. vereinen soll. COBI ist ein Modul mit integrierter Frontleuchte in das man das Smartphone, welches dann mit der installierten COBI-App als Fahrradcomputer dient, legt. Durch eine wasser- und stoßfeste Hülle ist es vor Umwelteinflüssen geschützt. Zu dem Lenkersystem gibt es auch Rückstrahler die beim Bremsen intensiver leuchten und eine Blinkfunktion haben. Möchte man das Smartphone trotzdem nicht am Lenker haben, bleibt die Verbindung zum Modul über Funk bestehen. Steuern lässt sich das System dann über einen Controller, den man am Lenker angebracht, mit dem Daumen bedienen kann. Ist es jedoch in der Halterung, wird das Smartphone über den E-Bike-Akku oder einen zusätzlich integrierten Akku aufgeladen. Wie bei den anderen genannten Systemen ist in der COBI-App eine Navigationsanwendung, wie auch die



(a) Frontlicht und Smartphonehalterung

(b) Bremslicht und Blinker

Abbildung 2.8: COBI – Das smarte Fahrradsystem. Quelle: [cob14b]

tracking&share Funktion inklusive. Darüber hinaus verfügt es über einen Diebstahlschutz, Fitnessstracker sowie die Möglichkeit einer Anbindung an Spotify<sup>5</sup>.

Das Projekt ist bereits voll finanziert und der Versand der vorbestellten Systeme beginnt vorrausichtlich im Frühjahr 2015 [cob14a].

## 2.4 ANALYSEERGEBNIS

Diese Beispiele zeigen deutlich, dass sowohl die Nachfrage nach Ampelassistenten – mobil oder statisch – als auch an Fahrraderweiterungen steigt und auf dem Markt Anklang findet. Auch die EntwicklerInnen solcher Systeme werden kreativer, wodurch immer mehr Produkte mit erweiterten Funktionen entstehen. Das begeistert wiederum mehr Menschen für das Radfahren und so ist der Verkehr 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.

---

<sup>5</sup> Digitaler Musikstreaming Dienst

# 3 GRUNDLAGEN

## 3.1 MATHEMATISCHE GRUNDLAGEN

3.1.1 Berechnung der Dauer der Ampelphase

3.1.2 Berechnung zuer Ermittlung der Progressionsgeschwindigkeit

## 3.2 TECHNISCHE GRUNDLAGEN

3.2.1 Arduino / Android-App

### 3.2.1.1 MOBILE SENSING

*Der Beschleunigungssensor ist ein Hardwaresensor, 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 erlaubt dem Smartphone sich selber zu lokalisieren und den exakten Standpunkt auf der Erde zu bestimmen. Es hilft locationbased<sup>1</sup> 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 Lokationsermittlung 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.*

3.2.2 Backend mit nodejs / socket.io und MongoDB

3.2.3 Open-Street-Map

---

<sup>1</sup> ortsgebunden

## **4 DIE ANFORDERUNGSANALYSE**

Dieses 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.

### **4.1 PERSONAS**

#### **4.1.1 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.

#### **4.1.2 Definition**

Fokus auf Gruppe spezifischer Nutzer bekommen blabla

#### **4.1.3 Grund für Personas**

Effizienz mit Personas

#### **4.1.4 Prototyp: Personas**

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

## **4.2 FUNKTIONALITÄT**

## **4.3 DIAGRAMME**

4.3.1 Sequenzdiagramm

4.3.2 Ablaufdiagramm

4.3.3 UML – Diagramm

## **4.4 DIE GRAPHISCHE OBERFLÄCHE**

## 5 KONZEPTION

### 5.1 ARCHITEKTUR

Klassenstruktur..

#### 5.1.1 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.

#### 5.1.2 Navigation (bei App)

## 5.2 DAS DESIGN

#### 5.2.1 Anzeigeelemente

##### 5.2.1.1 GESCHWINDIGKEIT

##### 5.2.1.2 AMPELN

##### 5.2.1.3 INFORMATIONEN

## 5.3 AMPEDATENANFRAGE UND AUSWERTUNG

#### 5.3.1 Sensoren

##### 5.3.1.1 GPS

wird gebraucht für...

## 5.4 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.

- 5.4.1 Die Berechnung der Entfernung
- 5.4.2 Die Berechnung der Ankunft in Abhängigkeit der Geschwindigkeit
- 5.4.3 Die Berechnung der Dauer der Ampelphase?

## **5.5 FUNKTIONALITÄTEN → ANFORDERUNGSANALYSE?**

- 5.5.1 Sensorik (GPS)
- 5.5.2 Open Street Map

## 6 DER PROTOTYP

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

6.0.3 APIs

6.0.4 Komponenten

6.0.4.1 .css

6.0.4.2 .HTML

6.0.4.3 .js

# **7 EVALUIERUNG**

## **7.1 SYSTEMTEST**

ist das GPS schnell/genau genug fürs radfahren? Optimierung ggf. umsetzen

## **8 ERGEBNIS UND AUSBLICK**

### **8.1 AMPELHINWEISSYSTEM**

### **8.2 AUSBLICK**

## ABKÜRZUNGEN

App      Applikation.

BMW      Bayerische Motoren Werke.

C2X      Car-to-Infrastructure oder Vehicle-to-Infrastructure.

C2X      Car-to-X oder Vehicle-to-X.

DSRC      Dedicated Short Range Communication.

GPS      Global Positioning System.

LED      Licht-emittierende Diode, auch Leuchtdiode.

LSA      Lichtsignalanlage.

MIT      Massachusetts Institute of Technology.

UMTS      Universal Mobile Telecommunications System.

VW      Volkswagen.

WLAN      Wireless Local Area Network.

# GLOSSAR

## **Arduino**

Die Arduino-Plattform ist eine quellöffentliche, aus Soft- und Hardware bestehende Physical-Computing-Plattform. Die Hardware besteht aus einem einfachen I/O-Board mit einem Mikrocontroller und analogen und digitalen Ein- und Ausgängen. Die Entwicklungsumgebung basiert auf Processing, die auch technisch weniger Versierten den Zugang zur Programmierung und zu Mikrocontrollern erleichtern soll.

## **C2I**

direkter, drahtloser Informationsaustausch zwischen Fahrzeugen jeglicher Art und infrastrukturellen Einrichtungen wie Funkbaken und Lichtsignalanlagen auf Basis von WLAN, Bluetooth oder Dedicated Short Range Communication (DSRC).

## **C2X**

direkter Informationsaustausch zwischen Fahrzeugen jeglicher Art, Verkehrsleittechnik wie z.B. Lichtsignalanlagen und Verkehrsleitzentralen.

## **DSRC**

funkgestützte sicherheitsrelevante und private Dienste, die in der Automotive-Technik von mobilen Stationen ausgeführt werden können.

# **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

2.1	Grüne Welle durch LEDs . . . . .	8
2.2	Projekt Travolution . . . . .	10
2.3	Projekt Testfeld-Telematik Ampelinformation . . . . .	11
2.4	Signal Guru . . . . .	12
2.5	Hammerhead . . . . .	13
2.6	Helios-Lenker . . . . .	13
2.7	Samsung Smart Bike . . . . .	14
2.8	COBI . . . . .	15

## LITERATURVERZEICHNIS

- [Amp14] *Audi connect – Intelligent durch den Stadtverkehr mit Ampelinfo online.* [http://www.audi.de/de/brand/de/vorsprung\\_durch\\_technik/content/2014/06/ampelinfo-online.html](http://www.audi.de/de/brand/de/vorsprung_durch_technik/content/2014/06/ampelinfo-online.html), Juni 2014
- [BBK<sup>+</sup>09] BRAUN, Robert ; BUSCH, Fritz ; KEMPER, Carsten ; HILDEBRANDT, Robert ; WEICHENMEIER, Florian ; MENIG, Cornelius ; PAULUS, Ingrid ; PRESSLEIN-LEHLE, Renate: TRAVOLUTION – Netzweite Optimierung der Lichtsignalsteuerung und LSA-Fahrzeug-Kommunikation. In: *Straßenverkehrstechnik* 10 (2009), S. 365–374
- [Car14] CARDWELL, Diane: Copenhagen Lighting the Way to Greener, More Efficient Cities. In: *The New York Times* (2014), Dezember
- [cob14a] COBI. *World's Smartest Connected Biking System.* <https://www.kickstarter.com/projects/cobi/cobi-worlds-smartest-connected-biking-system>, 2014. – Zugriff: 28.12.2014
- [cob14b] COBI. <http://www.cobi.bike/press.html>, 2014. – Zugriff: 28.12.2014
- [cyc14] CycleNav Smart Bike Navigator. <http://www.schwinnbikes.com/usa/news/cyclenav-smart-bike-navigator/>, März 2014. – Zugriff: 28.12.2014
- [Elf13] ELFLEIN, Nicole: Der perfekte Beifahrer. In: *Pictures of the Future* (2013), Frühjahr, S. 104–106
- [ham] Hammerhead. <http://hammerhead.io/>, . – Zugriff: 28.12.2014
- [hel14] Helios. <http://www.ridehelios.com/>, 2014. – Zugriff: 28.12.2014
- [J.A14] J.ANKER: Fahrradfahren boomt in Berlin stärker als bislang bekannt. In: *Berliner Morgenpost* (2014), Juni
- [Jan14] JANDRISITS, Dipl.-Ing.(FH) M.: Testfeld Telematik – Publizierbarer Endbericht. 2014. – Forschungsbericht
- [kol] Kooperative Lichtsignaloptimierung. <http://www.kolibri-projekt.de/>, . – Zugriff: 28.12.2014
- [kol11] Pilotprojekt zur Verbesserung des Verkehrsflusses: Grüne Welle auf der Landstraße. (2011), Dezember. – Zugriff: 28.12.2014

- [KPM11] KOUKOUMIDIS, Emmanouil ; PEH, Li-Shiuan ; MARTONOSI, Margaret: SignalGuru: Leveraging Mobile Phones for Collaborative Traffic Signal Schedule Advisory / MIT and Princeton University. 2011. – Forschungsbericht
- [Neu14] NEUMANN, Peter: Berlin bekommt zweite grüne Welle für Radler. In: *Berliner Zeitung* (2014), September
- [Sch14] SCHOENEBECK, Gudrun von: *Kopenhagen verwöhnt Radfahrer mit Grünen Wellen.* <http://www.ingenieur.de/Themen/Fahrrad/Kopenhagen-verwoehnt-Radfahrer-Gruenen-Wellen>, August 2014. – Zugriff: 28.12.2014
- [sma14] Samsung Smart Bike. <http://www.maestrosacademy.it/progetto-sbike>, 2014. – Zugriff: 28.12.2014
- [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
- [van] Vanhawks. <https://www.vanhawks.com/>, . – Zugriff: 28.12.2014
- [Zim84] ZIMDAHL, Walter: Guidelines and some developments for a new modular driver information system / Volkswagenwerk AG. 1984. – Forschungsbericht. – 178 – 182 S.