

Semesterarbeit, Abteilung Informatik

# OSM Crosswalk Detection

Hochschule für Technik Rapperswil

Herbstsemester 2015

18. Dezember 2015

*Autoren:* Bühler Severin & Kurath Samuel  
*Betreuer:* Prof. Keller Stefan  
*Arbeitsperiode:* 16.09.2015 - 18.12.2015  
*Arbeitsumfang:* 240 Stunden, 8 ECTS pro Student  
*Link:* <https://github.com/geometalab/OSM-Crosswalk-Detection>

# Inhaltsverzeichnis

0.1	Ausgangslage . . . . .	4
0.2	Ergebnisse . . . . .	4
0.3	Ausblick . . . . .	5
<b>1</b>	<b>Technischer Bericht</b>	<b>6</b>
1.1	Literaturrecherche . . . . .	7
1.1.1	Suchquellen . . . . .	7
1.1.2	Auswertung . . . . .	7
1.1.3	Extraction of Road Markings from Aerial Images . . . . .	7
1.1.4	Segmentation of Occluded Sidewalks in Satellite Images . . . . .	8
1.1.5	Fazit . . . . .	9
1.2	Evaluation Suchalgorithmus . . . . .	9
1.2.1	Algorithmen Vergleich . . . . .	9
1.2.2	Auswertung . . . . .	10
1.3	Evaluation Crowdsourcing-System . . . . .	13
1.3.1	Kandidaten . . . . .	13
1.3.2	MapRoulette . . . . .	13
1.3.3	To-Fix . . . . .	14
1.3.4	Evaluationsmatrix . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Software Dokumentation</b>	<b>16</b>
2.1	Anforderungsspezifikation . . . . .	16
2.1.1	Use Case . . . . .	16
2.1.2	Nichtfunktionale Anforderungen . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Projektmanagement</b>	<b>22</b>
3.1	Entwicklungsumgebung und Infrastruktur . . . . .	22
3.1.1	IDE (Integrated Development Environment) . . . . .	22
3.1.2	SCM (Source Control Management) . . . . .	22
3.1.3	Projektmanagement Tool . . . . .	22

# Abstract

Zebrastreifen sind ein essentieller Bestandteil der Fussgängernavigation, diese sind jedoch nur spärlich erfasst, was zu nicht optimalen Routen führt. Um dem entgegen zu wirken, befasst sich dieses Projekt mit der automatischen Erkennung von Zebrastreifen auf Orthofotos (Satellitenbildern). Dabei entstand eine Applikation, die auf den Orthofotos den Strassen folgt, diese in kleine Bilder unterteilt und mit Hilfe eines Deep learnig Ansatzes entscheidet, ob es sich um ein Zebrastreifen handelt oder nicht. Das führte zu einer Erkennungsrate von über 85% und könnte in Zukunft den Behörden bei der Erfassung der Daten (derzeit noch händisch) unterstützen. Weiter ist es möglich diese Lösung auszubauen und auf andere Objekte anzuwenden.

# Management Summary

## 0.1 Ausgangslage

Das Erfassen von Zebrastreifen geschieht heutzutage noch händisch durch die jeweiligen Behörden. Dieses Projekt befasst sich damit, diesem noch manuellen Vorgang einen automatisierten Aspekt zu verleihen. Dabei wird auf Informationen zu Strassenverläufen und Orthofotos (Satellitenbilder) zurückgegriffen.

## 0.2 Ergebnisse

Es soll eine Applikation entstehen, die mit dem Input von Strassen und Orthofotos Zebrastreifen erkennt und als Output die jeweiligen Koordinaten liefert.

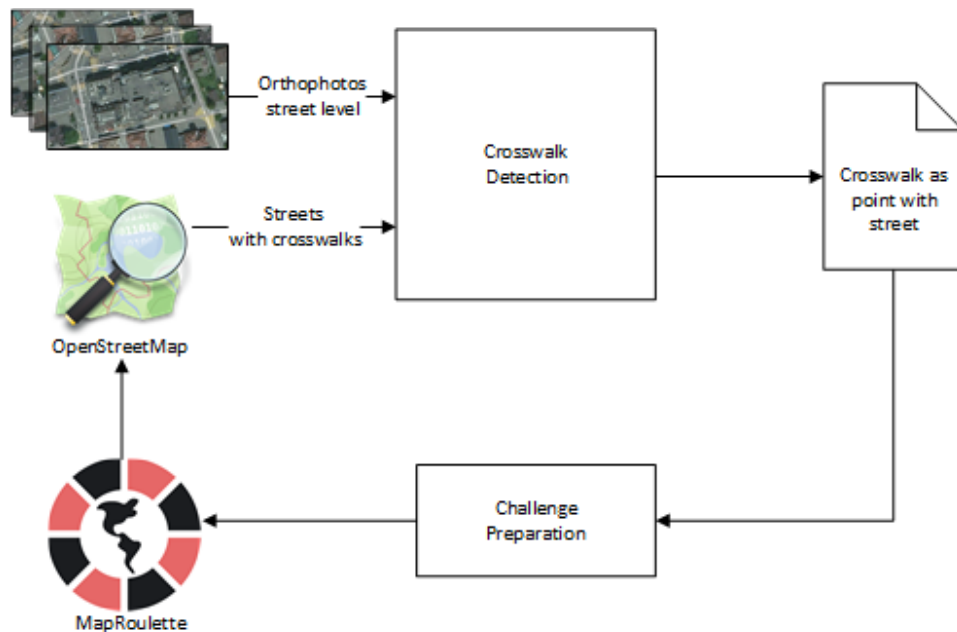


Abbildung 1: Überblick

### **0.3 Ausblick**

Das Projekt bietet viele Ausbaumöglichkeiten und kann nicht nur auf Zebrastreifen angewendet werden. Es ist auch denkbar auf den Strassen nach Markierungen zu suchen, wie Stop oder Bus etc.

## **Kapitel 1**

# **Technischer Bericht**

# Stand der Technik

Um abzuklären, ob es schon Arbeiten gab, die ein ähnliches Problem lösen, nahmen wir uns im Rahmen der Semesterarbeit Zeit für eine Literaturrecherche. Dabei gingen wir auf die HSR Bibliothek und deren Mitarbeiter zu.

## 1.1 Literaturrecherche

### 1.1.1 Suchquellen

Folgende Quellen wurden uns empfohlen, um Recherchen in diesem Umfeld durchzuführen:

- <http://recherche.nebis.ch/>
- <http://ieeexplore.ieee.org/>
- <http://scholar.google.ch/>

### 1.1.2 Auswertung

Bei der Recherche stiessen wir auf verschiedenen Projekte, die sich mit der Problematik des Erkennens von Fussgängerstreifen auseinander setzen. Leider sind diese Arbeiten eher im Bereich der Bilderkennung für die Steuerung von autonom fahrenden Autos/Robotern angesiedelt. Arbeiten die treffender sind, werden im Anschluss angeführt.

### 1.1.3 Extraction of Road Markings from Aerial Images

Yuichi Ishino und Hitoshi Saji (Japan, 2008)

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4655024>

An der Universität Shizuoka in Japan gab es vor einigen Jahren eine Arbeit zur Erkennung von Fussgängerstreifen und Mittellinien (Traffic Lane Lines) auf Orthofotos (Aerial images).

Ihr Algorithmus befolgt dabei folgende Strategie: Der Algorithmus geht den Strassen entlang und richtet die Bilder aus, dass die Fussgängerstreifen immer vertikal zur Achse

laufen. Danach wird eine sogenannte Binarization durchgeführt. Es setzt alle Pixel unter einem Schwellwert auf 0 (weiss) und alle Pixel darüber auf 1 (schwarz). Es wurden zwei Schwellwerte zuvor berechnet, einmal für sonnige und einmal für schattige Bilder. Mit der Annahme, dass die Strasse schwarz/grau und der Fussgängerstreifen leuchtend weiss sind, sieht man nun ein gleichmässiges Muster in der Helligkeitsverteilung des Bildes. Eine Fouriertransformation würde eine saubere Frequenz liefern.

Die Arbeit von Ishino und Saji geht von einigen Grundannahmen und Voraussetzungen aus, die die Erkennung sehr erleichtern:

- Die Fussgängerstreifen sind immer gerade und werden durch keine Inseln unterbrochen.
- Die Auflösung der Bilder ist genug gross, um das Streifenmuster ohne Probleme zu erkennen.
- Der Fussgängerstreifen ist immer deutlich heller als die Strasse selbst.
- Der Streifen wird durch keine Hindernisse wie Bäume, Autos verdeckt oder beeinflusst.
- Die Bilder wurden zuvor in die Kategorien schattig und sonnig eingeteilt worden. Auf ihnen wird mit verschiedenen Treshholds gearbeitet.
- Die Strassen müssen die Fussgängerstreifen immer vertikal schneiden.

### **Schlussfolgerung**

Die Arbeit der Universität von Shizuoka verfolgte einen ähnlichen Ansatz, den wir mit der Fouriertransformation in Betracht ziehen. Leider gehen die Dokumentverfasser von einigen Grundannahmen aus, die sich nicht mit der unseren Arbeit decken. Man kann fast schon von Laborbedingungen sprechen. Doch gibt es einige Techniken, die sich auch für unsere Arbeit verwenden lassen. Diese sind unten aufgeführt.

#### **1.1.4 Segmentation of Occluded Sidewalks in Satellite Images**

Turgay Senlet und Ahmed Elgammal, The State University of New Jersey, USA (2012)

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6460256>



Das Projekt von Turgay Selent und Ahmed Elgammal setzte sich mit der Erkennung von primär Gehwege (sidewalks) und Fussgängerstreifen auf Satellitenbildern auseinander.

Dabei waren die Hauptprobleme, dass viel Gehweg von Bäumen oder Schatten verdeckt werden. Um diesem Problem Herr zu werden, benutzten sie einen Farbklassifizierer. Um Fussgängerstreifen zu klassifizieren stellten sie eine Sammlung an Frequenzen in allen möglichen Winkeln zusammen.

Leider wird im Artikel zu dieser Arbeit nicht weiter in die Erkennungsmethoden eingegangen.

### **1.1.5 Fazit**

Aus allen Arbeiten konnten wir doch einige Techniken finden, die uns die Erkennung erleichtern könnten. Diese sind hier aufgelistet:

- Binarization image
- Median Filter (für Verbesserung der Bildqualität von ungenauen Bildern)

## **1.2 Evaluation Suchalgorithmus**

Die Evaluation verschiedener Algorithmen zur Erkennung von Fussgängerstreifen stellt ein wichtiger Teil unserer Arbeit dar. Um die Kandidaten zu vergleichen griffen wir auf das Werkzeug der Confusion Matrix (Wahrheitsmatrix) zurück.

### **1.2.1 Algorithmen Vergleich**

Um einen nachvollziehbaren Vergleich durchzuführen haben wir mit folgenden Eckdaten gearbeitet:

Bounding Box (Rapperswil):	(8.814650, 47.222553, 8.825035, 47.228935)
Anzahl Fussgängerstreifen:	37

		Vorhergesagt	
Tatsächlich		Position <b>ist</b> Fussgängerstreifen	Position ist <b>kein</b> Fussgängerstreifen
	Position <b>ist</b> Fussgängerstreifen	3 (TP)	34 (FN)
	Position ist <b>kein</b> Fussgängerstreifen	53 (FP)	unbekannt (TN)

Abbildung 1.1: Haar Feature-based Cascade Classifier

		Vorhergesagt	
Tatsächlich		Position <b>ist</b> Fussgängerstreifen	Position ist <b>kein</b> Fussgängerstreifen
	Position <b>ist</b> Fussgängerstreifen	28 (TP)	8 (FN)
	Position ist <b>kein</b> Fussgängerstreifen	7 (FP)	unbekannt (TN)

Abbildung 1.2: Fast Fourier Transform

## Haar Feature-based Cascade Classifier

## Fast Fourier Transform

## Scale-invariant Feature Transform

## Deep Learning

### 1.2.2 Auswertung

Damit die Auswertung verständlich ist, wird hier noch auf die Berechnung und die angeführte Legende verwiesen.

#### Legende

TP:	Zahl der richtig positiven Klassifikationen
FP:	Zahl der falsch positiven Klassifikationen
TN:	Zahl der richtig negativen Klassifikationen
FN:	Zahl der falsch negativen Klassifikationen

		Vorhergesagt	
Tatsächlich		Position ist Fussgängerstreifen	Position ist <b>kein</b> Fussgängerstreifen
	Position ist Fussgängerstreifen	3 (TP)	34 (FN)
	Position ist <b>kein</b> Fussgängerstreifen	195 (FP)	unbekannt (TN)

Abbildung 1.3: Scale-invariant Feature Transform

### Berechnung

Trefferquote	=	$TP / (TP + FN)$
Richtigkeit	=	$(TP + TN) / (TP + FP + TN + FN)$
Relevanz	=	$TP / (TP + FP)$

Algorithmus	Tefferrate	Richtigkeit	Relevanz
Haar Feature-based Cascade Classifier	0.08		0.05
Scale-invariant feature transform	0.08		0.015
Fast Fourier Transform	0.777		0.8
Deep learning			

Abbildung 1.4: Auswertung Confusion Matrix

Algorithmus	Tefferrate	Richtigkeit	Relevanz
Haar Feature-based Cascade Classifier	0.08	0.97	0.05
Scale-invariant feature transform	0.08	0.91	0.02
Fast Fourier Transform	0.77	0.99	0.8
Deep learning	0.95	0.99	1.0

### Entscheid 1. Evaluation Suchalgorithmus

An dieser stelle ist zu erwähnen, dass Bilderkennung im Allgemeinen ein nicht triviales Problem ist. Man hat mit den unterschiedlichsten Schwierigkeiten zu kämpfen, wie der qualität oder die Belichtung der Bilder. Das führte dazu, dass nur mit dem Fast Fourier Transform und dem Deep Learning Ansatz Resultate erzielt wurden, welche ein brauchbares Ergebnis lieferten. Der Deep Learning ist jedoch der klare Favoirt und sticht insbesondere beim Fals Positive Wert hervor. Deshalb entschieden wir uns, unser Fokus auf diesen Algorithmus zu legen.

## 1.3 Evaluation Crowdsourcing-System

### 1.3.1 Kandidaten

- MapRoulette<sup>1</sup>
- To-Fix<sup>2</sup>

### 1.3.2 MapRoulette

MapRoulette verwendet für ihre Challenges und Tasks ein einfaches JSON Format. Der erstellt werden Challenges mittels POST und mit PUT können diese upgedatet werden.

#### Beispiel Challenge

Erstellen: POST /api/admin/challenge/<slug>

Updaten: PUT /api/admin/challenge/<slug>

Challenge JSON:

---

```
{
  "title": "Repair Motorways",
  "description": "Repair all motorways",
  "blurb": "The idea is to repair all motorways",
  "help": "Repair the ways where it is broken on the map",
  "instruction": "Look at the map for broken pieces.",
  "active": true,
  "difficulty": 2
}
```

---

#### Beispiel Task

Erstellen: POST /api/admin/challenge/<slug>/task/<task\_identifizier>

Updaten: PUT /api/admin/challenge/<slug>/task/<task\_identifizier>

Challenge JSON:

---

<sup>1</sup><http://maproulette.org/>

<sup>2</sup><http://osmlab.github.io/to-fix/#/task/tigerdelta>

---

```

{
  "instruction" : "This is a hard task!",
  "geometries" : {
    "type": "FeatureCollection",
    "features": [
      { "type": "Feature",
        "geometry":
          { "type": "Point",
            "coordinates": [-41.4710170873565, 31.235521774136]
          },
        "properties": {"osmid": 12345}
      }
    ]
  }
}

```

---

### 1.3.3 To-Fix

To-Fix verwendet für ihre Task ein CSV Format, welches direkt über das grafische Benutzerinterface publiziert werden kann.

#### Beispiel CSV

---

```

object_type,object_id,st_astext
way,51446110,POINT(-94.4176451 43.3273692)
way,187403368,POINT(32.9369086 2.1997495)
way,220866128,POINT(-68.5 49.647521)
way,223982938,POINT(18.4823301 59.6732909)
way,109819283,POINT(-83.1888421 40.0485764)

```

---

### 1.3.4 Evaluationsmatrix

Um die beiden Kandidaten zu vergleich haben wir eine Evaluationsmatrix erstellt, dabei haben wir diverse für uns relevante Kriterien erarbeiten und diesen jeweils auf einer Skala von 1 bis 10 gewichtet. In einem zweiten Schritt haben wir den Kandidaten für die jeweiligen Kriterien Punkte vergeben.

Kriterium	Gewicht	Maproulette	Resultat	To-Fix	Resultat
Challenge ist leicht erstellbar	5	6	30	7	35
Challenge ist leicht publizierbar	7	8	56	8	56
Anbieter ist relevant bei der Community	8	8	64	4	32
Dokumentation	7	5	35	5	35
Kontaktperson	5	5	25	6	30
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>210</b>	<b>30</b>	<b>188</b>

Abbildung 1.5: Evaluationsmatrix

## Entscheid 2. Crowdsourcing-System

Beide Kandidaten haben Vor- und Nachteile, wie aus der Evaluationsmatrix ersichtlich ist. Für uns ist das wichtigste Kriterium, wie relevant der Anbieter bei der Community ist, was sich dann auch im Resultat stark ausgewirkt hat. Da MapRoulette Challenges gerne abgearbeitet werden, tendieren wir für diesen Kandidaten.

## Kapitel 2

# Software Dokumentation

### 2.1 Anforderungsspezifikation

#### 2.1.1 Use Case

##### Aktoren und Stakeholder

Aktor	Tätigkeit
User	Startet CrosswalkDetector mit Boundingbox als Eingabeparameter
CrosswalkDetector	Erkennt Fussgängerstreifen
TileProvider	Stellt Orthofotos für die Erkennung der Fussgängerstreifen zu Verfügung.
OSMProvider	Stellt Strassen - und Fussgängerstreifen Informationen zur Verfügung.
JSON File	Speicherort für die Positionen der ermittelten Fussgängerstreifen und deren Strassenzugehörigkeit.



## Diagramm

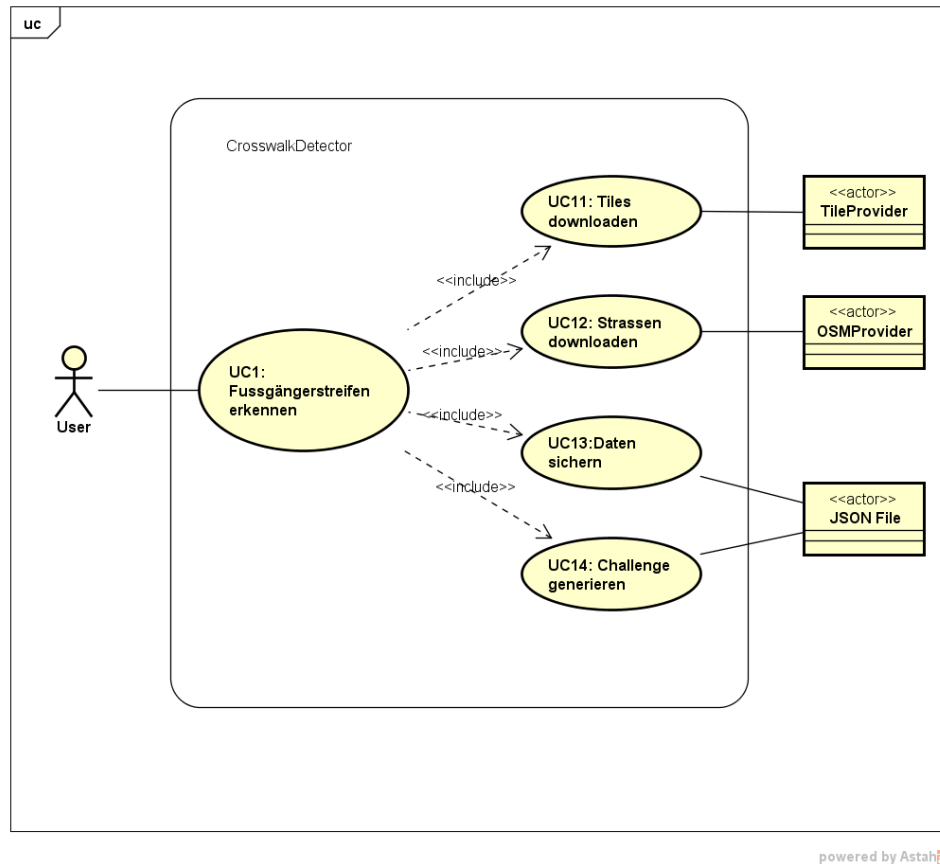


Abbildung 2.1: Use Case Diagramm

### Use Cases Brief

**UC1: Fussgängerstreifen erkennen** Der User startet die Applikation und gibt als Eingabeparameter ein Boundingbox an, welche nach Fussgängerstreifen durchsucht wird. Dabei werden Orthofotos mit Hilfe eines Erkennungsalgorithmus abgearbeitet.

**UC11: Tiles downloaden** Ein TileProvider stellt Orthofotos zur Verfügung, welche herunter geladen werden müssen. Diese werden im Anschluss dem Erkennungsalgorithmus zur Verfügung gestellt.

**UC12: Strassen downloaden** Ein OSMProvider stellt Informationen zu Strassen und Fussgängerstreifen zur Verfügung, welche vom Erkennungsalgorithmus genutzt werden.

den. Mit diesen Daten kann die Suche präzisiert werden, sowie der Download von Orthofotos reduziert werden.

**UC13: Daten sichern** Die Erkannten Fussgängerstreifen werden in einem JSON File persistiert. Dabei sind die Position (Koordinate lat/lon) relevant.

**UC14: Challenge generieren** Mit Hilfe der persistierten Daten wird ein Challenge generiert, welche die Daten über ein Crowdsourcing-System in OpenStreetMap integriert.

## **Use Cases Fully Dressed**

**UC1: Fussgängerstreifen erkennen**

Scope	CrosswalkDetection System
Level	User Goal
Primary Actor	User
Stakeholders	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System: Möglichst alle Fussgängerstreifen erkennen</li> <li>• User: Einmal gestartet, läuft alles autonom</li> </ul>
Preconditions	<ul style="list-style-type: none"> <li>• User muss Boundingbox bestimmen</li> <li>• OSMProvider muss verfügbar sein</li> <li>• TileProvider muss verfügbar sein</li> </ul>
Postconditions	Koordinaten der Fussgängerstreifen persistiert
Main Success Scenario	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CrosswalkDetection wird mit Angabe der Boundingbox aufgerufen</li> <li>2. Daten von OSMProvider werden heruntergeladen</li> <li>3. Orthofotos von TileProvider werden heruntergeladen</li> <li>4. Erkennungsalgorithmus erfasst Fussgängerstreifen</li> <li>5. Daten sind persistiert</li> </ol>
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. a) Boundingbox wird aufgeteilt für Parallelisierung</li> <li>2. b) Nur Informationen für Strassen und Fussgängerstreifen sind relevant</li> <li>3. b) Nur Orthofotos, welche Strassen beinhalten sind werden heruntergeladen</li> </ol>
Special Requirements	Benutzer soll gut geführt werden und bei Unklarheiten bei Eingabefeldern Informationen erhalten. Das Hindernis um sich zu registrieren sollte möglichst klein sein.
Frequency of Occurrence	Der Vorgang darf beliebig oft wiederholt werden.
Open Issues	Falls ein Unterbruch statt findet, soll von diesem Zustand weiter gearbeitet werden.

## 2.1.2 Nichtfunktionale Anforderungen

### Funktionalität

**Sicherheit** Sicherheitsaspekte müssen nicht beachtet werden, es wird nicht mit Personen- oder stark Schützenswertendaten gearbeitet. Der Sourcecode steht unter der MIT Lizenz und ist auf Github verfügbar. Weiter werden die gesammelten Daten über OpenStreet-Map für jederman zugänglich.

**Interoperabilität** Das System ist auf Orthofotos, sowie Strassen- und Füssgängerinformationen angewiesen. Dazu stehen folgende API zur auswahl:

- Bing Static Map Data
- Google Static Map API
- MapQuest API
- Overpass

**Richtigkeit** Die Richtigkeit der erkannten Fussgängerstreifen wird mit Hilfe eines Crowdsourcing-Systems sichergestellt. Dabei verifizieren Freiwillige die erkannten Fussgängerstreifen.

### Zuverlässigkeit

**Wiederherstellbarkeit** Nach einem Systemabsturz oder Stopp der Anwendung, soll die Anwendung ohne Komplikationen wieder gestartet werden können. Beim Neustart soll ab der Absturzstelle weitergearbeitet werden können, ohne das Daten oder bis anhin erbrachte Rechenleistungen verloren gehen.

**Fehlertoleranz** Fehler in einzelnen Jobs sollen keine Systemweiten auswirkungen haben. Jede Operation soll im Fehlerfall wiederholt werden können.

**Availability** Bei Nichtverfügbarkeit des Systems entsteht kein direkter finanzieller Schaden, deshalb ist die Systemverfügbarkeit nicht von oberster Priorität.

### Benutzbarkeit

Die Benutzung der Anwenung beschränkt sich auf die Eingabe der Bounding Box für den Bereich an dem Fussgängerstreifen erkannt werden sollen. Ansonsten soll keine In-

terreakton mit dem Benutzer statt finden. Auf eine grafische Oberfläche wird verzeichte, es ist ein reine Konsolenapplikation.

**Robustheit** Die Eingabe der Bounding Box durch den Benutzer muss auf Korrektheit überprüft werden. Da die Applikation sehr rechenintensiv ist, soll bei einem Absturz, an der Absturz stelle weiter gearbeitet werden können.

### **Effizienz**

Eine Erkennungsrate von 80Schnittstellen:

- Bing Static Map Data
- Google Static Map API
- MapQuest API
- Overpass

### **Supportability**

**Internationalization** Das System sollte vorerst nicht verschiedene Sprachen unterstützen. Die Standardsprache ist Englisch.

## Kapitel 3

# Projektmanagement

### 3.1 Entwicklungsumgebung und Infrastruktur

#### 3.1.1 IDE (Integrated Development Environment)

##### Entscheid 3. PyCharm

Wieso:

Beiden Projektmitgliedern ist JetBrains IntelliJ bekannt und PyCharm ist im Umgang nahe zu identisch. Für Studenten sind die Entwicklungsumgebungen kostenlos verfügbar.

#### 3.1.2 SCM (Source Control Management)

##### Entscheid 4. GitHub

Wieso:

Der Umgang mit Git ist beiden Projektmitglieder bestens bekannt. GitHub ist ohne Unkosten von überall verfügbar. Das Geometalab der HSR publiziert über diesen Weg diverse Projekte.

#### 3.1.3 Projektmanagement Tool

##### Entscheid 5. Jira

Wieso:

Jira ist den Projektmitgliedern schon aus dem SE2-Projekt bekannt und hat sich sehr bewährt. Das Dashboard ist übersichtlich gestaltet, es ermöglicht eine Übersicht über die aktuellen Tasks auf einen Blick. Alle Mitglieder haben zu jederzeit Zugriff auf die Plattform, dies erhöht die Transparenz. Weiter bietet Jira diverse Reports um Auswertungen über das Projekt zu fahren.

# Abbildungsverzeichnis

1	Überblick . . . . .	4
1.1	Haar Feature-based Cascade Classifier . . . . .	10
1.2	Fast Fourier Transform . . . . .	10
1.3	Scale-invariant Feature Transform . . . . .	11
1.4	Auswertung Confusion Matrix . . . . .	11
1.5	Evaluationsmatrix . . . . .	15
2.1	Use Case Diagramm . . . . .	17

# Entscheidungsverzeichnis

1.1 Evaluation Suchalgorithmus . . . . .	11
1.2 Crowdsourcing-System . . . . .	15
3.3 PyCharm . . . . .	22
3.4 GitHub . . . . .	22
3.5 Jira . . . . .	22



## **Tabellenverzeichnis**