

Vortrag zur Bachelorarbeit

Entwicklung und Erprobung eines interaktiven 3D –
Stadtmodells am Beispiel des Personennahverkehrsnetzwerks
der Stadt Frankfurt



Alen Smajic
Lehrgebiet Texttechnologie
der Goethe-Universität Frankfurt am Main
Betreuer: Prof. Dr. Alexander Mehler

Zusammenfassung

Ziel: Entwicklung eines Programms zur automatischen Erzeugung von interaktiven 3D-Stadtmodellen mit Fokus auf den ÖPNV

- Diverse Anforderungen an das Modell
- OpenStreetMap als Datenquelle
- Erhebung und Verarbeitung von Geoinformationen
- Automatische Erzeugung und Platzierung von 3D-Objekten aus reinen Rohdaten
- Implementierung von interaktiven Funktionalitäten innerhalb des Modells
- Evaluation der Software durch die Endnutzer
- Identifikation der Nutzungspotentiale und Weiterentwicklungsmöglichkeiten

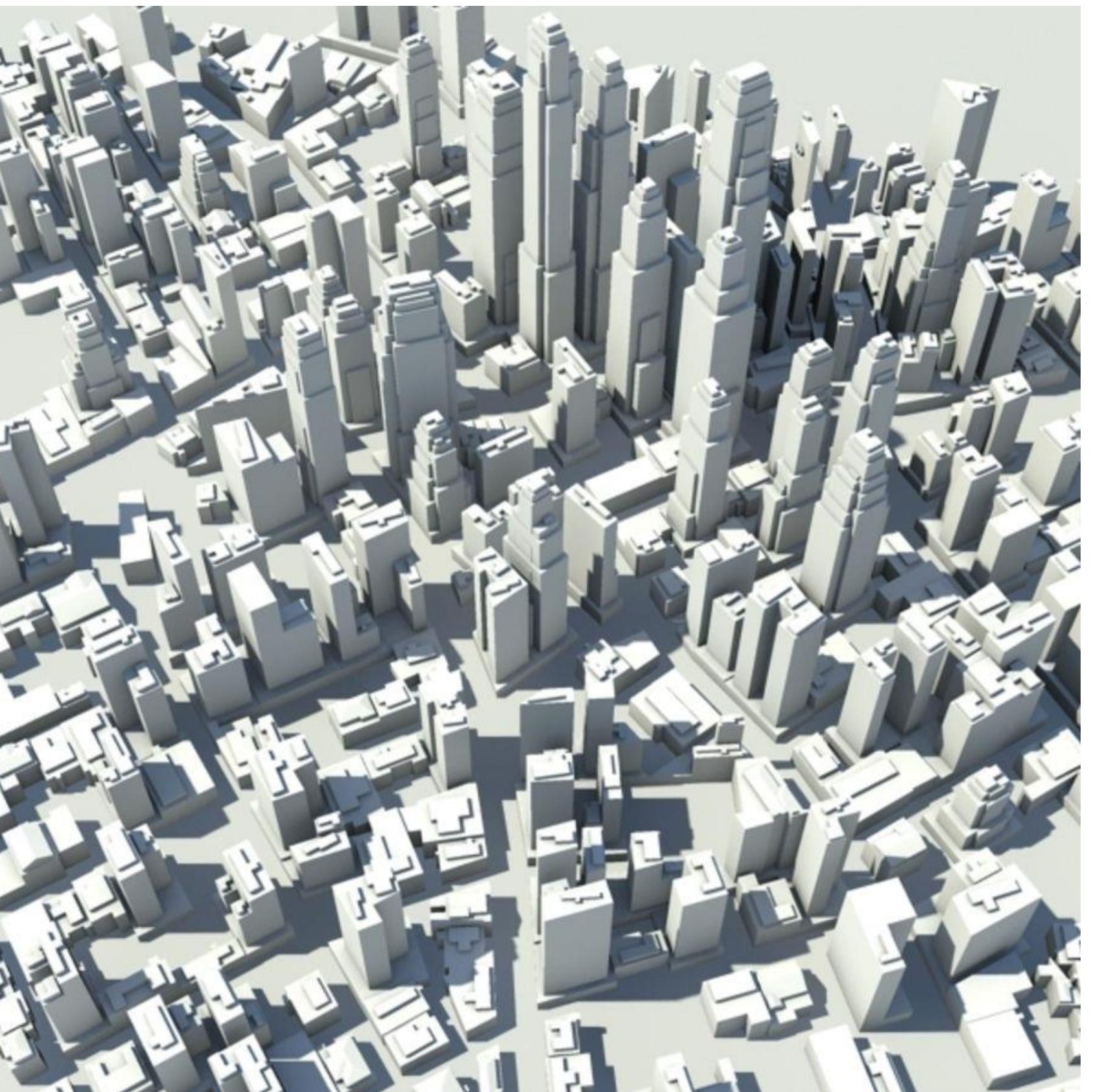
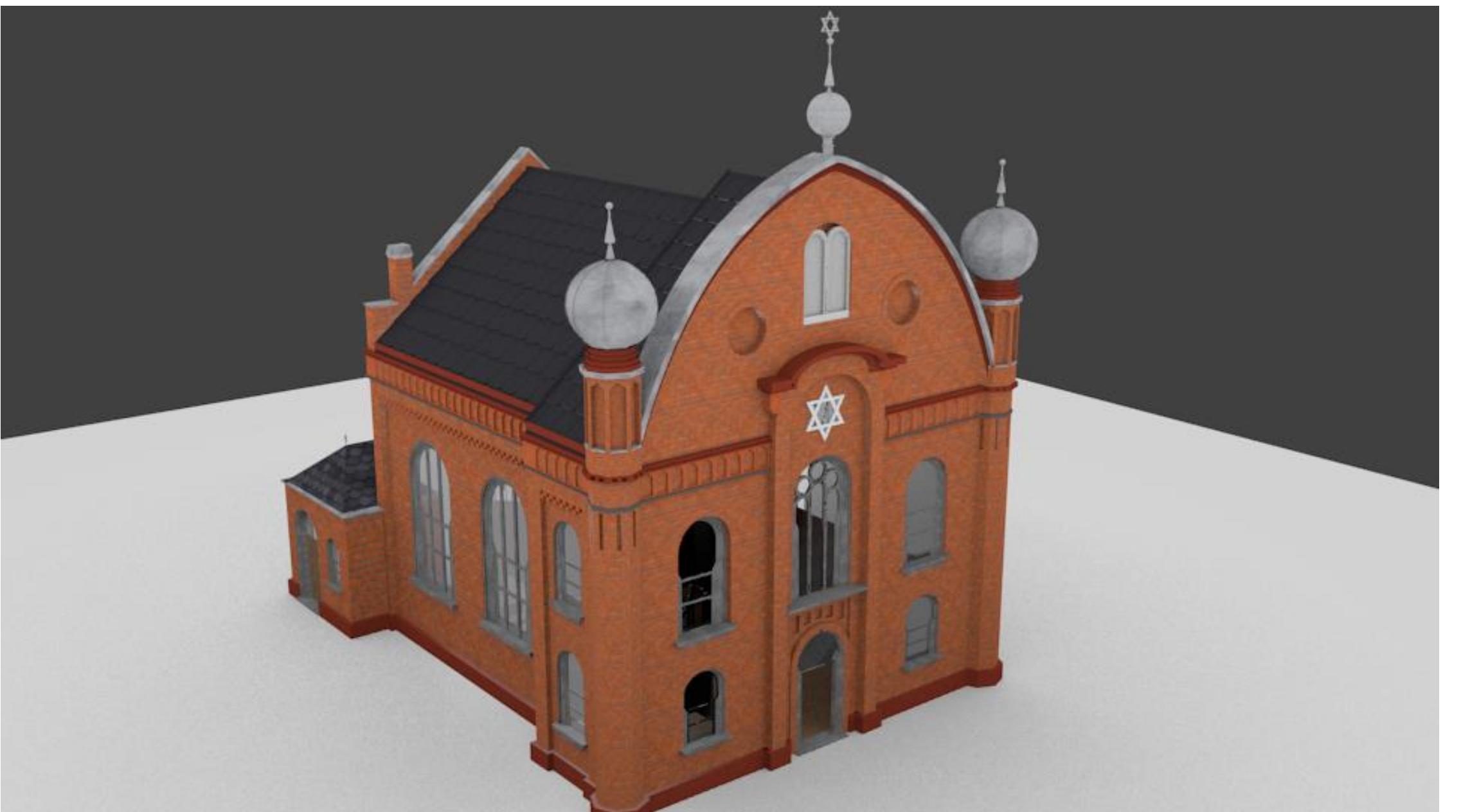
Inhalt

1. Einleitung
 - 1.1 Motivation
 - 1.2 Anforderungen an das Modell
2. Verwandte Werke
 - 2.1 OpenStreetMap-basierte Werke
 - 2.2 Sonstige Werke
3. Grundlagen und Entwicklungsressourcen
 - 3.1 Detaillierungsgrade von 3D-Stadtmodellen
 - 3.2 Das OpenStreetMap-Projekt
4. Implementierung
 - 4.1 Einführung in die Struktur der Anwendung
 - 4.2 Implementierung der Szene StartScreen
 - 4.3 Implementierung der Szene Simulator
5. Ergebnis der Evaluation
6. Fazit

1. Einleitung

1.1 Motivation

- Wie bin ich zu dem Thema gekommen?
- Warum habe ich das Thema bearbeitet?



1.2 Anforderungen an das Modell

- Entwicklung eines Programms zur automatischen Erzeugung von interaktiven 3D-Stadtmodellen mit Fokus auf den ÖPNV (Frankfurt als Beispiel für die Ausarbeitung)
- Anforderungen an das Modell:
 - ✓ Benutzerfreundlich
 - ✓ **Dynamisch (Unterstützung einer Vielzahl von Orten)**
 - ✓ Optimale Abstrachierung und Übersichtlichkeit
 - ✓ Hohes Maß an Orientierung
 - ✓ Verschiedene Interaktionsmöglichkeiten
 - ✓ **3D-Modellierung der bewohnten Orte**
 - ✓ Effizienz
 - ✓ Akkurate Wiederspiegelung der Wirklichkeit
 - ✓ **Aktualisierungsfähig**
 - ✓ Raum für Ausbaumöglichkeiten und Erweiterungen
 - ✓ Simulierbares Modell

2. Verwandte Werke

2.1 OpenStreetMap-basierte Werke

- Blender-osm, OSM Buildings, F4 Map, Mapbox
- Basieren vollständig oder zum Großteil auf OpenStreetMap-Daten
- Belegen das mit Hilfe von OpenStreetMap-Daten eine effiziente Generierung von 3D-Stadtmodellen möglich ist



3D-Stadtmodell von Mapbox



3D-Stadtmodell von F4 Map

2.1 OpenStreetMap-basierte Werke

3D

3D – Weitere Sprachen

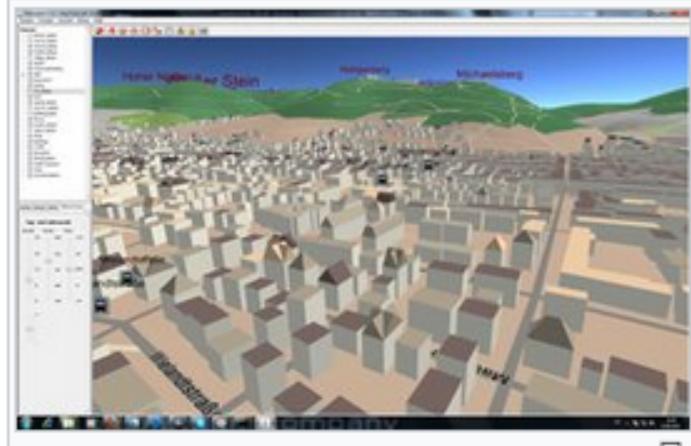
Deutsch · English · español · français · polski · русский · 日本語 ·

Andere Sprachen · Übersetzen

The third dimension is a growing topic at OSM. It's already possible to add detailed buildings and a lot of minor objects, which results in a 'feeling like home'.

Inhaltsverzeichnis [Verbergen]

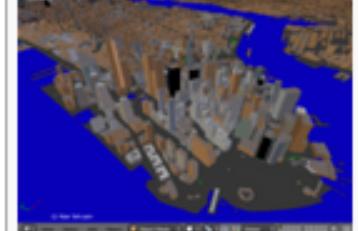
- 1 Viewing
- 2 Exporting
- 3 Mapping
- 4 Tagging
- 5 Development
- 6 See also



Viewing OpenStreetMap data in 3D. Using [OSM-3D](#)

Viewing

If you just want to browse 3D city models, you can view them with multiple tools:

Screenshot	OSM Wiki Link	External Link	Description	Freely Licensed?	Application Type
	F4 Map	Map	WebGL realtime render - with fountains, trees, meteo, shadows based on real sun/moon position	nonfree - terms at the bottom of their site in French	Webapp
	blender-osm	<ul style="list-style-type: none">• \$5.90 on Gumroad• GitHub	A Blender plugin	pay-for-source (once paid, licensed under GPL [version not specified])	Desktop (plugin)
	Generation Streets	<ul style="list-style-type: none">• Free on Steam• GitHub	A video game and a separated command-line tool	Video game: proprietary, Command-line tool: free, licensed under BSD	Desktop
	Kendzi3d	<ul style="list-style-type: none">• Website• GitHub	3D Renderer part of JOSM Map editor	free probably - claims BSDv3 but does not include license file	Desktop

2.2 Sonstige Werke

- Google Maps, Apple Maps, HoloLens 3D Visualisierung ÖPNV
- Alle beziehen ihre ÖPNV-Informationen von den einzelnen Verkehrsverbünden und sind dadurch abhängig von der Kooperationsbereitschaft und den bereitgestellten Daten



3. Grundlagen und Entwicklungsressourcen

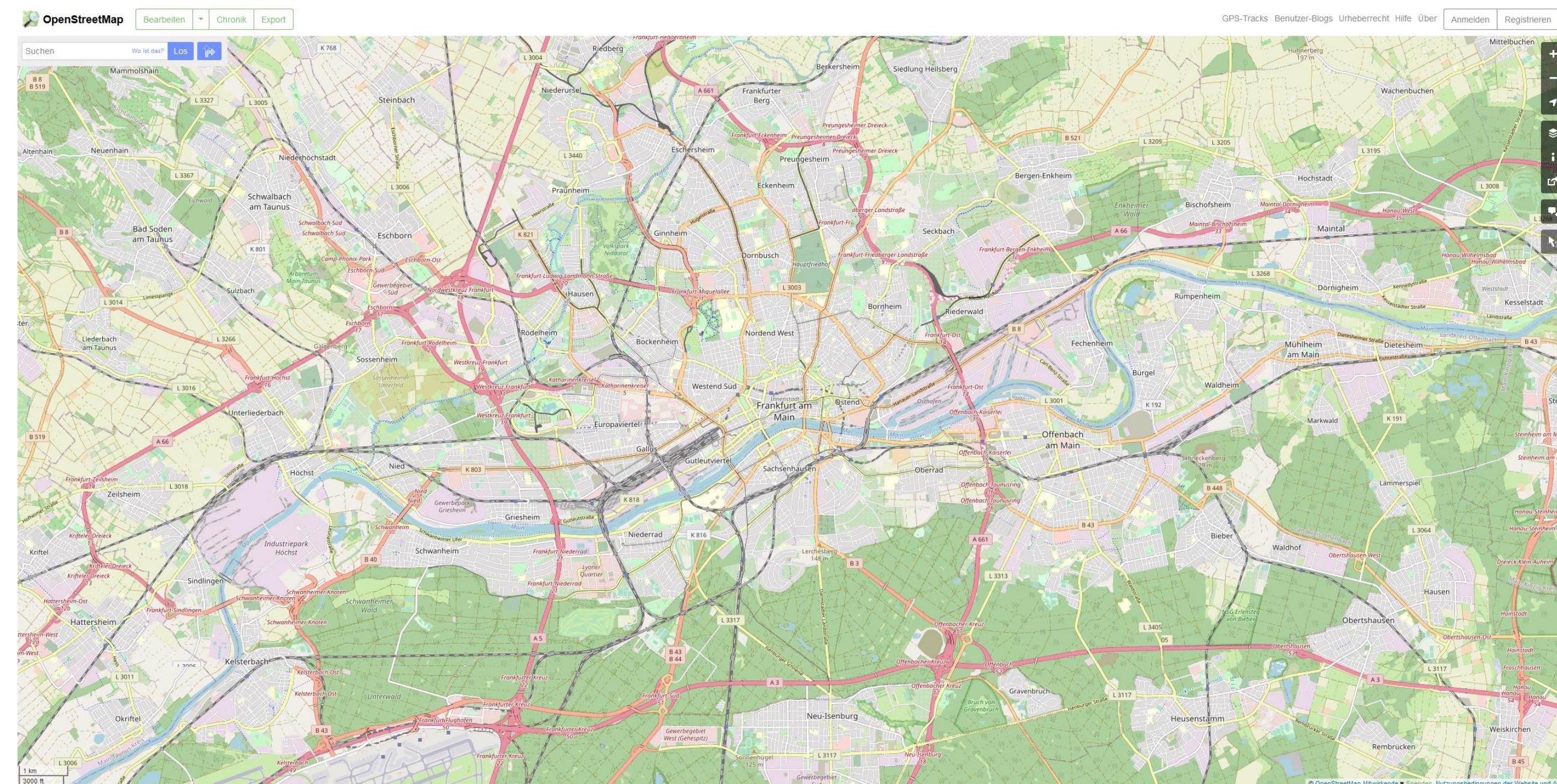
3.1 Detaillierungsgrade von 3D-Stadtmodellen

- GDI NRW hat das Austauschformat CityGML entwickelt
- CityGML beschreibt die 3D-Geometrie, Topologie und Thematik von 3D-Stadtmodellen in fünf Detaillierungsgraden (LOD0 bis LOD4)
- Im Projekt wurde LOD1 angestrebt



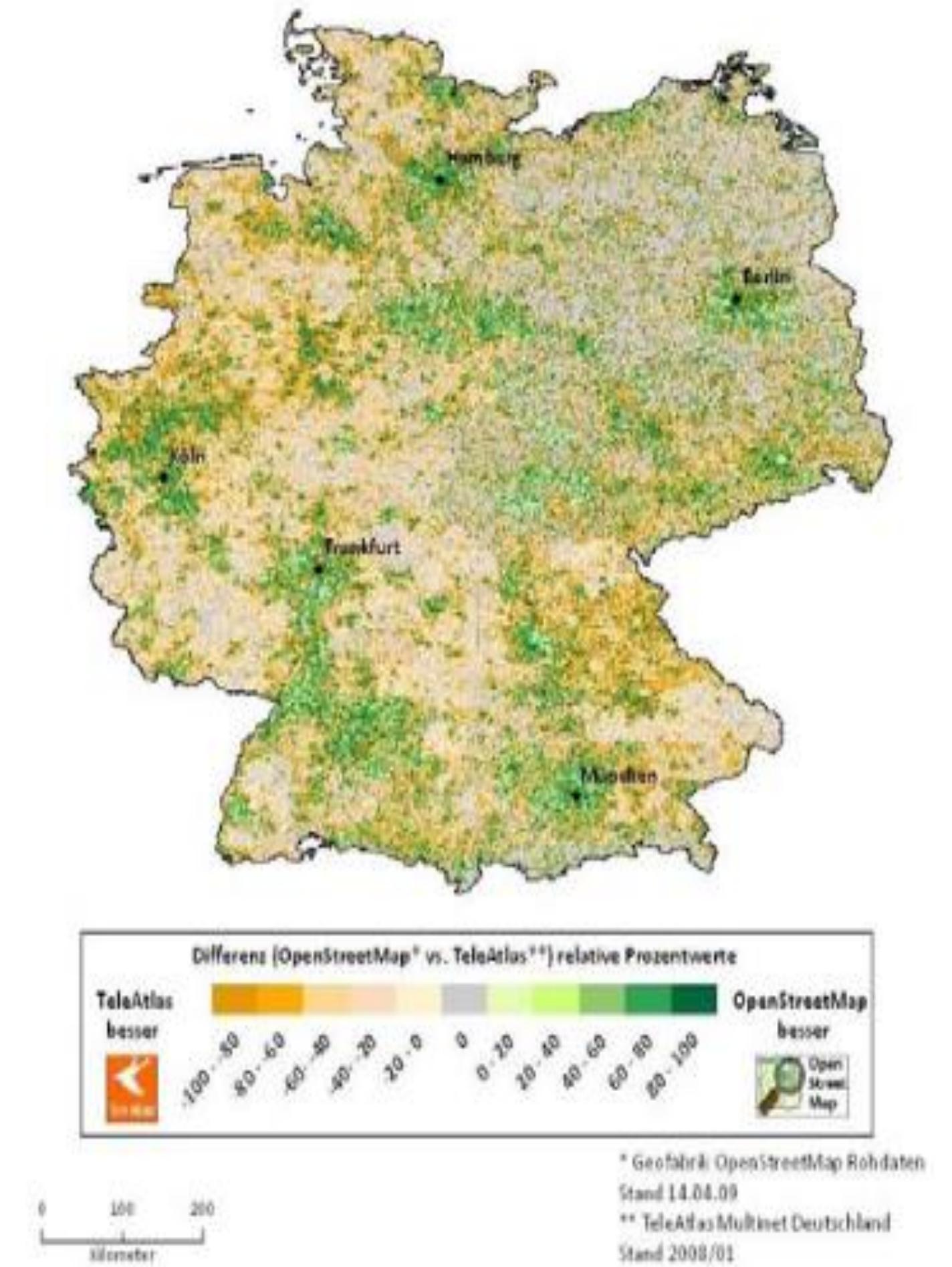
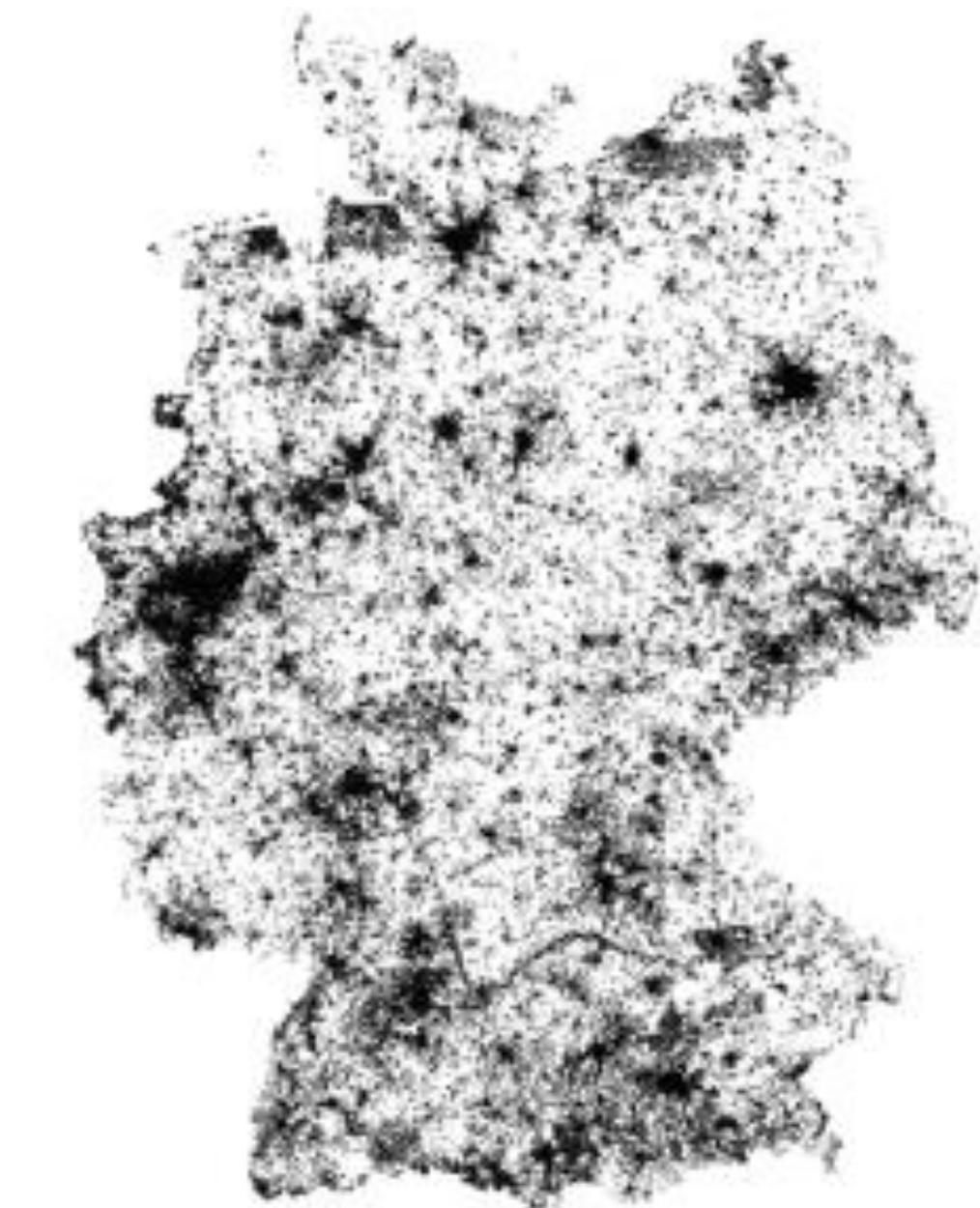
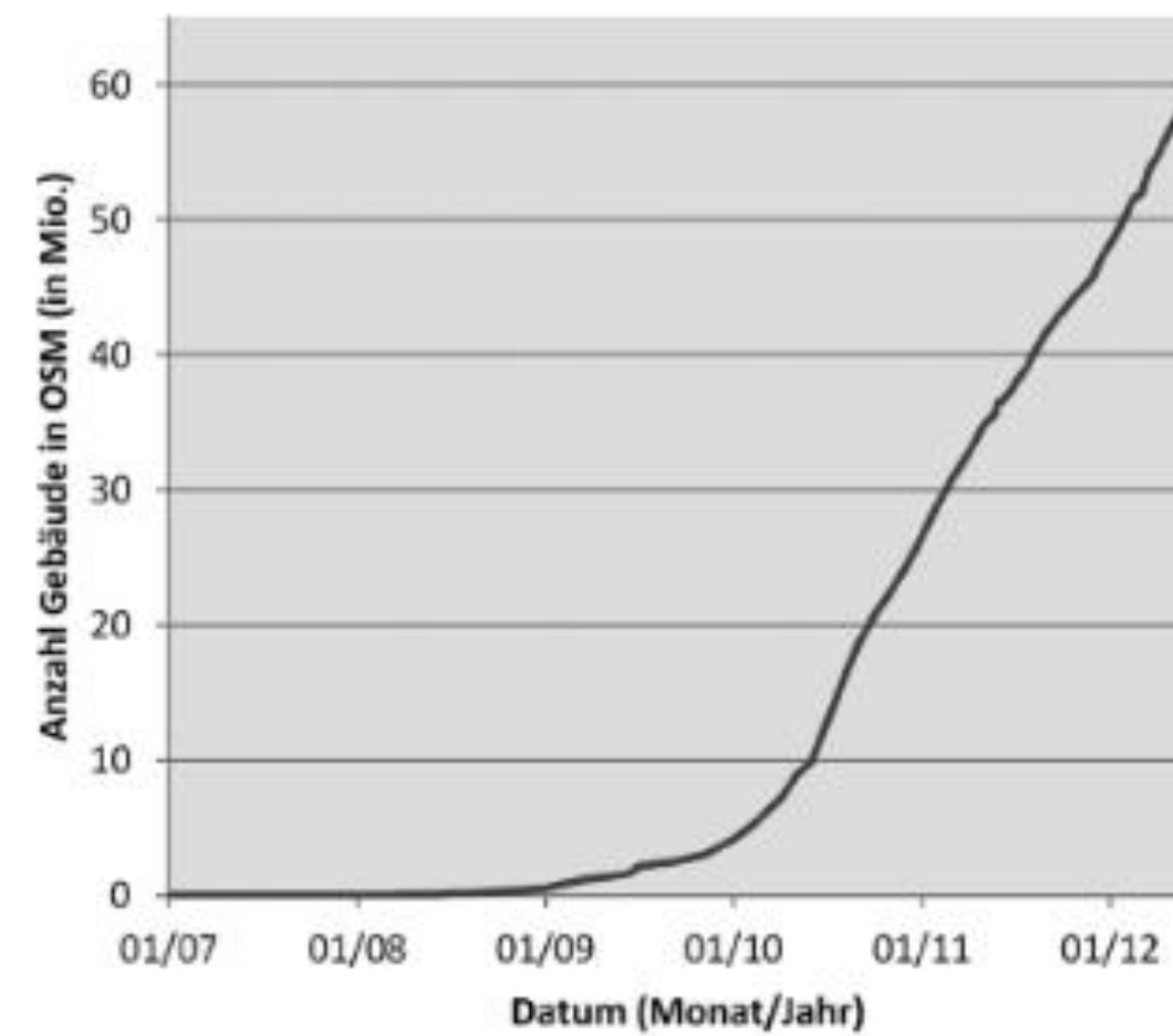
3.2 Das OpenStreetMap-Projekt und seine Qualitätsmerkmale

- OSM als Datenquelle für das Modell
- OpenStreetMap ist ein Projekt, welches mit Hilfe von Crowdsourcing, Geodaten kostenfrei an alle Nutzer bereitstellt
- Ähnlich zu Wikipedia, allerdings werden hier nur Geodaten gesammelt



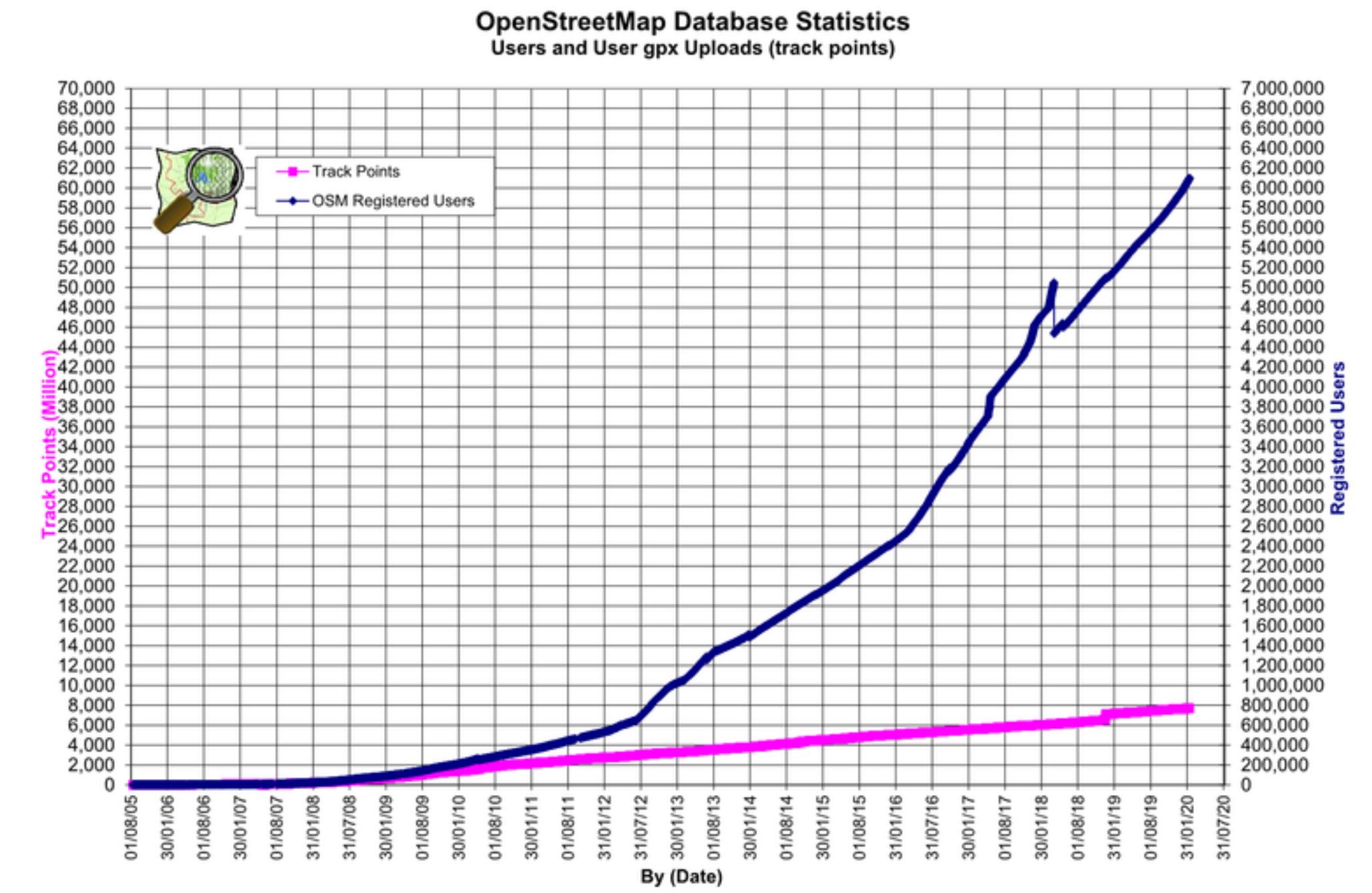
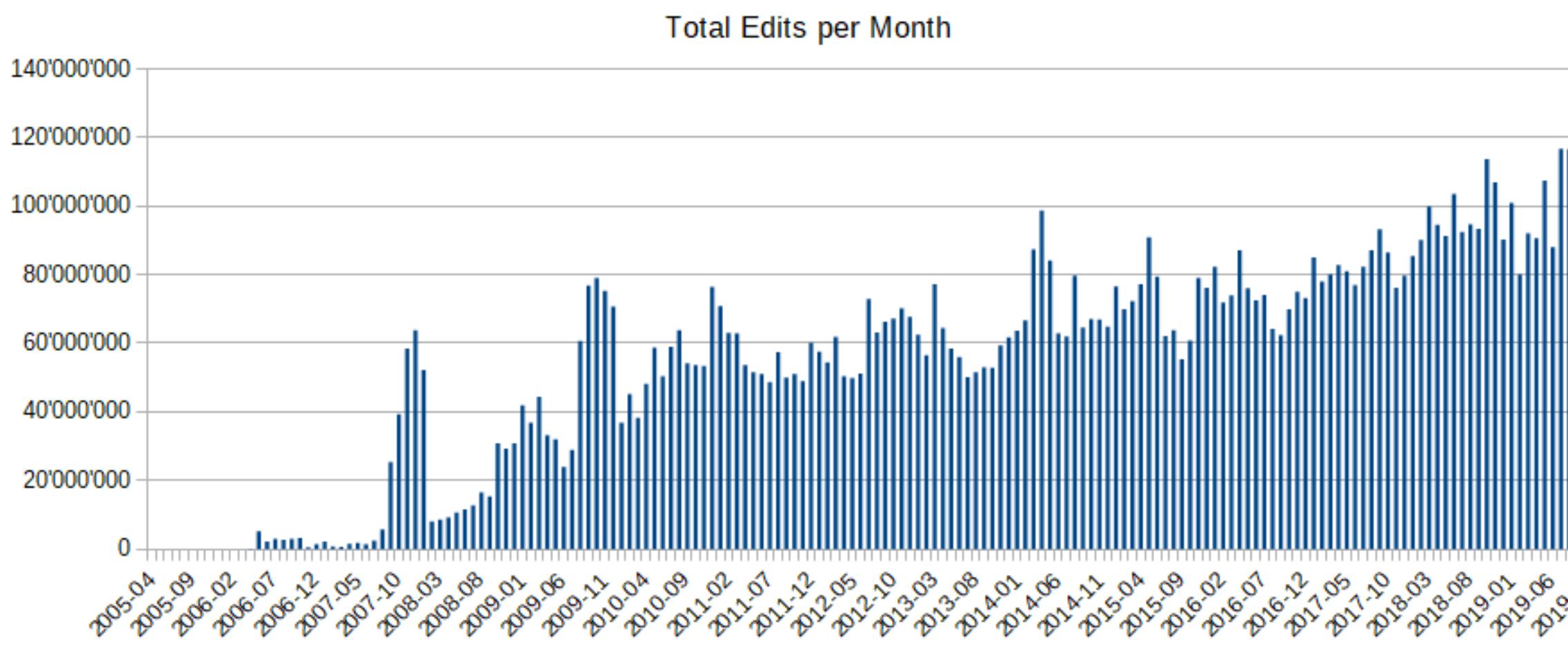
3.2 Das OpenStreetMap-Projekt und seine Qualitätsmerkmale

- Die Anzahl der Wege und Gebäude wächst stetig in OpenStreetMap
- Datenlage ist besser in urbanen und dicht besiedelten Gebieten
- OpenStreetMap ist ein lebendiges Projekt



3.2 Das OpenStreetMap-Projekt und seine Qualitätsmerkmale

- Aktuell über 6 Millionen registrierte Nutzer (Stand: 07.02.2020)
- Der Datenbestand vergößert sich ständig
- Bereits erfasste Daten werden weiter gepflegt



3.2 Das OpenStreetMap-Projekt und seine Qualitätsmerkmale

Rhein-Main-Verkehrsverbund/U-Bahn Frankfurt

< Rhein-Main-Verkehrsverbund

Inhaltsverzeichnis [Verbergen]
1 U-Bahn in Frankfurt am Main
2 Quellen
3 Legende
3.1 Bedeutung der Symbole
3.2 Bedeutung der Farben

U-Bahn in Frankfurt am Main

Linie	Von	Nach	Weg	Halte	Was fehlt?	Zuletzt überprüft	Relations IDs	
U 1	Ginnheim	Südbahnhof			100% 20/20	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 2	Bad Homburg Gonzenheim	Südbahnhof			100% 21/21	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 3	Oberursel Hohemark	Südbahnhof			100% 28/28	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 4	Bockenheimer Warte	Enkheim			100% 15/15	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 5	Hauptbahnhof	Preungesheim			100% 14/14	siehe unten	04/2017 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 6	Praunheim Heerstraße	Ostbahnhof			100% 15/15	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 7	Hausen	Enkheim			100% 20/20	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 8	Riedberg	Südbahnhof			100% 19/19	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
U 9	Nieder-Eschbach	Ginnheim			100% 19/19	siehe unten	03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse)

Rhein-Main-Verkehrsverbund/Tram Frankfurt

< Rhein-Main-Verkehrsverbund

Inhaltsverzeichnis [Verbergen]
1 Tram-Linien Frankfurt am Main
2 Quellen
3 Legende
3.1 Bedeutung der Symbole
3.2 Bedeutung der Farben

Tram-Linien Frankfurt am Main

Linie	Von	Nach	Weg	Halte	Was fehlt?	Zuletzt überprüft	Relations IDs	
11	Höchst Zuckschwerdtstraße	Fechenheim Schießhüttenstraße			100% 39/39		03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
12	Fechenheim Hugo-Junkers-Straße	Schwanheim Rheinlandstraße			100% 36/36		03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
14	Louisa Bahnhof	Bornheim Ernst-May-Platz			100% 21/21		03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
15	Niederrad Haardwaldplatz	Südbahnhof			100% 24/24	Varianten von/nach Heilbronner Straße	10/2018 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
16	Ginnheim	Oberrad Balduinstraße			100% 30/30	Varianten von/nach Heilbronner Straße	10/2018 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
17	Rebstockbad	Neu-Isenburg Stadtgrenze			100% 18/18		03/2018 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
18	Preungesheim Gravensteiner-Platz	Lokalbahnhof / Offenbach Stadtgrenze			100% 25/25	Varianten von/nach Heilbronner Straße	10/2018 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
19	Louisa Bf / Breslauer Str	Schwanheim Rheinlandstraße			100% 27/27		03/2018 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Rück (ID JOSM Potlatch2 history analyse)
20	Hauptbahnhof	Stadion			100% 12/12		03/2015 TetiSoft	Master (ID JOSM Potlatch2 history analyse) Hin (ID JOSM Potlatch2 history analyse)

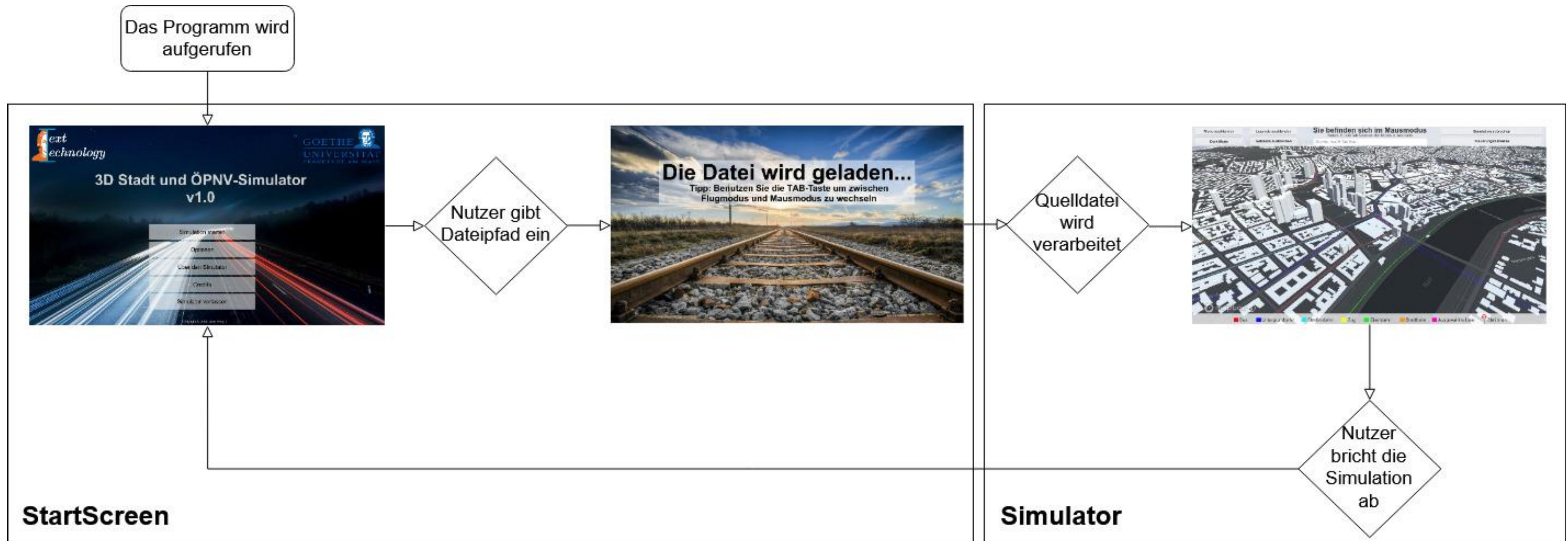
3.2 Das OpenStreetMap-Projekt und seine Qualitätsmerkmale

```

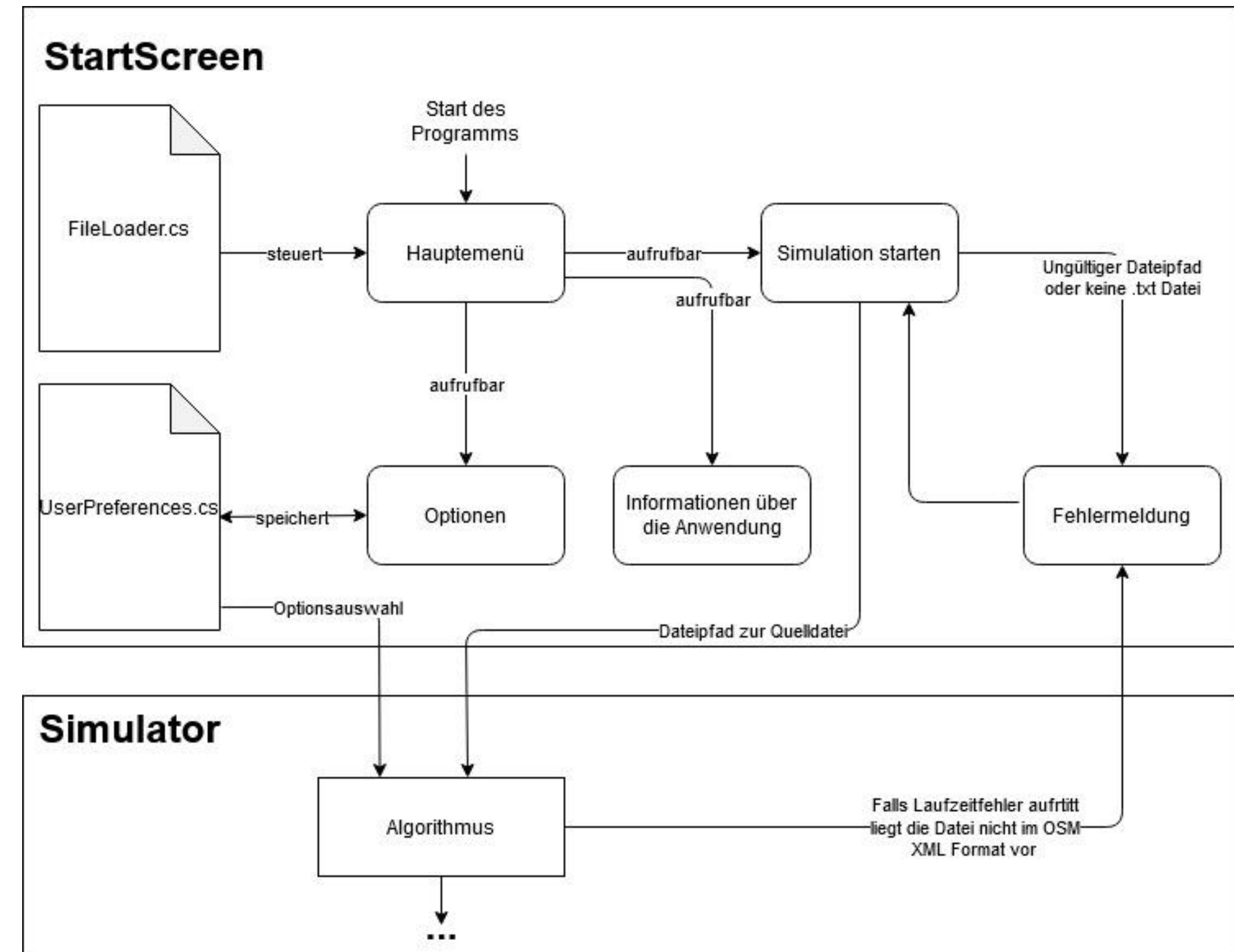
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osm version="0.6" generator="CGImap 0.0.2">
  <bounds minlat="54.0889580" minlon="12.2487570" maxlat="54.0913900" maxlon="12.2524800"/>
  <node id="298884269" lat="54.0901746" lon="12.2482632" user="SvenHRO" uid="46882" visible="true" version="1" changeset="676636" timestamp="2008-09-21T21:37:45Z"/>
  <node id="261728686" lat="54.0906309" lon="12.2441924" user="PikoWinter" uid="36744" visible="true" version="1" changeset="323878" timestamp="2008-05-03T13:39:23Z"/>
  <node id="1831881213" version="1" changeset="12370172" lat="54.0900666" lon="12.2539381" user="lafkor" uid="75625" visible="true" timestamp="2012-07-20T09:43:19Z">
    <tag k="name" v="Neu Broderstorf"/>
    <tag k="traffic_sign" v="city_limit"/>
  </node>
  ...
  <node id="298884272" lat="54.0901447" lon="12.2516513" user="SvenHRO" uid="46882" visible="true" version="1" changeset="676636" timestamp="2008-09-21T21:37:45Z"/>
  <way id="26659127" user="Masch" uid="55988" visible="true" version="5" changeset="4142606" timestamp="2010-03-16T11:47:08Z">
    <nd ref="292403538"/>
    <nd ref="298884289"/>
    ...
    <nd ref="261728686"/>
    <tag k="highway" v="unclassified"/>
    <tag k="name" v="Pastower Straße"/>
  </way>
  <relation id="56688" user="kmvar" uid="56190" visible="true" version="28" changeset="6947637" timestamp="2011-01-12T14:23:49Z">
    <member type="node" ref="294942404" role="" />
    ...
    <member type="node" ref="364933006" role="" />
    <member type="way" ref="4579143" role="" />
    ...
    <member type="node" ref="249673494" role="" />
    <tag k="name" v="Küstenbus Linie 123"/>
    <tag k="network" v="VVW"/>
    <tag k="operator" v="Regionalverkehr Küste"/>
    <tag k="ref" v="123"/>
    <tag k="route" v="bus"/>
    <tag k="type" v="route"/>
  </relation>
  ...
</osm>
```

4. Implementierung

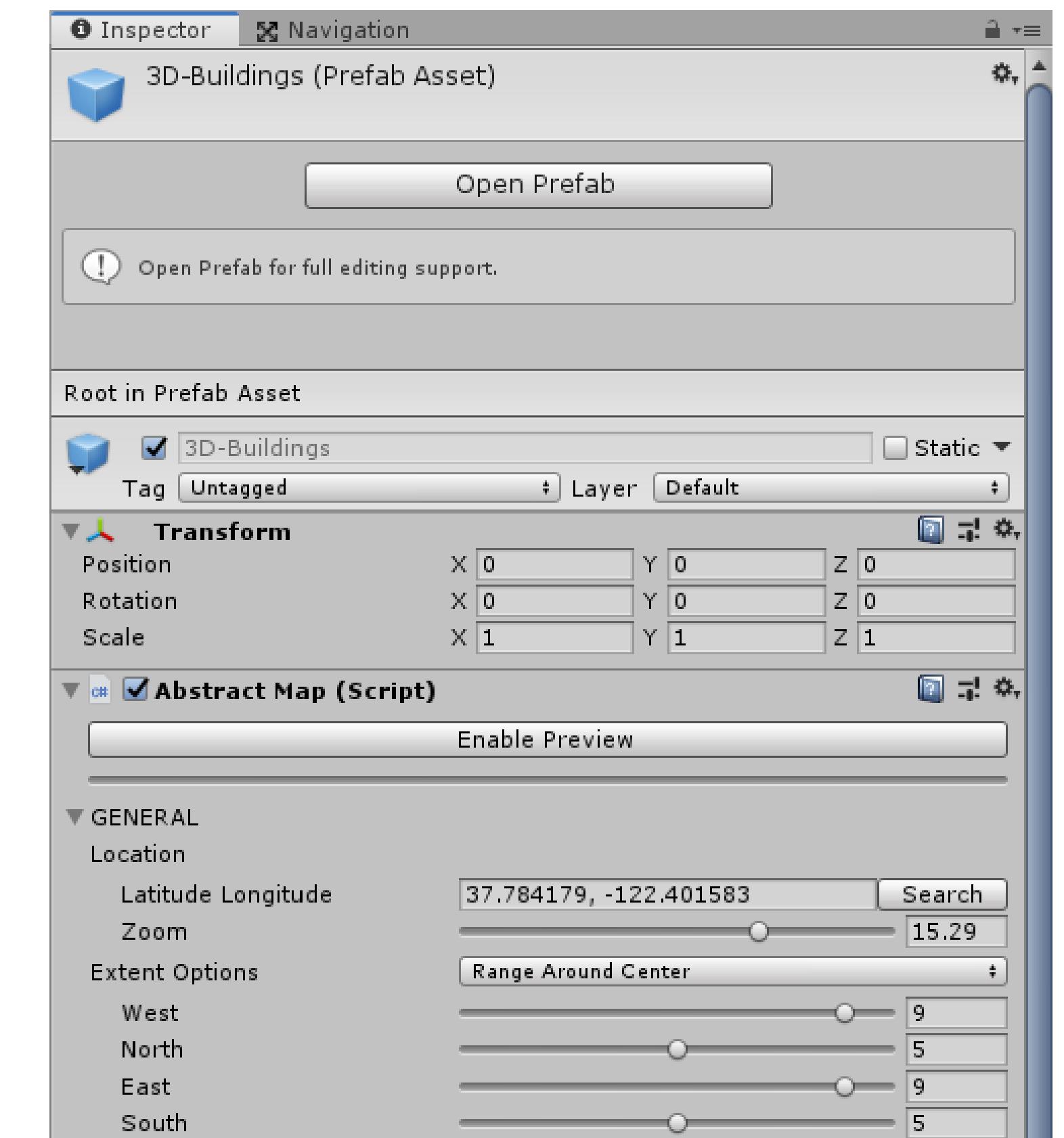
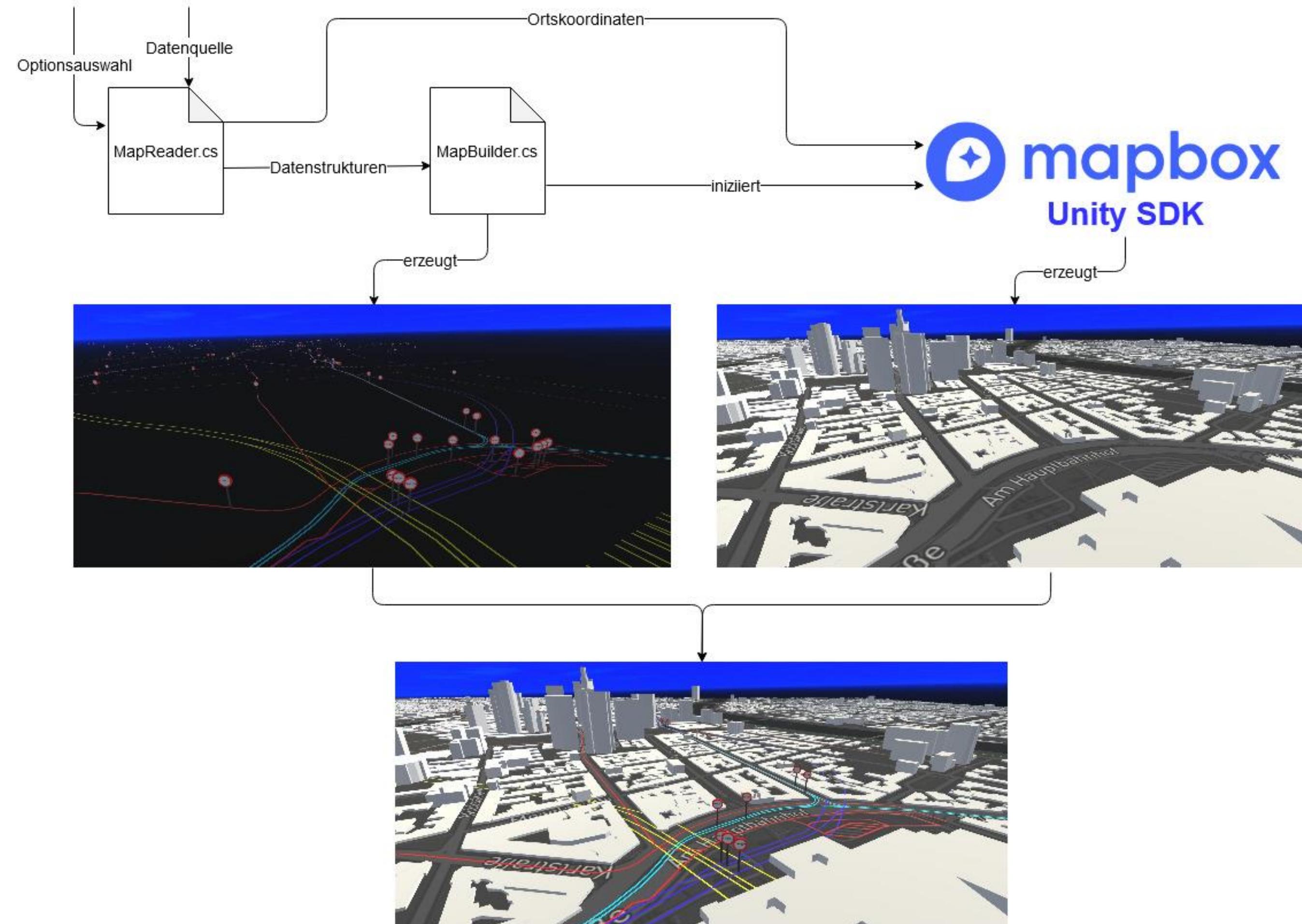
4.1 Einführung in die Struktur der Anwendung



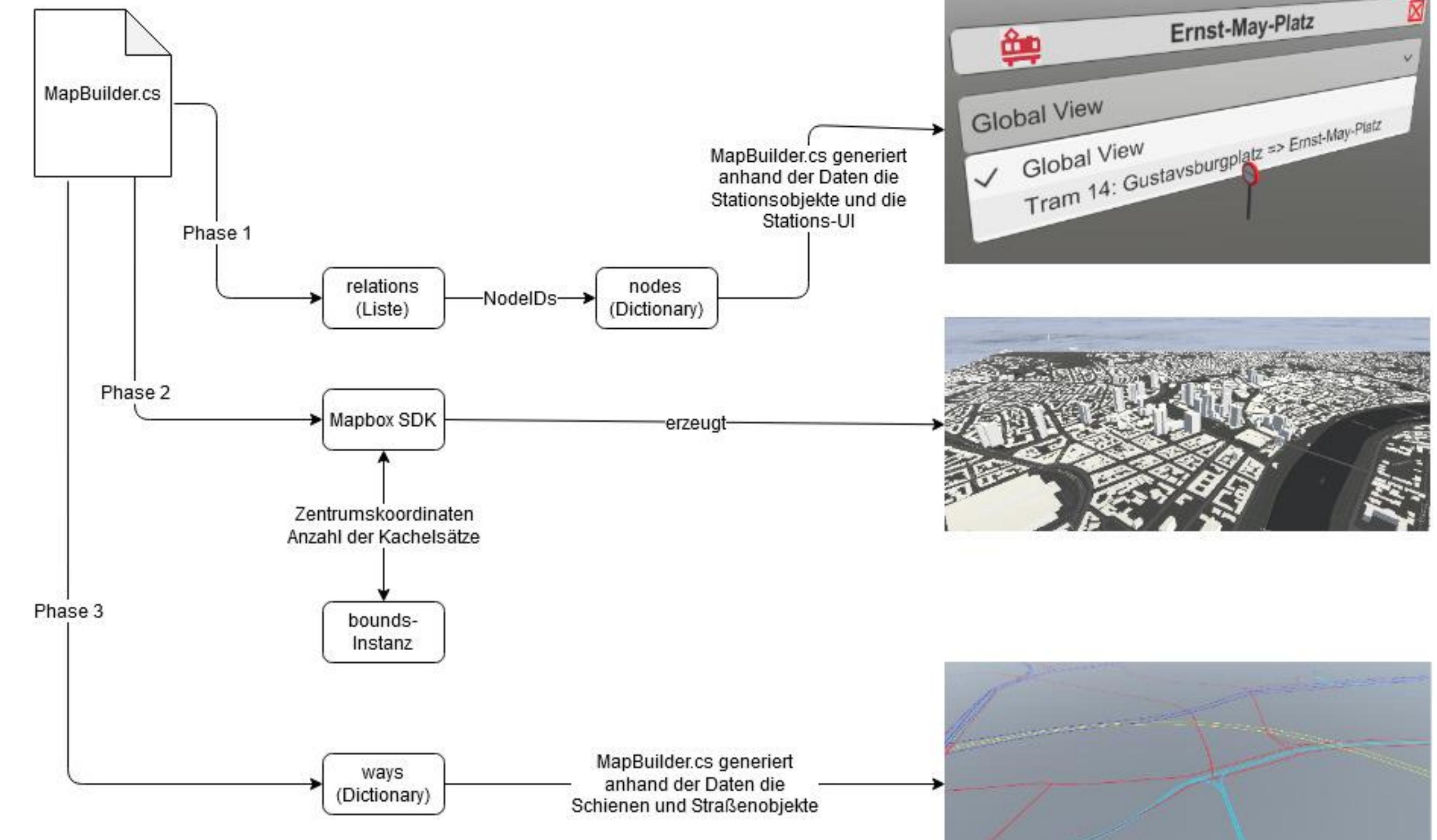
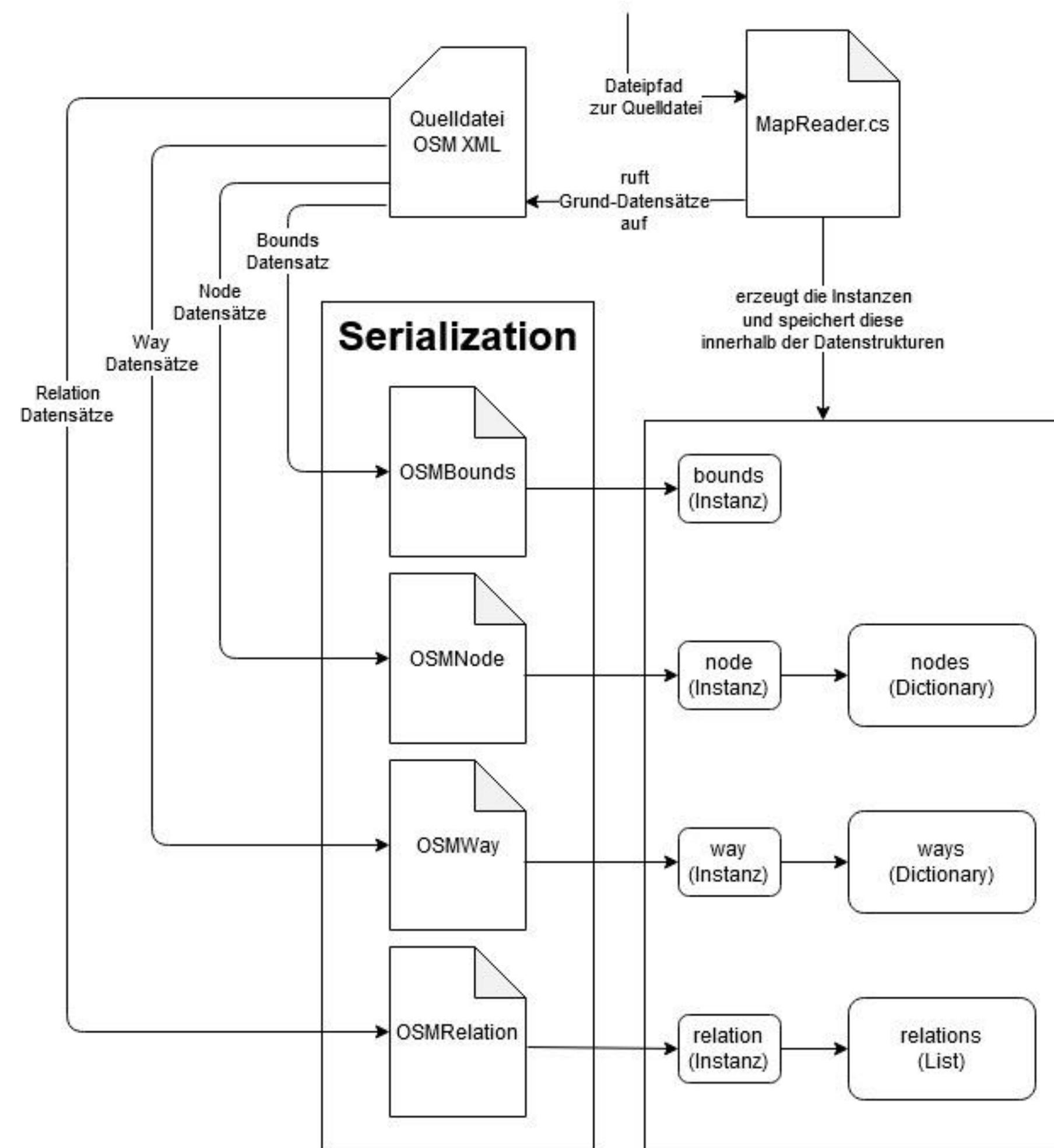
4.2 Implementierung der Szene StartScreen



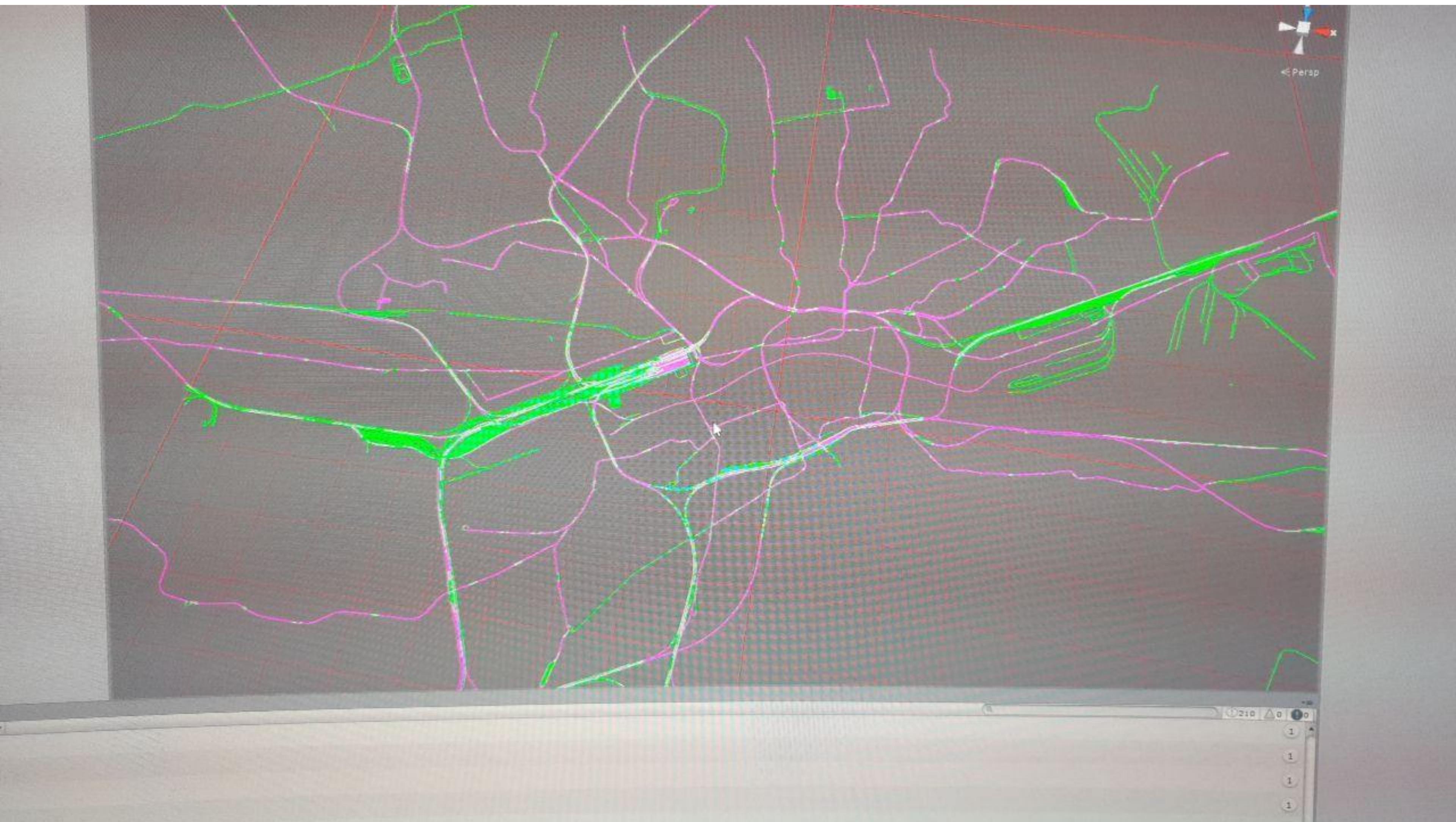
4.3 Implementierung der Szene Simulator



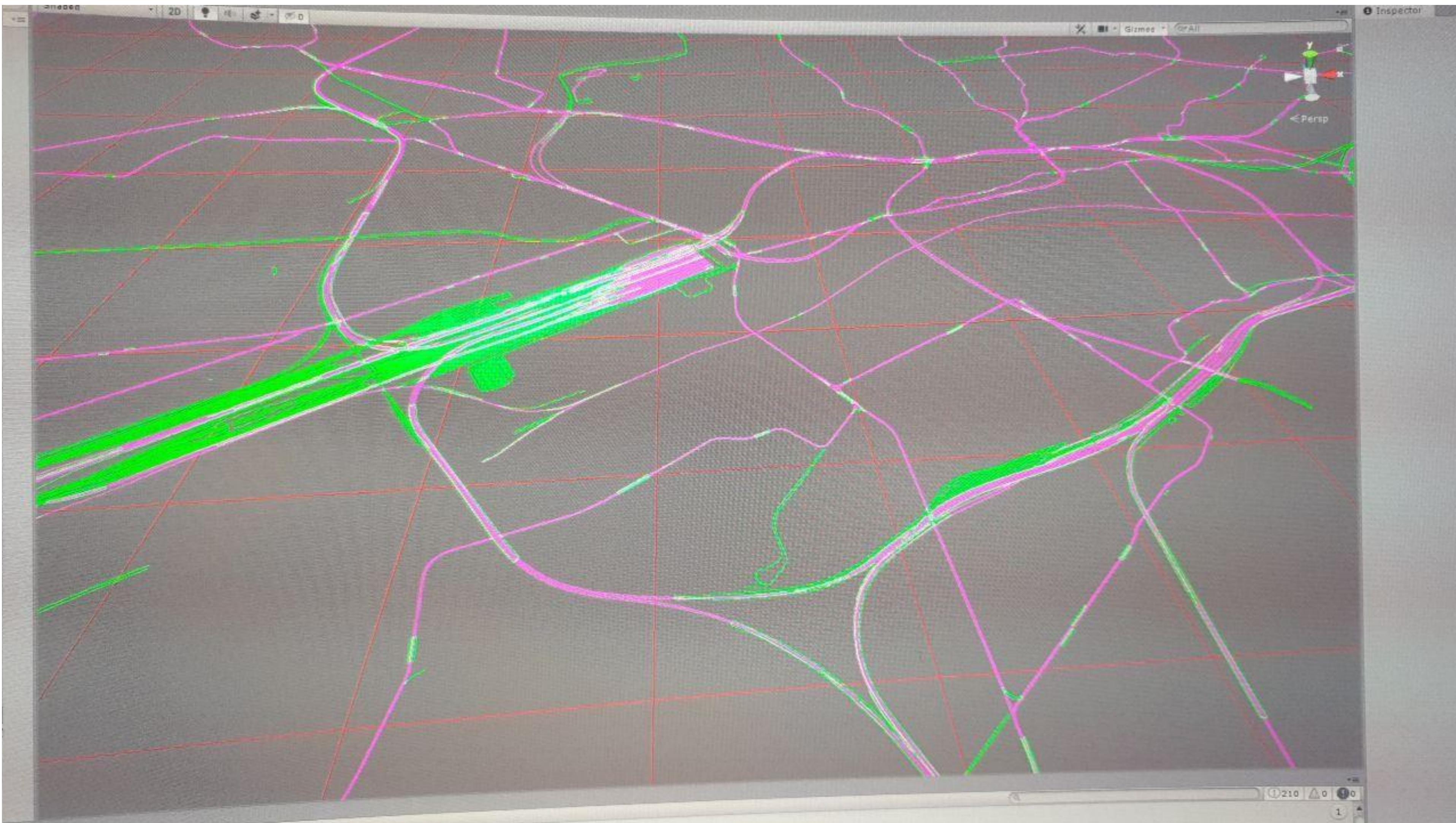
4.3 Implementierung der Szene Simulator



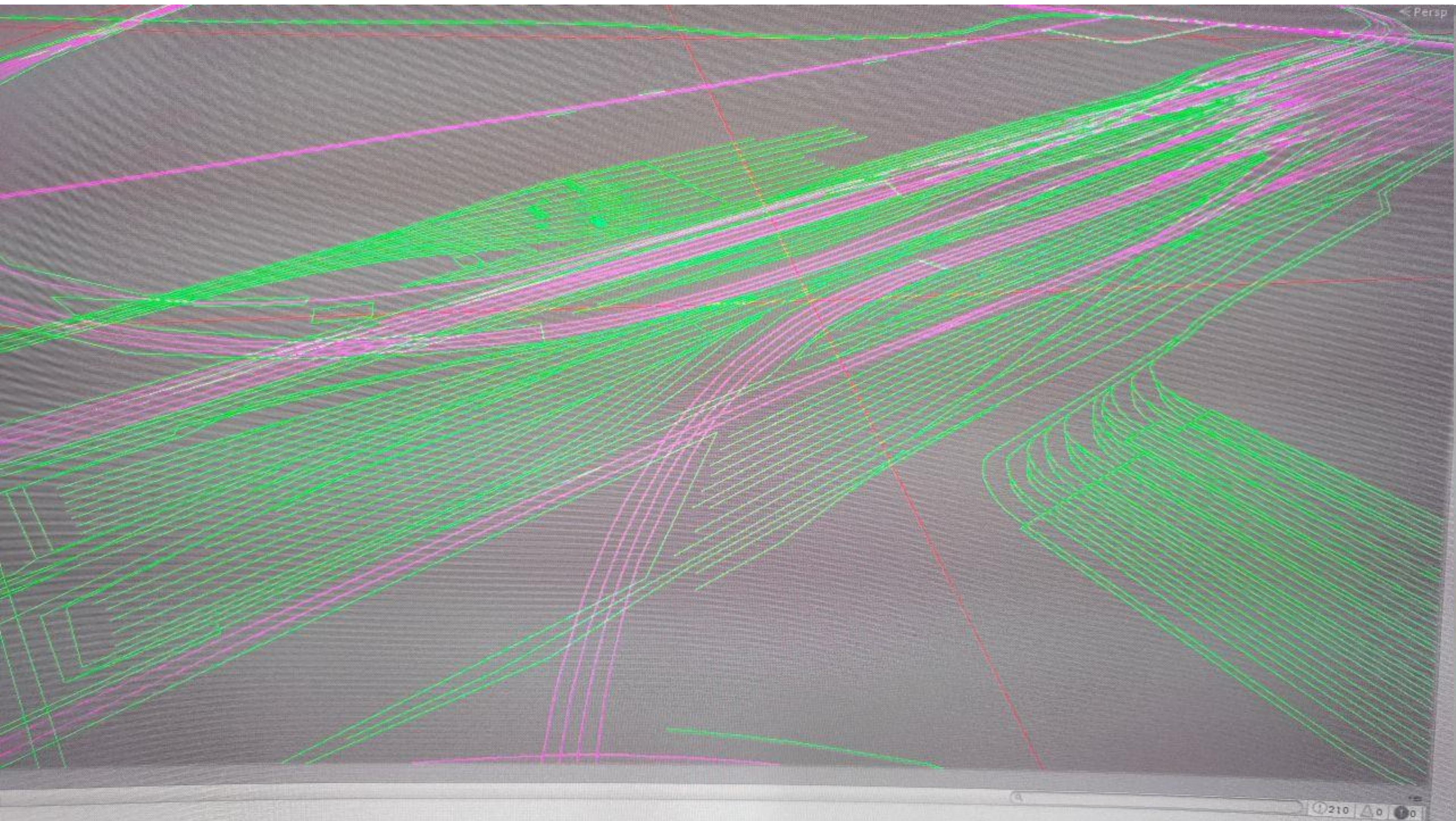
4.3 Implementierung der Szene Simulator



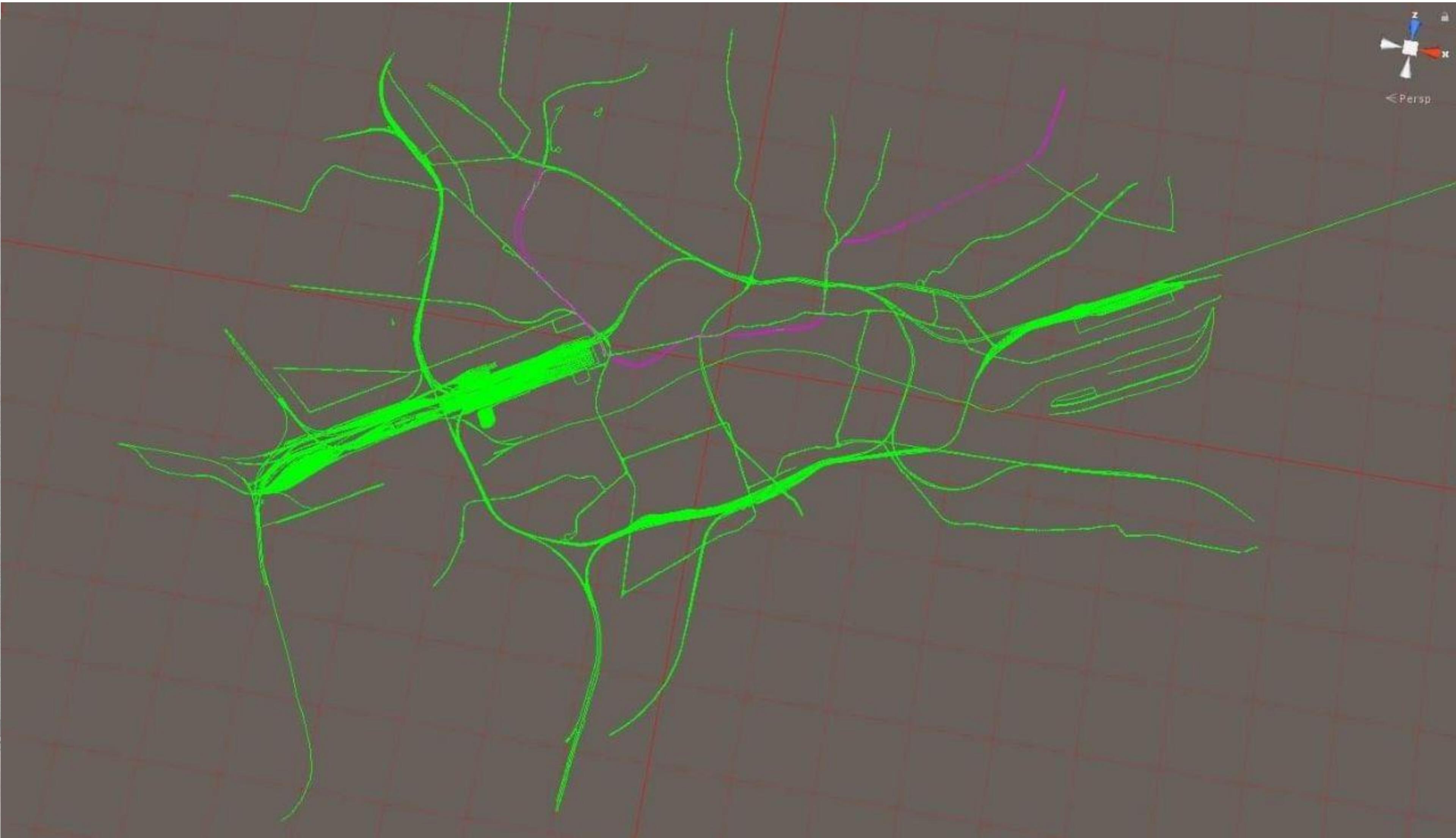
4.3 Implementierung der Szene Simulator



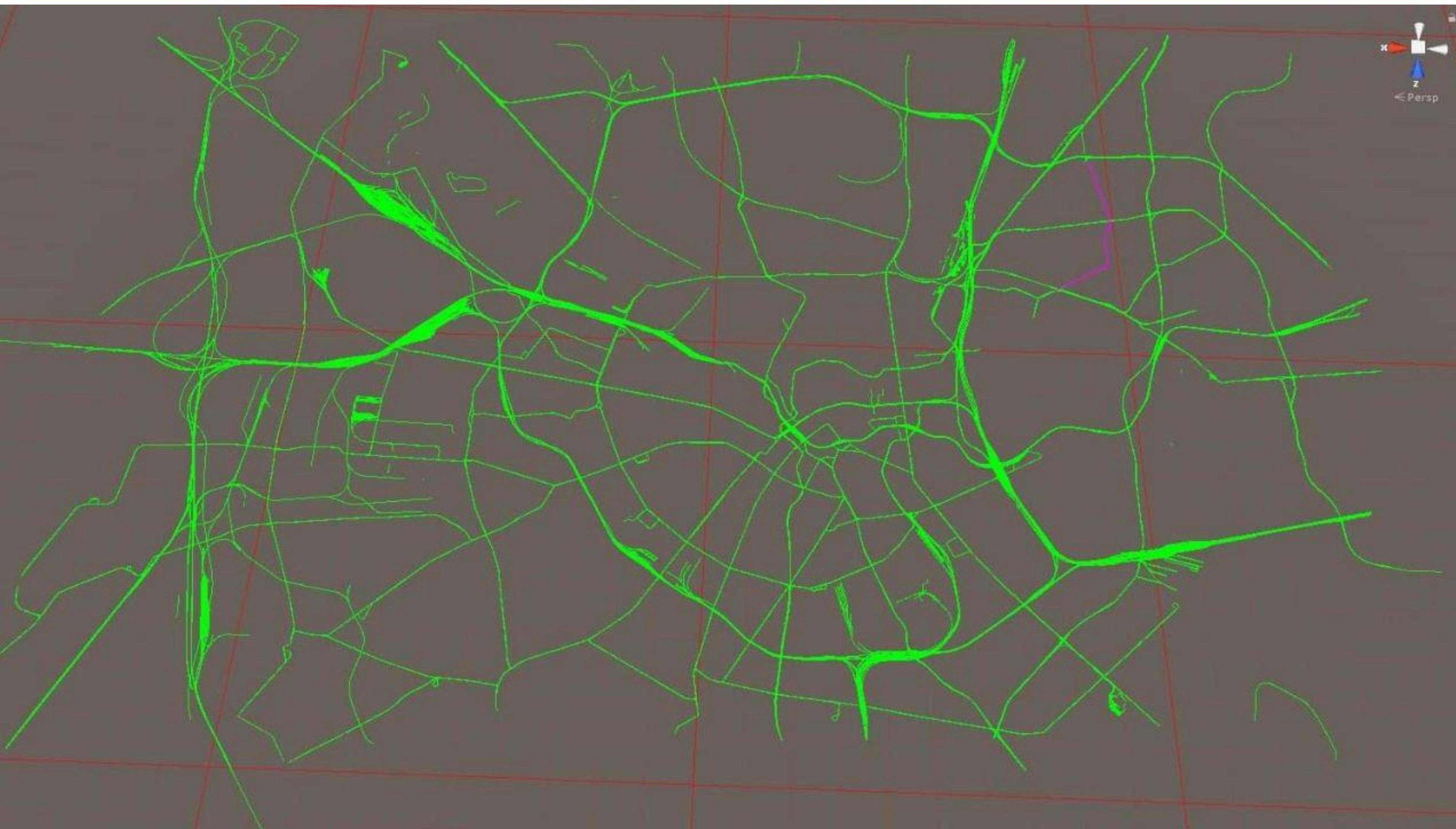
4.3 Implementierung der Szene Simulator



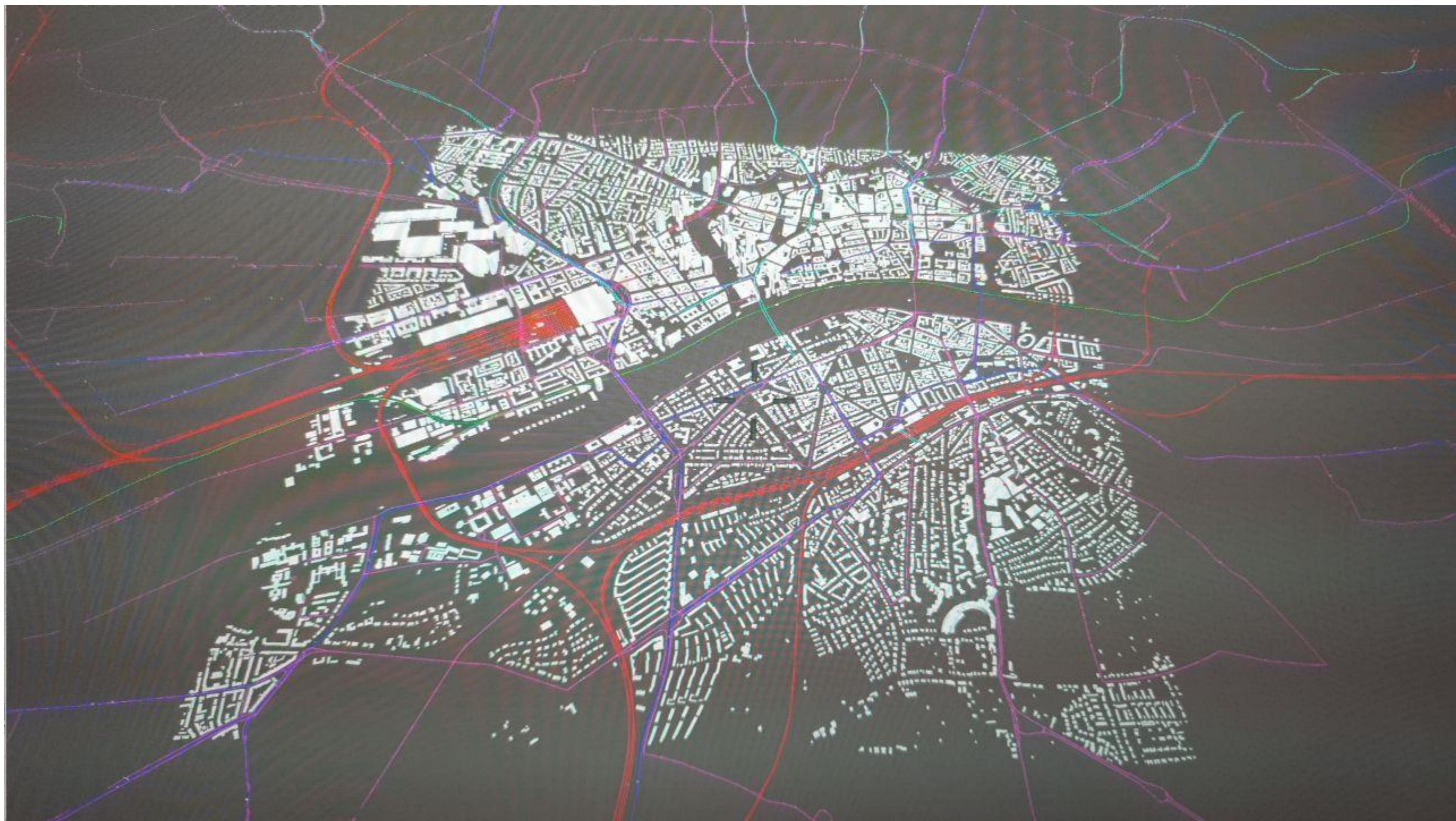
4.3 Implementierung der Szene Simulator



4.3 Implementierung der Szene Simulator



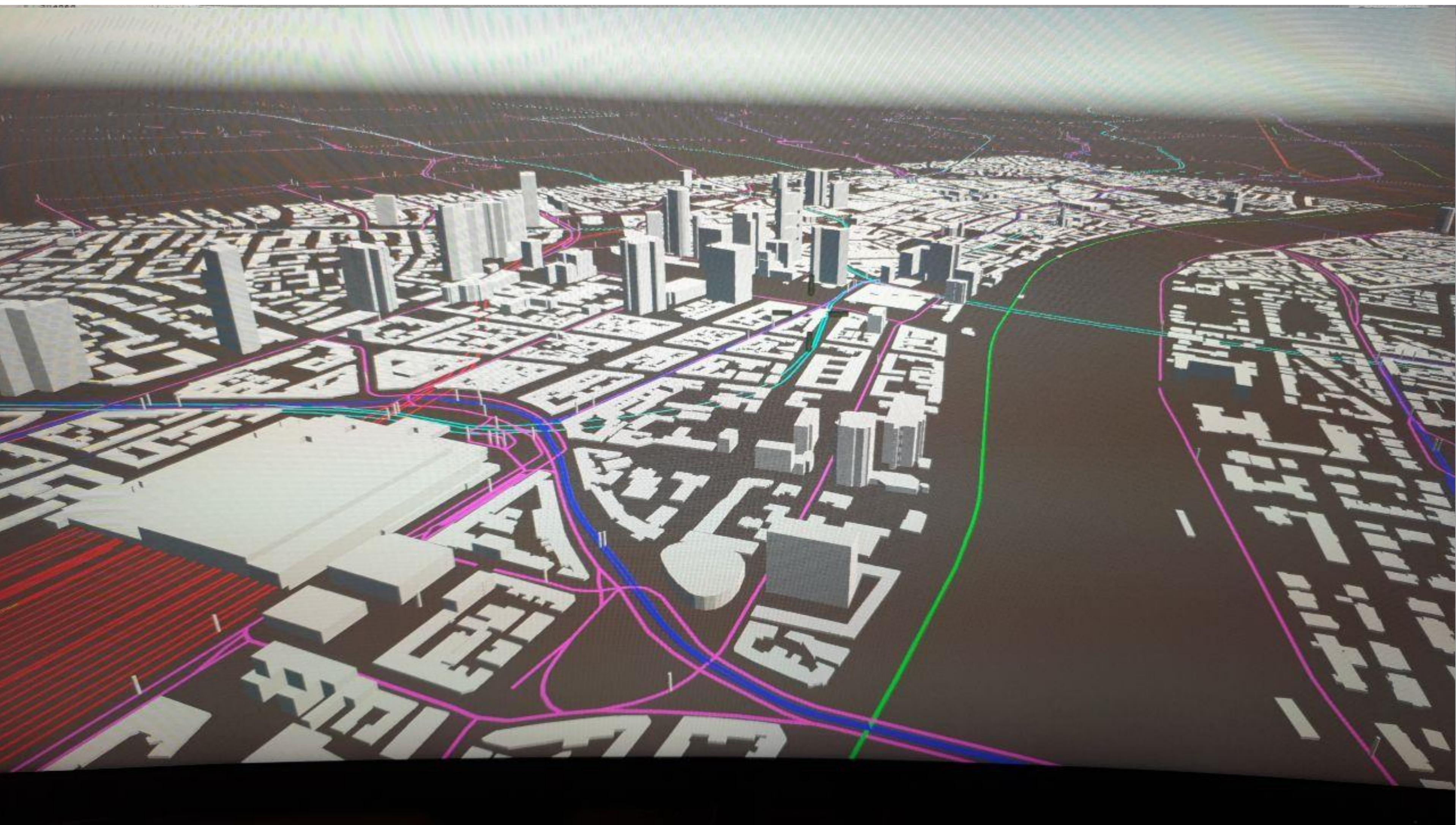
4.3 Implementierung der Szene Simulator



4.3 Implementierung der Szene Simulator



4.3 Implementierung der Szene Simulator



5. Ergebnis der Evaluation



5. Ergebnis der Evaluation



Die Nutzung bzw. Steuerung innerhalb der Anwendung ist kompliziert.

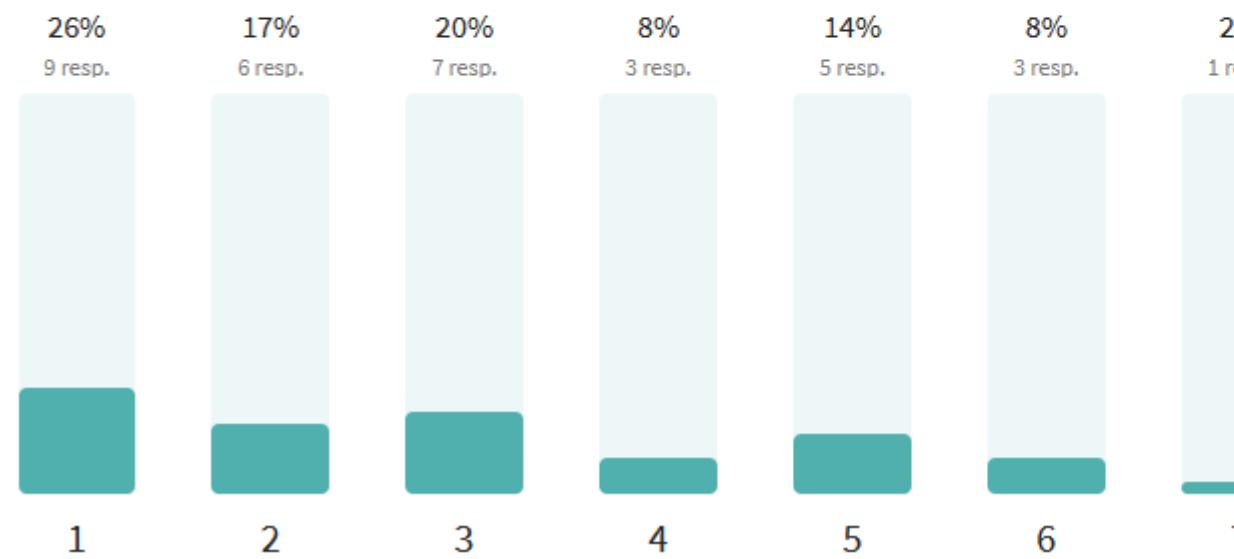
34 out of 34 answered



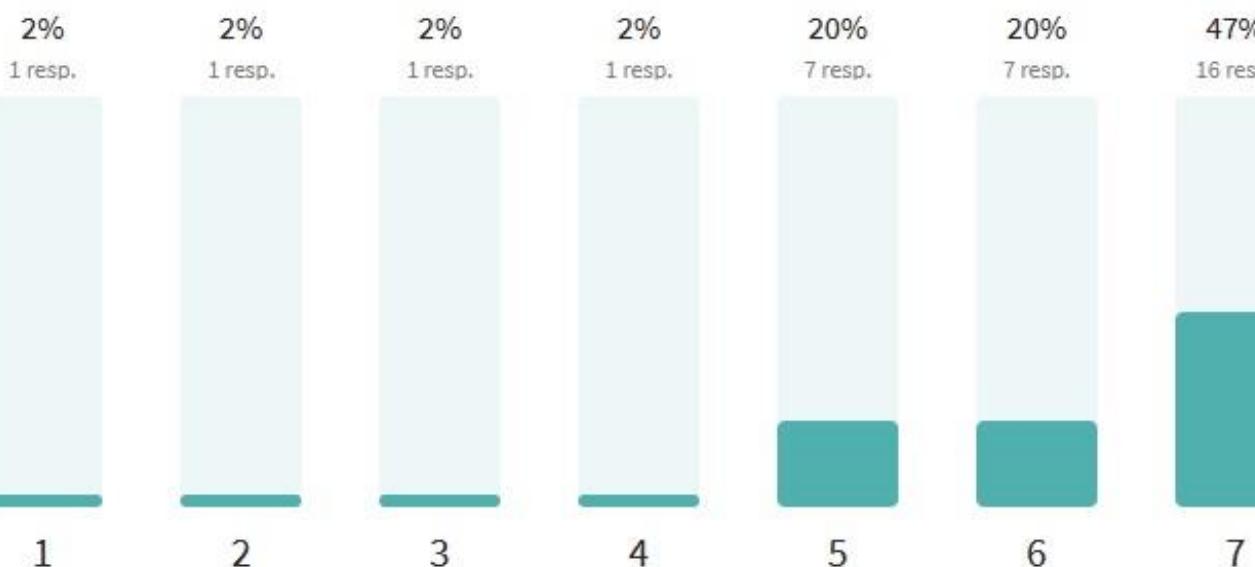
Nach Erprobung dieser Simulationsanwendung bin ich der Meinung, dass ein 3D-Modell bessere Orientierungs- und Visualisierungseigenschaften bietet als eine klassische 2D-Karte.

34 out of 34 answered

3.1 Average rating



5.9 Average rating



Die Nutzung einer interaktiven Karte macht mir mehr Spaß als die Nutzung einer statischen Karte.

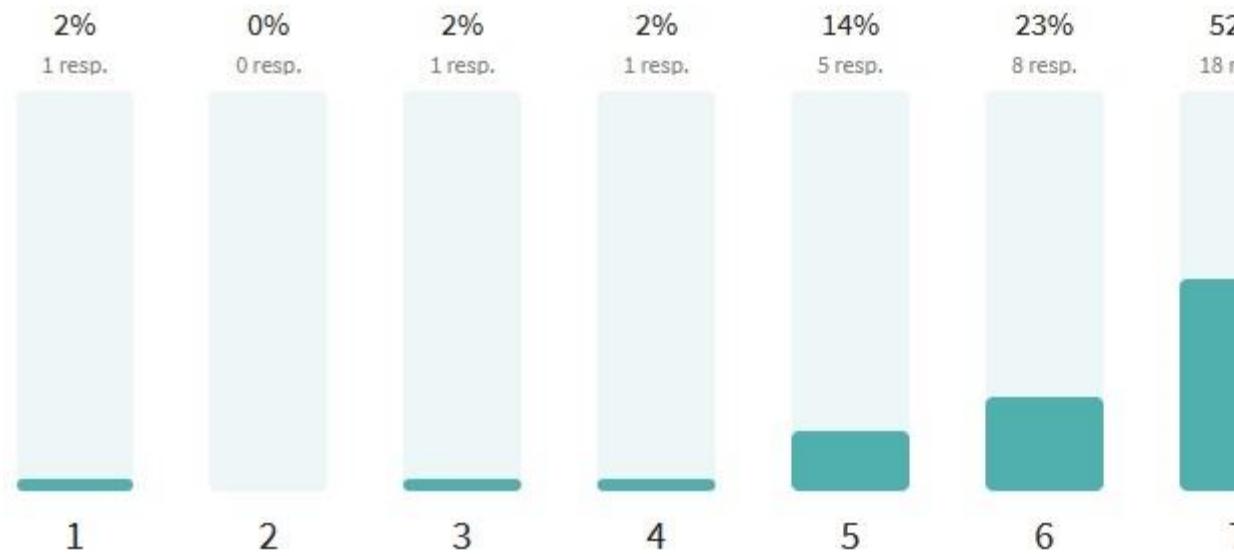
34 out of 34 answered



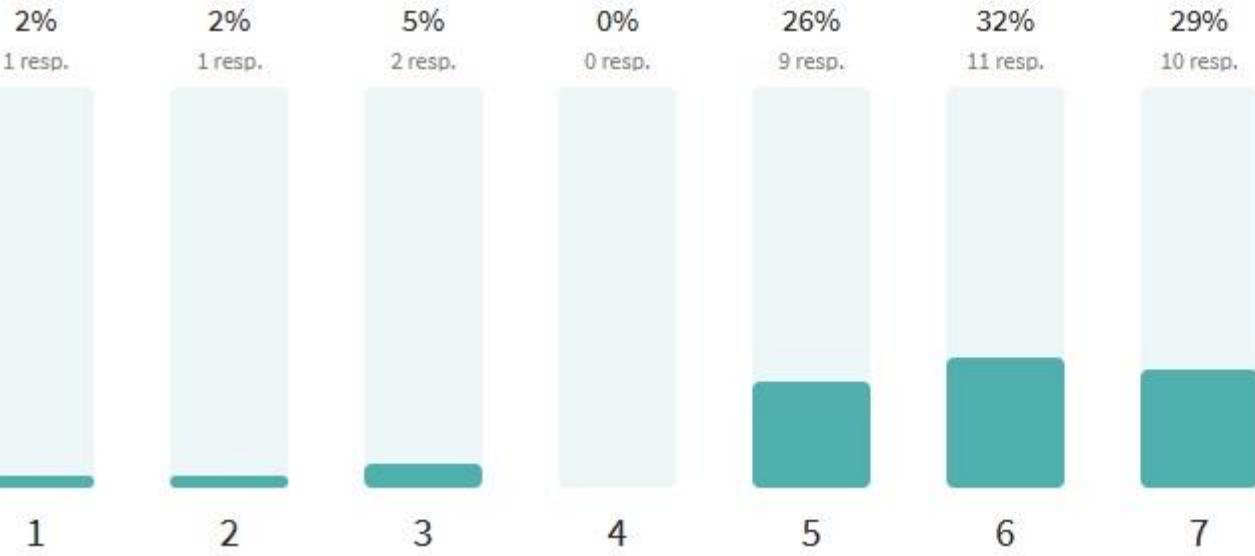
Diese Simulationsanwendung entspricht meinen Anforderungen, um die gestellten Aufgaben zu lösen.

34 out of 34 answered

6.1 Average rating



5.6 Average rating



5. Fazit

- Nutzergruppen mit Mehrwert
 - Privatpersonen bzw. Touristen
 - ÖPNV-Berufskraftfahrer
 - Spiele- und Anwendungsentwickler
 - Verkehrsverbünde
 - Ausbau von neuen Strecken simulieren
 - Auslastung der Schieneninfrastruktur überprüfen
 - Diverse Eskalationsfälle abfragen und vorsimulieren
 - Den allgemeinen Betrieb optimieren
 - Betriebsänderungen vorsimulieren
 - Den Verkehr überwachen
 - usw.
 - OSM-Community
- Die in der Einleitung formulierten Anforderungen wurden erfüllt
- Simulationsanwendung durch den Großteil der Nutzer als positiv empfunden
- Erste flächendeckende 3D ÖPNV Simulation
- Durch die Pflege der OSM-Daten besteht kein Aktualisierungsbeford der Anwendung
- Sehr gutes Ergebnis auch ohne finanzielle Ressourcen

Live Vorführung der Simulationsanwendung

