



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN**

Vienna University of Technology

# Diplomarbeit

## **Digitale Stadtmodelle durch Gamification**

### **Exemplarische Simulierung einer Umfahrungsstraße St. Pölten**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs  
unter der Leitung

**Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Ferschin**

E259 Institut für Architekturwissenschaften

Abteilung für Digitale Architektur und Raumplanung

**eingereicht an der Technischen Universität Wien**

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Markus Baumgartner**

0925608

Wien, am 13. Dezember 2016

---

Unterschrift Student

## **Kurzfassung**

Echtzeitsimulationen in der Verkehrsplanung beschränken sich zurzeit auf eine mikroskopische Ebene wie beispielsweise Kreuzungen oder kurze Streckenabschnitte. Mesoskopisch (Stadtebene) betrachtet werden in der Planung Daten durch Szenarien ausgewertet und durch Verkehrsmodelle dargestellt, jedoch nicht in Echtzeit simuliert.

Durch eine meist hohe Komplexität der erworbenen Daten gestaltet sich die Kommunikation von Planungsvorhaben zwischen Planern und der Bevölkerung zunehmend schwieriger. An diesem Punkt setzt diese Arbeit an und befasst sich aufbauend auf der Idee, Stadtplanung durch einen spielerischen Zugang mittels Städtebausimulationen zu erreichen, mit Computerspielen, die neben dem spielerischen Element eine Lernfunktion bieten und stellt relevante Spiele in einem exemplarischen Überblick vor.

Es wird untersucht, ob eine Verwendung von Städtebausimulationsspiele für Verkehrs- und Stadtplanung möglich ist, da sich leicht ganze Städte in Echtzeit simulieren lassen, ob sich komplexe Inhalte zwischen Planer und Bevölkerung kommunizieren lassen und ob die zunehmende Einbindung von Laien in eine Entscheidungsfindung erleichtert werden kann.

In weiterer Folge wird ein digitales Stadtmodell der Stadt St. Pölten mit Hilfe des Spieles Cities Skyline generiert und durch Modifikationen angepasst. Das Aussehen und die Gebäude der Stadt werden in eine abstrakte Darstellung umgewandelt um den Schwerpunkt des Modells auf eine möglichst genaue Straßengenerierung und Verkehrssimulation zu setzen. Durch dieses Modell wird der simulierte Stadtverkehr betrachtet, um eine geplante Umfahrungsstraße in der Stadt erweitert und dessen Auswirkung auf Lärm und Verkehrsaufkommen überprüft.

Schlagworte: digitales Stadtmodell, Verkehrsplanung, partizipatives Planen  
Kommunikationsstrategie

## **Abstract**

Real – Time simulations in traffic planning are limited to a microscopic plane such as intersections or short sections of a route. On a mesoscopic Level (City Level) planning data are evaluated by scenarios and represented by traffic models, but are not simulated in real time.

Due to the complexity of the acquired data, the communication of planning projects between the planners and the population is increasingly difficult. At this point, this thesis begins with the idea of using urban building simulations for urban planning. This work deals with computer games, which offer a learning function in addition to playful elements and presents relevant games in an exemplary overview.

It is investigated whether the use of urban planning simulation games for traffic and urban planning is possible, because it is easy to simulate whole cities in real time, whether complex contents can be communicated between a planning team and the population and whether the increasing involvement of lay persons in decision making can be facilitated.

Subsequently, a digital model of the city of St. Pölten is generated with the help of the game Cities: Skylines and adjusted with modifications. For a better use, the appearance and the buildings of the city were transformed into an abstract representation in order to focus the model on an accurate road generation and traffic simulation. This model is used to study the simulated urban traffic, to extend a planned detour of the city and to check its impact on noise and traffic volumes.

Keywords: digital city model, communication strategy, traffic planning, urban planning, participatory planning

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	2
Abstract.....	3
Inhaltsverzeichnis .....	4
1. Einleitung.....	6
1.1 Problemstellung .....	6
1.2 Simulationen in der Verkehrs- und Stadtplanung .....	6
1.3 Derzeitige Kommunikationsstrategien in der Planung.....	7
1.4 Gamification als möglicher Lösungsansatz .....	8
1.5 Motivation.....	8
1.6 Struktur der Arbeit.....	9
2. Serious Games.....	10
2.1 Ludwig.....	10
2.2 CityOne .....	12
2.3 Minecraft .....	13
2.3.1 Block by Block.....	13
2.3.2 McVienna .....	15
3. Städtebau .....	16
3.1 Städtebauliche Grundlagen .....	16
3.1.1 Stadt.....	16
3.1.2 Urbanität .....	17
3.2 Entwicklung digitaler Planung.....	17
3.3 Digitale Stadtmodelle .....	19
3.4 Echtzeitplanung .....	20
3.5 Verkehrsplanung.....	20
3.6 Verkehrssimulation .....	22
3.7 Kommunikationsstrategien .....	25
4. Städtebausimulationen als Serious Games .....	27
4.1 Sim City.....	27
4.2 GlassBox Engine .....	29
4.2.1 Simulationseinheiten.....	29
4.2.2 Aktive Objekte.....	30
4.2.3 Verkehr .....	30
4.3 Cities: Skylines .....	31
4.3.1 Straßennetz .....	31
4.3.2 Abstraktionsgrad in der Darstellung.....	33
4.3.3 Modifikationsmöglichkeit.....	33
5. Digitalisierung des Stadtmodells St. Pölten unter dem Aspekt der Verkehrsplanung .....	35
5.1 Stadtgeschichte .....	35

5.2	Modellierung der Stadt St. Pölten .....	39
5.3	Stadtplan .....	41
5.4	Grundkarte .....	42
5.5	Straßen- und Bahnnetz .....	44
5.6	Zonierung und Stadtviertel .....	45
5.7	Öffentliche Verkehrsmittel .....	46
5.8	Anpassung der Stadt .....	46
5.8.1	Bevölkerung .....	46
5.8.2	Objekt Editor .....	47
5.9	Geplante Projekte am Fallbeispiel der S34 .....	50
6.	Ergebnisse der Simulation und Auswirkung der Umfahrungsstraße S34 .....	54
6.1	Straßen .....	54
6.2	Bevölkerung .....	54
6.3	Tag und Nacht .....	56
6.4	Verkehrskarten .....	57
6.4.1	Kreuzung B39 – B20 .....	59
6.4.2	Kreuzung B39 – B20 nach Bau der S34 .....	64
6.4.3	Europaplatz .....	67
6.4.4	Europaplatz nach Bau der S34 .....	72
6.4.5	Auswertung .....	75
6.5	Lärmsituation .....	76
6.5.1	Lärmvergleich Morgenspitze .....	78
6.5.2	Lärmvergleich Abendspitze .....	80
6.5.3	Lärmbelastung Völtendorf Tag .....	81
6.5.4	Lärmbelastung Völtendorf Nacht .....	82
6.5.5	Auswertung .....	82
7.	Evaluierung der Verkehrssimulation durch Stadtplanungsteam St. Pölten .....	84
8.	Resümee und Ausblick .....	86
9.	Danksagung .....	90
A.	Literaturverzeichnis .....	91
B.	Internetquellen .....	94
C.	Abbildungsverzeichnis .....	96
D.	Tabellenverzeichnis .....	99

# **1. Einleitung**

## **1.1 Problemstellung**

Im Bereich der Verkehrsplanung wird auf mikroskopischer Ebene mit Echtzeitsimulationen gearbeitet um Kreuzungsbereiche oder Streckenabschnitte zu visualisieren. Wird das Planungsgebiet auf einen mesoskopischen oder weiter auf einen makroskopischen Betrachtungsbereich vergrößert, werden Planungsdaten nicht weiter in Echtzeit simuliert, sondern durch Szenarien ausgewertet und durch Verkehrsmodelle dargestellt.

Diese meist komplexen Modelle eines Bauvorhabens dienen als Kommunikationsmedium zwischen Planern und Bevölkerung und müssen zur allgemeinen Verständnis weiter vereinfacht werden. Da dieser Vorgang sehr aufwendig ist, sollte ein leichter Weg existieren um geplante Projekte verständlich und anschaulich zu präsentieren und gegebenenfalls davon betroffene Personen in die Planung mit einbinden zu können.

Da in der modernen Stadtplanung zunehmend mit digitalen Medien und Programmen gearbeitet wird, diese meist teuer sind und eine komplexe Benutzeroberfläche aufweisen, stellt sich die Frage, ob nicht leichtere Methoden zur Generierung digitaler Stadtmodelle existieren.

## **1.2 Simulationen in der Verkehrs- und Stadtplanung**

In der professionellen Verkehrssimulation sind je nach Betrachtungstiefe verschiedene Simulationsmethoden im Einsatz. Dies reicht von einer Echtzeitsimulation mit genau angepassten Parametern bis zu erstellten Verkehrsmodellen die für einen weitreichenderen Betrachtungsbereich genutzt werden.

Durch die Digitalisierung etablierte sich in der Stadtplanung 3D – Modelle zur einfacheren Planung und Visualisierung von Bauvorhaben. Eine Weiterentwicklung wird durch eine Echtzeitplanung erzielt, wodurch geplante Objekte auch für Laien nachvollziehbar und räumlich interaktiv erlebbar werden.

### **1.3 Derzeitige Kommunikationsstrategien in der Planung**

Neben der Nutzung digitaler Medien in der Planung selbst, beinhaltet eine moderne Stadtplanung heutzutage die Nutzung verschiedener Social Media Kanäle oder Weblogs. Da Planungsprozesse zunehmend komplexer werden und trotzdem eine transparente Bürgerbeteiligung erfolgen soll, nutzen immer mehr Städte und Gemeinden solche digitalen Plattformen, um Bürger an Planungen teilhaben zu lassen. Durch diese Digitalisierung, zeichnet sich für die Zukunft ab, dass sich auch verbale Diskussionen und Abstimmungen zunehmend auf die digitale Ebene verlagern. [Schrenk14]

Die Nutzung digitaler Medien steigert die leichtere Verbreitung und Erreichbarkeit unter der Bevölkerung, gibt allerdings keine Auskunft über die Darstellungsform einzelner Projekte. Diese können weiterhin durch Bilder, Texte und Modelle auf Websites beschrieben und dargestellt werden oder durch Computeranimationen der Bevölkerung präsentiert werden. Kurze Animationsfilme, die beispielsweise den Umbau einer Kreuzung visualisieren, können Laien bei der Vorstellung eines geplanten Bauvorhabens im fertigen Zustand helfen. Um den Austausch von Informationen schnell an die Bevölkerung weiterzugeben, werden Infoscreens installiert und als offline Kommunikationsmedium Vorort verwendet.

Neuere Technologien wie beispielsweise Virtual Reality oder Augmented Reality steigern zusätzlich das Interesse des Betrachters. Auf öffentlichen Ausstellungen, werden meist Analoge Plakate mit digitalen Audio- oder Videomodulen gekoppelt. Während der Ausstellung „Wien bewegt. Die Zukunft urbaner Mobilität“ war es den Besuchern möglich auf einem Fahrrad und einer VR – Brille durch ein virtuelles Wien zu fahren. Die Brille verfolgt dabei die Kopfbewegung des Benutzers und setzt diese in eine Blickrichtung in die virtuelle Welt um, während durch Lenkbewegung und Treten der Pedale, die Geschwindigkeit und Richtung der Rad fahrt gesteuert wird. Diese Installation hat nur sekundär mit der Kernaussage der Ausstellung zu tun, dient allerdings als Blickfang und Steigerung der Besucherzahlen.

## **1.4 Gamification als möglicher Lösungsansatz**

„Gamification“, im deutschsprachigen Raum auch Gamifizierung, beschreibt den Versuch durch Videospielelemente in bestimmten realen Bereichen die Erfahrung und das Engagement des Benutzers zu steigern. Es verbindet einen Gedankengang, der im akademischen Bereich zwar bereits aufgekommen ist, jedoch nur sehr spärlich und nicht konkret weiterverfolgt wurde, und stellt die Idee auf, Videospiele nicht nur zum Vergnügen, sondern auch für die Lehre oder arbeitstechnisch zu verwenden.

Genauer betrifft es in dieser Arbeit den planerischen Bereich des Städtebaus. Da Videospiele im Vergleich zu anderen Simulationsprogrammen meist ein großes Publikum ansprechen, eine leichte Bedienung aufweisen und aus eigener Intension möglichst realitätsgetreu wirken wollen, wäre ein Schritt, diese vermehrt einzubinden, eine mögliche Erleichterung für planerische Tätigkeiten mit Einbindung der Bevölkerung. In der professionellen Stadt und Verkehrsplanung werden Programme zur Simulierung und Visualisierung verwendet, die meist eine hohe Komplexität aufweisen und von Laien schwer verwendet werden können.

Eine Lösungsidee stellen Videospiele und besonders Städtebausimulationen dar. Sie lösen bei Spielern große Begeisterung aus, da der Benutzer eine Metropole nach seinen Vorstellungen erschaffen kann und dabei seine Kreativität einsetzt um wirtschaftlich zu bauen. Der Vorteil dieses Genretyps ist, dass sich leicht ganze Städte in Echtzeit simulieren und verändern lassen.

## **1.5 Motivation**

Diese Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt mittels eines Städtebausimulators zu überprüfen ob die aufgezeigten Probleme mit den derzeit am Markt befindlichen Spielen durchführbar ist und welche Funktionen gegebenenfalls geändert werden müssten, um eine Annäherung zur Lösung des Problems zu schaffen. Dies bezieht sich auf die Generierung eines Stadtmodells, der Simulierung eines geplanten Verkehrsprojekts und der anschließenden Präsentation der Ergebnisse zur Überprüfung ob es als Planungs- oder Kommunikationswerkzeug verwendet werden kann.

## **1.6 Struktur der Arbeit**

Diese Arbeit überprüft die mögliche Verwendung von Städtebausimulationen für städtebauliche und verkehrstechnische Planungen in Städten. Um dies zu untersuchen, wird vorerst grundlegend auf den Städtebau und die Verkehrsplanung und deren Entwicklung eingegangen. Neben einer kurzen geschichtlichen Entwicklung, werden verschiedene Methoden bis hin zu der Computersimulation, aufgezeigt und kurz erläutert.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird grundlegend auf Simulationsspiele und deren Entwicklung eingegangen. Neben der Entwicklung wird auf die dahintersteckende Spielmechanik eingegangen und mit deren Hilfe, die Funktionen und die Technik hinter Städtebausimulatoren erklärt.

Um die theoretischen Grundlagen besser zu verstehen, werden im praktischen Teil auf bereits laufende Projekte eingegangen, die Videospiele als städtebauliche Hilfsmittel benutzen. Nach einem kurzen Exkurs in die Welt von Minecraft, wird das Spiel Cities: Skylines genauer betrachtet. Mit diesem Spiel soll die Landeshauptstadt St. Pölten nachgebaut und mögliche fehlende Funktionen des Spiels aufgezeigt werden. Dies soll zeigen, welche Möglichkeiten existieren eine Stadt zu generieren und auch einzelne Objekte in Videospiele zu implementieren.

Durch Gegenüberstellung von realen Daten wird untersucht, wie Videospiele mit der Realität in Verbindung stehen. Hierfür werden zusätzlich geplante Bauvorhaben in die erstellte Stadt implementiert und deren Auswirkungen dokumentiert. Durch die Präsentation der gewonnenen Daten eines Stadtplaners des Magistrats für Bau in St. Pölten soll in einem Gespräch die tatsächlich mögliche Nutzung von Spielen geklärt werden.

Abschließend wird ein Fazit gezogen, um die eingehende Frage zu beantworten, wie realistisch Städte in Videospiele sind und ob man diese dazu verwenden kann, Städtebau leicht verständlich zu planen.

## 2. Serious Games

Videospiele haben im Laufe der Zeit ihre Einsatzmöglichkeiten erweitert und sind nicht mehr nur ein Kinderspielzeug, sondern auch ein für die Forschung interessantes Medium. [Fux12]

Anfang des 21. Jahrhunderts etablierte sich ein neues Forschungsfeld, das der Game Studies. Diese beschäftigen sich mit der Nutzung von Computerspielen in akademischen Bereichen und der möglichen Erweiterung zu Lernprogrammen an Universitäten und machen so Videospiele zu einem ernst zu nehmenden Medium. [Juul05]

In der weiteren Entwicklung wird vermehrt der Begriff „Gamification“ verwendet. Dieser beschreibt die Methode, durch Videospielelemente in bestimmten realen Bereichen die Erfahrung und das Engagement des Benutzers zu steigern. Im Hinblick auf die Bildung, kann man Gamification als die Verwendung von Spielen oder spielähnlichen Elementen definieren, die eine Herausforderung darstellen und die Leistung, Kommunikation, Lernen und die Motivation verbessern. Computerspiele die für diese Lernzwecke verwendet werden, werden oft auch als „Serious Games“ bezeichnet. [Haahtela15]

### 2.1 Ludwig

Eines dieser „Serious Games“, ist das Lernspiel Ludwig. Das Computerspiel der Wiener Studios Ovos sticht durch die sehr gute Symbiose zwischen Spielen und Lernen hervor, die in mehreren Ebenen des Spiels sichtbar wird. Durch die eigene Geschichte und wiedererkennbare Charaktere erlebt der Spieler ein eigenständiges Spiel und lernt dabei die Welt der Physik näher kennen. Umgekehrt kann man Ludwig auch als Lernsoftware für physikalische Zusammenhänge und Phänomene sehen, bei dem man zeitgleich mit einem kleinen Roboter durch eine virtuelle Welt läuft. [ludwig.com]

*Wir spielen gerne, weil wir dabei lernen! Oder umgekehrt: Lernen macht glücklich, wenn wir es beim Spielen tun!* [ovos.at]



Abbildung 2.1 Ludwig

Der Roboter Ludwig stürzt 2098 auf eine menschenleere Erde. Jegliche fossilen Brennstoffe sind aufgebraucht, daher setzt das Spiel auf alternative und erneuerbare Energiequellen. Durch Baupläne lernt man beispielsweise Generatoren zu entwickeln und damit elektrische Energie zu erzeugen um den Energiespeicher von Ludwig aufzuladen. In einer Datenbank werden Fortschritt und das gesammelte Wissen aufgezeichnet. Kombiniert mit einer detaillierten Beschreibung des wissenschaftlichen Hintergrundes stellt es ein Lehrbuch für den Spieler dar.

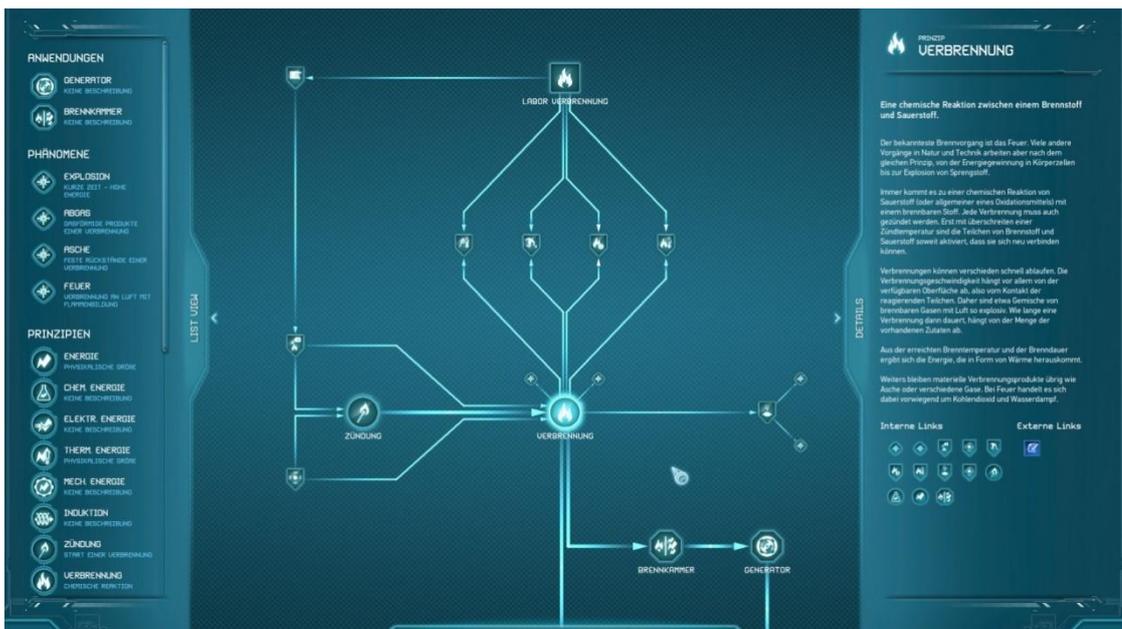


Abbildung 2.2 Ludwig – Datenbank

## 2.2 CityOne

Dieses freierhältliche Onlinespiel, von IBM veröffentlicht und inspiriert von Spielen wie SimCity, ist ein Lernspiel für Unternehmen, Schüler und Studenten um die Möglichkeiten des Städtebaus einer Stadt besser zu verstehen und diese besser funktionieren zu lassen. Dabei werden verschiedene Ebenen einschließlich Transport, Umwelt, Wirtschaft und Logistik simuliert und fordern den Spieler in Missionen die vorgegebenen Ziele in beispielsweise den Bereichen Energie, Wasser, Banken oder Einzelhandel zu erreichen. [Rossetti13]

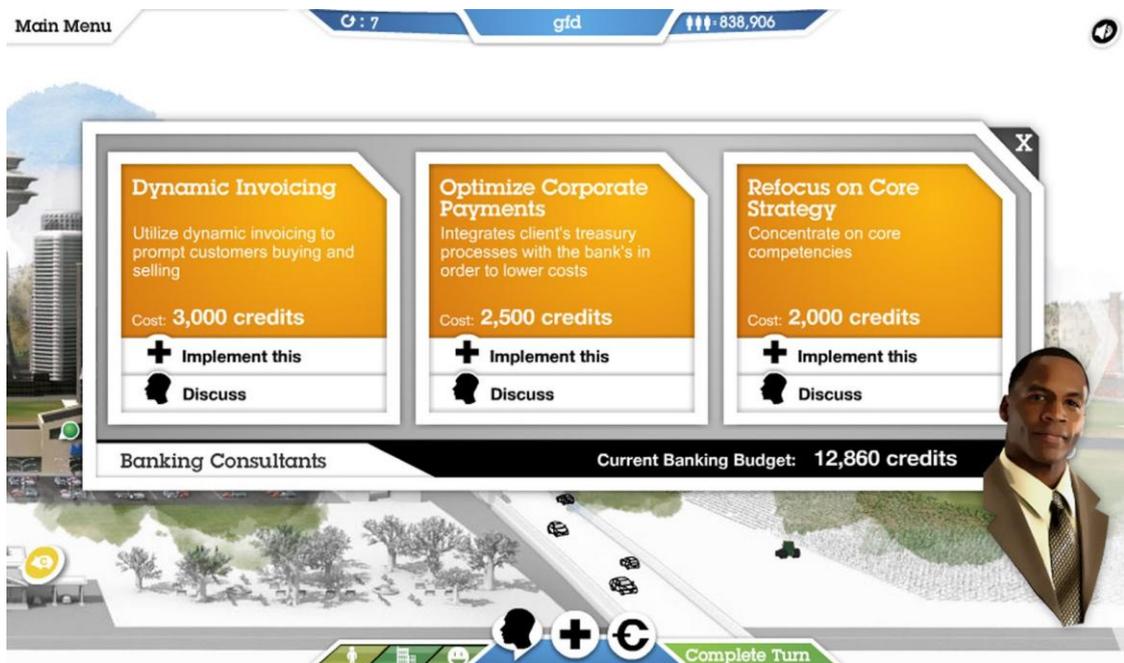


Abbildung 2.3 IBM CityOne

Im Gegensatz zu Städtebausimulationen werden in diesem Spiel interaktiv Aufgaben gestellt, die der Spieler auf unterschiedliche Arten erfüllen kann. Jede Entscheidung wirkt sich auf andere Art auf die virtuelle Stadt und deren Bewohner aus. [cityone.com]

## 2.3 Minecraft

Das Spiel, von der von Markus „Notch“ Persson gegründeten Firma Mojang AB, basiert auf einer aus Kubikmeter großen Blöcken aufgebauten Welt, die von dem Spieler frei erkundbar und auch veränderbar ist. Durch das Prinzip der freien Gestaltung und der einfachen Bedienung wurden durch Minecraft, welches nicht als „Serious Game“ programmiert wurde, bereits städtebauliche Planungen durch- und ausgeführt.

### 2.3.1 Block by Block

Dass Spiele auch für städtebauliche Planungen verwendet werden können, beweist das von der Vereinten Union und Mojang unterstützte Projekt „Block by Block“. Das Spiel Minecraft wird dafür genutzt in Entwicklungsländern einfache Projekte für öffentliche Plätze zu verwirklichen und gemeinsam mit der hiesigen Bevölkerung diese zu planen und zu kreieren. Derzeit ist geplant, etwa 300 Plätze auf diese Art und Weise bis 2016 umzugestalten und dadurch eine bessere Lebensqualität zu schaffen. [BbB.org]

Um ein derartiges Vorhaben umzusetzen, bedarf es im Vorfeld genauer Recherchen und eine Digitalisierung der Umgebung für eine Implementierung in das Spiel. Anhand von Fotos und der ungefähren Maße kann man die Gebäude und Plätze annähernd vereinfacht nachbauen und besitzt durch das Spiel die Möglichkeit, die Umgebung nach Belieben zu ändern. Ein exakter Nachbau ist nicht möglich, daher besteht die Aufgabe der Architekten darin, nach der Erstellung von ersten Ideen und Konzepten, diese wieder zurück in reale Pläne zu übertragen.



Abbildung 2.4 Digitalisierung der Umgebung

Derzeitige Projekte sind beispielsweise ein kleiner Park in Tikok, Haiti, eines der ärmsten Slums in Les Cayes. Mittels Bäume und neuer Lichtmasten wurde der Park sicherer für Kinder und zu einem besseren Platz gemacht. Ein weiteres Projekt fand in Lima, Peru, statt, bei dem eine ansässige Gruppe aus der Bevölkerung von etwa 10 bis 85 Jahren mittels Minecraft einen Park umgestaltet hat. Die generierten Ideen werden nun Teil des fertigen Umstrukturierungsplans des Lima Park Service und gemeinsam mit der UN umgesetzt.

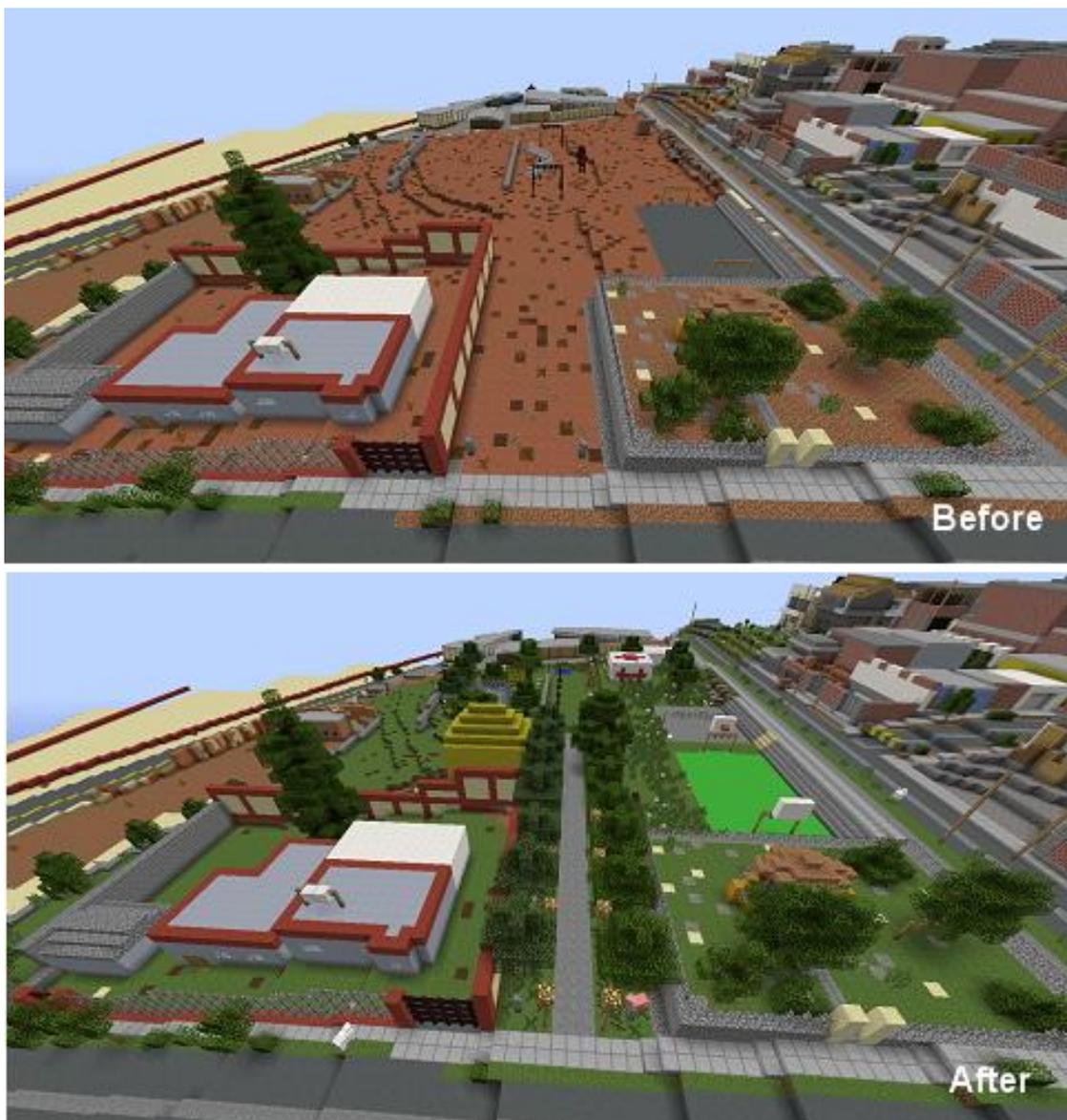


Abbildung 2.5 Lime Park in Peru

### 2.3.2 McVienna

Dieses von einem Studenten der Technischen Universität Wien ins Leben gerufene Vorhaben, die Stadt Wien maßstabsgetreu mit dem Spiel Minecraft nachzubauen, geschieht durch eine Stammgruppe aus sechs Leuten. Zusätzlich kann sich jedoch auch jeder bewerben, der sich für dieses Projekt interessiert. Das Projekt wird von der Stadt Wien und anderen Sponsoren unterstützt und der Fortschritt kann via Live – Map nachverfolgt werden. [mcvienna.at]

Die Schwierigkeit und die gestalterische Grenze liegen an der Umsetzung, da man durch das Spiel und dessen Blockstruktur, Schrägen oder Rundungen schwer gestalten kann.



Abbildung 2.6 McVienna

### **3. Städtebau**

Die Arbeit beschäftigt sich mit dem digitalen Städtebau, der Verkehrssimulation in Videospielen und der Frage, ob man diese für die Generierung eines Stadtmodells und in weiterer Folge auch für planerische Tätigkeiten benutzen kann. Um diese eingehende Frage zu klären, werden zunächst städtebauliche Grundlagen und Einblicke in die digitale Planung erörtert.

#### **3.1 Städtebauliche Grundlagen**

Das Zusammenleben von vielen Menschen in Städten und Gemeinden erfordert organisatorische und technische Vorkehrungen. Die planerische Vorsorge zur Regelung derzeitiger oder künftiger Konflikte zur Erfüllung von Ansprüchen an Grund und Boden und zur Befriedigung zahlreicher Bedarfe von öffentlichem Interesse ist Aufgabe der Stadtplanung. [Zilch13]

Das im späteren Verlauf der Arbeit vorgestellte Computerspiel beschäftigt sich mit genau jenen Bedürfnissen, beschränkt diese allerdings auf eine abstraktere Ebene. Um eine funktionierende Metropole zu planen, wird ein gewisses Grundverständnis der Planung eines Wege- und Straßennetzes, sowie des Städtebaus, benötigt. Hierfür werden in folgenden Kapiteln einige wichtige Begriffe näher erläutert:

##### **3.1.1 Stadt**

Die Stadt ist der Ort der historischen Auseinandersetzungen zwischen den „Mächten“ in der Stadt – nämlich denjenigen, die die städtischen Räume hervorbringen und prägen und die um ihren Anteil an den städtischen Nutzungen kämpfen. Die Form und die städtebauliche Ausprägung eines Stadtgrundrisses sind somit immer auch Ausdruck und Folge der Stadtfunktion. So beeinflusste z.B. die Kolonisation der Griechen und Römer die Stadtstruktur der neu geplanten Städte; im Mittelalter prägten die Monopolträger von Handel und Handwerk die Form der Stadt ebenso wie im Barock ihre Funktion als Residenz. Die Funktion einer Stadt wiederum ist

Ausdruck und Folge der gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und sozialen Bedingungen der jeweiligen Epoche. [Brandt14]

### **3.1.2 Urbanität**

Dieser Begriff führt alle städtebaulichen, sozio- kulturelle und sozio-ökonomischen Elemente zusammen und lässt sie als „typisch städtisch“ interpretieren. Dies bedeutet, dass sowohl die Planung von Straßen, genauso wie die Entwicklung einer eigenen Kultur und die wirtschaftliche Aktivität, wie Handel, unter diesem Begriff geführt werden. Hinsichtlich Architektur und Städtebau, bezeichnet Urbanität eine durch ein bestimmtes Muster bebaute Struktur als auch aus bestimmten Mustern von Funktionen oder Benutzung eines Raumes. Meist definiert die Bevölkerung selbst, was Urbanität zugesprochen wird, indem eine Person oder eine Mehrzahl an Personen etwas als, wie bereits erwähnt, typisch städtisch befindet. [Rajakovics13]

## **3.2 Entwicklung digitaler Planung**

Um ein geplantes Bauvorhaben umzusetzen, ist es notwendig die Umgebung zu erfassen und zu kennen. Dafür wurden erste handgezeichnete Karten bis hin zu ersten gedruckten Geländekarten verwendet.

In den 1980er Jahren, zogen der Computer und damit die Informationstechnik, in die Bauindustrie ein, Computer Aided Design (CAD) – Programme ersetzten zunehmend die Reißbretter und leiteten damit eine große Veränderung in breiten Teilen der Industrie ein. Mit der Verfügbarkeit von diesen Programmen wurde zunehmend der Computer eingesetzt um zunächst zweidimensionale Pläne digital zu erstellen. Es folgte die Vision einer dreidimensionalen Modellierung von Projekten. Diese wurde schnell eingeführt und etablierte sich zunächst in dem Maschinenbau – Sektor. Im Bauwesen wird heute noch hauptsächlich ebenflächig entworfen, allerdings sind zunehmend CAD Programme zur Visualisierung und zur Planung von komplexeren Projekten mit Freiformflächen oder „organischen Formen“ in Verwendung. [Baumgärtel11]

Durch die Umstellung auf ein digitales Medium mussten auch Karten und Geländedaten bereitgestellt werden und somit global erfasst werden. Ein erster Schritt in diese Richtung brachte das Geographic Information System

(GIS). Dieses System erfasst laufend ortsbezogene Daten, wie Flussverläufe, Vegetation, Straßen, usw. aber auch bevölkerungsbezogene Daten, wie Einwohnerzahl, Einkommen, Arbeitslosigkeit, usw. und speichert diese auf einzelnen Ebenen ab um so schnell Unterschiede oder Ähnlichkeiten analysieren und verstehen zu können. [sgt.com]

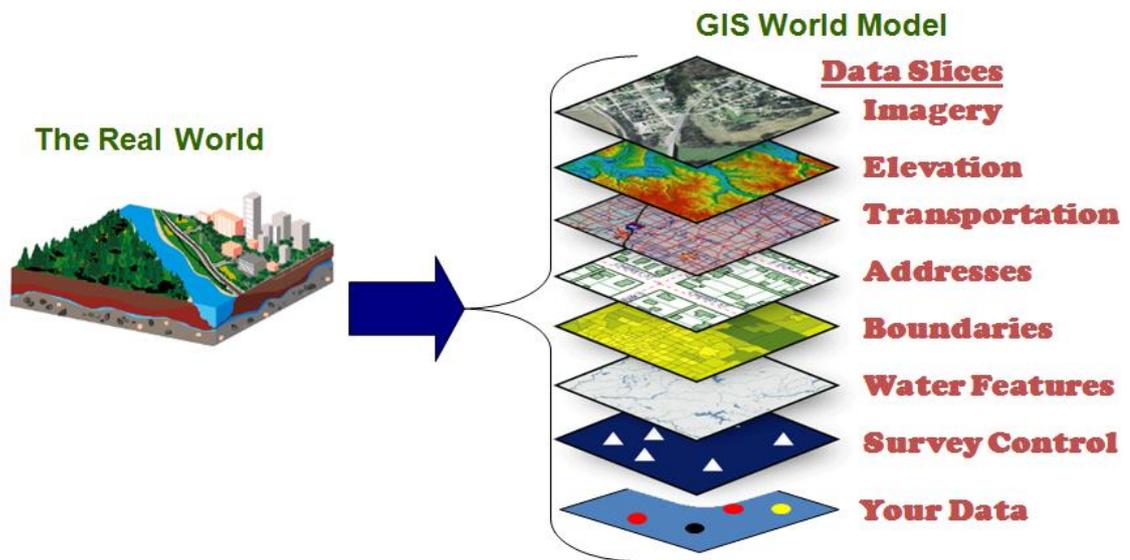


Abbildung 3.1 GIS – Funktionsdiagramm

Nach dem Aufkommen von Google Earth und der Einbindungsmöglichkeit von GPS wurden die gestalterischen Möglichkeiten im Bereich Städtebau erweitert und teilweise neu entwickelt. Durch die Kombination mit anderen Programmen und Technologien erschlossen sich neue Methoden, wie Bilder und andere Informationen mit ihren Koordinaten zu versehen und so eine ortsbezogene Verknüpfung herzustellen. [Popovich08]

Durch diese Neuerung konnten erste statische Modelle erzeugt werden und es entstanden erste dreidimensionale Blockmodelle von Häusern, die in Google Earth eingefügt werden konnten und von der Öffentlichkeit betrachtet werden konnten.

### 3.3 Digitale Stadtmodelle

Die städtebauliche Planung hat sich in den letzten Jahren immer weiter entwickelt und das digitale Medium wird verstärkt im Bereich Modellierung eingesetzt. Durch möglichst naturgetreue dreidimensionale Modelle wird die allgemein verständliche Kommunikation von räumlicher Konzeption und Planung erleichtert, was jedoch in vielen Fällen allein nicht ausreicht, um Arbeiten in ihrer ganzen Vielfaltigkeit zu kommunizieren. Um in einem urbanen Bereich eine eindeutigere Darstellung zu erreichen, existieren sogenannte digitale Stadtmodelle, welche in verschiedenen Variationen und Qualitätsstufen, je nach Situation und Anforderung, erstellt werden.

Ein möglichst realitätsgetreues Stadtmodell wird bevorzugt in zwei Arbeitsschritten erzeugt, zuerst wird aus Luftbildern eine Dachlandschaft geschaffen und im weiteren Schritt zu einem 3D – Blockmodell erweitert. Ausgehend von diesem Grundmodell können Fassaden mittels terrestrischer Sensordaten nochmals verfeinert werden. [Schrenk02]

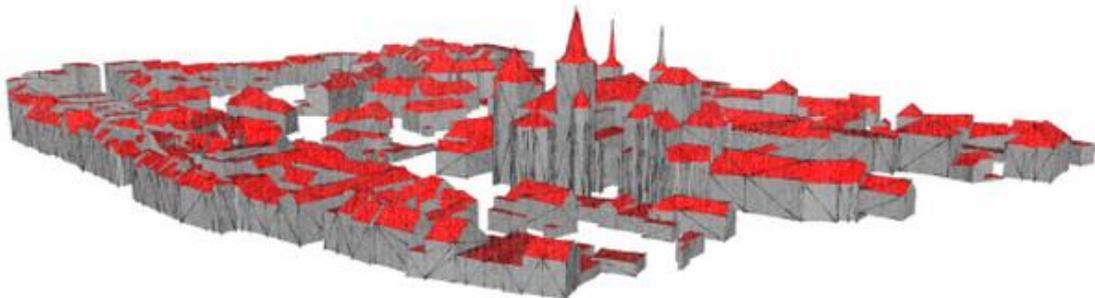


Abbildung 3.2 3D – Stadtmodell

Durch großflächige Stadtmodelle ergeben sich neue Perspektiven für Öffentlichkeitsarbeiten, nachdem durch das Medium Internet immer vermehrt interaktive Visualisierungen dreidimensionaler Objekte generiert werden. Die dreidimensionale Darstellung von fiktiven Zuständen kombiniert mit einem möglichst naturgetreuen Stadtmodell über ein allgemein zugängliches und leicht zu bedienendes Medium, wie Videospiele, würde den Prozess Planung und Verständnis deutlich beschleunigen und vereinfachen, welches zu einer Weiterentwicklung der sogenannten Echtzeitplanung führt. [Schrenk02]

### 3.4 Echtzeitplanung

Die Echtzeitplanung liegt nahe an den bereits erwähnten Stadtmodellen, jedoch mit einem großen Unterschied in der Interaktivität und Darstellung. Im Gegensatz zu den meisten Modellen, die für Präsentationen von Projekten verwendet werden und in High – End – Visualisierungen, sogenannten Renderings, dargestellt werden, ermöglichen Echtzeitsysteme eine individuelle Navigation in der computergenerierten Welt. Zusätzlich zur Integration von physikalischen Parametern, wie Schwerkraft, Kollisionen, Oberflächenbeschaffenheit, Lichtverhältnisse, Schattenwürfe, etc., stellt die vollkommene Bewegungsfreiheit in der virtuellen Welt den entscheidenden Unterschied zu normalen Stadtmodellen dar. [Popovich08]

Die Idee hinter diesen Echtzeitplanungen ist, dass jeder von seinem eigenen Computer zu Hause aus die Möglichkeit besitzt eine aktive Rolle im dreidimensionalen Modell einzunehmen und geplante Objekte oder historische Rekonstruktionen auch für einen Laien nachvollziehbar und räumlich interaktiv zu erleben.

### 3.5 Verkehrsplanung

Die Verkehrsplanung ist ein Teil der Verkehrswissenschaften und beschreibt die verantwortungsbewusste und verträgliche Umsetzung von Mobilität in Verkehr. Wobei unter den beiden Begriffen „Mobilität“ und „Verkehr“ folgendes verstanden wird:

*„Mobilität ist ein menschliches Grundbedürfnis, das der Verknüpfung von Lebensbereichen und Aktivitäten dient. Neben wirtschaftlichen und beruflichen Aspekten ist es v.a. der Wunsch nach individueller Lebensgestaltung, der die Mobilität erfordert. Verkehr als Ortsveränderung von Personen, Gütern und Informationen ist Voraussetzung für die Mobilität und zugleich Folge dieser Wahrnehmung der individuellen Bewegungsfreiheit.“* [Dirk98]

Über die baulichen Maßnahmen hinaus besteht die Aufgabe der Verkehrsplanung darin, über mögliche zukünftige Verkehrsentwicklungen in verschiedensten Varianten und Szenarien Aussagen zu treffen. Dafür werden spezielle Verfahren, Methoden und Modelle herangezogen und diese mittels,

im öffentlichen Verkehrsraum eines betrachteten Gebietes, gesammelten Informationen gespeist. [Schnabel80]

Neben diesem Teilgebiet existieren noch viele andere Fachgebiete der Verkehrswissenschaften, die sich durch den Faktor Zeit voneinander unterscheiden lassen. Beispielsweise umfasst das Zeitintervall der Verkehrsfluss und –dynamik Modellierung etwa eine Sekunde bis wenigen Stunden, während bei Zeiträumen, die von einigen Stunden bis zu 50 Jahren reichen können, von Verkehrsplanung gesprochen wird. [Treiber10]

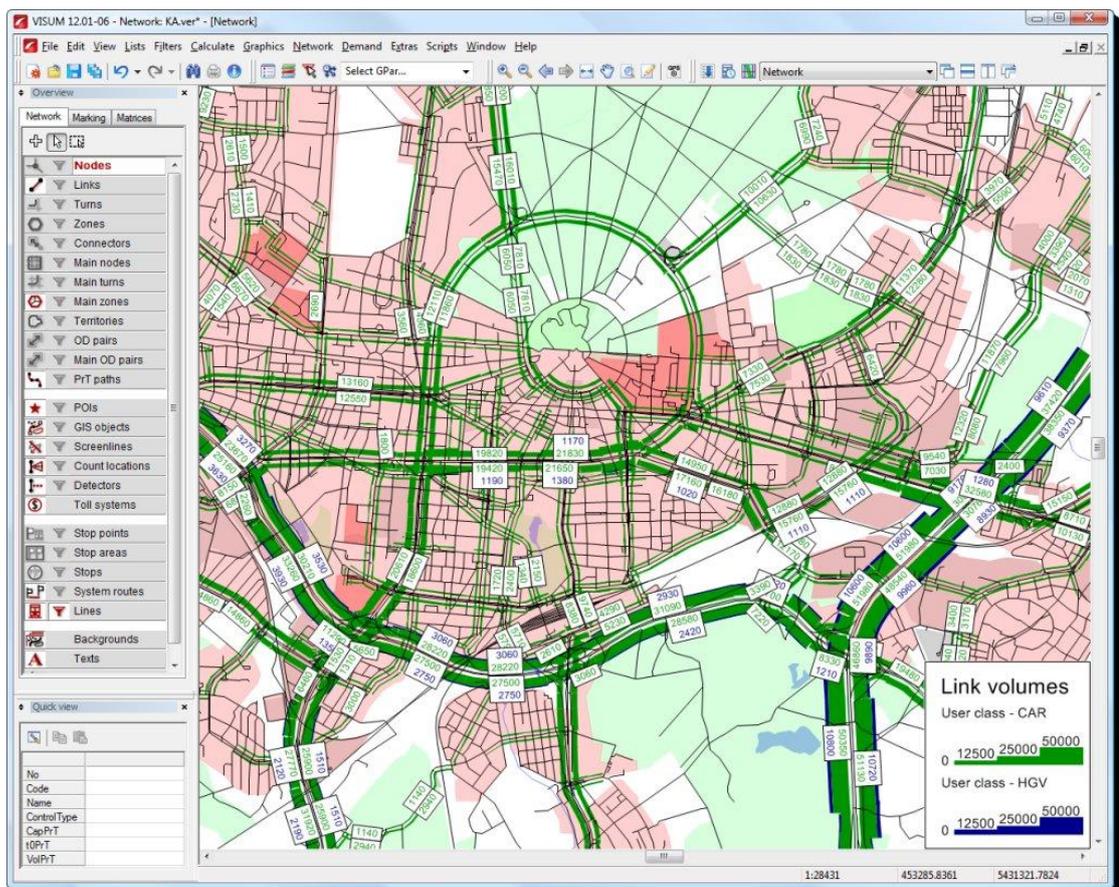


Abbildung 3.3 PTV Visum

In der professionellen Verkehrssimulation werden unter anderem Programme der PTV Group verwendet, die sich auf Planung Transport und Verkehr (PTV) spezialisiert hat und Softwarelösungen in diesen Bereichen anbietet. Mit Hilfe der Software Visum lassen sich Straßennetze modellieren und Nachfrageberechnungen, IV – Umlegungsverfahren, ÖV – Betriebe, Verkehrstechniken und Analysen durchführen. Einsatzgebiete des Programms

sind die Verkehrsentwicklung, Planung von öffentlichen Verkehrsmittel und Neu- und Ausbau von Straßen. Zusätzlich lassen sich neben verkehrstechnischen Analysen auch Wirtschaftlichkeitsanalysen und eine Verkehrsentwicklungsplanung ausführen. [ptv.com]

Da Verkehrsanlagen meist sehr wertintensiv sind, müssen sie eine lange Lebenszeit besitzen und langfristig den aufkommenden Anforderungen genügen. Um diese Begriffe von der Planung in die Realität umzusetzen, bedarf es einem gewissen Beobachtungszeitraum, da sich die Verkehrsplanung nicht auf das hier und jetzt sondern auf eine längere Zeitspanne bezieht. Da man jedoch bereits vor der Realisierung eines Projekts Daten über ein mögliches Verkehrsaufkommen besitzen sollte, werden sogenannte Verkehrssimulationen durchgeführt.

### **3.6 Verkehrssimulation**

Um von Verkehrssimulationen zu reden, bedarf es einer Erklärung des Grundbegriffes „Simulation“, der oft vorschnell verwendet wird ohne die vielen Bedeutungen dahinter zu verstehen. Grundsätzlich werden heutzutage Simulationen hauptsächlich rechnergestützt durchgeführt, wodurch viele auch Computersimulationen als Überbegriff verwenden. Die relevanteste Bedeutung für diese Arbeit, die Bedeutung von Simulationen als Gesamtkomplex der Vorausberechnung oder das nachstellen und analysieren eines bestimmten Szenarios, wird genauer beschrieben. [Bungartz13]

*Im weitesten Sinne versteht man unter Simulation auch das Vorbereiten, Durchführen und die Auswertung von Simulations-Experimenten mit einem Simulationsmodell.* [itwissen.info]

Ein gutes Beispiel hierfür sind Simulationen des Verkehrs und eine daraus folgende Straßenplanung. Da sich die Bevölkerung und die Mobilität immer schneller steigern und viele Teile der heutigen Infrastruktur dafür nicht ausgelegt sind, ist es notwendig schnell und effizient in die Verkehrsstruktur einzugreifen und diese entweder neu zu gestalten oder neue Strecken zu planen um eine negative Auswirkung auf das soziale Leben und das Wohlbefinden größtenteils zu verhindern. Genau aus diesem Grund werden

Simulationen eingesetzt, um mögliche Lösungsansätze zu testen und die effizienteste und kostengünstigste Lösung für Probleme zu finden. [Behrisch14]

**PTV VISSIM**  
the mind of movement

**FAHRVERHALTEN SIMULIEREN**

Die Modellierung des Fahrverhaltens bildet den Kern einer Verkehrssimulation. Ein wesentliches Element, um die Dynamik realitätsnah wiedergeben zu können, sind Fahrzeugbewegungsmodelle. Man unterscheidet zwischen drei Modellen:

**FOLGEMODELL**

Das psycho-physische Fahrzeugfolgemodell nach Prof. Rainer Wiedemann entstand 1974 und 1999 an der Technischen Hochschule Karlsruhe. In diesem beschreibt er den Verkehr auf einer einspurigen Fahrbahn. In der Simulationssoftware PTV Vissim ist das Modell implementiert und kann vom Nutzer über Parameter an lokale Gegebenheiten angepasst werden. Das Fahrzeugfolgemodell beschreibt 4 Zustände:

- 1. FREIES FAHREN**  
Der Fahrer bewegt sich mit seiner Wunschgeschwindigkeit, solange sich kein Hindernis vor ihm befindet. Hindernisse können beispielsweise langsamere Fahrzeuge, rote Ampeln oder mögliche Konflikte mit kreuzenden Fahrzeugen sein.
- 2. ANNÄHERN**  
Hier erkennt der Fahrer, dass sich vor ihm ein langsames Fahrzeug befindet und bremst auf den Wunschabstand ab. In PTV Vissim lassen sich für verschiedene Fahrzeugklassen und -typen unterschiedliche Fahrer- und Fahrzeug-eigenschaften definieren, wie beispielsweise das Verzögerungsverhalten beim Annähern an das Vorderfahrzeug.
- 3. FOLGEN**  
Beim Folgen versucht der Fahrer den Abstand zum Vordermann konstant zu halten. Doch der Abstand zwischen beiden Fahrzeugen oszilliert - mal wird die Geschwindigkeit etwas höher, mal geringer sein.
- 4. ABBREMSEN**  
Reduziert ein Fahrzeug stromabwärts die Geschwindigkeit, so muss auch das Folgefahrzeug bremsen. PTV Vissim prüft für jedes Fahrzeug in jedem Simulationszeitschritt den Abstand und die Geschwindigkeitsdifferenz zu den Vorderfahrzeugen.

**FAHRSTREIFENWECHSEL**

Es werden 2 Arten von Fahrstreifenwechseln unterschieden:

- 1. FREIER FAHRSTREIFENWECHSEL**  
Ein freier Spurwechsel erfolgt zum Überholen langsamerer Fahrzeuge, also wenn die eigene Wunschgeschwindigkeit höher ist als die des Vordermanns. Dabei wird darauf geachtet, dass Fahrzeuge auf dem Zielfahrstreifen nicht beeinträchtigt werden.
- 2. NOTWENDIGER FAHRSTREIFENWECHSEL**  
Er kommt zustande, wenn der Fahrer den Fahrstreifen wechseln muss, zum Beispiel um einer Route zu folgen. Je näher er dem Entscheidungspunkt kommt, umso aggressiver wird der Fahrer handeln und auch Behinderungen anderer Fahrer akzeptieren. Gleichzeitig kooperieren andere Fahrzeuge, um den Fahrstreifenwechsel zu ermöglichen.

**QUERVERHALTEN INNERHALB EINES FAHRSTREIFENS**

**NICHT-SPURGEBUNDENES VERHALTEN**  
Die Wahl der Position innerhalb eines Fahrstreifens ist immer dann wichtig, wenn sich Fahrzeuge innerhalb eines Fahrstreifens überholen und nebeneinander aufstellen können. Das ist zum Beispiel auf Radwegen oder in manchen Regionen auch auf normalen Straßen der Fall.

<http://vision-traffic.ptvgroup.com>

**NEU IN PTV Vissim**

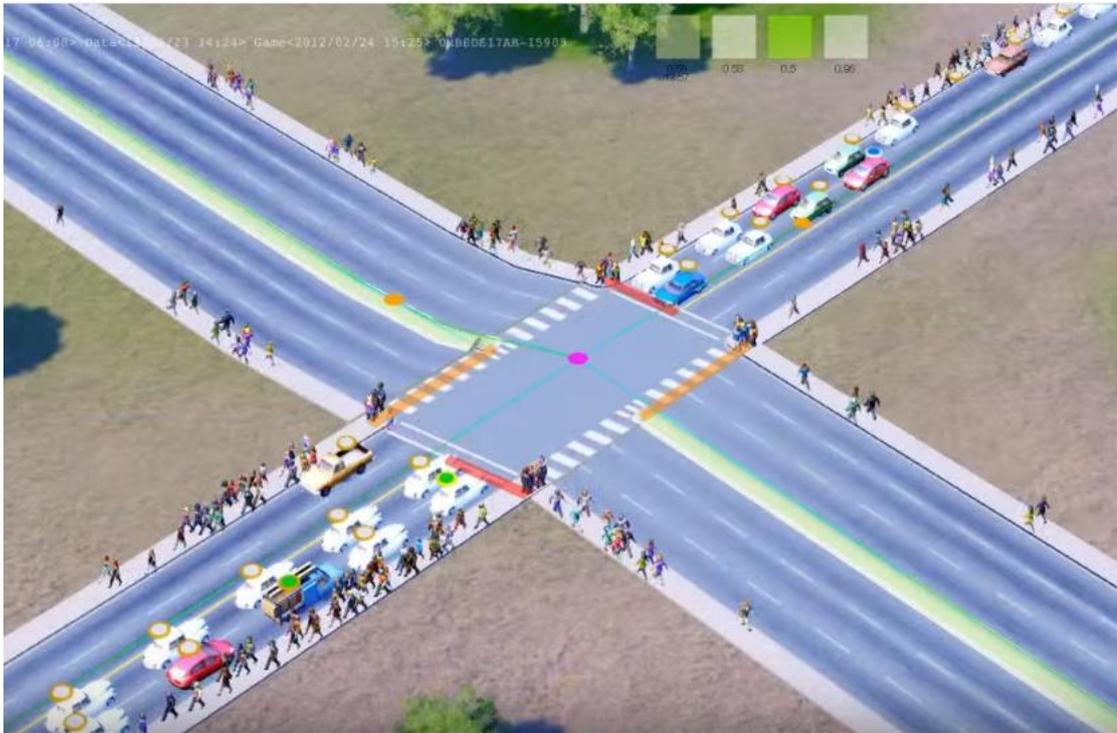
Abbildung 3.4 PTV Vissim

Für Verkehrssimulationen kann PTV Vissim verwendet werden, die eine Modellierung von multimodalen Verkehrsabläufen ermöglicht. Weitere Simulationsmöglichkeiten bietet die Software in den Bereichen öffentlichen Verkehr, Emissionen und Knotenpunkte. [ptv.com]

Neben schnellen Ergebnissen haben Simulationen den Vorteil, dass in vorhandene Strukturen eingegriffen wird und Versuche durchgeführt werden können, ohne Einfluss auf die Realität zu nehmen. Durch diese lassen sich Langzeitprognosen für Verkehrsentwicklungen erstellen oder auch geplante Verkehrsknoten auf Ausnutzung und Auswirkung überprüfen.

Diese Möglichkeiten finden sich nicht nur in professioneller Software, sondern lassen sich mit dem Spielprinzip von Städtebausimulationen, wie Cities: Skylines oder Sim City vergleichen. Diese bieten dem Spieler an, nach dem „Try and Error“ Prinzip zu arbeiten und nicht praktikable Ideen wieder zu löschen oder umzugestalten. Sie folgen dabei vereinfachten Regeln, die auch

in professionellen Tools berücksichtigt werden, um den Verkehr und das Verhalten zu anderen Teilnehmern zu simulieren.



**Abbildung 3.5. Verkehrssimulation Sim City**

In Abbildung 3.5. Verkehrssimulation Sim City, wird einfache Kreuzung dargestellt, die durch sogenannte Agenten<sup>1</sup> simuliert wird. Jeder Fußgänger und jedes motorisierte Verkehrsmittel stellt einen Agenten dar, die einen individuellen jedoch fixen Start und Endpunkt besitzt. Dabei werden beispielsweise Vorrangregelungen durch Straßentypen und Ampeln geregelt. [ytSC.com]

Durch Überlagerung dieser Routen ergeben sich Auslastungen, die wiederum im Spiel farblich gekennzeichnet werden<sup>2</sup>. Diese sogenannten Multi – Agenten – Simulationen werden in verschiedenen Bereichen eingesetzt und können sowohl in makroskopischen als auch mikroskopischen Modellen verwendet werden. Das Zusammenspiel einer Menge von Agenten führt zu einer Wechselwirkung und es entstehen Situationen, die durch das Verhalten einzelner Agenten nicht entstehen würde. Ein Beispiel einer solchen negativen Emergenz ist ein Stau. Allerdings können durch ein solches Zusammenspiel

<sup>1</sup> Siehe Kapitel 4.2.1

<sup>2</sup> Siehe Kapitel 6.4

auch positive Emergenzen, wie die Ermittlung des kürzesten und schnellsten Weges entstehen. [Dallmeyer14]

### **3.7 Kommunikationsstrategien**

In der Raum- und Verkehrsplanung kommen in der Regel „Allrounder“ wie Geoinformationssysteme (GIS) aber auch Graphik-, Visualisierungs- und Objektplanungssoftware (CAD) zum Einsatz. Je nach spezifischer Aufgabenstellung werden in einigen Fällen weitere, hoch spezialisierte Tools wie Verkehrsmodelle, Stadt- und Regionalplanungssoftware oder Umweltmodelle eingesetzt. Wichtig ist dabei die Visualisierung, da der Großteil der menschlichen Wahrnehmung auf optischen Reizen basiert, die über den Sehsinn aufgenommen werden. Aus diesem Grund helfen virtuelle Modelle oder Augmented Reality dem Nutzer, abstrakte und komplexe Inhalte schnell zu verstehen, unabhängig von der vorhandenen Expertise. Virtuelle Modelle erlauben als beispielsweise 3D – Stadtmodelle verkleinerte Ansichten von Städten oder Stadtbereichen und können damit vergangene oder zukünftige Entwicklungen sehr gut veranschaulichen. Vermehrt geht die Entwicklung zu den noch nicht sehr bekannten ePartizipation und Online – Beratungstools. [Schrenk11]

Ein Beispiel für ein solches Tool, ist das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Citizen Talk“. Dieses befasst sich mit der zunehmenden Nutzung neuer Medien im Bereich der Stadt-, Regional- und Verkehrsplanung. Dabei wurden neue Kommunikationsstrategien mit neuen interaktiven Kommunikationsmöglichkeiten und Darstellungsformen im Internet am Beispiel der Entwicklung eines chatbot – Prototyps verbunden. [fh-erfurt.de]

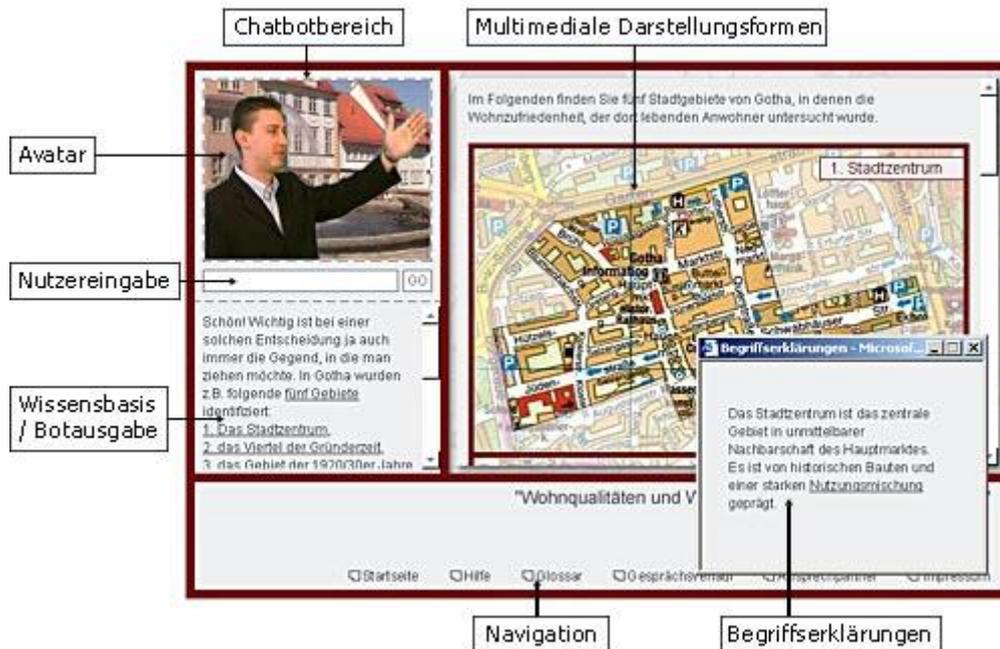


Abbildung 3.6 Chat bot – Citizen Talk

Ein Chat bot simuliert eine menschliche verbale Kommunikation auf einer Online Plattform und erlaubt es dem Benutzer Fragen oder Sätze in ein Textfeld zu schreiben und eine passende Antwort zu erhalten. Diese wird als Text oder auch als gesprochener Text wiedergegeben. Meistens werden diese Bots in Verbindung mit animierten Avataren erstellt um den Benutzern eine virtuelle Persönlichkeit zu präsentieren. Solche chatbots werden längst nicht mehr nur als Vergnügungssoftware verwendet, sondern finden immer größeren Nutzen in der Informationsweitergabe und der Bildung. Der in dem Projekt „Citizen Talk“ generierte Bot, stellt Informationen über die Stadt Gotha, sowie geplante Bauvorhaben zu Verfügung. [Aylett10]

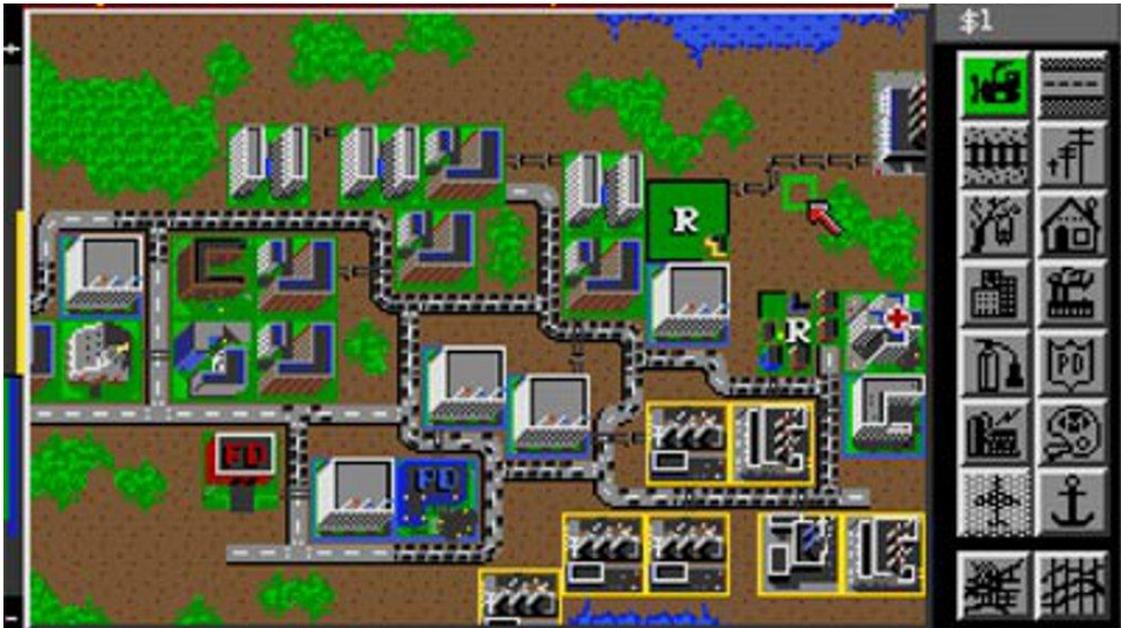
## **4. Städtebausimulationen als Serious Games**

Generell versteht man unter Simulationspielen Spiele, die meist komplexe reale Systeme mittels möglichst vereinfachten Methoden nachstellen und damit eine benutzerfreundliche Bedienung schaffen. Ein Teil dieser Spiele kann zu den „Serious Games“ gezählt werden, da sie bereits zu Lehrzwecken verwendet werden, beispielsweise Flugsimulatoren zur Ausbildung von Piloten. Die meisten Simulationsspiele sind jedoch ohne feste Ziele und Aufgaben, sondern überlassen dem Benutzer selbst die Entscheidung, sich durch eine Welt zu bewegen oder eine Stadt nach seinen Phantasien zu erbauen.

Das Genre der Städtebausimulationen, lässt den Spieler in die Rolle eines Stadtplaners und Bürgermeisters schlüpfen und simuliert vereinfachte wirtschaftliche Zusammenhänge, wie Steuereinnahmen und Betriebskosten kombiniert mit leicht bedienbaren Werkzeugen zur Erbauung von eigenen Metropolen. Zu den bekanntesten Vertretern zählen die Spiele der Sim City Reihe und das 2015 erschienene Cities: Skylines.

### **4.1 Sim City**

1987 gründete der bis dato noch unbekannt Game Designer Will Wright das Entwicklerstudio Maxis und binnen zwei Jahre gelang ihm mit dem Spiel Sim City ein Klassiker und der große Durchbruch. Durch dieses Spiel wurde der Grundstein zur Städtebausimulation gelegt und hat dieses Genre grundlegend geprägt. Zu Beginn war es eine vereinfachte Städtebausimulation ohne festem Spielziel und noch sehr eingeschränkter grafischen Darstellung. Das Hauptaugenmerk lag bei dem Ausbau von Straßen, den Bau von Krankenhäusern, dem bekämpfen von Kriminalität durch Polizeireviere, dem verhindern von Bränden durch eine Feuerwehr und dem kassieren von Steuern um die geplanten Projekte zu finanzieren. Wenn die Lust an dem Aufbau einer Stadt schwand oder kein Platz mehr für einen weiteren Ausbau vorhanden war, konnte man diese mit Katastrophen zerstören und die Stadt wieder neu aufbauen oder umgestalten. [pcgames.de]



**Abbildung 4.1 Sim City**

Sim City 2000 war der Nachfolger dieses Klassikers und zugleich eine Weiterentwicklung im Bereich Grafik und Gameplay. Durch die isometrische Ansicht war es den Spielern möglich, die erbaute Metropole aus vier verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Zusätzlich bestand die Karte nicht mehr nur aus einer flachen Ebene sondern man konnte eigene Karten mit Ozeanen, Küsten und Gebirgen erzeugen und dadurch den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen. Der direkte Nachfolger Sim City 3000 entstand kurz danach und hatte nur minimale Änderungen, wie beispielsweise Szenarien, in denen man bestimmte Aufgaben erfüllen musste. Erst im Jahr 2003 kam der nächste große Schritt in der Entwicklung mit Sim City 4. Anders als die Vorgänger hatte man die Möglichkeit eine Region, die in verschieden große Karten unterteilt war, mit mehreren miteinander wirtschaftlich aufbauende Metropolen zu erbauen. Hinsichtlich der Straßenplanung, war es nun möglich, Straßen auch im 45 Grad Winkel zu bauen, allerdings nur orthogonal zu zonieren.



Abbildung 4.2 Sim City 4

## 4.2 GlassBox Engine

Mit Sim City kam auch die Weiterentwicklung der Spiel-Engine für Städtebausimulationen. Die GlassBox – Engine simuliert mittels Agenten und Regeln, Objekte wie Strom, Wasser, Einwohner und Abgase. Dies führt dazu, dass im Falle eines Staus nicht nur durch eine Stauanimation gezeigt, sondern durch eine große Anzahl von einzelnen Fahrzeugen tatsächlich dynamisch simuliert wird. [ytS2.com]

### 4.2.1 Simulationseinheiten

Die Engine ist aus mehreren Teilelementen aufgebaut, die für den Spieler nicht sichtbar im Hintergrund agieren um für einen optimalen Spielfluss zu sorgen. Eines dieser Elemente sind Simulationseinheiten, dazu zählen Gebäude die Ressourcen benötigen um mittels internen Regeln Güter zu erzeugen, wie beispielsweise Kohlekraftwerke. Diese benötigen als Ressourcen, Kohle und Arbeiter um diese in Strom und Umweltverschmutzung umzuwandeln. Die Umwandlung von Input in Output wird als Simulationsregel bezeichnet, mit dieser direkt verbunden sind dazugehörige Animationen und eventuelle Effekte, wie Rauch oder sich bewegende Teile, die durch diese Regeln ausgelöst werden. Um die

Simulation realistischer zu gestalten, wird immer eine Eins-zu-Eins-Umsetzung generiert. [ytS1.com]



Abbildung 4.3 Diagramm Kraftwerk

#### 4.2.2 Aktive Objekte

Aktive Objekte sind Simulationsobjekte, die Pakete oder Anfragen zwischen einzelnen Instanzen transportieren und an ihrem Bestimmungsort neue Simulationsregeln auslösen. Die notwendigen Güter werden vom Produktionsort in kleine Pakete verpackt und als aktives Objekt über die vom Spieler gebauten Straßen an die jeweiligen Gebäude verschickt.

Neben diesen ressourcenfördernden Objekten existieren auch rein informationstransportierende, die Wohn-, Industrie- und Gewerbegebiete miteinander verknüpfen und Abhängigkeiten schaffen oder im Falle eines Notfalls, beispielsweise ein Brand, neben aktiven Alarmobjekten, die nach der nächste Feuerwache suchen um einen Löschwagen zu schicken, auch kreisförmig ausbreitende Wärmeobjekte aussendet die eine mögliche Verbreitung des Feuers verursachen könne. [ytS3.com]

#### 4.2.3 Verkehr

Mittels eines virtuellen Distanzfeldes senden die jeweiligen Zonen Anfragen aus um Arbeiter oder freie Arbeitsplätze zu finden. Nachdem eine freie Arbeitsstelle oder noch arbeitslose Bewohner gefunden wurden, werden aktive Objekte ausgesendet, die sich je nach vorhandenem Verkehrsmittel auf den Weg machen. Wenn in einer Simulationseinheit genügend Ressourcen und Arbeitskräfte vorhanden sind, beginnt es je nach internen Regeln etwas zu produzieren. Im Beispiel von Industriegebäuden werden verschiedene Güter erzeugt, die weiter zum nahe gelegenen Gewerbegebiet transportiert werden oder direkt exportiert werden. Der simulierte Verkehr setzt sich aus verschiedenen Agenten zusammen, die sich für den Transport von Gütern

oder als Personenverkehr auf Routen bewegen. Dabei können sich die Agenten je nach Angebot zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln entscheiden. [ytS1.com]

### **4.3 Cities: Skylines**

Dabei handelt es sich um eine Städtebausimulation des finnischen Entwicklerstudios „Colossal Order“ und ähnelt anfangs der Sim City Reihe, hebt sich allerdings mit innovativen Änderungen ab. Es gewährt dem Spieler eine Vielfalt an gestalterischen Freiheiten im Grundspiel und lässt Modifizierungen des Spiels zu. Durch den Workshop der Vertriebsplattform Steam lassen sich erstellte Modifikationen, Modelle, Karten oder ganze Städte per Mausklick abonnieren und stehen automatisch jedem Besitzer des Spiels zu Verfügung. Diese Möglichkeit des globalen Austausches hebt dieses Simulationsspiel stark von anderen ab, da sich das Spiel mit Hilfe der Spieler selbst weiterentwickeln kann und die Entwickler selbst Ideen übernehmen und in das Grundspiel implementieren. Diese offene Änderungsmöglichkeit ist ein erstes Kriterium die für die Wahl dieses Spiels im Vergleich zu anderen Simulationen spricht.

Neben der Größe der Karten, die für den praktischen Teil der Arbeit essentiell ist<sup>3</sup>, ist auch die Anzahl der möglichen simulierten Agenten wichtig. Cities: Skylines gibt an das maximale Bevölkerungslimit mit 1.048.575 Einwohnern zu erreichen. Dabei können 65.535 aktive Agenten in Form von Personen und Tieren, 16.383 Fahrzeuge und 32.767 Gebäude gleichzeitig sichtbar simuliert werden. [skwi.com]

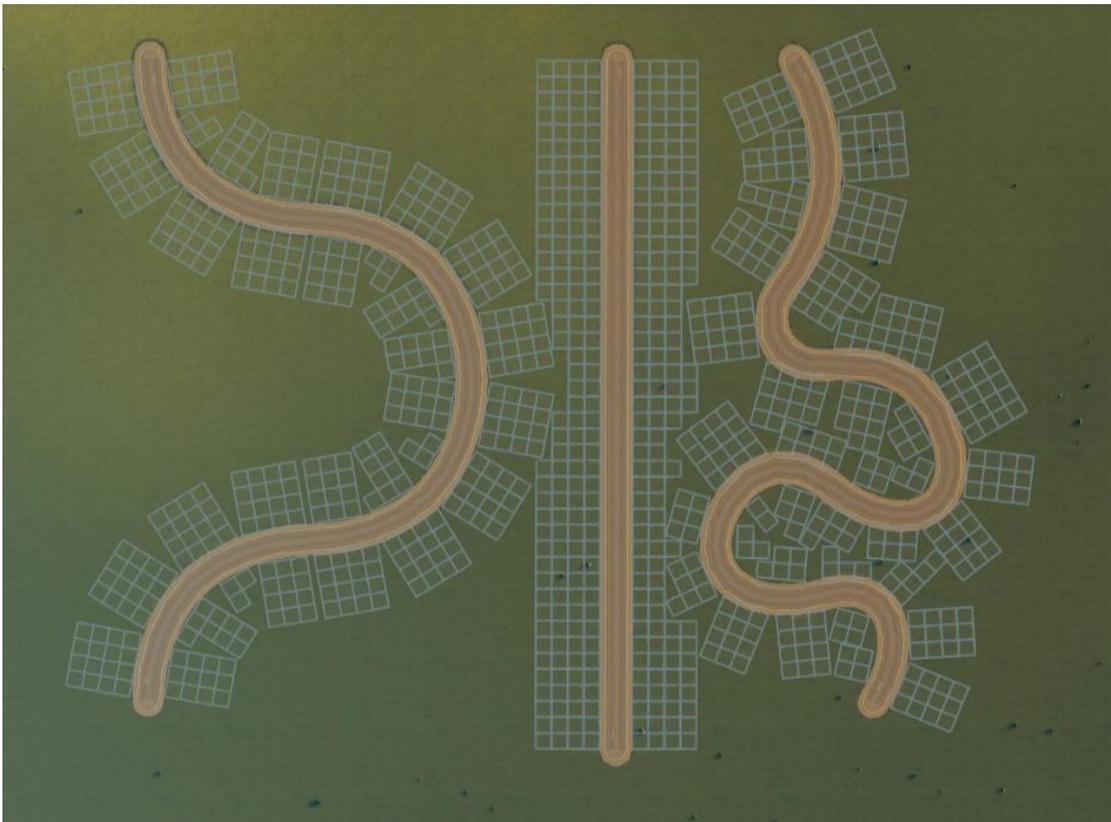
#### **4.3.1 Straßennetz**

Die Spielfläche von Cities: Skylines umfasst 36 km<sup>2</sup>, welche sich durch eine Modifizierung der Community auf eine maximal bespielbare Fläche von 100 km<sup>2</sup> erweitern lässt. Eine weitere Komplexität erhält das Spiel durch die Möglichkeit der Einteilung der Metropole in Stadtviertel, die helfen die Übersicht zu bewahren und eigene Regeln, Gesetze und Bauvorschriften für Teile der Stadt festzulegen.

---

<sup>3</sup> Siehe Kapitel 5.2

Der Straßenbau und der Bau eines öffentlichen Nahverkehrsnetzes sind frei gestaltbar und dadurch auch natürlichere Stadtformen möglich, da sich die Zonierung der Straße anpasst. Durch diese freie Gestaltungsmöglichkeit lernt der Spieler eine gewisse Sensibilität für die Verkehrsplanung, da durch den Ausbau eines öffentlichen Verkehrsnetzes die Entscheidung der Bewohner, das Auto oder andere Verkehrsmittel zu nutzen, beeinflusst wird. Die freie Gestaltungsmöglichkeit der Straßen und die Größe der Karte sind Grundvoraussetzungen für den praktischen Teil der Arbeit und somit ein weiteres wichtiges Auswahlkriterium.



**Abbildung 4.4 Straßenstrukturen**

Die im Spiel etablierten Straßentypen unterscheiden sich in Anzahl der Fahrspuren, die bei Wegen mit Gegenverkehr in beiden Fahrtrichtungen gleich ist. Durch diese Geradlinigkeit sind Straßen mit eigener Abbiegespur oder unterschiedliche Fahrstreifenanzahl je Verkehrsseite nicht möglich. Die teilweise falschen Straßentypen werden für die Modellierung im praktischen Teil der Arbeit als geringe Abweichung hingenommen, da diese Funktion in keinem für diese Arbeit relevanten Städtebausimulationsspiel eingebaut ist.

Cities: Skylines bietet in diesem Bereich einen Vorteil, da durch die Möglichkeit der Modifizierung zusätzliche Straßentypen eingefügt werden können um die Abweichungen minimal zu halten.

#### **4.3.2 Abstraktionsgrad in der Darstellung**

In einer näheren Analyse wird der Abstraktionsgrad des Spieles gegenüber der Realität betrachtet, dabei wird eine Betrachtung auf makroskopischer Ebene durchgeführt und vereinzelt genauere Details untersucht.

Die Spieloberfläche einer Karte baut auf großen Flächen auf und lässt daher keine detaillierten Änderungen mit Hilfe des Editors zu. Eine Detailierungstiefe erhält die Umgebung durch das Einfügen von einzelnen Objekten wie Felsen oder Bäume um große Flächen aufzulockern. Die generierte Umgebung hat im späteren Spielverlauf Einfluss auf die Baumöglichkeit der Stadt, da sich Häuser nicht auf zu steilen Hängen generieren und Straßen eine maximale Steigung, die die Geschwindigkeit der Fahrzeuge nicht beeinflusst, besitzen mit der sie in dem Spiel gebaut werden können.

Der Gebäudemaßstab ist dem Spiel angepasst und entspricht keinem realen Maßstab, dies muss bei etwaigen Anpassungen beachtet werden.<sup>4</sup> Generell haben Gebäude keinen Einfluss auf die Lärmausbreitung von Fahrzeugen. Objekte die selbst Lärm verursachen, verstärken diesen nur in ihrem lokalen Einflussbereich.

Der Straßenverkehr wird auf Basis von Grundregeln der Game – Engine gesteuert. Dabei gibt es keine Kollisionen oder Umfälle, was dazu führt, dass Autos durch andere Verkehrsteilnehmer durchfahren.

#### **4.3.3 Modifikationsmöglichkeit**

Um ein der Wirklichkeit angepasstes Stadtmodell zu generieren, muss das Spiel im Grad der Abstraktion der Darstellung verändert werden. Diese Funktion stellt eine Grundvoraussetzung zur Verwendung des Spieles zur Generierung eines digitalen Modells dar und konnte nur durch Cities: Skylines

---

<sup>4</sup> Siehe Kapitel 5.8.2

gewährleistet werden. Durch die im Spiel eingebauten Editoren<sup>5</sup> können die Spieler eigene Umgebungskarten erstellen, durch selbsterstellte Gebäudestile das Aussehen der Stadt ändern, oder durch das Einfügen von eigenen Gebäuden besser an die Realität anpassen. Die zugänglichen 3D Programme und Tools zur Modifikation, werden auf der eigenen Wiki Seite angeführt.

Neben der Änderung des Erscheinungsbildes existiert die Möglichkeit durch Programmieren, Inhalte und Eigenschaften des Spiels zu überschreiben oder Neue hinzuzufügen. Das Spiel besitzt einen C# Compiler, der eine automatische Skriptsammlung beim Start durchführt und jegliche gespeicherte Modifikationen lädt und daraus eine .dll Datei erstellt. Es können auch spezielle Programme, wie beispielsweise Microsoft Visual Studio verwendet werden um den Code zu kompilieren und erweiterte Modifikationstechniken zu verwenden. Das Spiel unterstützt den vollständigen Satz der C# 3.5 Sprache sowie alle Funktionen, die von der UnityEngine zur Verfügung gestellt werden. Fertige Modifikationen ebenso wie andere Assets werden über den Content Manager für andere Spieler freigegeben, dabei kann auch der Quellcode mit eingebettet werden. Auf der Wiki Seite wird eine Schritt für Schritt Anleitung bereitgestellt mit bereits formulierten C# Zeilen. Dabei können einfache Eigenschaften, wie Nachfrage nach einzelnen Zonen oder eigene Modifikationen mit neuem Inhalt in das Spiel integriert werden. [skwi.com]

Dabei gilt es zu beachten, dass durch den freien Zugang der Daten, die dem Workshop hinzugefügt werden, keine Kontrolle gewährleistet werden kann, es gibt lediglich einen Hinweis verdächtige Modifikationen nicht zu verwenden.

---

<sup>5</sup> Siehe Kapitel 5.4 und 5.8

## 5. Digitalisierung des Stadtmodells St. Pölten unter dem Aspekt der Verkehrsplanung

### 5.1 Stadtgeschichte

Bis zum Ende des 8. Jhdt. existieren keinerlei Hinweise für eine Fortführung oder Wiederaufnahme der Siedlungstätigkeiten der damaligen römischen Stadt im Raum St. Pölten. Danach folgte eine erste Etappe der baulichen Entwicklung, mit der Errichtung einer Stadtmauer 1253, die wesentlich zum heutigen Stadtbild beigetragen hat. Erreichbar war die Stadt durch drei Haupttore, das Kremser Tor im Norden, das Wiener Tor im Osten, sowie Linzer Tor im Südwesten der Stadt. [Karl99]

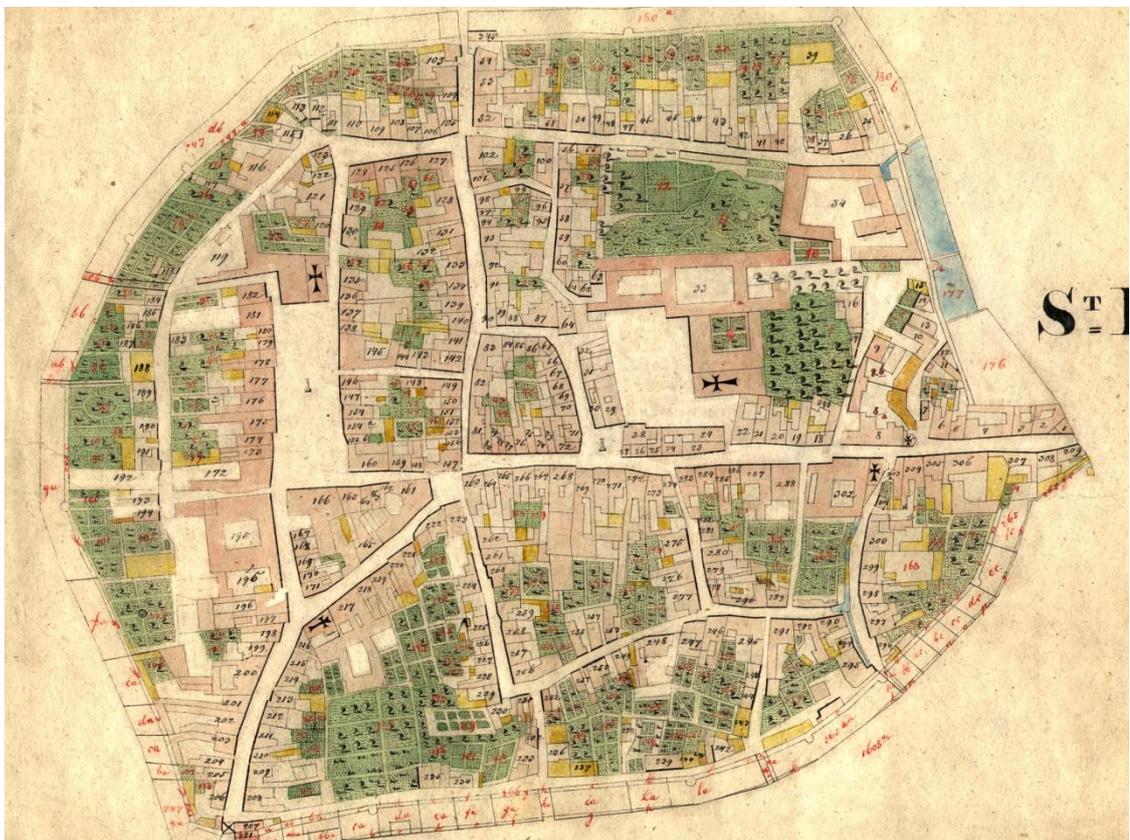
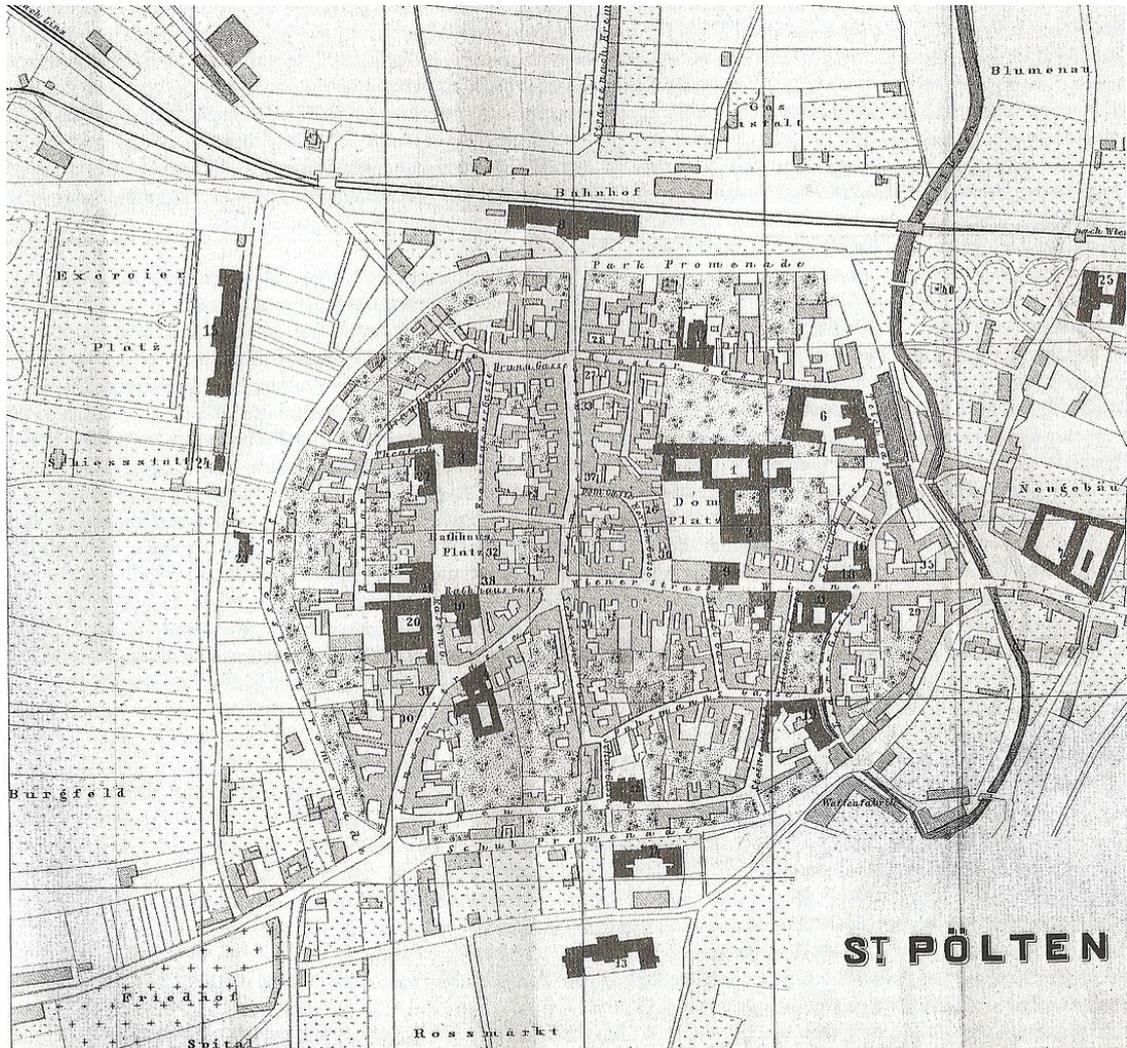


Abbildung 5.1 Stadtplan St. Pölten 1821

Wesentlich für die bauliche Entwicklung der Folgezeit war der durch die Demolierung des Wiener Tores 1787 eingeleitete Abbruch der Stadtmauer in der ersten Hälfte des 19. Jahrhundert, die Abtragung des Linzer Tores 1835, wie auch des Kremser Tores 1856, das dem Bau der Kaiserin-Elisabeth-

Westbahn weichen musste. Dadurch wurde symbolhaft die Möglichkeit der Ausdehnung der Stadt in alle Richtungen vorgegeben. [Dorfer09]



**Abbildung 5.2 Stadtplan St. Pölten 1888**

Ein Stadtplan St. Pöltens aus dem Jahre 1888 zeigt uns den damaligen Stand der Stadterweiterung, die mit dem Abbruch der Stadtmauern um die Mitte des Jahrhunderts eingeleitet worden war. Eine räumliche Stadterweiterung, die Gebiete außerhalb der ehemaligen Stadtmauern für sich beansprucht hätte, hat erst in sehr beschränktem Ausmaß Platz gegriffen. Die Form der Stadt ist im Wesentlichen noch vom alten Kernbereich innerhalb der einstigen Mauern bestimmt. Auch entlang der Promenaden, die als neu gewonnenes Baugebiet eine stärkere Verbauung vermuten ließen, sind vielfach nur Gartengrundstücke zu erkennen. Besonders auffällig ist dies etwa im Bereich des Bahnhofes, wo eine Verbauung des stadtseitigen Vorplatzes im großen

Stil erst im letzten Jahrzehnt des Jahrhunderts einsetzt. Die Bautätigkeit der sechziger, siebziger und achtziger Jahre beschränkte sich zu einem großen Teil auf den Kern der Stadt. Erst als die Entwicklungsmöglichkeiten der Altstadt erschöpft waren, wurden Gebiete außerhalb der ehemaligen Stadtmauern erschlossen.

Um die Stadtentwicklung in geregelter Form durchzuführen, wurde ein Stadtregulierungsplan erstellt und dafür neue Straßen festgelegt die sich an den schon existierenden Hauptstraßen dieser Gebiete – der Kremser Landstraße im Norden und der Mariazeller Straße im Süden – orientierten. Geplant wurden diese Straßen, die zumeist geraden Verlauf hatten und rechtwinkelig von Querstraßen geschnitten wurden, für ein Gebiet, das sich im Norden bis Viehofen, im Süden bis Spratzern, im Westen bis zum Steilabfall der Stadtwaldterasse und im Osten bis zum Überflutungsgebiet der Traisen erstreckte. Der Regulierungsplan hatte auch massive Auswirkungen auf die Altstadt. Es musste auf die Zeichen der Zeit reagiert werden, die eine optimale Anbindung der alten Stadt an die neu entstehenden Stadtteile erforderten. Zu diesem Zweck waren vor allem neue Straßendurchbrüche notwendig, da sich die Verkehrsströme im Wesentlichen über die alten „Eingänge“ in die Altstadt bewegten. Ein weiteres vorrangiges Ziel des Regulierungsplanes war die Beseitigung von verkehrsbehindernden Engstellen und die generelle Verbreiterung der Straßen der Altstadt.

Im ersten Jahrzehnt des 20. Jhdt. wurde die Traisen weitläufig reguliert und begradigt. Angesichts der durch den Zweiten Weltkrieg hervorgerufenen Bauschäden in der Stadt konzentrierte man sich zunächst auf Aufräumarbeiten, die bis 1948 andauerten. Seit 1986 ist St. Pölten die Landeshauptstadt von Niederösterreich, dies hatte einen Aufschwung der Bautätigkeiten und einen Anstieg des Bevölkerungszuwachses zur Folge. Mit 1.1.1972 erfolgte durch die Eingemeindung von Pottenbrunn, Ratzersdorf und St. Georgen eine letzte große Stadterweiterung, wodurch die Bevölkerungszahl auf über 50000 anstieg und das Stadtgebiet auf eine Größe von rund 119km<sup>2</sup> anwuchs. [Karl199]



**Abbildung 5.3 Luftaufnahme St. Pölten 1945**

## 5.2 Modellierung der Stadt St. Pölten

Die Generierung der Stadt St. Pölten mittels der Städtebausimulation Cities: Skylines erfolgt durch einen eingehenden Vergleich der Maßstäbe um dasselbe Größenverhältnis zu erhalten.

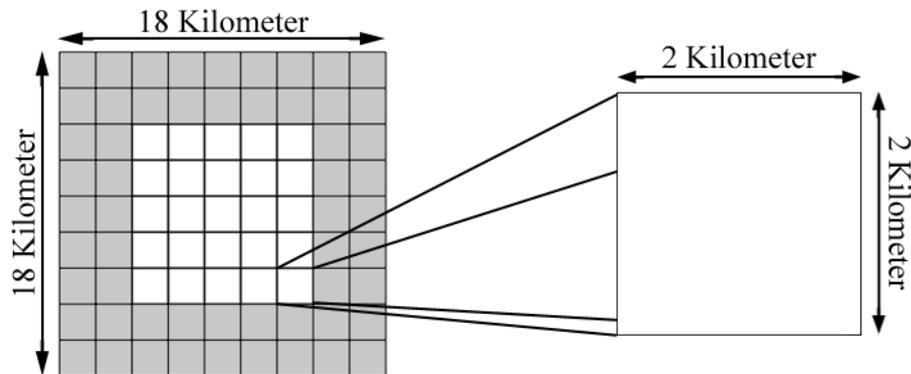
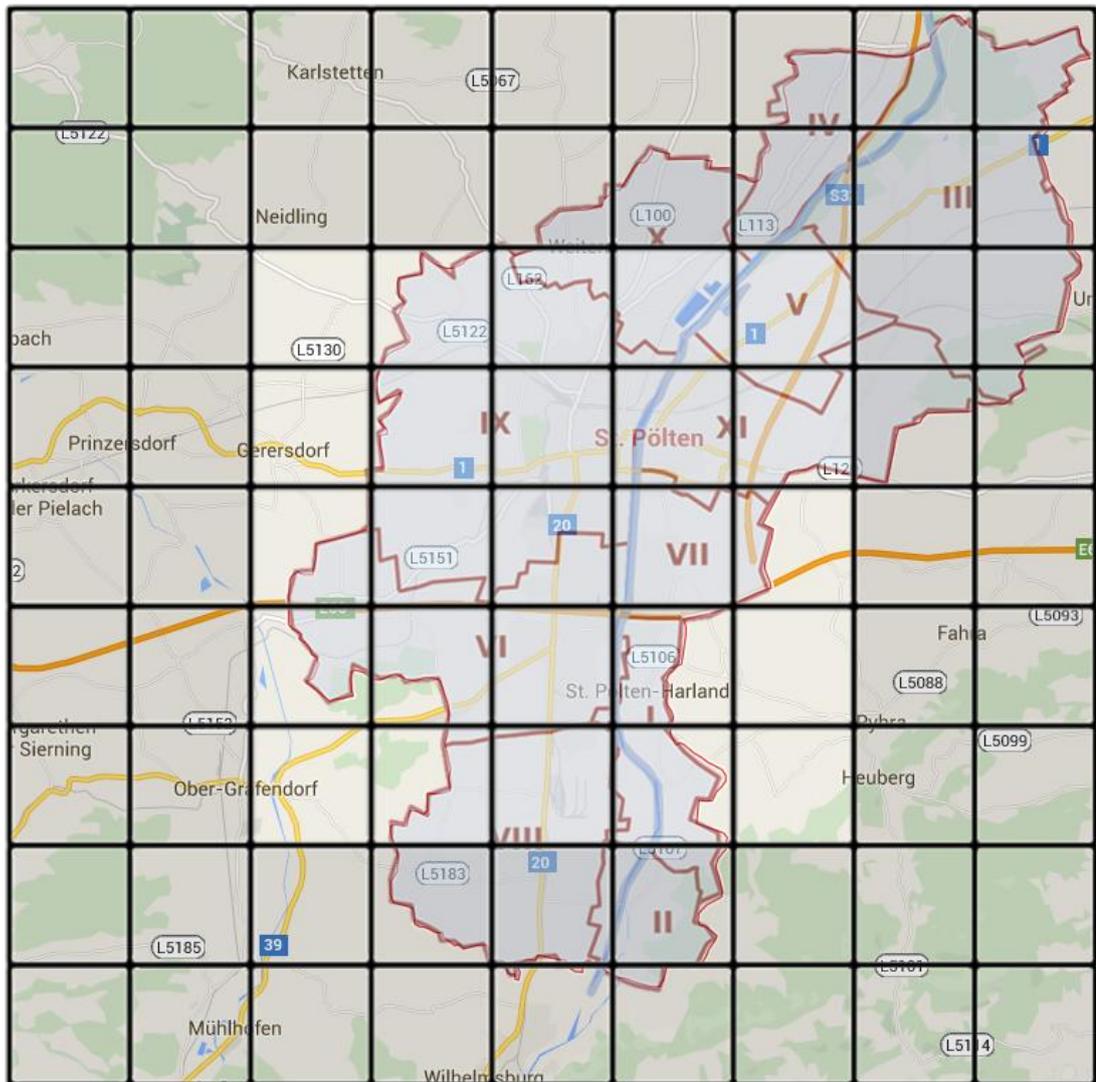


Abbildung 5.4 Diagramm Kartengröße

Die Entwickler von City: Skylines geben an, dass ein bebaubares quadratisches Areal vier Quadratkilometer besitzt und durch Modifizierungen maximal hundert Quadratmeter für den Spieler vorhanden sind. Diese Areale lassen sich in kleinere Kästchen von etwa acht Meter Seitenlänge unterteilen und sind bei der Implementierung von eigenen Gebäuden ein wichtiges Maß. [skwi.com]

Die Gesamtkarte aus einundachtzig gleich großen Feldern, wobei allerdings ein Ring aus 2 Feldern, in Abbildung 5.4 Diagramm Kartengröße Grau dargestellt, im Karteneditor nicht jedoch im Endspiel für den Spieler verfügbar sind. Durch Modifizierungen lassen sich diese Zonen bereits nachträglich verändern und in naher Zukunft auch normal bebauen, wodurch die maximal beispielbare Fläche auf 324 Quadratkilometer anwächst.

Nach Überlagerung des Spielrasters mit einem Stadtplan zeigt sich, dass nicht alle Stadtviertel der Stadt generierbar sind. Dieses wird allerdings in der späteren Anpassung und Analyse berücksichtigt.



**Abbildung 5.5 St. Pöltens Stadtteile & Rastereinteilung**

Die Stadt St.Pölten besteht aus elf Stadtteilen:

- I. Harland
- II. Ochsenburg
- III. Pottenbrunn
- IV. Radlberg
- V. Ratzersdorf
- VI. Spratzern
- VII. Stattersdorf
- VIII. St. Georgen am Steinfeld
- IX. St. Pölten
- X. Viehofen
- XI. Wagram.

### 5.3 Stadtplan

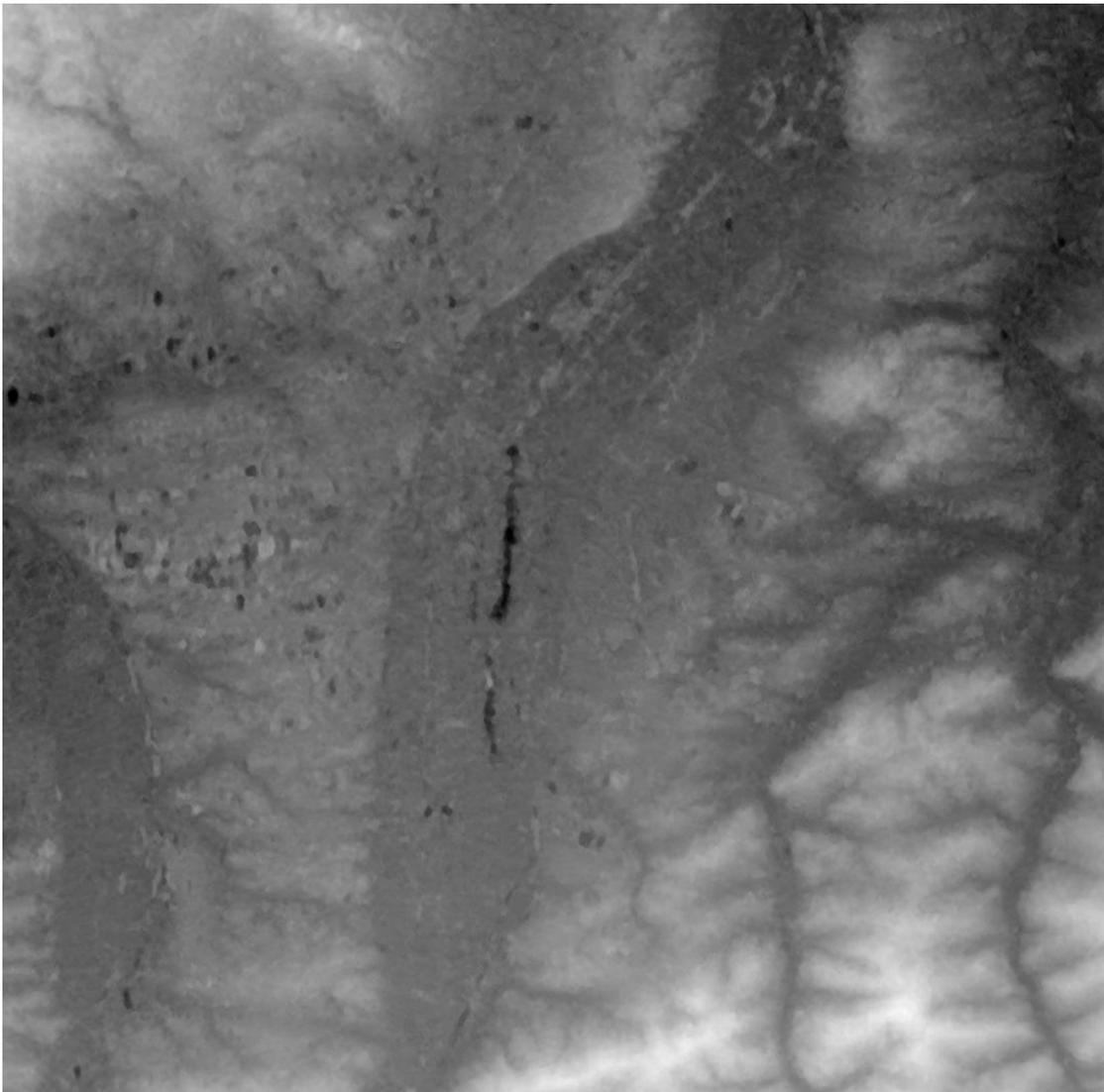
Als Hilfsmittel zur Erstellung des Straßennetzes wird ein möglichst hochauflösender Stadtplan aus einzelnen Planabschnitten zusammengefügt und in fünfundzwanzig quadratische Kästchen unterteilt. Diese Einteilung entspricht genau der des Spiels und lässt sich durch Modifizierungen über die Spielfläche projizieren. Zur besseren Übersicht werden bei der Planerstellung offene Fläche, wie Felder und Wiesen, weggelassen da sie keine wichtigen Informationen enthalten. Die wichtigsten Verbindungen zwischen Ortschaften oder größere Verkehrsverbindungen werden bis zu dem Kartenrand dargestellt, kleinere Wege werden weder angezeigt noch im späteren Verlauf generiert, um die Karte nicht zu überladen.



Abbildung 5.6 Google Earth Karte

## 5.4 Grundkarte

Um mit der Generierung der Stadt St. Pölten zu beginnen, wird zunächst eine Grundkarte mit dem spielinternen Karteneditor erzeugt, die möglichst reale topographische Eigenschaften besitzt. Neben dem Erstellen eines eigenen Geländes lassen sich auch Höhenkarten importieren und damit besteht die Möglichkeit, realitätsnahe Karten zu erzeugen.

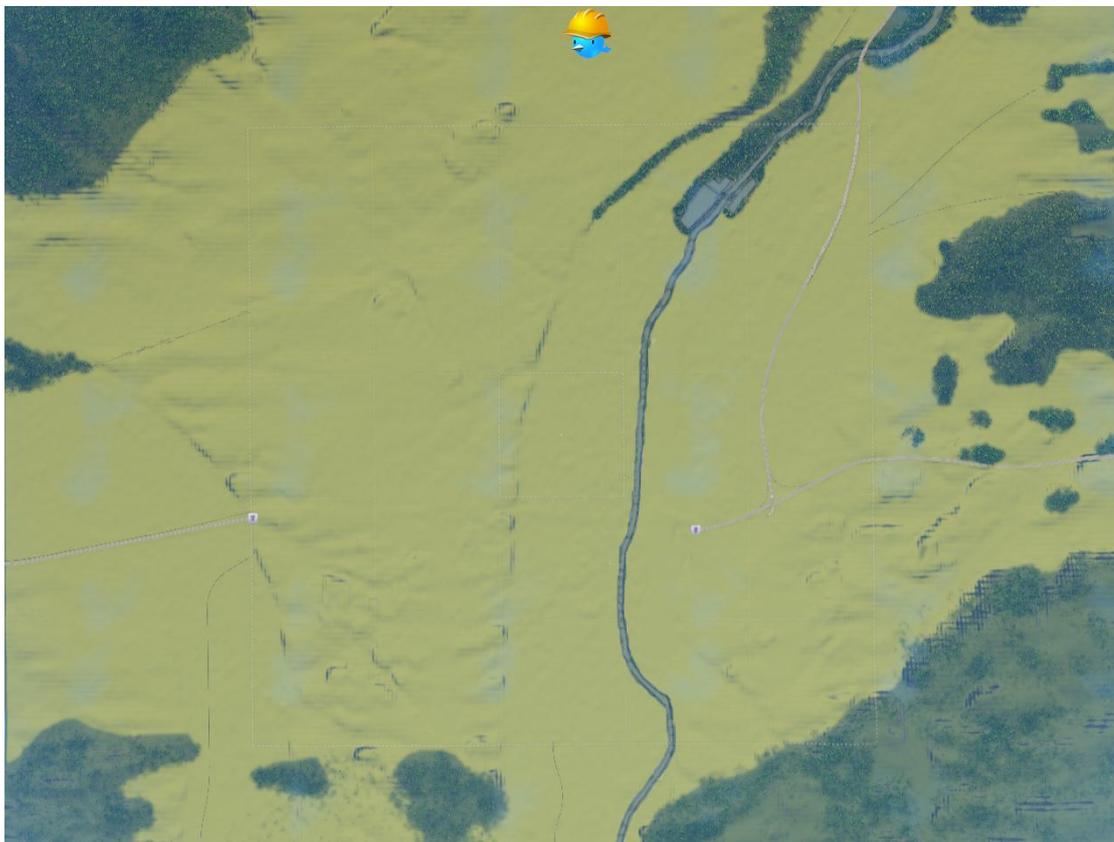


**Abbildung 5.7 Höhenkarte St.Pölten**

Die Internetseite [terrain.party](http://terrain.party) gibt die Möglichkeit, Höhenkarten in verschiedenen Maßstäben für den Karten Editor von Cities: Skylines zu generieren. Dieser benötigt eine 16 – Bit PNG Datei mit 1081x1081 Pixel, um eine eins-zu-eins Generierung zu ermöglichen. Dies entspricht einem Quadrat mit achtzehn Kilometer Seitenlänge, die auf der Seite eingestellt werden kann.

Die Höhenkarten sind in verschiedenen Typen erhältlich, mit unterschiedlich genauen Grauschattierungen. Das genaueste Ausgabeformat ist ASTER 30m und bezeichnet die jüngste veröffentlichte Vermessung der Erhebungen auf der Erde, ohne Wassertiefen, mit einer hohen Auflösung von 30 Meter.

Eine nicht sehr genaue Auflösung (~900 Meter) wird als SRTM30+ Höhenkarte generiert. Diese zeigt nur grobe Konturen, stellt dafür auch Information über Höhen des Meeresbodens zur Verfügung. Um ein genaues Land- und Meeresniveau zu erhalten, wird die Höhenkarte „Merged“ empfohlen. Diese besteht aus den Höhendaten beider Datensätze.



**Abbildung 5.8 Grundkarte**

Cities Skylines wandelt die importierten Höhenkarten um, dabei unterstützt das Spiel Geländehöhen von 0 – 1024 Meter. Es werden Höhen als 16-Bit dargestellt, die direkt aus den 16-Bit Höhenkarten ausgelesen werden können. Jede Ebene entspricht daher 1/64 eines Meters, das bedeutet das Ebene 64 der Höhe von 1 Meter entspricht. Dabei gilt es zu beachten, dass der Meeresspiegel in dem Spiel auf 40 Meter liegt und das eigentliche Terrain mit

60 Metern beginnt. Aus diesem Grund wurden die Höhenkarten der terrain.party Seite so eingestellt, dass 1 Meter tatsächlich 40 Meter im Spiel entspricht und alle weiteren Erhebungen relativ dazu sind. Um eine genauere Darstellung zu erhalten, muss abschließend der Wasserstand manuell im Spiel angepasst werden.

## **5.5 Straßen- und Bahnnetz**

Nach den ersten Grundlagen werden die beiden erstellten Karten, die Grundkarte<sup>6</sup> und der Stadtplan<sup>7</sup>, verwendet, um das Straßen- und Bahnnetz zu erstellen. Dabei wird durch eine Modifikation der Stadtplan als Layer über die Karte gelegt und so die Straßen nachgebildet.

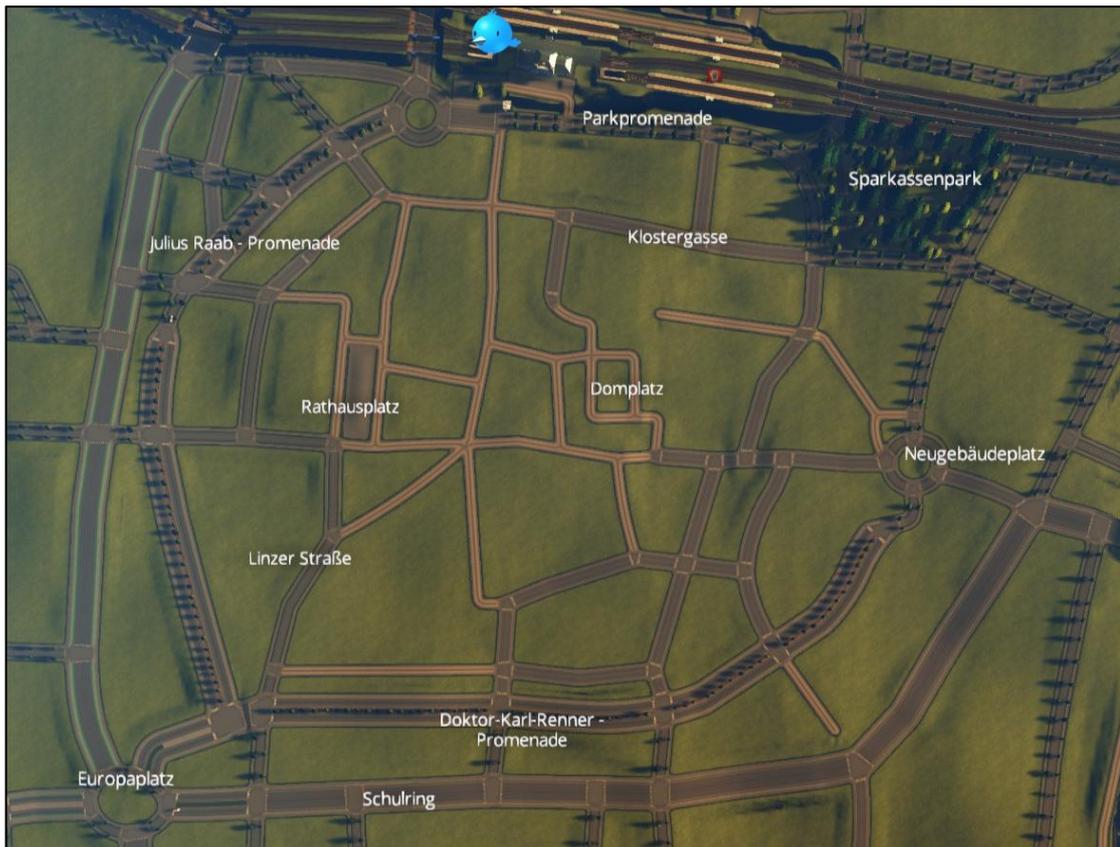
Die größten und wichtigsten Verbindungen, die auch das Gesamtbild der Stadt prägen, sind die West-Ost Verbindungen der Westbahnstrecke und der Westautobahn A1 sowie die Mariazellerstraße B20 und die L100 als Nord-Süd Straßen. Neben der Autobahn beginnt mit dem Knoten St. Pölten die Kremser Schnellstraße S33 die im Osten von St. Pölten nach Norden führt und zu den beiden Anschlussstellen St. Pölten Ost und St. Pölten Nord führt. Rund um die Altstadt zeichnen die Promenadenstraßen, Julius Raab-Promenade und Doktor-Karl-Renner-Promenade und Parkpromenade das Stadtbild und bilden anstelle der alten Stadtmauer eine Ringstraße um den Kern der Stadt.

Bei der Generierung des Straßennetzes wurde mit diesen beschriebenen Verbindungen begonnen um sich an den wichtigsten Strukturen zu orientieren. Mit dem Bau des Bahnhofs wurden zeitgleich der Verlauf der Westbahnstrecke und die Innenstadt generiert um sich danach von dem Zentrum aus nach außen zu arbeiten.

---

<sup>6</sup> Siehe Abbildung 5.8 Grundkarte

<sup>7</sup> Siehe Abbildung 5.6 Google Earth Karte



**Abbildung 5.9 Straßennetz Innenstadt**

## 5.6 Zonierung und Stadtviertel

Nach der Erstellung des Wegenetzes wurde die Stadt nach Flächenwidmungsplan in Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiete eingeteilt und die ersten Häuser entstanden entlang den Straßen. Abweichungen zeigten sich im Industriebereich, da es nicht möglich ist, große Hallen oder einzelne große Unternehmen zu generieren, sondern die Fläche in mehrere kleinere Gebäude unterteilt wird. Durch die eingeschränkte Kartengröße und durch die große Nord-Süd Erstreckung war es nicht möglich bei der Erstellung alle Teile der Landeshauptstadt darzustellen und somit wurden Pottenbrunn, Radlberg, Ochsenburg und große Teile von St. Georgen am Steinfelde weggelassen. Dies macht rund zehn Prozent der Gesamtbevölkerung aus, die bei späteren Vergleichen berücksichtigt wurden. Die verbleibenden Stadtviertel wurden möglichst genau eingeteilt und im späteren Verlauf angepasst, da durch das Grundspiel mehrere Haushalte in einem Gebäude generiert werden und so eine stark erhöhte Bevölkerungszahl erzeugt wird.



Abbildung 5.10 Zonierung im Spiel

## 5.7 Öffentliche Verkehrsmittel

Seit 2008 existiert der LUP, ein System aus öffentlichen Buslinien in St. Pölten, das einzelne Stadtteile miteinander verbindet. Neben diesen innerstädtischen Linien fahren entlang einer Nord–Süd Verbindung auch Züge, die aus den Norden kommend von Radlberg über den Hauptbahnhof nach St. Georgen in den Süden weiterführen. Um die Buslinien in die generierte Stadt einzufügen, wurde ein Online Stadtplan der Stadt St. Pölten verwendet. [st-poelten.at]

## 5.8 Anpassung der Stadt

### 5.8.1 Bevölkerung

Cities: Skylines generiert eine höhere Bevölkerungsdichte als in der Realität, darum wird durch eine Modifikation diese in dem Spiel gesenkt und an die Realität angepasst. Durch diese Änderung werden die Haushalte pro Gebäude an die gebaute Größe angepasst und dadurch stark reduziert.

In der nachstehenden Tabelle werden die Bevölkerungszahlen der Stadtviertel, exklusive deren Katastralgemeinden die platzmäßig nicht mehr

auf der Spielwelt generiert werden konnten, aufgezeigt. In den Analysen wird mit einer geringen Erhöhung der Bevölkerungszahlen agiert, um den Durchgangs- und Zielverkehr der Stadt und auch den Verkehr der wegfallenden Viertel einzuschließen.

Stadtviertel	Einwohnerzahl	Grundspiel	Nach Anpassung
Harland	1864	4886	2282
Ratzersdorf	1518	4398	2114
Spratzern	7171	18613	7451
St. Georgen	3576	3776	1913
Stattersdorf	2096	5597	2459
St. Pölten	24228	77930	24426
Viehofen	5532	11076	4743
Wagram	6852	21796	7860

**Tabelle 5.1 Einwohnerzahlen**

Die Bevölkerungszahlen stammen aus einer Tabelle des Magistrats St. Pöltens und wurden stadtviertelweise je nach generierter oder weggelassener Gemeinde gezählt. Die genaue Abweichung wird in Kapitel 6.2 analysiert und beschrieben.

### **5.8.2 Objekt Editor**

Mit diesem Werkzeug lassen sich neue Objekte erstellen oder bereits existierende modifizieren und neu gestalten. Um die Wiedererkennung des digitalen Stadtmodells zu gewährleisten, wurde ein für die Stadt bekanntes Gebäude ebenfalls in das Spiel integriert, der Klangturm.

Es kann jedes in einem Programm erzeugte 3D-Modell in das Spiel eingefügt werden. Dabei muss beachtet werden, dass ein Rasterfeld in Cities: Skylines genau acht mal acht Meter beträgt und daher die Höhe und die Skalierung dementsprechend angepasst werden müssen. Um eigene Modelle in das Spiel zu integrieren ist wichtig, dass diese aus einem Material, als ein einziges

Objekt ohne Layer generiert wird und als FBX Datei abgespeichert wird. Je nach Typauswahl steht im Editor eine Anzahl an Zellen zur weiteren Gestaltung zur Verfügung um einen Eingang zu markieren oder Parkplätze zuzuordnen. [skwi.com]



**Abbildung 5.11 Klangturm in Blender**

Um den Verkehr besser zu beobachten, wurden die Häuser mittels selbst angefertigter Texturstils durch weiße Blöcke ersetzt und kombiniert mit der Bevölkerungsanpassung die Häuser neu generiert.



**Abbildung 5.12 Innenstadt vor Anpassung**



**Abbildung 5.13 Innenstadt nach Anpassung**

## 5.9 Geplante Projekte am Fallbeispiel der S34

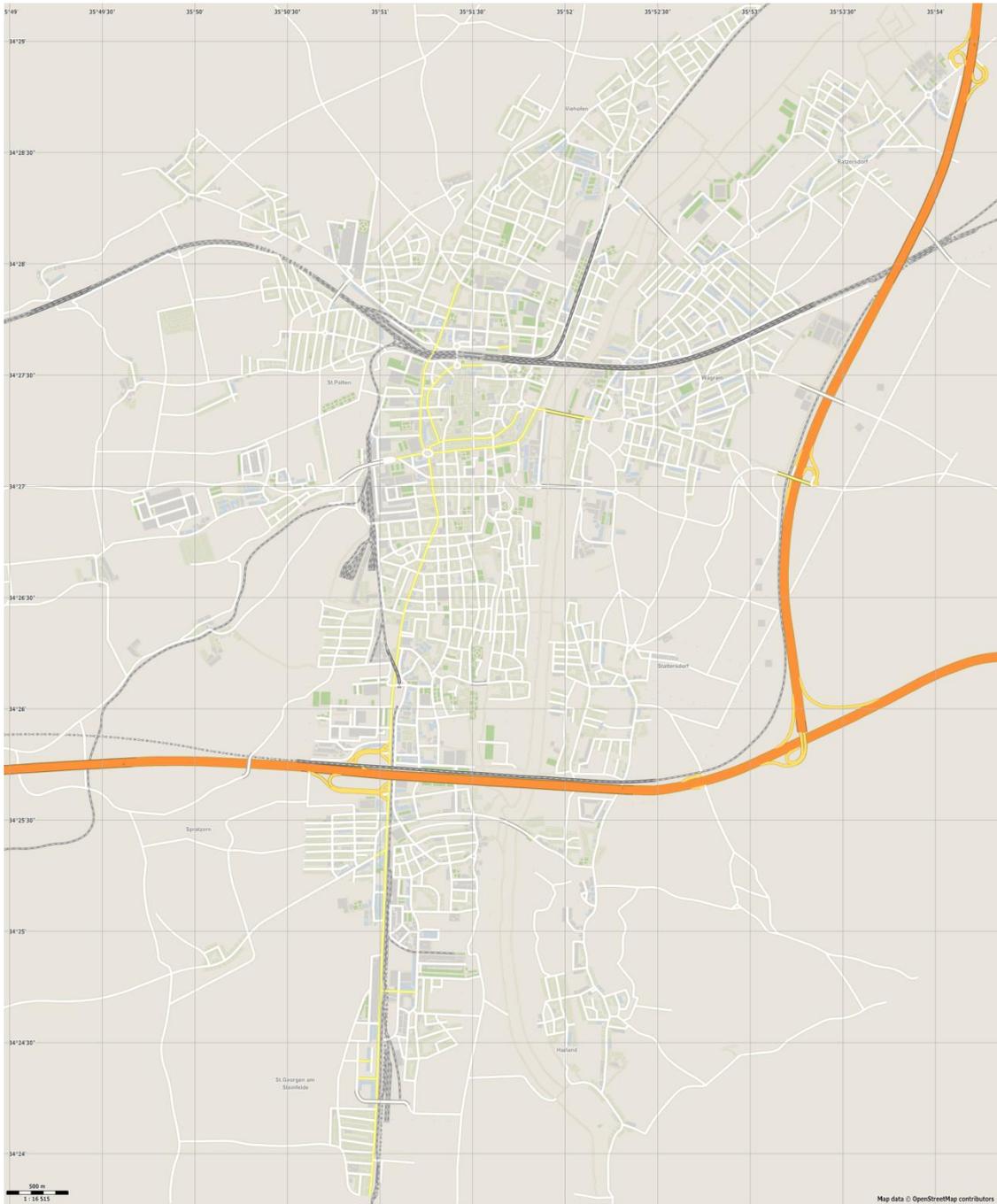
Zusätzlich zur Generierung eines Stadtmodells wird ein geplantes Projekt eingefügt und deren Auswirkungen auf Verkehr und Lärm beobachtet. Genauer handelt sich dabei um den Bau der Traisental Schnellstraße S34, die zur Verbesserung der Erreichbarkeit des niederösterreichischen Zentralraumes und als Anbindung des Traisentals an die Westautobahn A1 dienen soll.

*Durch die Verlagerung des Durchgangsverkehrs entlang der Ortschaften der B 20 auf die S 34 können bestehende und künftige Belastungen der Bevölkerung (Luftschadstoffe und Lärm) minimiert werden. In weiterer Folge werden Betriebsstandorte südlich von St. Pölten ermöglicht, sowie die Standortattraktivität des Traisentals erhöht. [asfinag.at]*

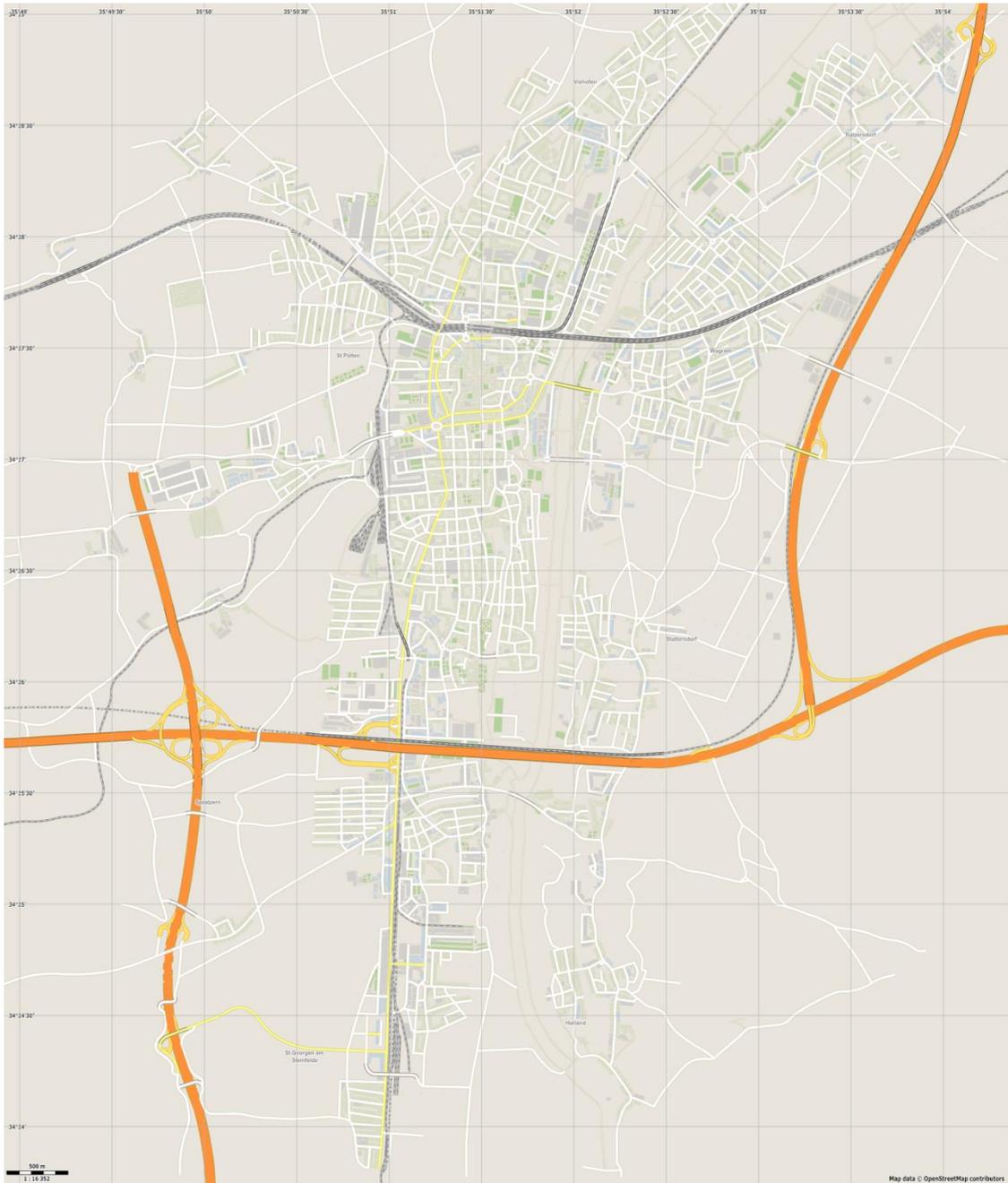


**Abbildung 5.14 Geplante S34 – Abschnitt 1 und 2**

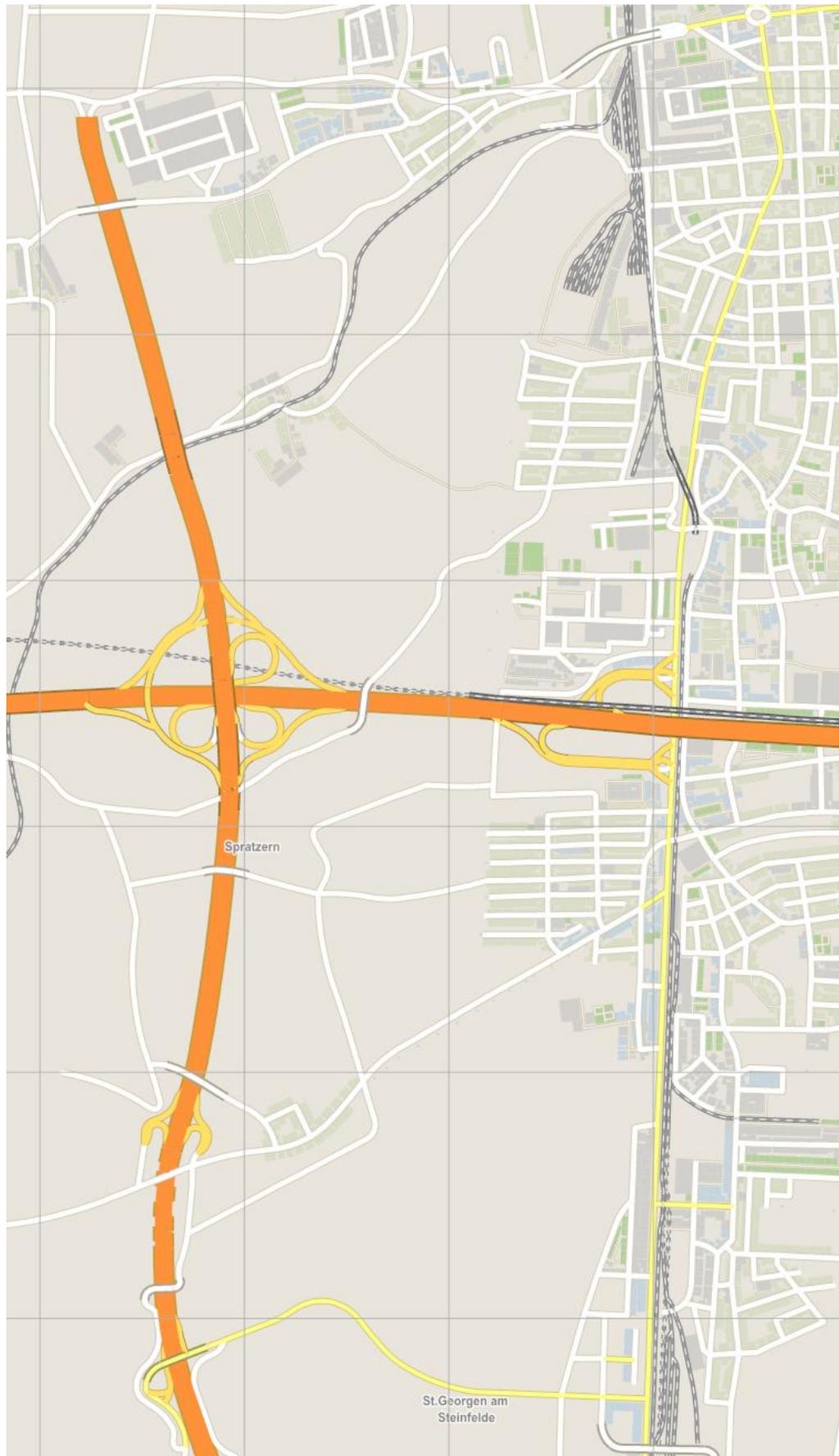
Da das geplante Bauvorhaben bereits genau dokumentiert und auf Luftaufnahmen sowie als Simulationsvideo auf der Homepage der Asfinag vorhanden ist, wurden diese Unterlagen herangezogen und der genaue Verlauf nachgebildet. Wie bereits zu Generierung des Straßennetzes, wurde der Plan durch eine Modifikation als Layer über die Grundkarte gelegt und die Schnellstraße nachgebaut. Zur besseren Darstellung wurde durch eine weitere Modifikation das digitale Stadtmodell als Stadtplan exportiert.



**Abbildung 5.15 Stadtplan St.Pölten**



**Abbildung 5.16 Stadtplan St.Pölten mit S34**



**Abbildung 5.17 S34 – Abschnitt 1**

## **6. Ergebnisse der Simulation und Auswirkung der Umfahrungsstraße S34**

### **6.1 Straßen**

Mit der Generierung der Stadt zeigte sich der Unterschied zwischen Spiel und Realität durch Grenzen in der Machbarkeit, beispielsweise mit dem Bau des Straßennetzes. Das Spiel generiert mit jeder Kreuzung eine Ampel und damit mehr Signalanlagen als tatsächlich existieren. Dieses Problem kann allerdings schnell mittels Modifikationen gelöst werden, die eine Ein- und Ausblendung von Ampeln zulässt.

Im Gegensatz zur Realität können nicht beliebige Straßenformen genutzt werden, da das Spiel nur eine Palette an Typen vorgibt und sich die Fahrspuranzahl nicht flexibel einstellen lässt. Auch eine Fahrspurrichtung lässt sich nicht einstellen und somit eigene Abbiegespuren erzeugen. Zwar wurden Modifikationen hierfür gefunden, die jedoch noch nicht das gewünschte Ergebnis abliefern konnten, da sich die Verkehrsteilnehmer nicht daran hielten. Die Einstellung der Geschwindigkeiten kann allerdings mit einem positiven Ergebnis geändert werden, wodurch die Agenten langsamere Nebenstraßen und 30iger Zonen mieden und sich auf die Hauptverkehrswege mit der höheren Geschwindigkeit konzentrierten.

### **6.2 Bevölkerung**

Cities: Skylines generiert mehr Haushalte pro Gebäude als in der Realität, wodurch die Bevölkerungszahlen stark von den tatsächlichen Einwohnern abweichen. Durch eine Minderung der Bevölkerungsdichte<sup>8</sup> werden die Stadtviertel angepasst und die prozentuelle Abweichung in einer Tabelle erfasst. Da die Einwohnerzahlen in der virtuellen Umgebung ständig leicht schwanken, wurde ein Mittelwert angenommen.

Durch die Verkehrswege die an den Kartenrand angeschlossen sind, generiert das Spiel automatisch Durchgangsverkehr, Ziel- und Quellverkehr. Dieser

---

<sup>8</sup> Siehe Kapitel 5.8.1

Verkehr und Zuwachs der Bevölkerung wird als Pendlerbewegung angenommen.

Betrachtet man die Pendlerströme der Landeshauptstadt St.Pölten zeigt sich das 7.674 Auspendler und 33.882 Einpendler sich täglich auf dem Weg zu ihrem Arbeitsplatz befinden, hinzu kommen 6.000 Schüler die zur Ausbildung nach St. Pölten fahren. In Summe sind täglich etwa 50.000 Menschen in Bewegung. Da das Verkehrsaufkommen jährlich um 3% – 5% steigt, wird intensiv an Projekten, beispielsweise die Traisental Schnellstraße S34, gearbeitet um die entstehenden Verkehrsströme flüssig zu halten. [st-poelten.at]

Stadtviertel	St.Pölten	Cities: Skylines	Abweichung
Harland	1864	2282	+22.42%
Ratzersdorf	1518	2114	+39.26%
Spratzern	7171	7451	+3.90%
St.Georgen	1342	1913	+42.55%
Stattersdorf	2096	2459	+17.32%
St.Pölten	24228	24426	+0.82%
Viehofen	4778	4743	-0.73%
Wagram	6852	7860	+14.71%

**Tabelle 6.1 Vergleich Einwohnerzahlen**

Die Analyse zeigt, dass sich die Abweichung der Bevölkerungszahlen verringert, je größer die betrachtete Fläche des Stadtmodells wird. Die generierten Stadtviertel und Gemeinden besitzen gemeinsam eine Einwohnerzahl von 49849. Dieser steht eine virtuelle Bevölkerung von 53248 gegenüber, ein Plus von 6,82%. Dieses Plus wird als Durchgangs- und Zielverkehr der Stadt und auch als Verkehr der wegfallenden Viertel angenommen, wodurch die Abweichung geringer ausfällt und für einen ersten Versuch eines Stadtmodells akzeptabel erscheint.

### 6.3 Tag und Nacht

In dem Spiel wird ein Tag und Nacht – Zyklus simuliert, der Einfluss auf den Verkehr und damit auch auf Staubildungen besitzt. Die Zeiten sind nicht einstellbar und ein Tag dauert genauso lange an wie die Nacht. Gemessen an einem realen Tag entspricht dies einem Mitte März oder September Tag, an dem die Tageslänge annähernd zwölf Stunden beträgt.



Abbildung 6.1: Tag und Nacht Zyklus

Die Einführung eines Tags und Nacht – Wechsels führt dazu, dass sich an verschiedenen Kreuzungspunkten oder an vielbefahrenen Straßen, je nach Tageszeit, Staus bilden und wieder auflösen. Nach einer genaueren Betrachtung eines Ingame Tageszyklus zeigen sich auffällige Verkehrsspitzen zu einer bestimmten Zeit, tags und nachts. Diese wurden in weiterer Folge als Rushhour verwendet.

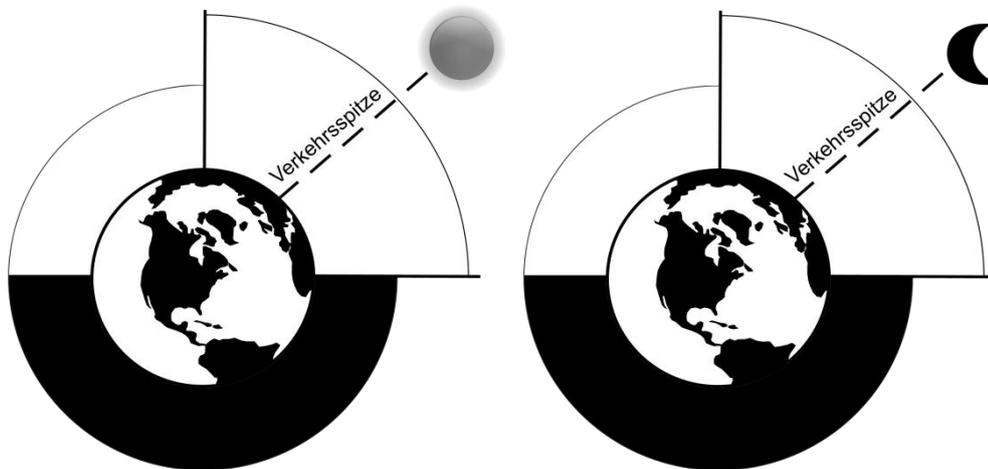


Abbildung 6.2 Diagramm Verkehrsspitzen

Die gefundenen Verkehrsspitzen werden mit Verkehrskarten von Google Maps und der Asfinag verglichen, um eine reale Uhrzeit zu erhalten. Aus den gefundenen Daten wurde als Morgenspitze 07:30 und eine Abendspitze von 18:30 angenommen.

Der zeitliche Aspekt der Städtebausimulation bedarf einiger Anpassungen, da während eines Tageszyklus mehrere Tage in dem Spiel vergehen und beispielsweise der Sonnenaufgang nicht mit den entsprechenden Verkehrsspitzen zusammenpasst. Dies sind allerdings keine unlösbaren Abweichungen, da bereits Modifikationen in diesem Bereich angeboten werden, diese allerdings noch nicht richtig arbeiten um die Zeit in dem Spiel anzupassen.

## **6.4 Verkehrskarten**

Bei dem Vergleich von Verkehrsaufkommen ist es wichtig zwischen einigen Faktoren zu differenzieren. Da in dem Spiel nicht zwischen Wochen oder Feiertagen unterschieden wird und der Verkehr jeden Tag gleichbleibend ist, wird zur besseren Analyse ein Mittwoch als durchschnittlicher Wochentag gewählt und auf Google Maps und der Asfinag Verkehrsseite betrachtet. Es werden ausgewählte Kreuzungen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen über einen Zeitraum von einem Spieltag betrachtet und anschließend mit realen Verkehrsdaten verglichen. Diese ersten Resultate sollen die Realitätsnähe der Simulation testen, erste Vergleichsdaten liefern und abschließend nach dem Bau der geplanten S34 erneut durchgeführt werden um deren Auswirkung aufzuzeigen.

Der Vergleich der virtuellen Daten erfolgt durch die Verkehrskarte der Asfinag und durch Google Maps. Beide Anbieter bedienen sich unterschiedlichen Varianten der Datenbeschaffung und dienen daher als Gegenvergleich um auf der genaueren Seite zu liegen. Die Verkehrsdaten des Routenplaners der Asfinag beziehen sich auf Daten aus einer Zusammenarbeit von mehreren Partnern und nennt sich Verkehrsauskunft Österreich, kurz VAO. Diese stellen mehrere Verkehrsinformationen für verschiedene Verkehrsmittel und deren Verknüpfungsmöglichkeiten zur Verfügung. [asfinag.at]

Google Maps bezieht ihre Daten von Mobiltelefonnutzern, die GPS und daher ihren Standort preisgeben. Die Effektivität hängt in diesem Fall von der Anzahl der teilnehmenden Android-Benutzer ab. [igumbi.com]

Um einen Vergleich und ein Fazit über die Verkehrssimulation des Stadtmodells zu erhalten, werden die meistbefahrensten Kreuzungen und Straßen betrachtet. Zur besseren Veranschaulichung des Verkehrsaufkommens und der Einfluss des Baus der S34 werden zwei Kreuzungen, die direkt von dem Bau beeinflusst werden, dargestellt. Der Verkehr wird vor und nach dem Bau der Schnellstraße zu den beiden Verkehrsspitzen verglichen.

Die Darstellung des Verkehrsaufkommens wird in Cities: Skylines, wie auch in den Verkehrskarten von Google Maps und der Asfinag, durch eine farbliche Abstufung dargestellt. Anzumerken ist, dass die Farben in dem Spiel dynamisch variieren und sich innerhalb der Farbstufen mit dem Verkehrsaufkommen verändern. Dadurch entsteht ein gewisser Interpretation – Spielraum indem sich die auftretenden Verkehrsaufkommen beschreiben lassen Die Färbung lässt auch keine Aussagen über die Fahrtrichtung der Verkehrsteilnehmer zu, da Cities: Skylines diesbezüglich nicht separiert.



**Abbildung 6.3** Legende Verkehr Cities: Skylines



**Abbildung 6.4** Legende Verkehr Google Maps

Die statische Anzeige des Asfinag Routenplaners beschränkt sich auf eine dreiteilige Farbskala die sich auf grün, gelb und rot bezieht. Durch die rein farbliche Abstufung, lassen sich keine Qualitativen Aussagen über Zeitverlust oder Staulängen treffen. In folgenden Betrachtungen werden daher lediglich farbliche Vergleiche hinsichtlich der Veränderung des Verkehrsaufkommens ausgewertet.

#### 6.4.1 Kreuzung B39 – B20



**Abbildung 6.5 Kreuzung B39 und B20**

Die erste gewählte Verkehrsverbindung betrifft die Einmündung der B39, der Obergrafendorfer Straße, in die B20, die Mariazeller Straße in Richtung Norden und der St.Georgener Hauptstraße in Richtung Süden. Es handelt sich um eine vielbefahrene Kreuzung, da viele Pendler aus dem Pielachtal über die B39 nach St.Pölten gelangen oder auf die Westautobahn A1 auffahren.



**Abbildung 6.6 Kreuzung B39 und B20 – Verkehrsspitze Cities: Skylines Morgen**



**Abbildung 6.7 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Google Maps Morgen**

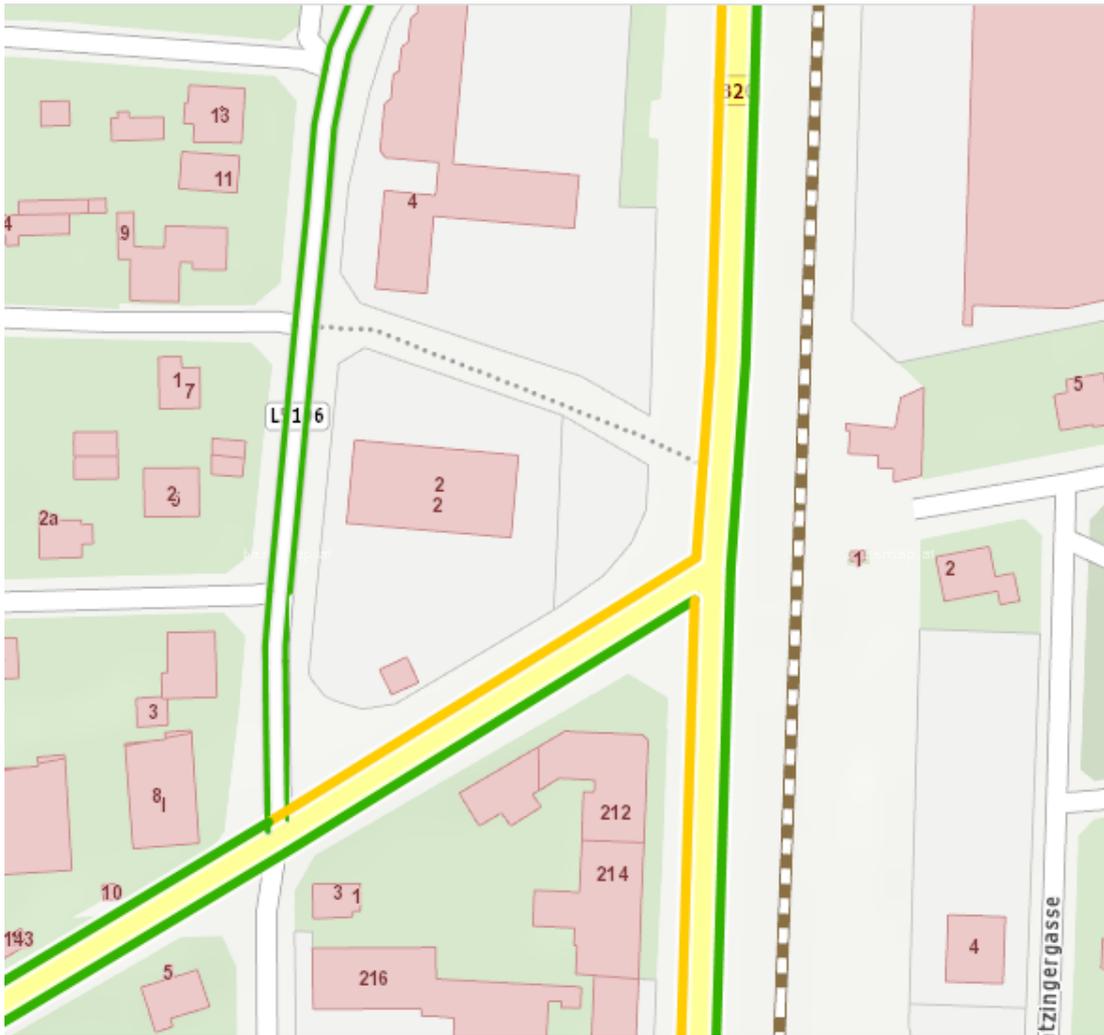
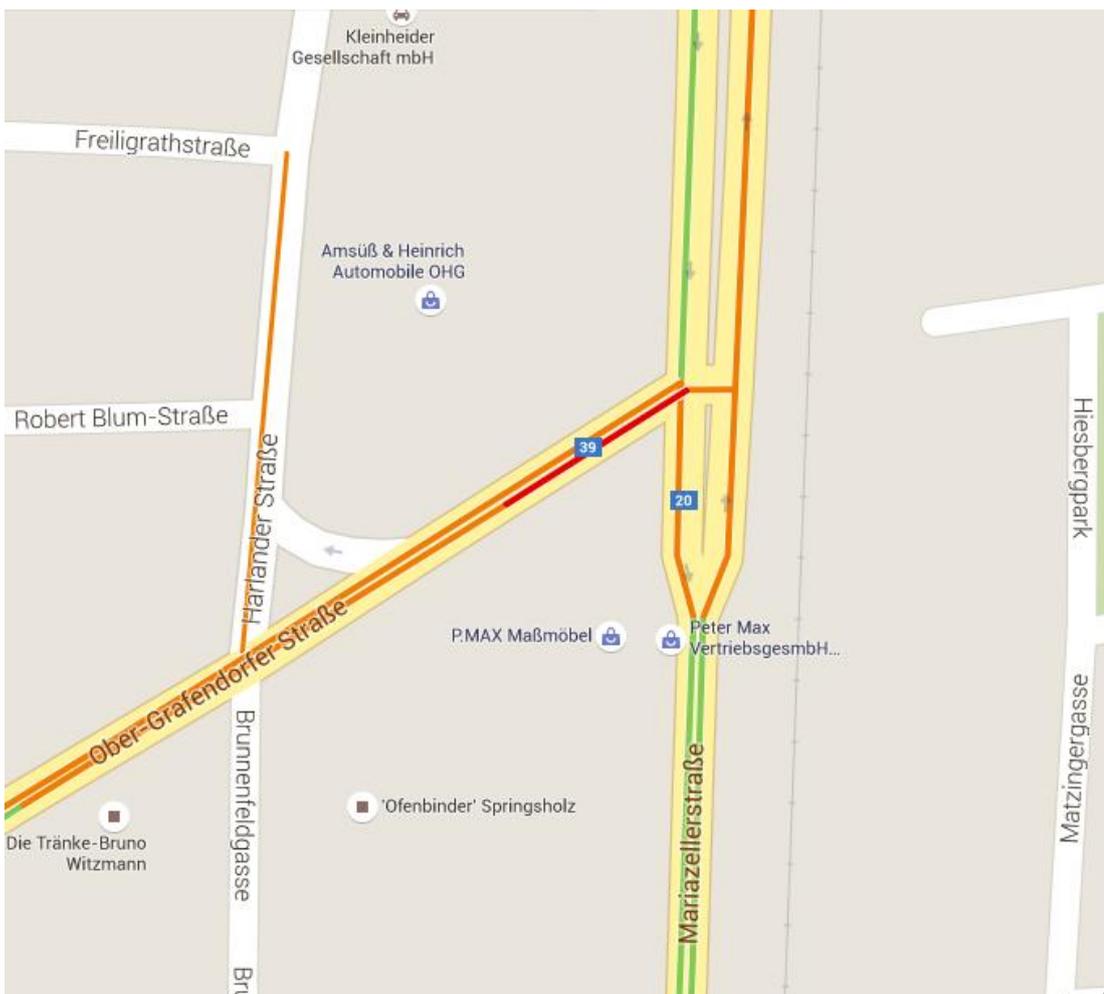


Abbildung 6.8 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Asfinag Morgen



**Abbildung 6.9 Kreuzung B39 und B20 – Verkehrsspitze Cities: Skylines Abend**



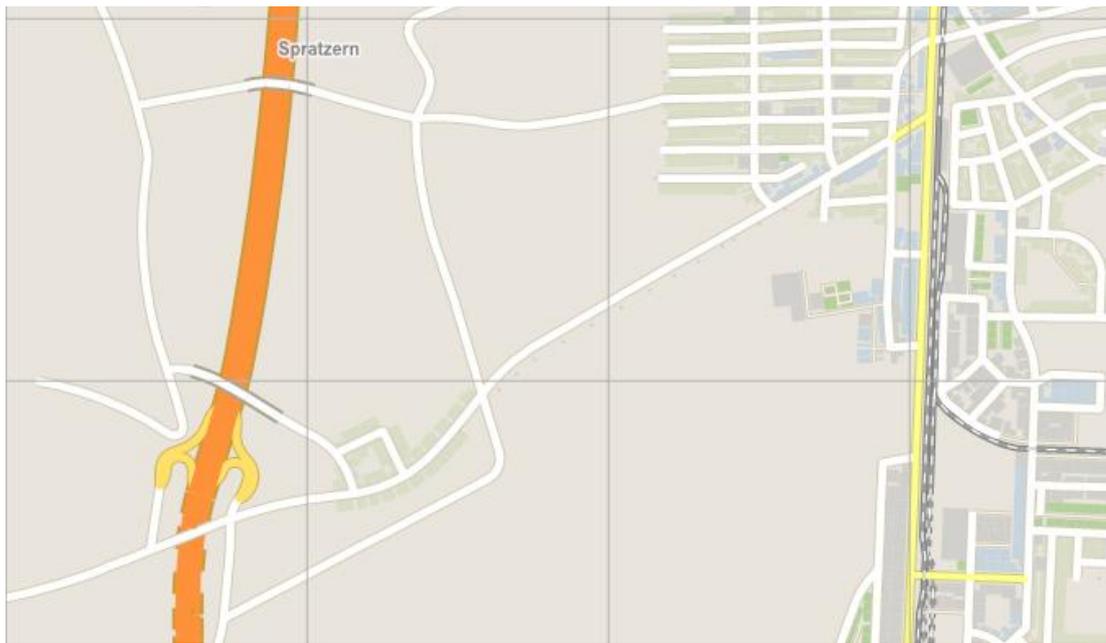
**Abbildung 6.10 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Google Maps Abend**



Abbildung 6.11 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Asfinag Abend

Vergleicht man die unterschiedlichen Färbungen der Karten, zeigen diese sowohl in Cities: Skylines als auch die beiden externen Karten eine stark frequentierte Kreuzung und eine teilweise Steigerung des Verkehrs zur Abendspitze. Genauer zeigt die Simulation des Stadtmodells eine Steigerung des Verkehrsaufkommens der Mariazellerstraße in nördlicher Richtung und eine Senkung des Verkehrs in südlicher Richtung. Die Google Maps Verkehrskarten zeigen keinen Unterschied zwischen den Morgen- und Abendspitzen der B20, jedoch eine Steigerung des Einmündungsverkehrs der B39 in die Mariazellerstraße. Auf den Karten des Asfinag Routenplaners werden die Aussagen und Ergebnisse, die eine Steigerung des Verkehrs der Mariazellerstraße zeigen, nochmals bestätigt.

#### 6.4.2 Kreuzung B39 – B20 nach Bau der S34



**Abbildung 6.12 S34 Anschlussstelle Völtendorf**

Mit dem Bau der S34 ist eine Anschlussstelle vor dem Ort Völtendorf an die B39 geplant. Es wird angenommen, dass dadurch ein Großteil des Verkehrs frühzeitig nach Norden auf die Westautobahn A1 und in Richtung Süden nach Wilhelmsburg, zur Anschlussstelle südlich von St.Georgen am Steinfeld, abgeleitet wird und somit die Kreuzung B39 auf B20 entlastet wird.

Für die Analyse der Auswirkungen des geplanten Bauvorhabens wird aufbauend auf den ersten Ergebnissen aus Kapitel 6.4.1 ein Vergleich der Verkehrsspitzen vor und nach dem Bau der Traisental Schnellstraße durchgeführt. Da es sich um einen Versuch, ein digitales Stadtmodell durch ein Computerspiel zu genieren, handelt, sind diese Ergebnisse keineswegs für die Realität aussagekräftig.



**Abbildung 6.13 Kreuzung B39 und B20 nach Bau S34 – Morgen Vergleich**

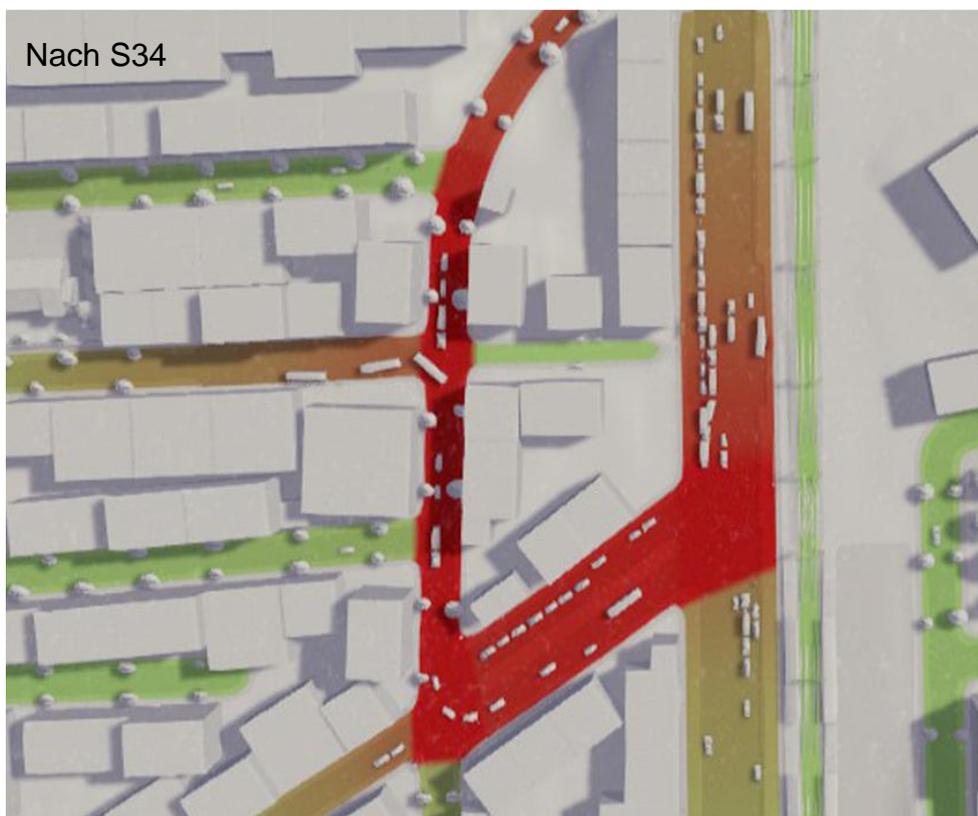
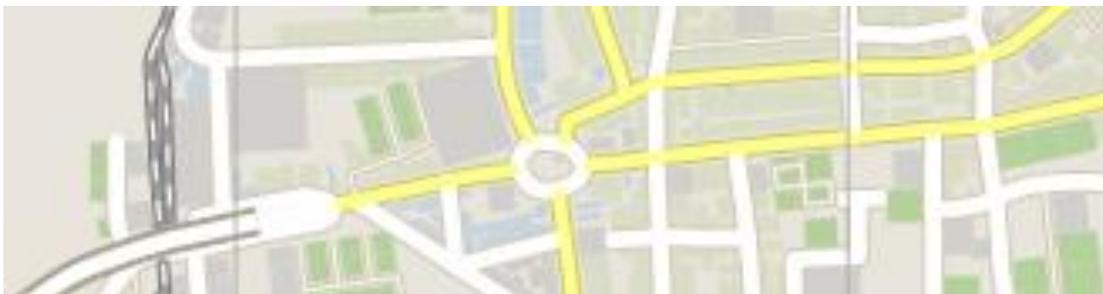


Abbildung 6.14 Kreuzung B39 und B20 nach Bau S34 – Abend Vergleich

In den Morgenstunden zeigt sich eine Steigerung des Verkehrs auf der Mariazellerstraße nach der Einmündung der Obergrafendorfer Straße in nördlicher Richtung und eine minimale Abnahme südlich. Eine Verfärbung der B39 zeigt eine allgemeine Verkehrserhöhung der Straße nach dem Bau der neuen Anschlussstelle Völtendorf, gibt jedoch keine Angaben über Art und Fahrtrichtung der Verkehrsteilnehmer.

Betrachtet man die Abendspitze, zeigt sich eine leichte Abnahme des Verkehrs der B20 in nördlicher und eine minimale Zunahme in Südlicher Richtung. Eine farbliche Änderung der Nebenstraßen und der B39 weist auf eine generelle Verkehrszunahme hin. Da sich sowohl in den Morgen– als auch in den Abendstunden eine Steigerung des Verkehrs einstellt, zeigt die Verkehrssimulation eine Verkehrssteigerung nach dem Bau der Traisental Schnellstraße. Dabei gilt es zu beachten, dass durch den Bau der S34 in Cities: Skylines ein zusätzlicher Anschluss an den Kartenrand generiert wurde und somit das Spiel zusätzlichen Quellverkehr generiert, was diesen Anstieg beeinflussen kann.

#### **6.4.3 Europaplatz**



**Abbildung 6.15 Europaplatz**

An diesem Verkehrsknotenpunkt treffen fünf Straßen aufeinander. Einerseits mündet aus dem Süden die Mariazellerstraße und geht im Norden in den Schießstattring über, andererseits kommt aus dem Westen die Linzerstraße B1 und geht im Osten in den Schulring über. Die fünfte Straße führt in nordöstlicher Richtung in die Innenstadt zur Linzerstraße und Promenade.



Abbildung 6.16 Europaplatz – Verkehrsspitze Cities: Skylines Morgen

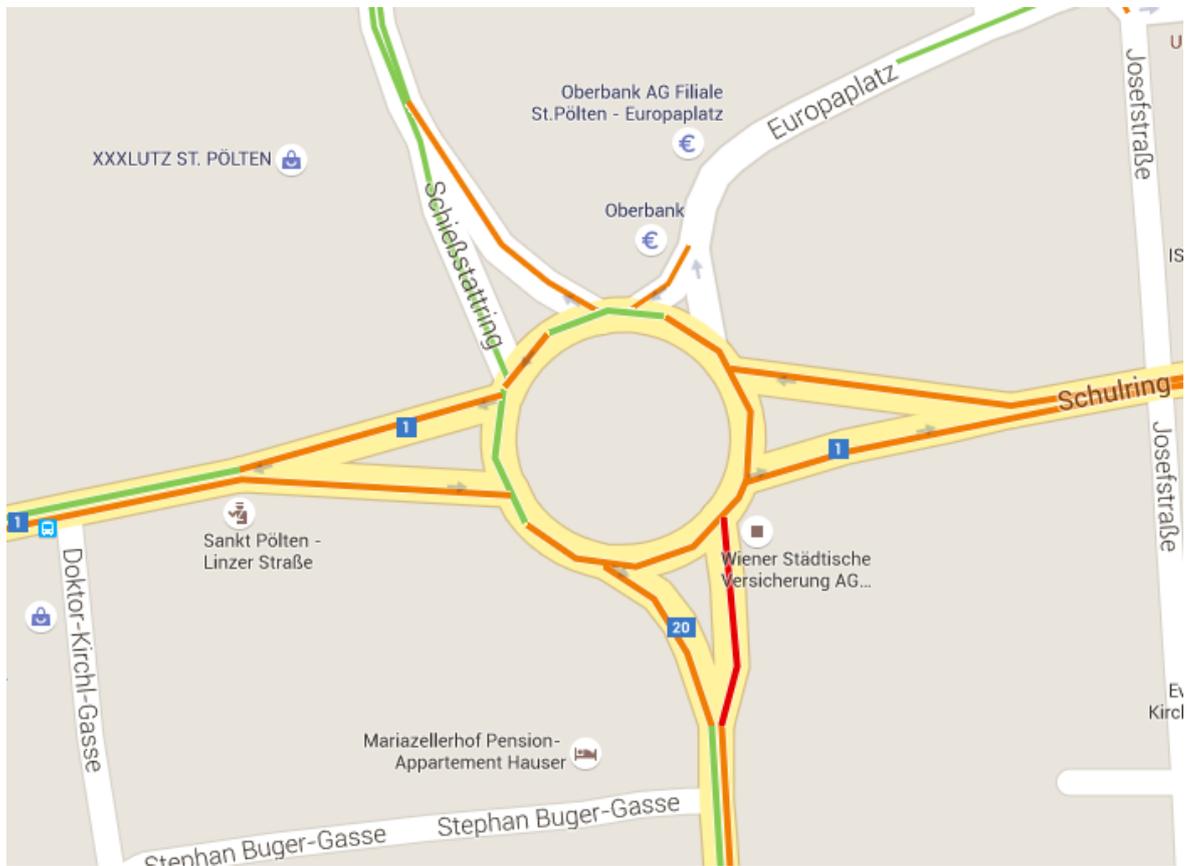


Abbildung 6.17 Europaplatz – Verkehr Google Maps Morgen

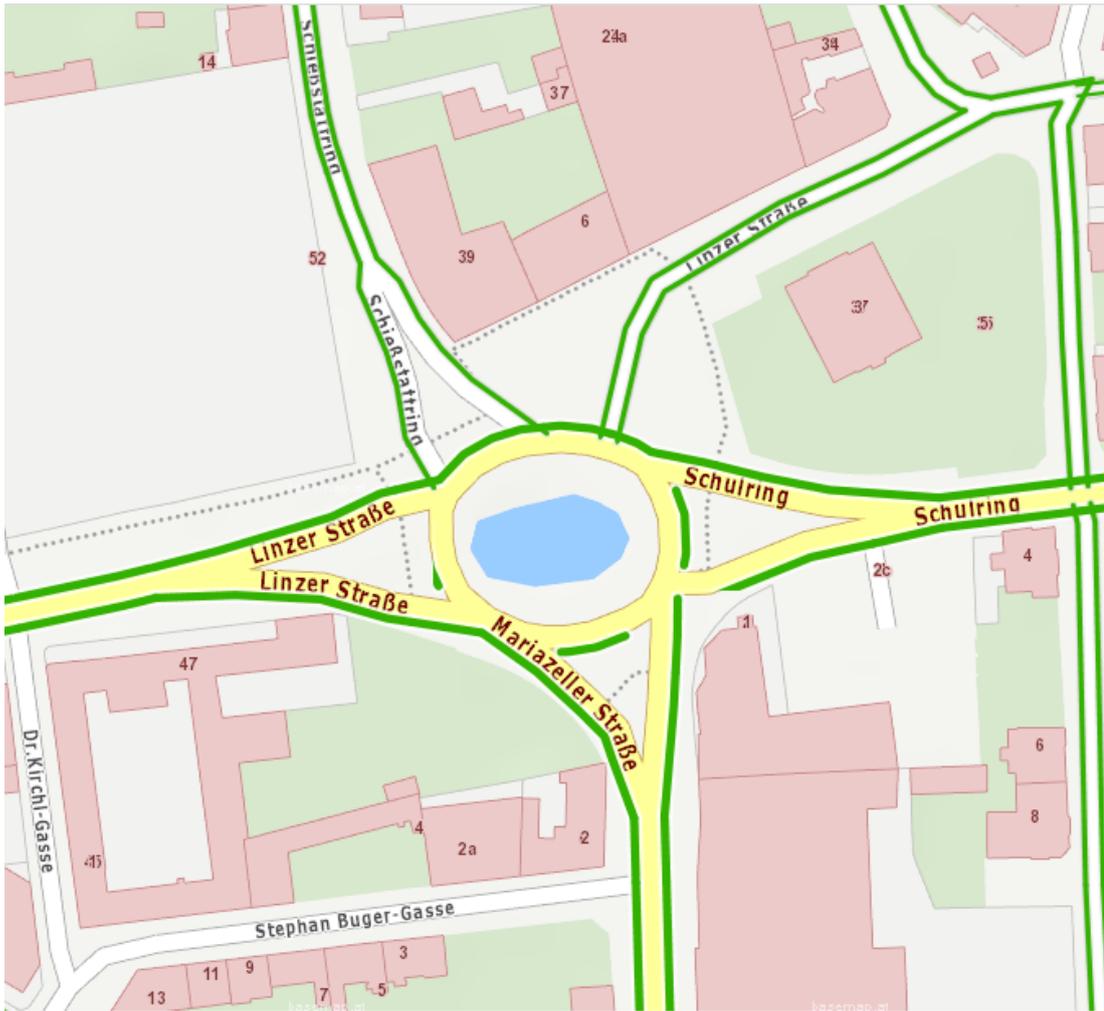
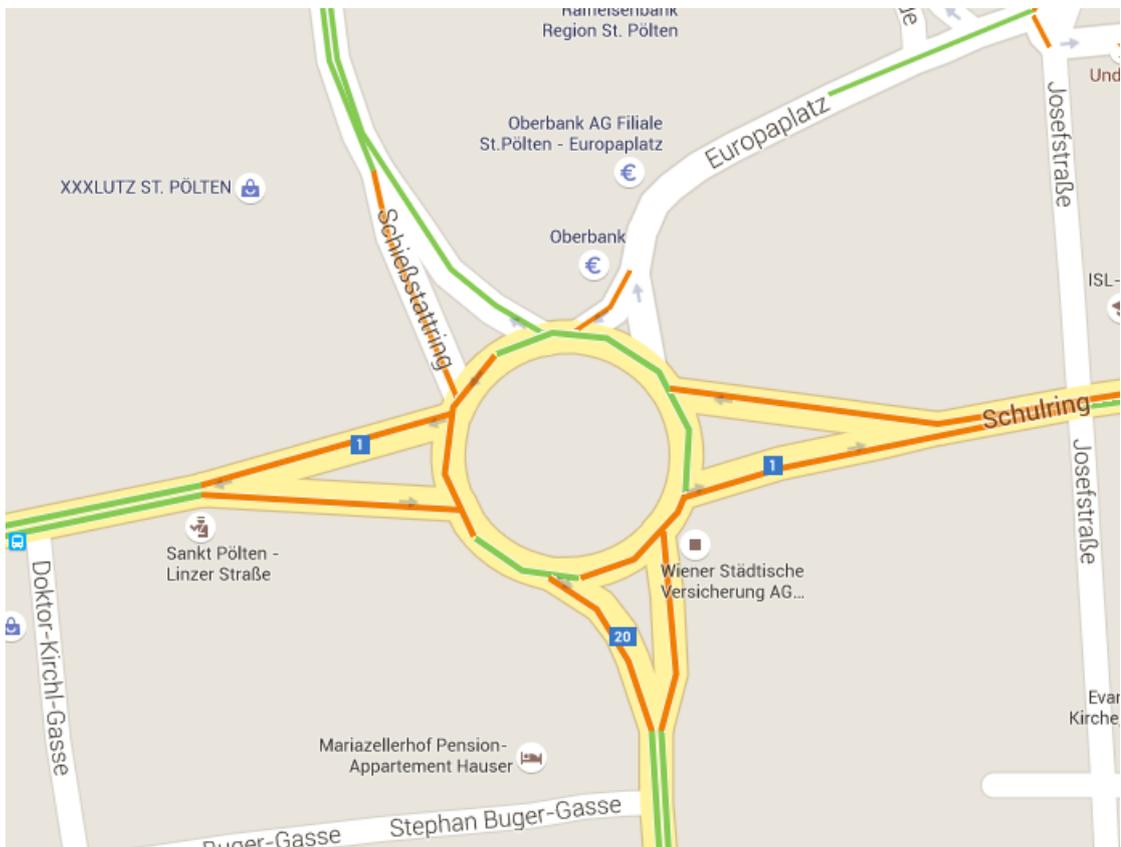


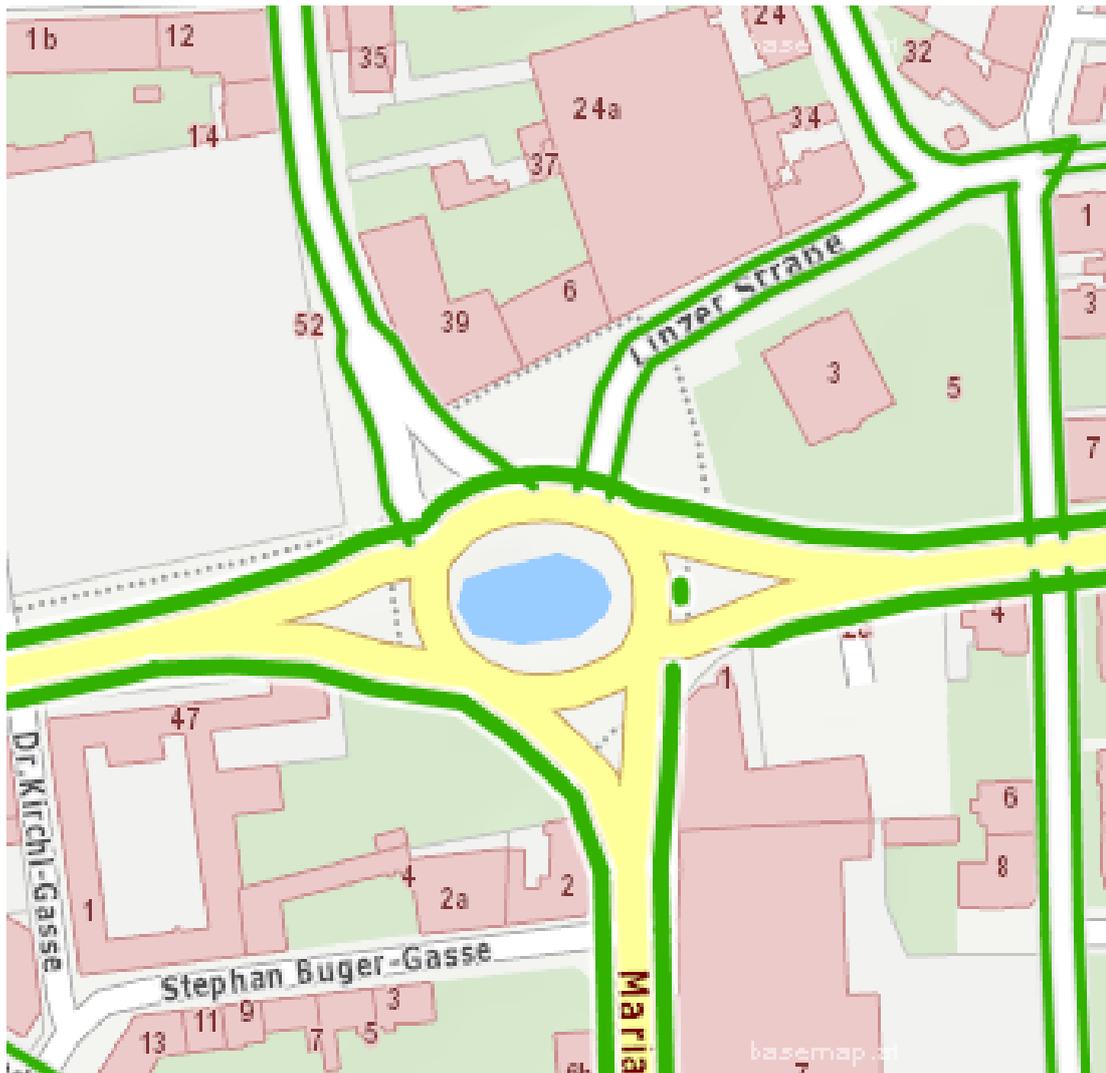
Abbildung 6.18 Europaplatz – Verkehr Asfinag Morgen



**Abbildung 6.19 Europaplatz – Verkehrsspitze Cities: Skylines Abend**



**Abbildung 6.20 Europaplatz – Verkehr Google Maps Abend**



**Abbildung 6.21 Europaplatz – Verkehr Asfinag Abend**

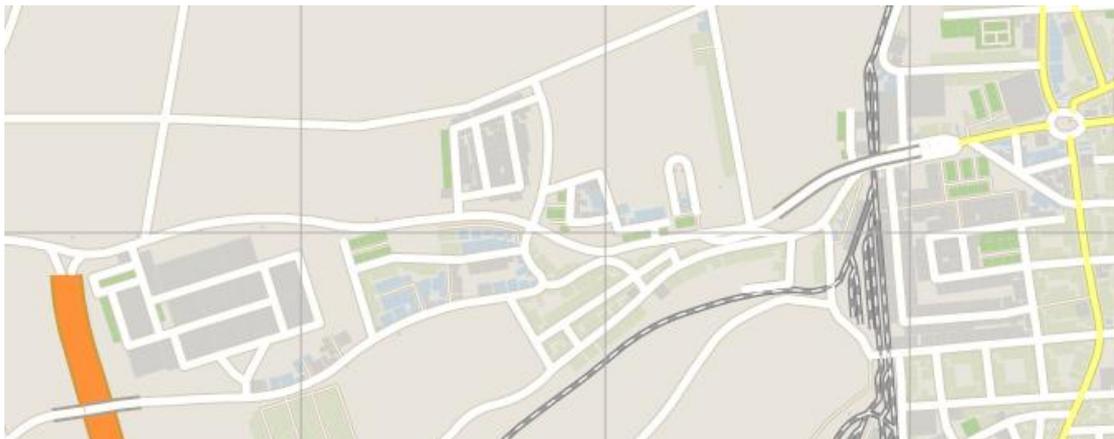
Im direkten Vergleich zur vorherigen Kreuzung zeigt sich am Beispiel des Europaplatzes eine Abweichung in den Verkehrskarten und damit keine Übereinstimmung der Simulationsdaten mit den Vergleichsdaten. In Cities: Skylines zeigt sich ein deutlicher Unterschied in der Morgen- und Abendspitze dahingehend, dass einerseits eine Steigerung des Verkehrs auf der aus dem Westen kommenden Linzer Straße und der in den Osten führenden Schulring und andererseits eine leichte Senkung auf der Südlichen Mariazellerstraße und der Nördlichen Schießstattring simuliert wird.

Die Google Maps Verkehrskarten zeigen eine teilweise Verlagerung des Verkehrs auf die entgegengesetzte Fahrtrichtung, wie beispielsweise in nördlicher Richtung. Mit dem digitalen Stadtmodell stimmen die Karten mit einer Senkung aus südlicher Richtung kommend überein, widersprechen

jedoch einer Steigerung des Verkehrsaufkommens der Linzer Straße dahingehend, dass sie auch hier eine Senkung aufweisen. Die Karten des Asfinag Routenplaners weisen sowohl morgens als auch abends auf keine Verkehrsbeeinträchtigung hin.

Eine mögliche Erklärung dieser Abweichungen kann auf die Ampelregelung des Spiels zurückgeführt werden, da es bei einem vermehrten Verkehrsaufkommen und kurz hintereinander folgenden Lichtsignalanlagen schnell zu einer Steigerung der Färbung kommt. Da man keinen Einfluss auf die Ampelschaltung besitzt, fallen „Grünen Wellen“, wie sie auf der Mariazellerstraße eingeführt sind, weg. Auch wenn in diesem Fall die Cities: Skylines Daten nicht komplett mit den Vergleichskarten übereinstimmen, wird dennoch eine Analyse bezüglich des Einflusses durch den Bau der S34 weitergeführt.

#### **6.4.4 Europaplatz nach Bau der S34**



**Abbildung 6.22 Auffahrt B1 auf S34**

Der erste Abschnitt der geplanten Schnellstraße, beginnt mit einer Auffahrt, westlich der Mülldeponie von St. Pölten, der Bundesstraße 1. Diese führt nach Osten weiter und mündet in den Europaplatz. Durch diesen Anschluss wird angenommen, dass sich der Verkehr auf der B1 in Richtung St. Pölten vergrößern wird, da nun vermehrt Verkehrsteilnehmer den schnelleren Weg über die S34 anstelle der Mariazellerstraße durch die Stadt nehmen werden.



Abbildung 6.23 Europaplatz nach Bau S34 – Morgen Vergleich



Abbildung 6.24 Europaplatz nach Bau S34 – Abend Vergleich

Im Fall des Europaplatzes bestätigt sich die im Vorhinein aufgestellte Vorhersage teilweise, dass sich der Verkehr aus westlicher Richtung von der B1 kommend steigern wird. Auf die Morgenverkehrsspitze wirkt sich der Bau der Traisental Schnellstraße dahingehend aus, dass sich der Verkehr der Linzer Straße senkt und sich auch auf dem Schießstattring und der Mariazellerstraße eine Senkung einstellt. Die Färbung der Schulring Straße ändert sich nicht sichtbar und auch naheliegende Straßen zeigen kaum Veränderungen.

Am Abend zeigen sich deutlichere Farbänderungen durch eine Steigerung des Verkehrs auf der Linzer Straße aus dem Westen und unterstreicht somit die Vermutung der Auswirkung der S34. Im Süden, der B20, hellt sich die Farbe der Verkehrsstockung auf und im Norden ist die Farbe annähernd gleichbleibend. Die fünfte Straße, die ebenfalls Europaplatz heißt und in den gleichnamigen Platz einmündet, weist als einzige Straße eine deutliche Senkung des Verkehrs auf.

#### **6.4.5 Auswertung**

Sowohl die Einmündung der B39 in die B20 als auch der Europaplatz sind nur zwei exemplarische Beispiele, die für eine nähere Analyse herangezogen wurden, da sie einerseits im Wirkungsbereich des Untersuchungsobjekts und andererseits gute Beispiele für die Genauigkeit der Simulation darstellen. Neben diesen beiden Verkehrsknoten wurden noch weitere Straßen betrachtet und mit beiden Vergleichskarten verglichen. Ein erstes Fazit der Verkehrssimulation des Stadtmodells ergibt, dass durch das Spiel Cities: Skylines durchaus kritische Straßenzüge und Verbindungen dargestellt werden, allerdings keine Aussagen über die Anzahl oder Aufteilung der Verkehrsteilnehmer gemacht werden kann.

Durch den Bau der S34 nimmt der Durchgangsverkehr entlang der B20, wie auch in der Projektbeschreibung verankert, ab und verlagert sich auf die Schnellstraße. Durch diese Verlagerung entstehen allerdings neue erhöhte Verkehrsaufkommen der beiden Zubringerstraßen der neuen Auffahrten, der Obergrafendorfer Straße B39 und der Linzer Straße B1. Durch die Simulation zeigt sich, dass durch den Bau der Verkehr an den analysierten Kreuzungen

verstärkt wird. Es stellt sich somit eine Entspannung an den geplanten Strecken ein, verlagert den Verkehr größtenteils nur von Nord – Süd Strecken auf West – Ost Verbindungen.

Da es sich hierbei um einen Versuch zur Generierung eines Stadtmodells durch ein Computerspiel im Rahmen einer akademischen Arbeit handelt, sind die gewonnenen Daten nicht aussagekräftig gegenüber der Realität, die Verkehrssimulation zeigt kritische Punkte, trifft allerdings keine Aussagen über Anzahl und Art der Verkehrsteilnehmer.

## **6.5 Lärmsituation**

Neben der Auswirkung auf den Verkehr wird auch eine mögliche Veränderung des Straßenlärms durch den Bau der S34 aufgezeigt. Zunächst werden die Lärmdaten des Spieles analysiert, um diese mit Lärmkarten des BMLFUW, das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, oder auch Ministerium für ein lebenswertes Österreich, zu vergleichen. Durch Betrachtung mehrere Straßenabschnitte soll ein Vergleich von einer Ingame Farbtabelle mit dB Werte erfolgen.

Die Lärmkarten zeigen die durchschnittliche Lärmbelastung entlang von Hauptverkehrswegen, wie Bundesstraßen, Schnellstraßen und Autobahnen sowie in Ballungsräumen innerhalb eines Tages und beziehen sich auf das Jahr 2012. Diese können entweder als durchschnittliche 24h oder als Nachtwert dargestellt werden. In den Karten ist eine grüne Grenzwertlinie eingezeichnet, die eine 60 dB Grenze für einen 24h Durchschnitt und eine 50 dB Grenze für Nachtwerte beschreibt. Wichtig ist zu beachten, dass die in den Karten gezeigten Werte rechnerisch ermittelt werden und somit viele Parameter wie Verkehrsstärke, Fahrgeschwindigkeit oder auch Kenntnisse über das Gelände und die Bebauung erforderlich sind. Diese Berechnung erfolgt vereinfacht und kann daher von der tatsächlichen Lärmbelastung abweichen. Ausgegeben werden Daten in der Lärmmessung stets in Dezibel.

[lain.at]

Die Werte der Lärmkarten können neben der Berechnung auch durch Messungen erfolgen, dabei können auch Lärmquellen erfasst werden, für die

keine Daten vorliegen, der Lärmpegel wird dabei aber nur punktuell ermittelt und ist nur für den Messzeitraum repräsentativ. Wichtig ist, dass eine Messung über einen ausreichend langen Zeitraum erfolgt und dabei die meteorologischen Bedingungen beachtet werden. Grundsätzlich ist bei ausbreitungsneutralen bis ausbreitungsgünstigen Bedingungen zu messen. Die genaue Regelung wie eine Messung durchzuführen ist beschreibt die ÖNORM S 5004. [lain.at]

Für die Berechnung wird in Österreich die RVS 04.02.11 der Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau verwendet. Für Autobahnen und Schnellstraßen ist die Richtlinie 04.02.11 verbindlich. Die Auswertung erfolgt über Programme die aus punktuellen Messungspunkten ein Flächenmodell generiert. Für Interessierte wurde durch die Stadt Graz und dem Lebensministerium ein Straßenlärmrechner entwickelt, der auf vereinfachten Annahmen (Straßenverlauf und Gelände) beruht und nur Anhaltswerte errechnet, jedoch ein erstes Gefühl für den Einfluss des Verkehrsaufkommen, des LKW – Anteils oder der Geschwindigkeit auf die Lärmimmission, vermittelt.



**Abbildung 6.25 Legende Lärm Lärminfo**



**Abbildung 6.26 Legende Lärm Cities: Skylines**

Wie die Verkehrskarten wird auch in Cities: Skylines der Lärm durch eine Rotfärbung angezeigt. Dabei erzeugen Gewerbe, Industrie oder öffentliche Gebäude ebenfalls Lärm und werden in der Lärmkarte nicht separiert angezeigt.

### 6.5.1 Lärmvergleich Morgenspitze

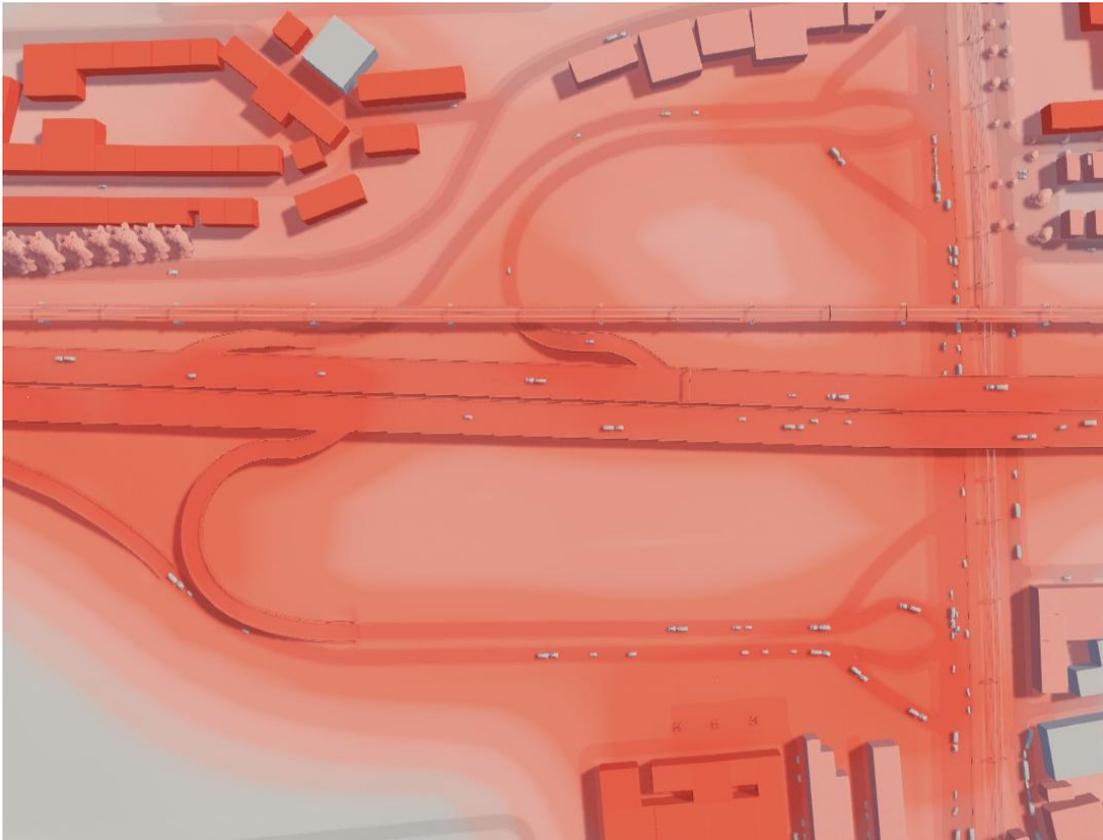


Abbildung 6.27 Lärmkarte Tag – Cities: Skylines

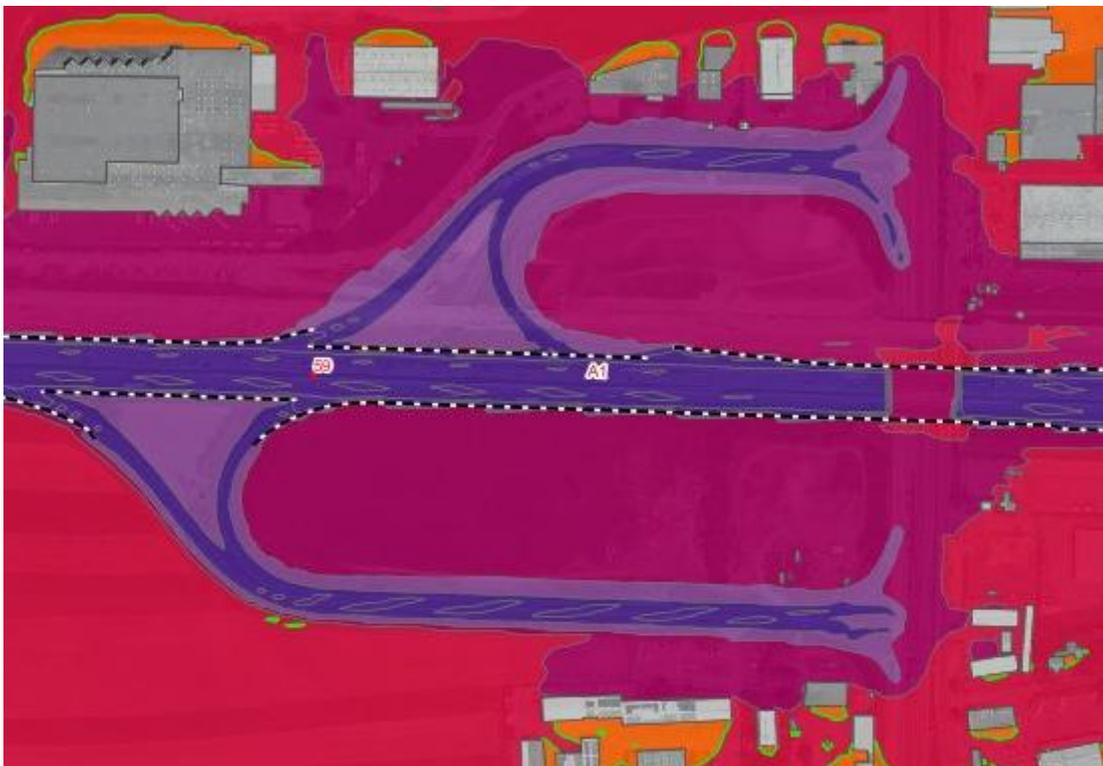
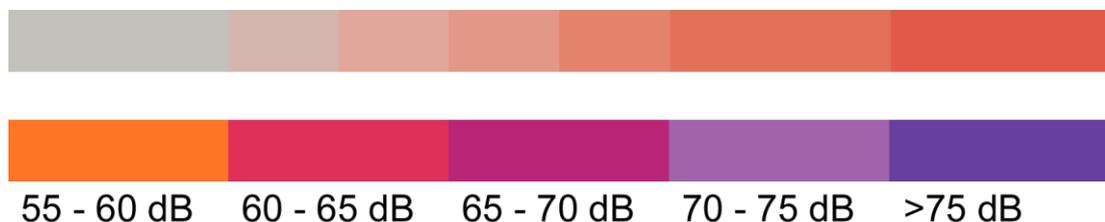


Abbildung 6.28 Lärmkarte 24h Durchschnitt – Lärminfo

In einem direkten Vergleich der beiden Lärmkarten, zeigen sich deutliche Unterschiede in der Darstellung des Lärms durch die jeweiligen Farbskalen. In Cities: Skylines wird der entstehende Lärm nicht so weit verbreitet wie es in der Lärmkarte des BMLFUW gezeigt wird. Dieses Problem lässt sich mit dem momentanen Stand des Spiels nicht annähern, da noch keine Modifikationen in diese Richtung existieren oder entwickelt werden, da für die Errechnung der Lärmpegel viele komplexe Faktoren, wie beispielsweise Schallreflexion, berücksichtigt werden müssen, die ein normales Spiel in diesem Umfang momentan nicht erreichen kann.

Beim Versuch einen Vergleich der beiden Karten zu erstellen, deckt sich in den höheren Dezibel – Bereichen die Färbung der Cities: Skylines Karte noch mit den realen Daten, jedoch nimmt mit abnehmender Lautstärke auch die Genauigkeit ab. Dies führt zu einer Anpassung der Farblegende in den niederen Bereichen dahingehend, dass mehrere Rotstufen für einen Lautstärkebereich gelten. Dabei gilt es, wie auch bei den Verkehrsdaten, zu beachten, dass sich die Färbungen an den Verkehr anpassen und sich dynamisch ändern.



**Abbildung 6.29 Lärmskalen Vergleich Tag**

Da die Verbreitung des Lärmes im digitalen Stadtmodell weit geringer ausfällt, wurde für den Vergleich die Tagesverkehrsspitze gewählt und mit den 24h – Durchschnitt Daten verglichen, da die Intensität an anderen Tageszeiten schwerer zu erfassen war. Um mit dieser Legende eine Auswirkung der geplanten Traisental Schnellstraße zu analysieren, wurde angenommen, dass der Bereich von 60 – 65 Dezibel um zwei bis dreihundert Meter weiter reicht als es in Cities: Skylines simuliert wird. Diese Entfernungen werden durch einen Vergleich der Lärmpegel über einen größeren Abschnitt der Autobahn gemittelt angenommen.

## 6.5.2 Lärmvergleich Abendspitze

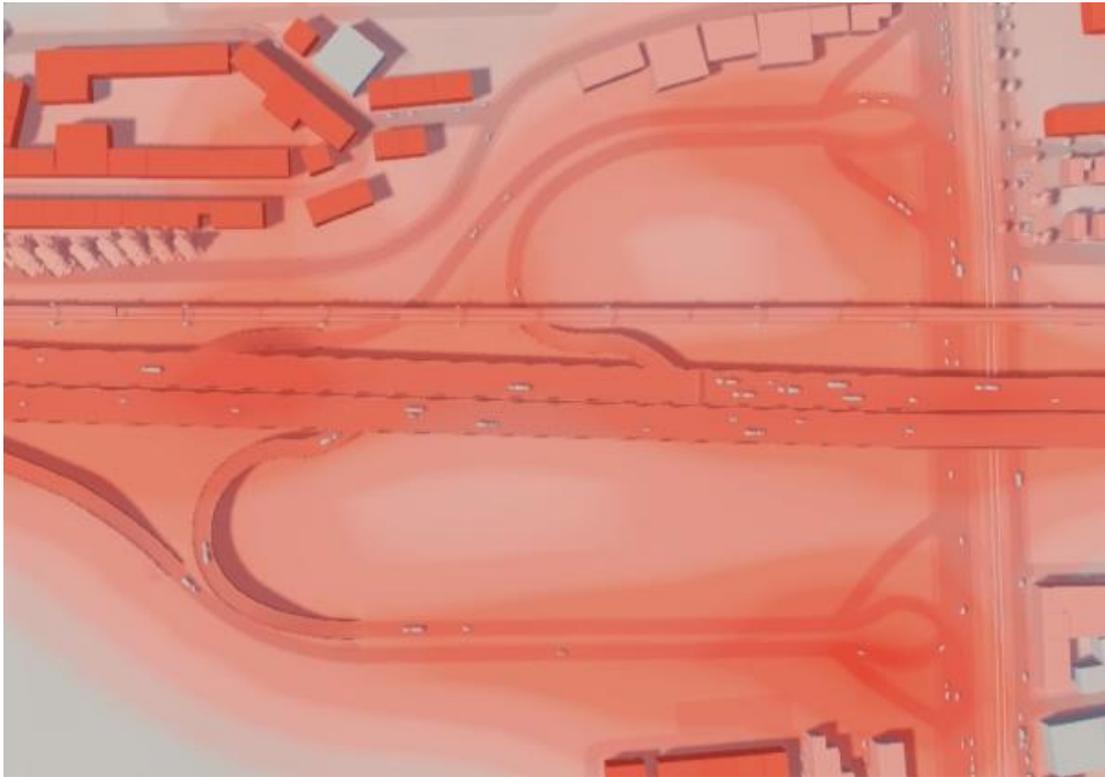


Abbildung 6.30 Lärmkarte Nacht – Cities: Skylines



Abbildung 6.31 Lärmkarte Nachtwerte – Lärminfo

Im Vergleich zu den Tagesdurchschnittswerten ist jener der Nachtdaten ungenauer ausgefallen, da hier das Problem der niedrigeren Lautstärken besteht, wodurch die Lärmskalen sehr voneinander abweichen. Verstärkt wird dieser Effekt, da die Skala des Ministeriums für ein lebenswertes Österreich zudem eine zusätzliche Unterteilung besitzt.

Für eine Analyse wird eine erweiterte Lärmentwicklung im Bereich von 55 – 60 Dezibel um etwa zwei bis dreihundert und im nächsthöheren Bereich um etwa vier bis fünfhundert Meter angenommen. Um eine ungefähre Einteilung zu erhalten, wurden die Farbskalen angepasst.

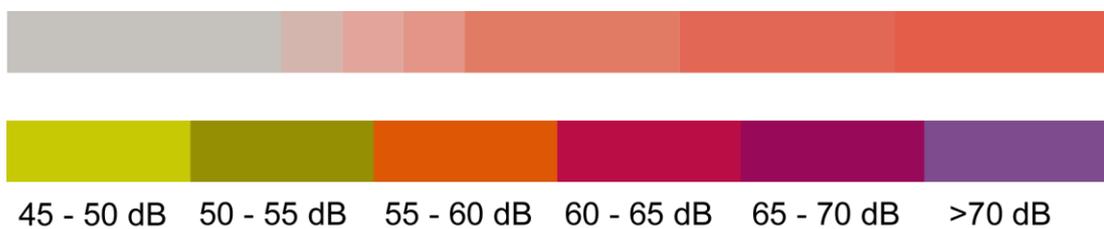


Abbildung 6.32 Lärmskala Vergleich Nacht

### 6.5.3 Lärmbelastung Völtendorf Tag

Die Anschlussstelle Völtendorf liegt südlich des geplanten Autobahnkreuzes A1 und S34 und ist stark befahren. Die Auswirkung die betrachtet wird, bezieht sich auf den Ort Völtendorf, der sich nur unweit der geplanten Auffahrt und dem Verlauf der Schnellstraße befindet.

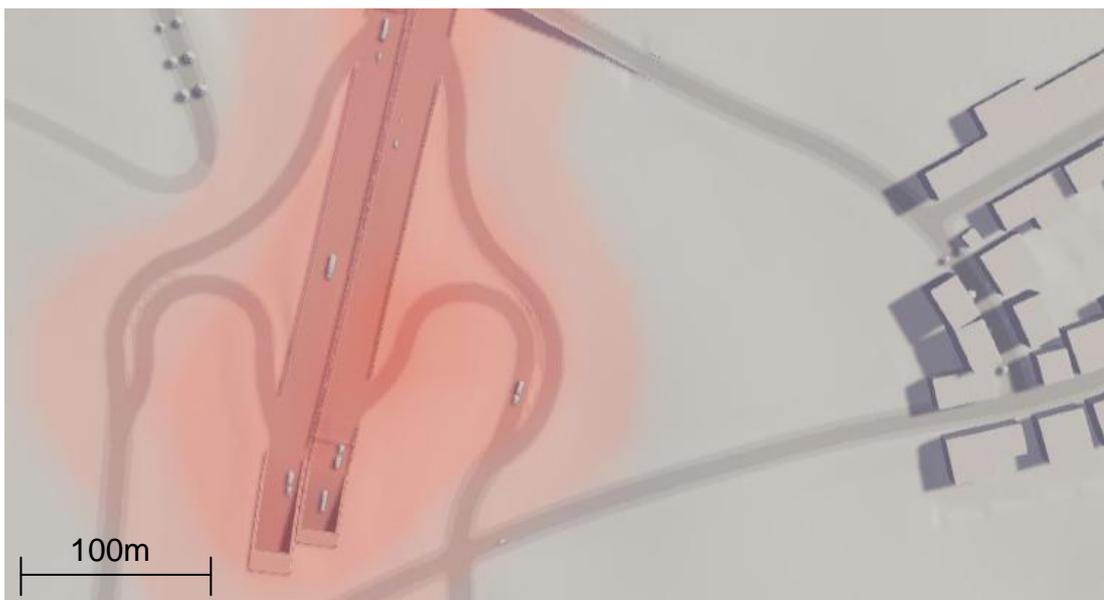


Abbildung 6.33 S34 Auffahrt Völtendorf – Tag

Für die Auswertung wird unterschieden zwischen einer Lärmbelastung auf der Schnellstraße selbst und eine auslaufende Belastung die den Lärmpegel des naheliegenden Dorfes beeinflusst. Durch die Färbung wird angenommen, dass eine Lärmbelastung der Fahrbahn auf etwa 65 – 70 und in den Randzonen verlaufend ein Bereich von 60 – 65 Dezibel einwirkt. Erweitert man diese Zone um vier bis fünfhundert Meter zeigt sich eine durchschnittliche maximale Lärmbelastung im Zentrum von Völtendorf von etwa 60 Dezibel, welches dem Tagesgrenzwert entsprechen würde.

#### 6.5.4 Lärmbelastung Völtendorf Nacht

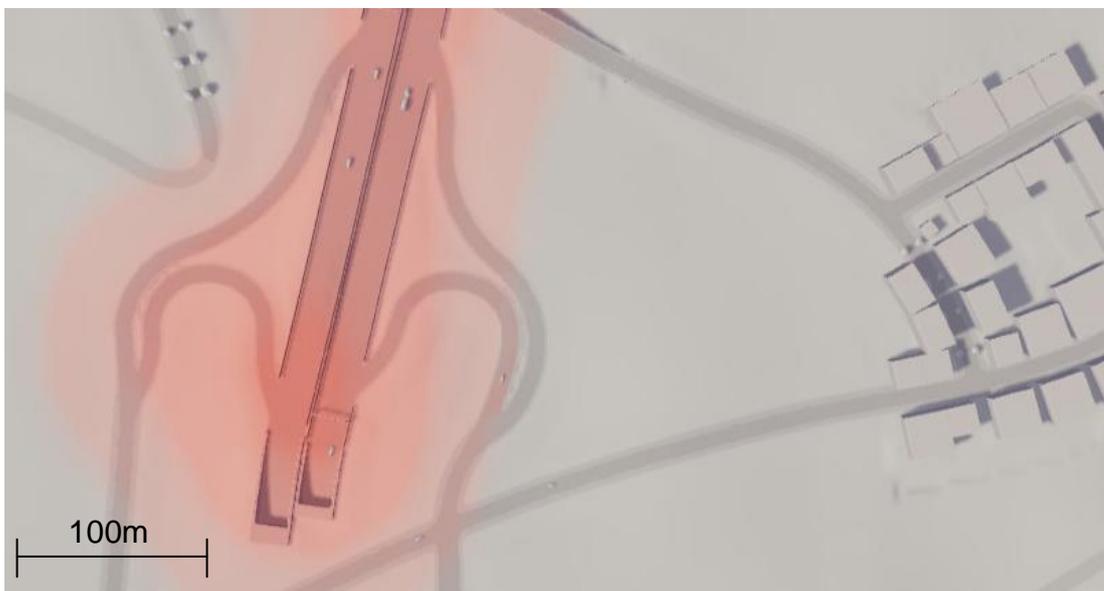


Abbildung 6.34 S34 Auffahrt Völtendorf – Nacht

Die Färbung der Lärmbelastung aus der Nachtmessung zeigt eine direkte Belastung der Schnellstraße von 60 – 65 und verläuft sich nach außen hin, bis zu einem Bereich von 50 – 55 Dezibel. Erweitert man diese Bereiche ergibt sich wie in den zuvor gezeigten Analysen ein maximaler Wert von etwa 50 Dezibel, welches erneut um den Grenzwert liegt.

#### 6.5.5 Auswertung

Fasst man die nun erhaltenen Daten zusammen, zeigt sich eine Erhöhung der Lärmbelastung rund um die geplante Strecke der Traisental Schnellstraße. Allerdings wird durch die Analysen gezeigt, dass sich in den im

Wirkungsbereich liegenden Ortschaften ein Grenzwert einstellt und die geplante Route der S34 konform geht.

Wie in den Verkehrskarten muss hier zwischen einem Versuch einer Generierung eines digitalen Stadtmodells durch das Computerspiel Cities: Skylines und den realen Daten, die auf komplexen Rechenmodellen beruhen, differenziert werden. Die geführten Versuche und dadurch erhaltenen Daten sind nicht aussagekräftig gegenüber der Realität, sondern dienen lediglich der Überprüfung der Genauigkeit und der Anpassungsfähigkeit eines Computerspieles.

## **7. Evaluierung der Verkehrssimulation durch Stadtplanungsteam St. Pölten**

Um einen Bezug zu einer professionellen Planung zu erhalten, wurde die Arbeit einem Stadtplanungsteam des Magistrats St. Pölten präsentiert und die erhaltenen Ergebnisse in einem Gespräch genauer beurteilt. Dipl. Ing. Franz Weitzenböck und Dipl. Ing. Gregor Gradnitzer, können sich eine genauer modifizierte Version im Bereich der universitären Ausbildung als erste Annäherung im Bereich der Raumplanung durchaus vorstellen. Durch die leichte Bedienung und dadurch schnelle Umsetzung lassen sich Projekte relativ schnell simulieren und diese leicht und verständlich an andere Personen weiterleiten oder auch die Bevölkerung direkt einbinden, wie es beispielsweise durch das Spiel Minecraft und dem Projekt „Block to Block“ gezeigt wurde.

Durch die einfache Möglichkeit einer Generierung von vereinfachten Modellwelten, können Lernende ein erstes Gefühl einer praktischen Anwendung des Gelernten erfahren und sich mit dem Medium Verkehrs- und Stadtplanung als Näherung im Teilpraktischen Bereich auseinandersetzen. [Gradnitzer16]

Eine mögliche Nutzung von Städtebausimulationen im universitären oder schulischen Bereich wären Simulationen von spezifischen Szenarien, die für eine Problemstellung angepasst werden und eine Lösungsidee von Schülern oder Studenten einfordert. Diese Szenarien hängen von der weiteren Modifizierbarkeit des Spieles ab und können von Planung einer Umfahrungsstraße bis hin zu einer Umgestaltung eines Verkehrsknotens reichen.

Hierbei muss man sich allerdings stark von den realen Planungsverfahren mit gesetzlichen Vorschriften, Normen und Grenzwerten distanzieren und das erstellte Stadtmodell sehr kritisch betrachten, da eine Planung mit der Bevölkerung nicht ohne Führung funktionieren kann und somit eine Vielzahl an Protagonisten erfordert, welche die Planung wieder sehr komplex machen würde. Zusätzlich herrscht die Gefahr, dass sich Leute in den Ergebnissen

verrennen und wiegt den Benutzer in einer Sicherheit, da sie in einem teilweise wissenschaftlichen Bereich agiert, allerdings weiterhin nur ein Spiel als Werkzeug verwenden, das der Realität nur angenähert werden kann und auch nicht die gesetzlichen Vorgaben beherrscht. [Gradnitzer16]

Ein Einsatz in der professionellen Stadtplanung schließen Beide mit dem derzeitigen Stand des Machbaren aus, da es nach wie vor ein Spiel ist und daher keine gesetzlichen Vorschriften beinhaltet und dadurch keine aussagekräftigen Ergebnisse liefert. Als Kommunikationsstrategie zwischen Planern und der Bevölkerung ist es denkbar, allerdings mit einem großen Arbeitsaufwand verbunden was die Frage aufwirft, ob sich der Aufwand oder der gewonnene Nutzen überwiegt. Da es sich um ein abstraktes Modell handelt, muss überprüft werden ob dadurch die gewünschten Informationen nicht verfälscht werden und dadurch ein falsches Bild weitergeleitet wird.

## 8. Resümee und Ausblick

Im Bereich der Verkehrsplanung beschränkt sich die Echtzeitsimulation zurzeit auf kleine Bereiche, wie Kreuzungen oder kurze Streckenabschnitte. In der Stadtebene werden Daten durch Szenarien ausgewertet und durch Verkehrsmodelle dargestellt, jedoch nicht in Echtzeit simuliert. Die Auswertung liefert meist sehr komplexen Daten, durch die sich die Kommunikation von Planungsvorhaben zwischen Planern und der Bevölkerung zunehmend schwieriger gestaltet.

Aufbauend auf der Idee, Stadtplanung durch einen spielerischen Zugang mittels Städtebausimulationen zu erreichen wurden die beiden Begriffe „Gamification“ und „Serious Games“ herangezogen. Diese etablierten sich bereits vermehrt in innovativen Lernszenarien, da durch spielbasiertes Lernen schnell Fortschritte erzielt werden, wie der Erfolg des Physikspieles Ludwig zeigt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, wie und in welchem Umfang herkömmliche Videospiele, die keinen bewussten Lernzweck erfüllen sollen, mittels Gamifizierung nicht nur zum Vergnügen, sondern auch für die Lehre oder für arbeitstechnische Zwecke zu verwenden. Dieser Gedankengang existiert bereits im akademischen Bereich, ist jedoch nur sehr spärlich und nicht konkret weiterverfolgt worden.

Es wurden Spiele im Bereich der Städtebausimulation betrachtet, da sich leicht ganze Städte in Echtzeit simulieren und verändern lassen und die Weitergabe von Spielinhalten leicht verständlich ist. Exemplarisch für Städtebausimulationen wurde mit Hilfe des Spieles Cities: Skylines ein digitales Modell der Stadt St. Pölten generiert. Durch Modifikationen wurde dieses möglichst realitätsnah angepasst, um eine mögliche Nutzung von Städtebausimulationsspielen zur Verkehrs- und Stadtplanung zu überprüfen. Zusätzlich zu dem Planungsnutzen stellte sich die Frage nach der Verwendung als Visualisierungs- und Kommunikationsmittel zwischen Planern und der Bevölkerung.

Da durch das Medium Videospiele, Faktoren wie Bauzeiten und Kosten wegfallen, lassen sich schnell erste Daten erheben, allerdings keine wirtschaftlichen Faktoren berücksichtigen. Trotz einer beachtlichen Spielkartengröße, ist diese dennoch beschränkt und somit auch das Einsatzgebiet der Simulationsidee. Neben der Kartengröße gibt auch die gleichzeitig aktiven Agenten eine Grenze vor, da sich für eine Verkehrssimulation maximal 16.343 Fahrzeuge gleichzeitig simulieren lassen und somit keine beliebig große Stadt generieren lässt.

Im Bereich der Verkehrssimulation bietet das Spiel gute Möglichkeiten sich beispielsweise Lärm und Verkehrsfluss einer kleineren Stadt simulieren zu lassen, sofern man diese mittels Modifizierungen an die Gegebenheiten anpasst. Jedoch sind diese Werte nicht aussagekräftig, da diese nur auf dem Rechenmodell der Spielsoftware beruhen und weit von den realen Berechnungsprogrammen für beispielsweise Lärm abweichen.

Die Frage, ob diese Städtebausimulation zur Verkehrs- und Stadtplanung eingesetzt werden kann, muss trotz einer möglichst genauen Modifizierung des Spieles verneint werden. Es handelt sich auch nach Anpassungen um eine Unterhaltungssoftware und zeigt zu große Abweichungen gegenüber der Realität, da sie auf keinen gesetzlichen Grundlagen aufbaut. Diese Modifikationen, im Genaueren zusätzliche selbst programmierte Tools. Diese können das Spiel in eine Richtung verändern, die von den Programmierern gesteuert wird und dadurch die bereits fragwürdigen Daten weiter verfälscht werden.

In Verbindung mit professioneller Software als reines Visualisierungs- und Kommunikationsmittel zwischen Planern und der Bevölkerung wäre der Aufwand größer als der Nutzen, da der Output der Programme in das Spiel eingefügt werden muss und dahingehend noch keine Funktionen vorhanden sind. Das im Spiel gezeigte Material muss wiederum auf Richtigkeit abgestimmt werden, um keinen falschen Eindruck in der Bevölkerung zu hinterlassen und so mögliche Vergleichsfragen zwischen dem Gezeigten und der Realität aufzuwerfen.

Zur Auswertung der geplanten Schnellstraße S34, lassen sich die in der Projektbeschreibung angeführten Vorteile der Nord – Süd Entlastung bestätigen. Da sich allerdings der Durchgangsverkehr und somit der Lärm von den Bundesstraßen auf die Schnellstraße verlagert wird der Verkehr der Zubringerstraßen erhöht. Der steigende Verkehr entlang der Umfahrungsstraße zeigt, dass sich in den im Wirkungsbereich liegenden Ortschaften ein Grenzwert einstellt und die geplante Route der S34 konform geht.

Die erhaltenen Daten der Verkehrssimulation können allerdings nicht für reale städtebauliche Projekte verwendet werden, um eine erste Abschätzung zu erhalten, da viele gesetzlichen Grundlagen fehlen und selbst von einem realitätsähnlichen Rechenmodell nicht auf zukünftige Projekte geschlossen werden kann.

Durch den direkten Vergleich von realen Daten zeigt sich, dass in vielen Bereichen das Medium Computerspiel doch sehr von der Realität abweicht, welches allerdings auch von den Entwicklern so geplant ist. Der Vorteil des für diese Arbeit gewählten Spieles ist, dass es sich mit ausreichend Kenntnissen leicht modifizieren und anpassen lässt, wodurch eine Änderung und Anpassung für schulische oder akademische Tätigkeiten durchaus denkbar wäre. In einer ähnlichen Untersuchung der Aalto School of Engineering mit dem Titel „Gamification of Education: Cities: Skylines as an educational tool for real estate and land use planning studies“ wurde ebenfalls getestet, ob Videospiele als planerisches Werkzeug verwendet werden und darüber hinaus auch im Bereich der Lehre Verwendung finden könnten. Die Resümees beider Arbeiten ähneln einander in der Hinsicht, dass es bereits jetzt schon durchaus denkbar ist, Videospiele in einen Ausbildungsprozess einzubinden und bereits früh einen Umgang mit diesem Medium zu finden.

Cities: Skylines besitzt durchaus Potenzial für planerische Tätigkeiten im Bereich der Lehre herangezogen zu werden um rasch erste ungefähre Daten über beispielsweise Verkehrsaufkommen zu erhalten und diese auch verständlich zu präsentieren und sich in die Materie Verkehrsplanung einzuarbeiten.

Da digitale Kommunikationsmedien vermehrt in der Planung eingesetzt werden und sich diese rasch weiterentwickeln, sollte der Gedanke der Computerspielnutzung dennoch nicht vernachlässigt werden und ebenfalls in eine Weiterentwicklung mit einbezogen werden. In Verbindung mit einer VR – Brille kann es dem Benutzer möglich sein, sich auf Straßenniveau durch das generierte Stadtmodell zu bewegen und geplante Verkehrsstrukturen zu erkunden. Auf Ausstellungen werden bereits ähnliche Installationen mit modernen Techniken verwendet um die Attraktivität zu steigern.

Neben statischen Modulen lässt sich der Gedanke auch durch Augmented Reality Apps kombinieren und dynamische und ortsspezifische Nutzungen generieren. Über Smartphones oder Tablets werden geplante Bauvorhaben in die reale Umgebung integriert und liefern den Nutzer Daten über Lärm, Schadstoffbelastung und Verkehrsaufkommen.

## **9. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt und mir bei der Fertigstellung geholfen haben. Besonderer Dank gilt Dipl. Ing. Franz Weitzenböck und Dipl. Ing. Gregor Gradnitzer für ihre Zeit und das fachliche Feedback. Bedanken möchte ich mich bei Dr. Thomas Karl für den Zugang zum Stadtarchiv und für das bereitgestellte Bildmaterial. Ebenfalls Danke sagen möchte ich meinem Freund Andreas Kisling, der diese Arbeit Korrektur gelesen hat.

Mit der Fertigstellung der Diplomarbeit, geht für mich auch das Studium zu Ende und es wird Zeit sich bei jenen zu bedanken, die mich auf diesem Weg unterstützt haben. Dies betrifft all meine Studienkollegen, die mich während dieser Zeit begleitet und sie unvergesslich gemacht hat. Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Familie bedanken die mich nicht nur finanziell unterstützt, sondern mir immer wieder den Ansporn gegeben haben das Studium abzuschließen.

## A. Literaturverzeichnis

- [Brandt14] **Brandt, Hildegard Schröter von. 2014.** *Stadtbau- und Stadtplanungsgeschichte : Eine Einführung.* Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. 978-3-658-02561-8.
- [Schrenk02] *CORP 2002.* **Schrenk, Manfred, [Hrsg.]. 2002.** Wien : Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, 2002. CORP 2002, Computergestützte Raumplanung. Bd. 1. Beiträge zum 7. Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Raumplanung. 3-901673-07-5.
- [Schrenk11] *CORP 2014.* **Schrenk, Manfred, [Hrsg.]. 2011.** REAL CORP 2011: Change for Stability - Lifecycles of Cities and Regions
- [Schrenk14] *CORP 2014.* **Schrenk, Manfred, [Hrsg.]. 2014.** REAL CORP 2014: Plan it Smart - Clever Solutions for Smart Cities
- [Dallmeyer14] **Dallmeyer, Jörg. 2014.** *Simulation des Straßenverkehrs in der Großstadt; Das Mit- und Gegeneinander verschiedener Verkehrsteilnehmertypen.* Frankfurt am Main : Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. 978-3-658-05207-2.
- [Fux12] **Fux, Thierry. 2012.** *Geschichte für Games? : Analyse der Geschichtsrepräsentation in Videospiele.* s.l. : Hamburg : Diplomica-Verl., 2012. 978-3-8428-8758-9.
- [Haahtela15] **Haahtela, Pyry. 2015.** *Gamification of Education: Cities: Skylines as an Educational Tool for Real Estate and Land Use Planning Studies.* Maankäyttötieteiden laitos; Department of Real Estate, Planning and Geoinformatics. Finland : s.n., 2015.
- [Bungartz13] **Hans-Joachim Bungartz, Stefan Zimmer, Martin Buchholz, Dirk Pflüger. 2013.** *Modellbildung und Simulation; Eine anwendungsorientierte Einführung.* 2., überarbeitete Auflage. Berlin : Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013. 978-3-642-37656-6.
- [Dorfer09] **Helmut Dorfer, Thomas Pulle. 2009.** *Stadt im besten Alter - 850 Jahre Stadt St.Pölten.* [Hrsg.] Fachbereich Kultur und Bildung Magistrat der Stadt St.Pölten. St.Pölten : Stadtmuseum, 2009.
- [Juul05] **Juul, Jesper. 2005.** *Half-real : video games between real rules and fictional worlds.* Cambridge : Mass. [u.a.] : MIT Press, 2005. 978-0-262-10110-3.

- [Treiber10] **Martin Treiber, Arne Kesting. 2010.** *Verkehrsdynamik und -simulation : Daten, Modelle und Anwendungen der Verkehrsflussdynamik.* s.l. : Berlin [u.a.] : Springer, 2010. 978-3-642-05227-9.
- [Dirk98] **Mayer, Dirk. 1998.** *Mobilität und Verkehr. Mobilität in Ballungsräumen Lösungen, Konzepte und Möglichkeiten.* [Studienarbeit]. München : GRIN Verlag, 1998.
- [Behrisch14] **Michael Behrisch, Daniel Krajzewicz, Melanie Weber (Eds.). 2014.** *Simulation of Urban Mobility : First International Conference, SUMO 2013, Berlin, Germany, May 15-17.* Berlin : Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2014. 978-3-662-45079-6.
- [Rajakovics13] **Rajakovics, Paul. 2013.** Studienunterlagen zur Vorlesung Wohnbau an der Technischen Universität Wien[Online] 2013. [Zitat vom: 15. September 2015.] [http://www.wohnbau.tuwien.ac.at/downloads/Archiv/Modul\\_UrbaneLandschaft/](http://www.wohnbau.tuwien.ac.at/downloads/Archiv/Modul_UrbaneLandschaft/).
- [Popovich08] *REAL CORP 008. Real Corp 008. 2008.* [Hrsg.] Vasily V. Popovich, Dirk Engelke, Pietro Elisei Manfred Schrenk. Schwechat : CORP - Competence Center of Urban and Regional Planning, 2008. REAL CORP 008: Verkehrsknoten als Wissensdrehscheiben. Beiträge zur 13. internationalen Konferenz zu Stadtplanung, Regionalentwicklung und Informationsgesellschaft. 978-39502139-5-9.
- [Rossetti13] **Rossetti, Rosaldo J.F., et al. 2013.** *Playing Transportation Seriously.* IEEE Intelligent Systems. s.l. : IEEE, 2013. 1541-1672.
- [Karl99] **Thomas Karl, Herbert Karner. 1999** *Österreichische Kunsttopographie - Die Kunstdenkmäler der Stadt St.Pölten.* Horn : Berger. Bd. LIV. 3 85028 310 0.
- [Baumgärtel11] **Tobias Baumgärtel, André Borrmann, Thomas Euringer. 2011.** *Digitale Baustelle - innovativer Planen, effizienter Ausführen.* [Hrsg.] André Borrmann Willibald A. Günther. s.l. : Springer Berlin Heidelberg, 2011. 3-642-16485-4.
- [Schnabel80] **Werner Schnabel, Dieter Lohse. 1980.** *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Straßenverkehrsplanung.* s.l. : Berlin : Transpress, 1980.
- [Zilch13] **Zilch, Konrad. 2013.** *Raumordnung und Städtebau, Öffentliches Baurecht / Verkehrssysteme und Verkehrsanlagen.* Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013. 978-3-642-41876-1.
- [Gradnitzer16] **Dipl. Ing. Gregor Gradnitzer, Dipl. Ing. Franz Weitzenböck. 2016.** Interview mit Stadtplanern des Magistrats St.Pölten Abteilung Stadtplanung.

[Aylett10] **Ruth Aylett, Mei Yii Lim, Sandy Louchart. 2010.** Interactive Storytelling: Third Joint Conference on Interactive Digital Storytelling. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin. 978-3-642-16638-9.

## B. Internetquellen

- [asfinag.at] [www.asfinag.at](http://www.asfinag.at). S 34 TRAIENTAL SCHNELLSTRASSE ST. PÖLTEN/HAFING – KNOTEN ST. PÖLTEN/WEST (A 1) – WILHELMSBURG. [Online] ASFINAG Bau Management GmbH.[Zitat vom: 18. Oktober 2015.]
- [BbB.org] [www.blockbyblock.org](http://www.blockbyblock.org). Block by Block. [Online] UN-Habitat and Mojang using Minecraft to involve citizens in public space design.[Zitat vom: 13. November 2015.] <http://blockbyblock.org/>.
- [cityone.com] <http://www-01.ibm.com/software/solutions/soa/innov8/cityone/index.jsp> 2010 [27.08.2016]
- [fh-erfurt.de] [www.fh-erfurt.de](http://www.fh-erfurt.de). Projekt Citizen Talk [13.12.2016]
- [igumbi.com] [www.igumbi.com](http://www.igumbi.com). [Online] Roland Oth.[Zitat vom: 12. Oktober 2015.] <https://www.igumbi.com/de/blog/verkehrsdaten-in-google-maps-fuer-wien-und-oesterreich>.
- [itwissen.info] [www.itwissen.info](http://www.itwissen.info). [Online] [Zitat vom: 25. August 2016.] <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Simulation-simulation.html>.
- [lain.at] [www.laerminfo.at](http://www.laerminfo.at). 2015. Lärminfo. [Online] BMLFUW, 23. 09 2015. [Zitat vom: 3. März 2016.]
- [ludwig.com] [www.playludwig.com](http://www.playludwig.com) 2013. [30.08.2016]
- [mcvienna.at] [www.mcvienna.at](http://www.mcvienna.at). Minecraft Vienna . [Online] [Zitat vom: 18. Dezember 2015.] <http://www.mcvienna.at/>.
- [oes.at] [www.oesterreichs-staedte.at](http://www.oesterreichs-staedte.at). St. Pölten. [Online] [Zitat vom: 18. Dezember 2015.] <http://www.oesterreichs-staedte.at/niederoesterreich/st-poelten/>.
- [ovos.at] [www.ovos.at](http://www.ovos.at). [Online] ovos media GmbH.[Zitat vom: 30. August 2016.] <http://www.ovos.at/ovos/spielen/>.
- [pcgames.de] [www.pcgames.de](http://www.pcgames.de). 2013. Sim City: Die Geschichte der Staedtebau Simulations Reihe in Bildern. [Online] GMBH, COMPUTEC MEDIA, 7. März 2013. [Zitat vom: 1. März 2016.] <http://www.pcgames.de/Sim-City-Spiel-15619/Specials/Sim-City-Die-Geschichte-der-Staedtebau-Simulations-Reihe-in-Bildern-1059407/>.
- [ptv.com] [www.ptvgroup.com/de](http://www.ptvgroup.com/de). [Online] [Zitat vom: 29. Oktober 2016] <http://www.ptvgroup.com/de/willkommen-bei-der-ptv-group/>
- [skwi.com] [www.skylineswiki.com](http://www.skylineswiki.com). The Cities: Skylines encyclopaedia that you can edit. [Online] [Zitat vom: 23. Januar 2016.]

- [sgt.com] [www.sparkglobaltech.com](http://www.sparkglobaltech.com). [Online] sparkglobaltech.[Zitat vom: 14. Juli 2016.]
- [st-poelten.at] <http://www.st-poelten.gv.at>. [Online] [13.12.2016]
- [ytS2.com] [www.youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=6t_ywQGBaEw&list=PLEDD3C42245757E03&index=21). 2012. SimCity | GlassBox Engine "Scenario 2". [Online] Official EA UK, 17. April 2012. [Zitat vom: 15. Januar 2016.]  
[https://www.youtube.com/watch?v=6t\\_ywQGBaEw&list=PLEDD3C42245757E03&index=21](https://www.youtube.com/watch?v=6t_ywQGBaEw&list=PLEDD3C42245757E03&index=21).
- [ytSC.com] —. 2012. SimCity | Inside SimCity Part One: GlassBox Game Engine. [Online] Official EA UK, 20. März 2012. [Zitat vom: 15. Januar 2016.]  
<https://www.youtube.com/watch?v=NMR07E=7t1A&list=PLEDD3C42245757E03&index=23>.
- [ytS1.com] —. 2012. SimCity | The Economic Loop - Scenario 1. [Online] Official EA UK, 3. April 2012. [Zitat vom: 15. Januar 2015.]  
<https://www.youtube.com/watch?v=wwwQIOGHoTM&list=PLEDD3C42245757E03&index=22>.
- [ytS3.com] —. 2012. SimCity: Glassbox Engine Scenario 3. [Online] Official EA UK, 1. Mai 2012. [Zitat vom: 15. Januar 2016.]  
<https://www.youtube.com/watch?v=IQSvyQXoriE&list=PLEDD3C42245757E03&index=20>.

## C. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 Ludwig .....	11
<a href="http://www.gamesforchange.org/g4cwp/wp-content/uploads/2012/08/ludwig_4_1000.jpg">www.gamesforchange.org/g4cwp/wp-content/uploads/2012/08/ludwig_4_1000.jpg</a> [30.08.2016]	
Abbildung 2.2 Ludwig – Datenbank.....	11
<a href="http://images.futurezone.at/ludwig_screenshot%2B%2B%252825%2529.jpg/fuzo-slideshow-slide/24.515.180">http://images.futurezone.at/ludwig_screenshot%2B%2B%252825%2529.jpg/fuzo-slideshow-slide/24.515.180</a> [30.08.2016]	
Abbildung 2.3 IBM CityOne .....	12
<a href="http://citybuildinggames.com/wp-content/uploads/2015/09/IBM-CityOne11.jpg">http://citybuildinggames.com/wp-content/uploads/2015/09/IBM-CityOne11.jpg</a> [30.08.2016]	
Abbildung 2.4 Digitalisierung der Umgebung .....	13
<a href="http://31.media.tumblr.com/3218de7af1ba016ebb5cb1cc21742b69/tumblr_inline_na58p15qJ41rzeb3r.jpg">http://31.media.tumblr.com/3218de7af1ba016ebb5cb1cc21742b69/tumblr_inline_na58p15qJ41rzeb3r.jpg</a> [14.08.2015]	
Abbildung 2.5 Lime Park in Peru .....	14
<a href="http://31.media.tumblr.com/4748a439ad65bbc63ca2de8f9c002f0d/tumblr_inline_nanfzhvx8A1rzeb3r.jpg">http://31.media.tumblr.com/4748a439ad65bbc63ca2de8f9c002f0d/tumblr_inline_nanfzhvx8A1rzeb3r.jpg</a> [14.10.2015]	
Abbildung 2.6 McVienna .....	15
Abbildung 3.1 GIS – Funktionsdiagramm.....	18
<a href="http://www.geochance.ca/wp-content/uploads/2015/06/gis_Model.png">http://www.geochance.ca/wp-content/uploads/2015/06/gis_Model.png</a> [06.06.2016]	
Abbildung 3.2 3D – Stadtmodell .....	19
<a href="http://www.geoplex.de/fileadmin/_migrated/pics/trier3D.png">http://www.geoplex.de/fileadmin/_migrated/pics/trier3D.png</a> [06.06.2016]	
Abbildung 3.3 PTV Visum.....	21
<a href="http://vision-traffic.ptvgroup.com/de/produkte/ptv-visum/anwendungsfaelle/">http://vision-traffic.ptvgroup.com/de/produkte/ptv-visum/anwendungsfaelle/</a> [30.10.2016]	
Abbildung 3.4 PTV Vissim .....	23
<a href="http://vision-traffic.ptvgroup.com/de/produkte/ptv-vissim/">http://vision-traffic.ptvgroup.com/de/produkte/ptv-vissim/</a> [30.10.2016]	
Abbildung 3.5. Verkehrssimulation Sim City.....	24
<a href="https://youtu.be/vS0qURI_JJY?t=88">https://youtu.be/vS0qURI_JJY?t=88</a> [14.07.2016]	
Abbildung 3.6 Chat bot – Citizen Talk .....	26
<a href="https://www.fh-erfurt.de/fhe/isp/forschung/projekte/abgeschlossene-forschungsprojekte/citizentalk/?sword_list%5B0%5D=citizen">https://www.fh-erfurt.de/fhe/isp/forschung/projekte/abgeschlossene-forschungsprojekte/citizentalk/?sword_list%5B0%5D=citizen</a> [13.12.2016]	
Abbildung 4.1 Sim City .....	28
<a href="http://www.pcgames.de/Sim-City-Spiel-15619/Specials/Sim-City-Die-Geschichte-der-Staedtebau-Simulations-Reihe-in-Bildern-1059407/galerie/2051592/?fullsize">http://www.pcgames.de/Sim-City-Spiel-15619/Specials/Sim-City-Die-Geschichte-der-Staedtebau-Simulations-Reihe-in-Bildern-1059407/galerie/2051592/?fullsize</a> [07.05.2016]	
Abbildung 4.2 Sim City 4 .....	29
<a href="http://www.pcgames.de/Sim-City-Spiel-15619/Specials/Sim-City-Die-Geschichte-der-Staedtebau-Simulations-Reihe-in-Bildern-1059407/galerie/2051591/?fullsize">http://www.pcgames.de/Sim-City-Spiel-15619/Specials/Sim-City-Die-Geschichte-der-Staedtebau-Simulations-Reihe-in-Bildern-1059407/galerie/2051591/?fullsize</a> [07.05.2016]	
Abbildung 4.3 Diagramm Kraftwerk.....	30
Abbildung 4.4 Straßenstrukturen .....	32
Abbildung 5.1 Stadtplan St. Pölten 1821 .....	35
Dr. Thomas Karl - Stadtarchiv St. Pölten	
Abbildung 5.2 Stadtplan St. Pölten 1888.....	36
Dr. Thomas Karl - Stadtarchiv St. Pölten	
Abbildung 5.3 Luftaufnahme St. Pölten 1945 .....	38
Dipl. Ing. Franz Weitzenböck - Luftaufnahme US Flieger	
Abbildung 5.4 Diagramm Kartengröße .....	39

Abbildung 5.5 St. Pölten Stadtteile & Rastereinteilung.....	40
Abbildung 5.6 Google Earth Karte.....	41
Abbildung 5.7 Höhenkarte St.Pölten .....	42
<a href="http://terrain.party/">http://terrain.party/</a> [25.08.2016]	
Abbildung 5.8 Grundkarte.....	43
Abbildung 5.9 Straßennetz Innenstadt .....	45
Abbildung 5.10 Zonierung im Spiel.....	46
Abbildung 5.11 Klangturm in Blender .....	48
Abbildung 5.12 Innenstadt vor Anpassung.....	49
Abbildung 5.13 Innenstadt nach Anpassung.....	49
Abbildung 5.14 Geplante S34 – Abschnitt 1 und 2.....	50
<a href="http://www.asfinag.at/documents/10180/15172/S+34+Traisental+Schnellstra%C3%9Fe+%C3%9Cbersichtslageplan+Februar+2013/6e818373-b1ca-43be-98f0-e38e513e2929">http://www.asfinag.at/documents/10180/15172/S+34+Traisental+Schnellstra%C3%9Fe+%C3%9Cbersichtslageplan+Februar+2013/6e818373-b1ca-43be-98f0-e38e513e2929</a> [14.09.2015]	
Abbildung 5.15 Stadtplan St.Pölten.....	51
Abbildung 5.16 Stadtplan St.Pölten mit S34.....	52
Abbildung 5.17 S34 – Abschnitt 1 .....	53
Abbildung 6.1: Tag und Nacht Zyklus.....	56
Abbildung 6.2 Diagramm Verkehrsspitzen .....	56
Abbildung 6.3 Legende Verkehr Cities: Skylines .....	58
Abbildung 6.4 Legende Verkehr Google Maps .....	58
Abbildung 6.5 Kreuzung B39 und B20 .....	59
Abbildung 6.6 Kreuzung B39 und B20 – Verkehrsspitze Cities: Skylines Morgen.....	60
Abbildung 6.7 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Google Maps Morgen.....	60
Abbildung 6.8 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Asfinag Morgen .....	61
Abbildung 6.9 Kreuzung B39 und B20 – Verkehrsspitze Cities: Skylines Abend .....	62
Abbildung 6.10 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Google Maps Abend.....	62
Abbildung 6.11 Kreuzung B39 und B20 – Verkehr Asfinag Abend .....	63
Abbildung 6.12 S34 Anschlussstelle Völtendorf.....	64
Abbildung 6.13 Kreuzung B39 und B20 nach Bau S34 – Morgen Vergleich .....	65
Abbildung 6.14 Kreuzung B39 und B20 nach Bau S34 – Abend Vergleich .....	66
Abbildung 6.15 Europaplatz .....	67
Abbildung 6.16 Europaplatz – Verkehrsspitze Cities: Skylines Morgen.....	68
Abbildung 6.17 Europaplatz – Verkehr Google Maps Morgen .....	68
Abbildung 6.18 Europaplatz – Verkehr Asfinag Morgen .....	69
Abbildung 6.19 Europaplatz – Verkehrsspitze Cities: Skylines Abend .....	70
Abbildung 6.20 Europaplatz – Verkehr Google Maps Abend.....	70
Abbildung 6.21 Europaplatz – Verkehr Asfinag Abend .....	71
Abbildung 6.22 Auffahrt B1 auf S34 .....	72
Abbildung 6.23 Europaplatz nach Bau S34 – Morgen Vergleich .....	73
Abbildung 6.24 Europaplatz nach Bau S34 – Abend Vergleich .....	74

Abbildung 6.25 Legende Lärm Lärminfo .....	77
Abbildung 6.26 Legende Lärm Cities: Skylines .....	77
Abbildung 6.27 Lärmkarte Tag – Cities: Skylines.....	78
Abbildung 6.28 Lärmkarte 24h Durchschnitt – Lärminfo .....	78
Abbildung 6.29 Lärmskalen Vergleich Tag.....	79
Abbildung 6.30 Lärmkarte Nacht – Cities: Skylines .....	80
Abbildung 6.31 Lärmkarte Nachtwerte – Lärminfo .....	80
Abbildung 6.32 Lärmskala Vergleich Nacht.....	81
Abbildung 6.33 S34 Auffahrt Völtendorf – Tag.....	81
Abbildung 6.34 S34 Auffahrt Völtendorf – Nacht.....	82

## D. Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.1 Einwohnerzahlen .....	47
<a href="http://www.st-poelten.gv.at/Content.Node/buergerservice/stadtentwicklung/St-Poelten-in-Zahlen.php">http://www.st-poelten.gv.at/Content.Node/buergerservice/stadtentwicklung/St-Poelten-in-Zahlen.php</a> [04.09.2016]	
Tabelle 6.1 Vergleich Einwohnerzahlen .....	55