

DIPLOMARBEIT

a_b-begehbare Städte

Eine rasterbasierte Analyse- methode zur Identifizierung begehrter Umgebungen für zielgerichtete Fußgänger und Fußgängerinnen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen

Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Dipl.-Ing. Dr. techn. Gabriel WURZER

E259/1 - Institut für Architekturwissenschaften

Fachbereich für digitale Architektur und Raumplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Bernhard PLATZER, Bakk.techn.

Matrikelnummer: 0925819



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Danke an Gabriel und Wolfgang für den spannenden Vortrag der räumlichen
Prozessmodellierung, -simulation und -visualisierung

Besonderen Dank an Gabriel für die hervorragende Betreuung

Besonderen Dank an Michaela, Elisabeth und Papa für das Korrekturlesen

Außerordentlichen Dank an Papa für die Unterstützung während des Studiums

Diese Arbeit entstand in Gedenken an meine Mutter.

Abstract

a_b -walkable Cities

A grid-based analysis method to identify walkable neighborhoods for goal-directed pedestrians

Walking is the easiest form of locomotion, but it's a privilege that not everybody is able or willing to use. Current research treats *walkability* in cities as an urban asset. It is essential to identify this asset and thereby let people in cities benefit from it. In this thesis, an *activity based view* in how far a city is walkable for a specific *activity a* (e.g. shopping) within a given *time budget b* (e.g. 15 minutes) is taken. The analysis method divides the city into a grid and computes, for every cell, a transition into cells within b that support the given activity a . A functional map, which underlies the city map, localizes the mentioned functions in the simulation. The result is a map which shows the shortest paths of walkable neighborhoods depending on a , b and the grid resolution, using a case study.

Abstract

a_b-begehbare Städte

Eine rasterbasierte Analysemethode zur Identifizierung begehbarer Umgebungen für zielgerichtete Fußgänger und Fußgängerinnen

Das Zufußgehen ist die einfachste Form der Fortbewegung und trotzdem ist es ein Privileg, dass nicht jeder nutzen kann oder will. Die gegenwärtige Forschung behandelt die *Begebarkeit* einer Stadt als urbanes Gut. Dieses Gut gilt es zu identifizieren und einen wohltuenden Nutzen für die Menschen in den Städten daraus zu schlagen. In dieser Arbeit wird ein *Aktivitäten-basierter Blick* auf Städte und deren Begebarkeiten für eine *spezielle Aktivität a* (z.B.: Einkaufen), kombiniert mit einem *vorgegebenen Zeitbudget b* (z.B.: 15 Minuten) geworfen. Die Analysemethode unterteilt die Städte in Rasterzellen und berechnet, für jede Rasterzelle, eine Durchquerung der Zellen mit *b*, basierend auf der gegebenen Aktivität *a*. Eine Funktionskarte, welche unter der Stadtkarte liegt, lokalisiert die angesprochenen Funktionen in der Simulation. Das Ergebnis ist eine Karte welche die kürzesten Pfade der begehbaren Umgebung, in Abhängigkeit von *a*, *b* und der Rasterzellenauflösung, an einem Fallbeispiel anzeigt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 – Einleitung.....	11
1.1 - Anlass/Problematik.....	11
1.2 - Zielsetzung.....	12
1.3 - Aufbau der Arbeit.....	13
1.4 - Fragestellung.....	14
2 – Theoretischer Rahmen.....	15
2.1 - Der Begriff „Begehbarkeit“.....	15
2.2 - Raumplanerische Relevanz.....	17
2.3 - Bisherige Messung der Begehbarkeit.....	19
2.3.1 - Space Syntax.....	19
2.3.2 - Walk Score.....	21
2.3.3 - Weitere Methoden.....	23
2.4 - Der erarbeitete Ansatz zur Messung.....	25
2.4.1 - Multi Agenten System – NetLogo.....	25
2.4.2 - Zelluläre Automaten.....	28
2.4.3 - Dijkstra-Algorithmus.....	29
2.5 - Untersuchungsgebiete.....	31
2.5.1 - Wiener Neustadt.....	32
2.5.2 - Jerewan.....	33
2.6 - Ableitung zur Fragestellung.....	34

3 – Methodik und Simulation.....	35
3.1 - Aufbereitung der Daten/Karten	35
3.2 - Parameter des Modells.....	36
3.3 - Untersuchungsszenarien.....	38
3.4 - Ausführung und Funktionsweise des Tools.....	42
3.5 - Grundannahmen der Simulation.....	45
3.6 - Beispiel einer durchgeführten Simulation.....	46
4 – Empirische Ergebnisse.....	48
4.1 - Parametervergleich.....	48
4.1.1 - Funktionsänderung.....	48
4.1.2 - Rasteränderung.....	49
4.1.3 - Reichweitenänderung.....	51
4.1.4 - Szenarienänderung.....	52
4.2 - Städtevergleich.....	54
4.2.1 - Szenario 1 – Begehrbarkeitsanalysen.....	55
4.2.2 - Szenario 4 – Funktionsanalysen.....	57
5 – Diskussion.....	60
5.1 - Interpretation der Ergebnisse.....	60
5.2 - Grenzen/Schwächen der Methode.....	61
5.3 - Stärken der Methode.....	62
5.4 - Vergleich mit Space Syntax.....	63
5.5 - Vergleich mit Walk Score.....	68
5.6 - Vergleich mit anderen Methoden.....	69
5.7 - Erweiterungsmöglichkeiten der Methode.....	70

6 – Zusammenfassung.....	71
7 – Schlussfolgerungen.....	73
7.1 - Beantwortung der Fragestellung.....	73
7.2 - Beitrag zum Forschungsstand.....	74
7.3 - Theoretisches Beispiel zur praktischen Anwendung der Ergebnisse.....	74
7.4 - Ausblick.....	75
7.5 - Schlusswort.....	76
Literatur/Quellen.....	77
Eidesstattliche Erklärung.....	80

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Space Syntax Integrationsanalyse R3 Ausschnitt Wiener Neustadt.....	20
Abb. 2: Walk Score Ergebnis Wiener Neustadt Schneeberggasse (Walk Score 2015).....	22
Abb. 3: Walk Score Zeitkarte Wiener Neustadt Schneeberggasse (Walk Score 2015).....	23
Abb. 4: NetLogo World Turtle Patch Observer Erklärung.....	27
Abb. 5: Von-Neumann Nachbarschaft und Moore-Nachbarschaft (eigene Darstellung).....	28
Abb. 6: Weiße und Schwarze Zellen.....	28
Abb. 7: Verlinkte Weiße Zellen.....	28
Abb. 8: Dijkstra Beispiel ungelöst (Raidl 2009).....	29
Abb. 9: Dijkstra Beispiel gelöst (Raidl 2009).....	30
Abb. 10: Verortung Wiener Neustadt und Jerewan (Open Street Map 2015).....	31
Abb. 11: Overview Wiener Neustadt (Open Street Map 2015).....	33
Abb. 12: Jerewan Luftbild (Mass Ltd. 2015).....	34
Abb. 13: Wegekarte Jerewan 1:25000 verkleinert.....	35
Abb. 14: Wegekarte Wiener Neustadt 1:25000 verkleinert.....	35
Abb. 15: Bezirkskarte Jerewan.....	36
Abb. 16: Funktionskarte Wiener Neustadt.....	36
Abb. 17: Beispiel Encirclekarte.....	38
Abb. 18: Beispiel Zeitkarte.....	38
Abb. 19: Beispiel Hauptszenario.....	39
Abb. 20: Beispiel Szenario 2.....	40
Abb. 21: Beispiel Szenario 3.....	40
Abb. 22: Beispiel Szenario 4.....	41
Abb. 23: NetLogo Interface, Funktionen und Kommandofelder.....	42
Abb. 24: Beispiel einer durchgeführten Simulation, Wiener Neustadt.....	46
Abb. 25: Beispiel einer durchgeführten Simulation, Zeitkarte.....	47
Abb. 26: Parametervergleich Funktion Bildungseinrichtung.....	48
Abb. 27: Parametervergleich Funktion Grünflächen.....	48
Abb. 28: Parametervergleich Raster 32.....	49

Abb. 29: Parametervergleich Raster 32 Zeitkarte.....	49
Abb. 30: Parametervergleich Raster 64.....	50
Abb. 31: Parametervergleich Raster 128.....	50
Abb. 32: Parametervergleich Raster 256.....	50
Abb. 33: Parametervergleich Reichweite 15.....	51
Abb. 34: Parametervergleich Reichweite 15 Zeitkarte.....	51
Abb. 35: Parametervergleich Reichweite 60.....	51
Abb. 36: Parametervergleich Reichweite 60 Zeitkarte.....	51
Abb. 37: Hauptszenario, Bildungseinrichtungen, Wiener Neustadt, Reichweite 20.....	52
Abb. 38: Parametervergleich Szenario 2.....	53
Abb. 39: Parametervergleich Szenario 2 Bezirkskarte.....	53
Abb. 40: Parametervergleich Szenario 3.....	53
Abb. 41: Parametervergleich Szenario 3 Bezirkskarte.....	53
Abb. 42: Parametervergleich Szenario 4 Zeitangabe.....	54
Abb. 43: Parametervergleich Szenario 4 Agentenanzahl.....	54
Abb. 44: Städtevergleich Jerewan Zeitkarte.....	55
Abb. 45: Städtevergleich Wiener Neustadt Zeitkarte.....	55
Abb. 46: Städtevergleich Jerewan kürzeste Wege.....	55
Abb. 47: Städtevergleich Wiener Neustadt kürzeste Wege.....	55
Abb. 48: Städtevergleich Jerewan Zeitkarte 30 min.....	56
Abb. 49: Städtevergleich Wiener Neustadt Zeitkarte 30 min.....	56
Abb. 50: Städtevergleich Jerewan Wege 30 min.....	56
Abb. 51: Städtevergleich Wiener Neustadt Wege 30 min.....	56
Abb. 52: Städtevergleich Jerewan Funktion Einkauf.....	57
Abb. 53: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Einkauf.....	57
Abb. 54: Städtevergleich Jerewan Funktion Grünflächen.....	57
Abb. 55: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Grünfl.....	57
Abb. 56: Städtevergleich Jerewan Funktion Bildung.....	58
Abb. 57: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Bildung.....	58
Abb. 58: Städtevergleich Jerewan Funktion Hauptbahnhof.....	58

Abb. 59: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Hbf.....	58
Abb. 60: Städtevergleich Jerewan F. Krankenhaus.....	59
Abb. 61: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Krankenhaus.....	59
Abb. 62: Beispiel einer axialen Kurve.....	63
Abb. 63: Beispiel einer realen Kurve.....	63
Abb. 64: Axiale Karte von Wiener Neustadt.....	64
Abb. 65: Space Syntax Integrationsanalyse Global Wiener Neustadt.....	65
Abb. 66: NetLogo Integrationsanalyse Global Wiener Neustadt.....	65
Abb. 67: Space Syntax Integrationsanalyse R3 Wiener Neustadt.....	66
Abb. 68: Space Syntax Choice-Analyse log2 Wiener Neustadt.....	67

Tabellenverzeichnis:

Tab. 1: Dijkstra Algorithmus Rechenschritte (Raidl 2009).....	30
---	----

1 – Einleitung

1.1 - Anlass/Problematik

Das Jahr 2015 wird in Wien als das Jahr des Zufußgehens in die Geschichte eingehen (Stadt Wien 2015). Das Zufußgehen ist die natürlichste Art sich fortzubewegen und zeichnet den Menschen aus. Heutzutage gibt es viele Alternativen sich fortzubewegen (u.a. Fahrrad, Segway, Skaten, mit öffentlichen Verkehrsmitteln, mit dem Auto/Motorrad), aber nichts ist so einfach und kostengünstig wie das Gehen. Urbane Umgebungen, die für Fußgänger und Fußgängerinnen gut erschlossen sind, bieten sowohl Einwohnern/Einwohnerinnen als auch Besuchern/Besucherinnen das Privileg, auf motorisierten Verkehr verzichten zu können. Das Gehen ist gesund für den Menschen und verunreinigt die Umwelt nicht, doch nicht alle Siedlungen bieten die Möglichkeit seine Ziele zu Fuß zu erreichen.

Nun scheint wichtig zu sein, dass den Menschen das Zufußgehen so leicht und attraktiv wie möglich gemacht wird. Um zu identifizieren, wo und in welchen Stadtgebieten es Erschwernisse gibt, müssen Städte zuerst analysiert werden. In diesem Kontext gibt es zwei Hauptprobleme:

- (1.) Die Wegstrecken zwischen Start und Ziel des Fußgängers/der Fußgängerin sind zu lang,
- (2.) Die Wegstrecken sind nicht gut ausgebaut, bzw. unattraktiv für das Zufußgehen.

Für beide Probleme zählt, dass im Endeffekt nur bauliche Maßnahmen als Lösung in Frage kommen. Da es aber aus Kostengründen nicht sinnvoll ist, eine bestehende urbane Umgebung zu 100 Prozent auf Fußverkehr umzubauen, gilt es, die wichtigsten Fußverkehrsrouten herauszufiltern und dort anzusetzen, wo der geringste (Kosten-)Aufwand den größtmöglichen Nutzen erzielt.

Das Thema der Begehbarkeit ist derzeit aktueller denn je. Wissenschaftler, unter anderen, Burak Pak und Johan Verbeke, und Wissenschaftlerinnen beschäftigten sich in jüngster Zeit mit der Begehbarkeit (Pak & Verbeke 2013) und bemühen sich das Thema zu popularisieren. Ebenso die Stadt Wien versucht die Leute mit dem Jahr des Zufußgehens in diesem Bereich zu sensibilisieren (Stadt Wien 2015). Auch in den USA, die bekannt für autofreundliche (und zugleich gehunfreundliche) Städte wie Los Angeles ist, wurden Initiativen gestartet, um auf

die Problematik hinzuweisen. Ein Ranking der Begehbarkeiten urbaner Umgebungen in über 2500 Städten, nach dem so genannten „Walk Score“ wurde erstellt (Herst 2013). Die Ergebnisse zeigen sowohl die am besten als auch die am schlechtesten begehbaren Städte.

1.2 - Zielsetzung

Um sich der Problematik der zu langen Wegstrecken und der schlechten Integration/Zentralität von urbanen Umgebungen zu nähern, ist es notwendig, unter diesem Aspekt einen Eindruck vieler verschiedener Städte zu erhalten. Begehungen von einigen Städten mit unterschiedlichen Wegstrukturen, verschiedenen Einwohnerzahlen und Dichten, sowie verschiedenerlei Gründungszeitpunkten in diversen Ländern, können einen solchen Eindruck vermitteln.

Ein einheitlicher Indikator, der über ein neues Analysetool angezeigt werden kann, soll Aufschluss über Begehbarkeiten und Integration urbaner Umgebungen liefern. Die Erstellung des Tools erfolgte über die Multi-Agenten-Programmierungsumgebung NetLogo (Version 5.1.0). Die Agenten sollen das Zufußgehen der Menschen in urbanen Siedlungen simulieren.

Wichtig für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Städte ist, dass die Ergebnisse der Analysen gegenüberstellbar sind. Um ein relativ breites Spektrum an Analysen und Simulationen vergleichen zu können, gibt es im Endprodukt der NetLogo Programmierung mehrere Parameter auszuwählen.

In dieser Arbeit wird deshalb nicht nur einen Blick auf die Integration/Zentralität von Stadtvierteln geworfen, sondern auch einen Aktivitäten-basierten Blick auf Städte und deren Begehbarkeiten für spezielle Funktionen a (u.a. Ausbildung, Einkaufen, Bahnhof), kombiniert mit einem vorgegebenen Zeitbudget b (z.B.: 20 Minuten). Die Analysemethode unterteilt die Städte in Rasterzellen und berechnet für jede Rasterzelle die Durchquerung der Zellen mit b , basierend auf der gegebenen Aktivität/Funktion a . Mittels eines Dijkstra-Algorithmus (siehe Kapitel 2) finden die Agenten den effizientesten Pfad.

Unter der Stadtkarte/Wegekarte wird eine Funktionskarte, sowie eine Bezirkskarte benutzt, welche die angesprochenen Funktionen ausführt und die Stadt in Bezirke unterteilt. Im Endeffekt sieht man die Formung von begehbaren Umgebungen, abhängig von a , b und der

Rasterzellenauflösung, anhand von Fallbeispielen. Die für die Analysen dieser Arbeit ausgewählten Städte sind Wiener Neustadt in Niederösterreich und Jerewan, die Hauptstadt Armeniens.

Das Hauptszenario der Programmierung simuliert Agenten von einem gewählten Startpunkt aus, die zu den gewünschten Aktivitäten mit einem gegebenen Zeitbudget gehen sollen. Abseits dieser Methode, lassen sich zusätzlich auch einzelne Bezirke untersuchen, die gesamte Stadt ausgehend von einem bestimmten Bezirk, oder auch alle Bezirke einer Stadt untereinander. Für die Gegenüberstellung verschiedener Städte lassen sich Zeitgefällekarten erstellen und die individuell benötigten Gehzeiten der Agenten für jede Rasterzelle anzeigen.

Ziel der Arbeit ist es, das erstellte Analysetool und die daraus gewonnenen Analyseergebnisse zu untersuchen und dahingehend zu prüfen, ob sie für die Raumplanung/Stadtplanung nützlich sein können.

1.3 - Aufbau der Arbeit

Die weitere Arbeit unterteilt sich in folgende Kapitel:

Im Kapitel 2 „Theoretischer Rahmen“ wird auf die raumplanerische Relevanz des Themas hingewiesen, sowie der derzeitige Forschungsstand beschrieben. Außerdem werden aktuelle Methoden zur Messung der Integration und Begehrbarkeit vorgestellt. In einem weiteren Unterpunkt wird der gewählte Zugang zur Messung erklärt und die NetLogo-Software, sowie der Dijkstra-Algorithmus erläutert. Danach wird das Untersuchungsgebiet beschrieben und die Wahl der zwei Städte begründet.

Im Kapitel 3 „Methodik und Simulation“ wird detailliert beschrieben, wie das Tool zur Begehrbarkeitssimulation und Integrationsanalyse anzuwenden ist. Welche Parameter- und Simulationseinstellungen vorzunehmen sind und welche Grundannahmen für das Tool gelten. Ein Beispiel einer durchgeführten Simulation soll das Kapitel verständlich machen.

Das Kapitel 4 „Empirische Ergebnisse“ widmet sich ausschließlich den auf die Städte angewendeten Simulationen. Hier werden zuerst Parametervergleiche in den einzelnen Umgebungen angestellt und danach Simulationen gegenübergestellt. In diesem Kapitel

werden die Ergebnisse nur dargestellt und kurz beschrieben, die detailreichere Interpretation folgt im nächsten Kapitel.

Das Kapitel 5 „Diskussion“ erläutert die Ergebnisse der empirischen Erhebung und zeigt die Schwächen und Stärken des Tools auf. Die Ergebnisse und die Funktionsweise der Methode werden danach mit Space Syntax, sowie mit Walk Score und weiteren Methoden verglichen. Zum Abschluss dieses Kapitels werden mögliche Erweiterungen des Tools vorgestellt.

Im Kapitel 6 „Zusammenfassung“ wird das Wichtigste der Kapitel 1 bis 5 noch einmal kurz wiederholt und zusammengefasst. Danach folgt noch das Kapitel 7 „Schlussfolgerungen“ in dem die Forschungsfrage beantwortet und der Beitrag zum Forschungsstand beschrieben wird. Es folgen ein Ausblick und das Schlusswort der Arbeit.

1.4 - Fragestellung

Die zentrale Fragestellung, die in dieser Arbeit behandelt wird und am Ende beantwortet wird ist folgende:

Kann die erstellte Analysemethode begehbbare Umgebungen identifizieren und Aufschluss über die Begehbarkeit liefern? Lassen sich die Ergebnisse in der Raumplanung/Stadtplanung nutzen?

In den folgenden Kapiteln wird in personenbezogenen Wortkombinationen wie Fußgängerfreundlichkeit, Fußgängeranteil, Fußgängerzone, usw. bewusst auf das Gendern verzichtet, um die Lesbarkeit des Textes zu gewährleisten.

2 – Theoretischer Rahmen

2.1 - Der Begriff „Begehbarkeit“

Heutzutage ist es nicht nur wichtig, wohin man fahren kann und wie man öffentlich von A nach B kommt, es ist auch wichtig, wie erreichbar Einrichtungen für Fußgänger und Fußgängerinnen sind. Viele Menschen entscheiden so deren Wohn- und Arbeitsorte. Speziell jene, die kein Fahrzeug zur Verfügung haben oder sich öffentliche Verkehrsmittel nicht leisten können.

Der Begriff der Begehbarkeit an sich, beinhaltet nicht nur die Möglichkeit zu gehen, sondern auch die Fußgängerfreundlichkeit. Kurze Wege zum Arbeitsort, sowie zu Versorgungs- und Freizeiteinrichtungen gehören ebenso zur Fußgängerfreundlichkeit wie auch befestigte Fußwege anstelle von Straßenbanketten. Heutzutage reicht es aber nicht mehr, nur die Fußwege des täglichen Bedarfs kurz zu halten und zu befestigen, auch eine gewisse Attraktivität, Sicherheit und Vielfalt der zu erreichenden Möglichkeiten spielen eine wesentliche Rolle.

Das Bauen von fußgängerfreundlichen Städten ist eine recht junge Entwicklung. Auch wenn sich früher nur die wenigsten Menschen ein Auto leisten konnten, bzw. es noch gar keine Autos gab, wurden Städte nicht fußgängerfreundlich angelegt. Die Straßen zwischen den Häusern waren lange Zeit reine Brauchwege und gleichzusetzen mit dem örtlichen Kanalsystem. Seitdem die Menschen sich ein privates Fortbewegungsmittel leisten können, wurden Städte autogerecht geplant. Erst jetzt, wo die Automobilisierung kritisch betrachtet wird, folgen die Ansätze der fußgängerfreundlichen Stadt. Nicht um sonst ist die Mariahilfer-Straße in Wien erst seit kurzem zu einem großen Teil eine Fußgängerzone.

Aktuell wird weltweit über diverse Initiativen Motivationsarbeit geleistet, um das Zufußgehen zu fördern. U.a. bei der internationalen Konferenz „Walk21“, die 2015 in Wien ausgetragen wird, werden Beispiele und neue Konzepte für die Zukunft des Gehens präsentiert.

Allgemeine Begehbarkeit (vgl. Platzer & Wurzer 2015):

Die Methoden von Space Syntax (Hillier & Stutz 2005) wurden angewendet, um die statische Benutzung von Wegen zu analysieren (axial analysis), die Sichtbarkeit von jedem Platz (visibility graph analysis) und die dynamischen Fußgänger und Fußgängerinnen Pfadauswahl, mit einem Agenten-basierten Modell (EVAS spatial agents, die Streckenfindung über deren Sicht durchführen), demzufolge die Bewegung in der Struktur von räumlichen Gegebenheiten beeinflusst wird (Walkability Index).

Sevtsuk et al. (2013) erfasst die Begehbarkeit, basierend auf der urbanen Stärke, als Zusatz zur urbanen Dichte: Dichte bezieht sich auf die Konzentration von Menschen und gebauten Einrichtungen, die zum Potenzial des Gehens führen. Stärke bezieht sich auf die Konzentration von Aktivitäten in einem Areal, zum Beispiel die Nutzung dieses Potenzials.

Chian und Janssen (2014) untersuchen Begehbarkeit im Zusammenhang mit hoher Dichte (100.000 Menschen pro Quadratkilometer) mittels eines multi-objektiven genetischen Algorithmus, um in urbanen Raumstrukturen Reisezeiten zu minimieren und die Zugänglichkeit zu Freiraum zu maximieren. Sie zeigen drei Arten von vorteilhaften urbanen Typologien umgeben von Freiraum: (1.) kompakte Stadttypologie bestehend aus einem einzigen kompakten Areal, (2.) abgetrennte Stadttypologie bestehend aus Anhäufungen von Arealen und (3.) gestreckte Stadttypologie bestehend aus einem mäandrierenden Areal in der Ortslage.

Individuelle Begehbarkeit (vgl. Platzer & Wurzer 2015):

Diese Art der Begehbarkeitsanalyse untersucht die Effekte der urbanen Beschaffenheit, basierend auf den Erfahrungen von Personen. Lynch (1960) argumentierte für eine Sicht auf Städte als Nachbarschaften, geformt von den mentalen Bildern der Einwohner und Einwohnerinnen.

In einer, erst kürzlich entstandenen Erweiterung, präsentierten Pak und Verbeke (2013) ein mobiles Bewertungstool zum Begutachten von Begehbarkeit auf zwei verschiedenen Arten: (1.) Qualitative Statements über die Begehbarkeit von bestimmten Plätzen, eingegeben als geolokalisierte Notizen, die in einem weiteren Schritt klassifiziert werden, (2.) ein nachträgliches quantitatives Gutachten in diesen Klassen, sobald die Begehbarkeit zu einem Verhaltensindikator einer urbanen Beschaffenheit wird.

2.2 - Raumplanerische Relevanz

Wie sich durch die Vielzahl der Ansätze zur Bewertung und Berechnung der Begehbarkeit zeigt, ist das Thema auch in der Wissenschaft relevant und aktuell. Analyse- und Bewertungstools beschreiben also den Istzustand der Begehbarkeit, sowohl im Bereich der Attraktivität als auch im Bereich der Wegstrecken und Erreichbarkeiten diverser Einrichtungen. Es liegt nun an der Raum-/Stadtplanung, mit den Ergebnissen umzugehen und das Bestmögliche aus den zur Verfügung stehenden Ressourcen zu machen.

Die klassischen Vorteile für die Bewohner und Bewohnerinnen einer Stadt, die sich durch Erhöhung des Fußgängeranteils ergeben, spiegeln sich in folgenden Punkten wider:

- Weniger MIV
- Weniger Schadstoffe für die Umwelt
- Mehr Sicherheit für Fußgänger/Fußgängerinnen
- Bessere mentale und physische Gesundheit der Menschen
- Kostenersparnisse für Menschen und Städte
- Attraktivitätssteigerung der Städte

Im Einzelnen betrachtet kumulieren sich diese Vorteile selbst in einer Spirale nach oben. Der wohl wichtigste Punkt, der erzielt werden kann, sobald mehrere Menschen auf Autos und Motorräder verzichten, ist die Sicherheit.

Nach einer Statistik des KfV und der Statistik Austria (2014) sterben jährlich durchschnittlich 539 Menschen in Österreich an den Folgen eines Verkehrsunfalls (Betrachtungszeitraum 2009 – 2013). 90 davon sind Fußgänger und Fußgängerinnen (vgl. KfV 2013).

Der Verzicht auf das Fahrzeug erzielt nicht nur das Resultat, dass weniger Menschen an den Folgen eines Verkehrsunfalls ums Leben kommen, sondern wirkt sich auch positiv auf alle anderen erwähnten Punkte aus. Jedes nicht benutzte Fahrzeug mindert das Verkehrsaufkommen. Daraus resultiert, dass es weniger Schadstoffbelastung für die Umwelt gibt. Dies wirkt sich positiv auf die mentale und physische Gesundheit der Bevölkerung aus, genauso wie die Bewegung beim zu Fuß gehen selbst (vgl. Southworth 2005). Für jeden Einzelnen/jede Einzelne, der/die sein/ihr Auto stehen lässt, kommt eine Kostenersparnis in Form von Treibstoff- und anderen Betriebskosten zu Gute. Weiters müssen schwächer

befahrene Straßen nicht so häufig saniert werden. Schwächer befahrene Gebiete sind wiederum für das Zufußgehen attraktiver, was auch den Städtetourismus positiv beeinflussen kann.

Da die erwähnten Ressourcen (Arbeitskräfte, Geld,...) nicht unendlich sind, benötigt es einer guten Auswahl an Projekten, die gezielt an den richtigen Stellen verwirklicht werden. Eine Stadt komplett vom Autoverkehr zu befreien ist in den meisten Fällen nicht möglich und auch nicht erwünscht. Darum gilt es, die Fußgänger und Fußgängerinnen, sowie die Autofahrer und Autofahrerinnen bestmöglich zu trennen, und nebeneinander existieren zu lassen.

Viele stadtplanerische Konzepte forcieren bereits eine Änderung des Modal Splits in Richtung Verminderung des MIV. Beispielsweise das Konzept der „Stadt der kurzen Wege“ erklärt, was nötig ist, um die Bewohner einer Stadt davon zu überzeugen, zu Fuß zu gehen. Ein wichtiger Punkt hierbei ist, dass alle Einrichtungen des täglichen Bedarfs, und der Arbeitsort nahe dem Wohnort liegen.

Fußgängerische Attraktivität wird durch bauliche Maßnahmen wie Fußgängerzonen und verkehrsberuhigten Gegenden erzeugt. Das Gesamtziel der Stadtplanung ist natürlich, der Suburbanisierung entgegenzuwirken und somit weiter den entbehrlichen MIV einzuschränken.

Der amerikanische Stadtplaner Jeff Speck (2013) meint, dass jegliche Probleme der Gesundheit, der Unfalltoten, der Schadstoffbelastung und der Suburbanisierung reine Stadtplanungsprobleme sind. Jeder Mensch sollte in die Stadt ziehen und auf das Fahren verzichten, damit all diese Probleme gelöst werden. Er argumentiert mit Statistiken von Verkehrstoten in verschiedenen Städten, genauso wie mit Zahlen von Asthmakranken und Fettleibigen.

Ziel dieser Arbeit ist aber nicht, die Menschen zum Gehen zu zwingen, sondern eine Methode zu entwickeln, die der Planung die Potenziale und Defizite urbaner Umgebungen aufzeigen kann. Ein Tool, das die begehbaren Umgebungen und die wichtigsten Ziele der Bevölkerung analysiert und identifiziert. Sämtliche Maßnahmen zur Steigerung der Fußgängerfreundlichkeit benötigen eine vorhergehende Wege- und Standortanalyse.

-Ein attraktiver Weg, der nicht zum Ziel führt, wird auch nicht begangen-

2.3 - Bisherige Messung der Begehbarkeit

Die Auseinandersetzung mit der Begehbarkeit ist zwar aktueller denn je, aber trotzdem nichts Neues. Zielgerichtete Wege der Menschen waren immer mit dem Finden der effizientesten Route verbunden. Dies zeigt sich im individuellen Straßenverkehr genauso wie im öffentlichen Verkehr, denn zu lange Wege kosten Zeit und Geld.

Ein Meilenstein zur Vergrößerung der Effizienz im Straßenverkehr ist unumstritten die Entwicklung der Navigationssysteme. Nicht nur zum Finden des gewünschten Ziels, sondern auch für das Finden der schnellsten Route zu jenem Ziel. Kürzeste Wege lassen sich aber nicht nur mathematisch berechnen (z.B.: Rundreiseproblem/Traveling Salesman Problem), sondern auch simulieren.

Wichtig zu unterscheiden sind hierbei die allgemeine Begehbarkeit einer Umgebung und die zielgerichtete Begehbarkeit. Die allgemeine Begehbarkeit untersucht das gesamte Pfadsystem (z.B.: Integrationsanalyse mit Space Syntax) und gibt eine Integrationskarte als Ergebnis wieder. Die zielgerichtete Begehbarkeit widmet sich dem kürzesten Pfad von A nach B.

2.3.1 - Space Syntax

Ein sehr wichtiger Ansatz, Kartenmaterial in anschauliche Informationen umzuwandeln, ist Space Syntax.

Space Syntax wurde bereits vor mehr als 25 Jahren (17. Juli 1989) am University College London unter dem Namen „Space Syntax Limited“ entwickelt. Es finden internationale Symposien statt, bei denen Architekten/Architektinnen und Stadtplaner/Stadtplanerinnen ihre Arbeiten mit Space Syntax präsentieren (vgl. Stonor 2014).

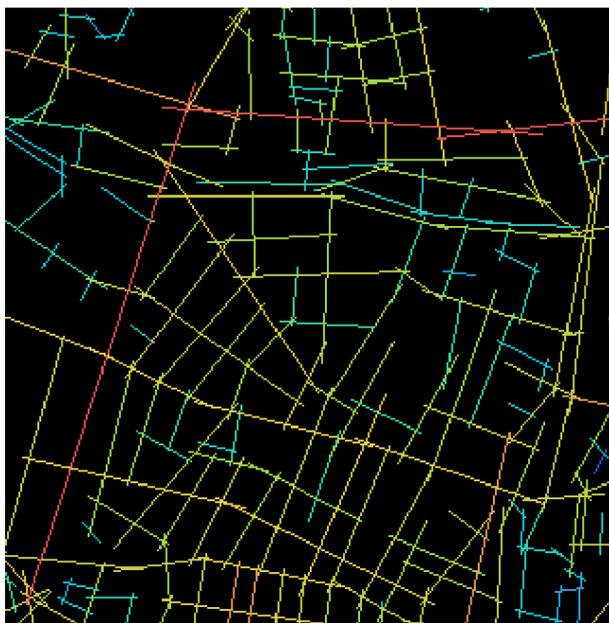
Mit Space Syntax lassen sich diverse Analysen durchführen, wobei zuerst der Raum/die Umgebung (Space) definiert werden muss (vgl. Wang & Liao 2007). Hierfür gibt es zwei Analyseumgebungen, die axiale Karte und das geschlossene Areal.

Die axiale Karte eignet sich für Wegnetzanalysen (z.B.: von Städten). Hierbei zu erwähnen sind die

- Integrations-Analyse (zeigt die Zentralität der Pfade an)
- Choice-Analyse (zeigt das mögliche Durchflussvolumen von Pfaden an)
- Axial Step Depth Analysis (zeigt einen Justified Graph „J-Graph“ zur Tiefe der Erschließungskonnektivität an) (vgl. van Nes et al. 2013)

Der axiale Raum in Space Syntax lässt sich gut für die Analyse der statistischen Nutzung von Wegen gebrauchen. Der eingestellte Suchradius der gewählten Analyse lässt auch Interpretationen für Teilgebiete auf der Karte des gesamten Gebiets zu. Die Integration wird anhand der notwendigen Richtungsänderungen gemessen, die benötigt werden, um an jeden anderen Pfad der Umgebung zu gelangen.

Space Syntax geht davon aus, dass die Integration eines Pfades umso höher ist, je weniger Richtungsänderungen („turns“) notwendig sind, um alle Pfade eines Gebietes zu erreichen. Die Länge der Pfade spielt keine Rolle, jeder wird mit Länge = 1 angenommen. Je höher die Integration eines Pfades, desto wärmere Farben werden verwendet um diese anzuzeigen (rot = sehr hoch, blau = sehr gering). Die höchste Integration findet man in rasterartig aufgebauten Stadtvierteln, zum Beispiel in Manhattan („Manhattan grid“). Da jede Straße mit vielen anderen durch Kreuzungen verbunden ist, kann eine beliebig andere Straße gut erreicht werden.



Das Bild zeigt eine Integrationsanalyse eines Ausschnitts des vierten Bezirks von Wiener Neustadt, Niederösterreich.

Man erkennt deutlich, dass die langen, geraden Straßen, mit erhöhter Kreuzungsanzahl, die beste Integration aufweisen. Die kurzen Straßen, die kaum Schnittpunkte mit anderen haben, werden kühler dargestellt.

Die Länge der Straßen ist dabei nicht wichtig, jedoch sind innerstädtisch die längeren Straßen meist jene, mit den meisten Kreuzungspunkten.

Abb. 1: Space Syntax Integrationsanalyse R3 Ausschnitt Wiener Neustadt

Auffallend bei Axialraumanalysen in Space Syntax sind die überlappenden Enden der Straßen. Diese Überlappungen sind notwendig, um dem Programm erkenntlich zu machen,

zwischen welchen Pfaden Kreuzungen existieren. Space Syntax lässt keine Kurven zu. Eine Kurve wird durch zwei oder mehrere, maximal langen und geraden Linien, die sich schneiden, angezeigt. Demnach sind alle Pfade am Plan etwas länger als in der Realität.

2.3.2 - Walk Score

Abgesehen von den Space Syntax Methoden und von den Methoden der individuellen und der allgemeinen Begehrbarkeit, die in der Einleitung dieses Kapitels beschrieben sind, gibt es noch weitere Modelle.

Ein relativ junger Ansatz, der dem NetLogo-Tool gewissermaßen ähnelt, ist Walk Score. Seit 2007 steht diese Methode in den USA, Kanada, Australien und in Neuseeland zur Verfügung. Mittlerweile lässt sich das Tool auf die ganze Welt anwenden, allerdings wird für die Richtigkeit der Daten in anderen Staaten noch nicht garantiert. Die Entwickler sind Jesse Kocher, Mike Mathieu und Matt Lerner, der Firmensitz ist in Seattle, WA (vgl. AOL Inc. 2014).

Das Ergebnis einer Walk Score Analyse ist eine Zahl zwischen 0 und 100. Ein sehr plakatives und leicht zu vergleichendes Ergebnis, das die Begehrbarkeit einer gewählten Adresse widerspiegeln soll. Der Plan der Entwickler war, dass Walk Score ein Faktor für Immobilienbewertungen wird, der Auswirkungen auf den Preis der Immobilie hat.

Das Endprodukt einer Analyse/Berechnung mit Walk Score sieht folgendermaßen aus:

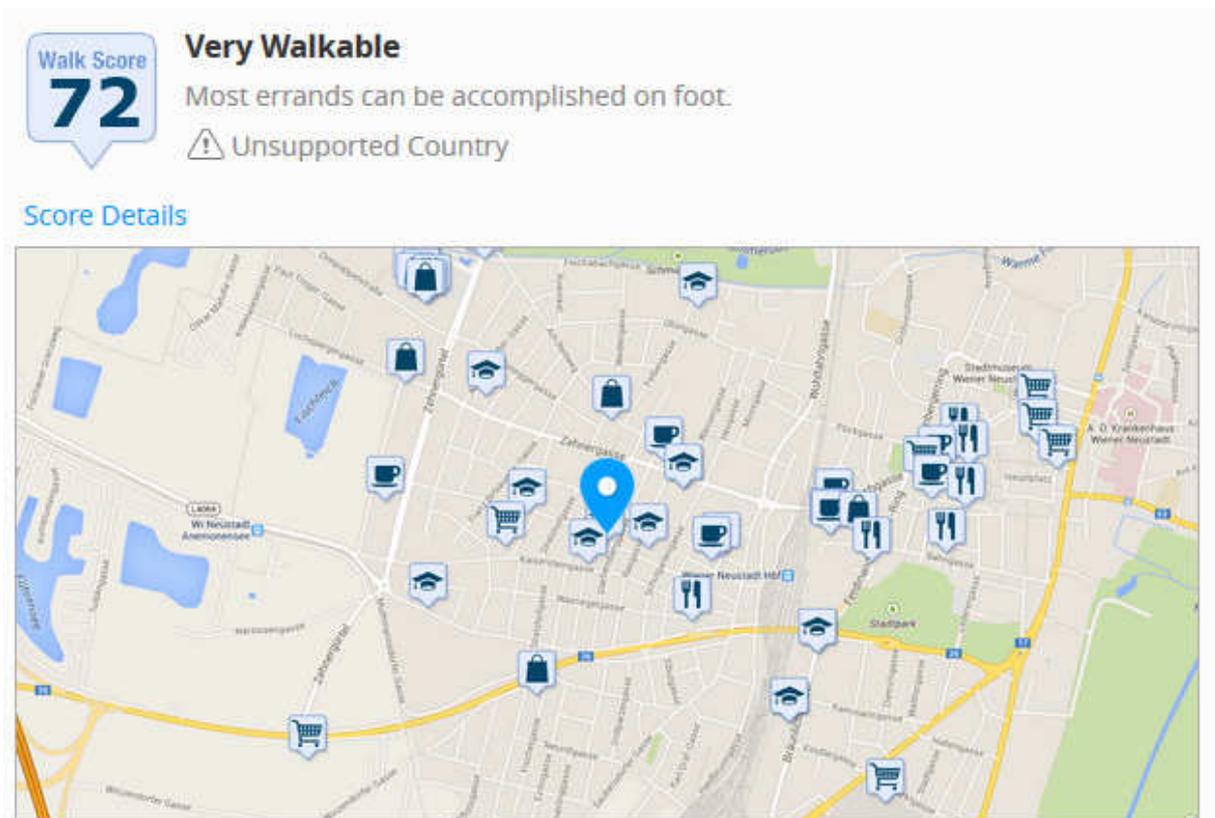


Abb. 2: Walk Score Ergebnis Wiener Neustadt Schneeberggasse (Walk Score 2015)

Die Grafik zeigt eine Analyse, ebenfalls im vierten Bezirk von Wiener Neustadt. Der Walk Score wurde mit 72 bemessen, das als „sehr begehbar“ gilt. Österreich wird aber als „Unsupported Country“ angezeigt. Walk Score weist hiermit darauf hin, dass für Österreich nicht genügend Daten zur Verfügung stehen und das Ergebnis somit möglicherweise nicht exakt ist. Die Ergebniszahl von Walk Score setzt sich aus den Reichweiten der umliegenden Einrichtungen (zum Beispiel: Schulen, Parks, Theater, Restaurants, Einkaufsmöglichkeiten) zusammen. Je mehr verschiedene Einrichtungen innerhalb von 400 Metern angesiedelt sind, desto besser ist das Gesamtergebnis. Für Einrichtungen die mehr als 1600 Meter entfernt sind, gibt es keine Punkte.

Ein weiteres Feature von Walk Score ist die Travel Time Map. Diese zeigt an, wie weit man innerhalb einer Zeitspanne (z.B.: 20 Minuten) gehen kann. Außerdem lassen sich auch die Reichweiten mit dem Auto, Bus oder Fahrrad anzeigen.

Travel Time Map

Explore how far you can travel by car, bus, bike and foot from 38 Schneeberggasse.

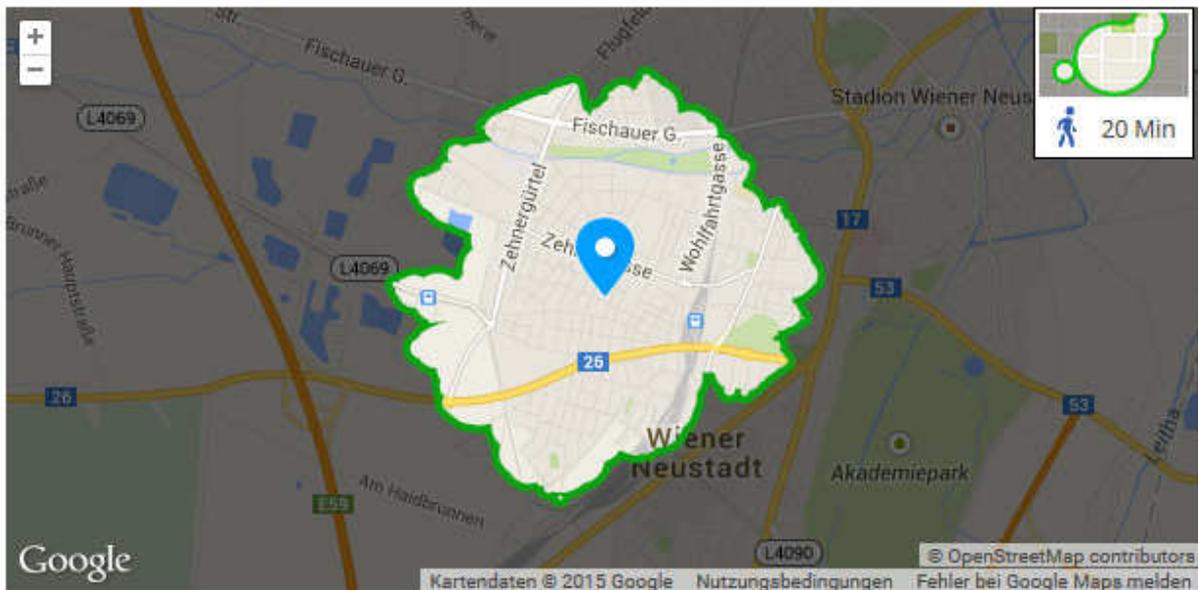


Abb. 3: Walk Score Zeitkarte Wiener Neustadt Schneeberggasse (Walk Score 2015)

Andere Optionen, die von Walk Score zur Verfügung gestellt werden, sind der Bike-Score und der Transit Score. Der Bike-Score zeigt an, wie radfahrerfreundlich die Umgebung ist. Der Transit-Score bemisst die ÖV-Freundlichkeit.

2.3.3 - Weitere Methoden

Mit den Methoden von Space Syntax und Walk Score lassen sich viele Aussagen zur Begehbarkeit und Integration von urbanen Umgebungen treffen. Es gibt noch einige weitere Modelle, die Bemessungen zur Begehbarkeit durchführen können. Grundelement der meisten anderen Methoden ist allerdings die Attraktivität von Gehrouten und nicht die Wahl des kürzesten Pfades.

Die meisten Tools fallen in die Kategorie der Begehbarkeits-Audits („walking audits“). Die Auditoren sind zumeist Privatpersonen, die eine Bewertung einzelner Straßen, Wege oder Pfade erstellen, und diese Bewertung mittels Social Media für jeden zur Verfügung stellen.

Hierbei handelt es sich um qualitative Analysen der *individuellen Begehbarkeit*, die oft in Form von Punktevergaben quantitativ bewertet werden.

Bekannte Begehbarkeits-Audits (und Entwickler) sind u.a.:

- RateMyStreet (Transport Research Laboratory)
- Walkonomics (Walkonomics ©)
- Walkability App (Clean Air Asia)

Diese Methoden bieten den Nutzern und Nutzerinnen die Möglichkeit, ihre eigenen Erfahrungen mit der Begehbarkeit zu bewerten und zu veröffentlichen oder sich über Begehbarkeiten von bereits erstellten Bewertungen zu informieren.

Die Begehbarkeitskriterien sind in allen Anwendungen ähnlich und beinhalten beispielsweise:

- Breite und Qualität der Gehwege
- Kreuzungsmöglichkeiten
- Sicherheit beim Gehen
- Orientierung

Eine flächendeckende Nutzung dieser Anwendungen ist allerdings nicht möglich. Daten zu den genannten Kriterien findet man größtenteils in Städten Englands, der USA und teilweise in Metropolen Asiens wieder. Diese Produkte leben vom Crowdsourcing. Eine große Anzahl an Auditorenreviews ist somit nötig, bevor man die Tools als Informationsquelle nutzen kann.

Weitere erwähnenswerte, teilweise kostenpflichtige Methoden sind u.a.:

- PERS (Transport Research Laboratory)
- Walkability™ (Maponics®)

Die PERS-Audits werden von trainierten Auditoren erstellt und beispielsweise für Großereignisse (Olympiade London 2012) verwendet.

Walkability™ wirbt damit, alles zu können, das auch Walk Score kann, nur besser.

2.4 - Der erarbeitete Ansatz zur Messung

Einige der bisher beschriebenen Methoden (vor allem Walk Score und Space Syntax) weisen starke Ähnlichkeiten mit dem NetLogo-Tool auf, vor allem die Ergebnisse betreffend. Der wohl wichtigste Unterschied liegt in der Verwendung von Agenten als virtuelle Personen. Diese Herangehensweise soll die Simulationen und deren Endergebnisse realitätsnah gestalten.

Für eine möglichst realistische Simulation von gehenden Menschen in einem urbanen Umfeld werden virtuelle Personen auf einer realen Wegekarte losgelassen. Diesen Personen werden Start- und Zielpunkte, sowie ein Zeitbudget zugeteilt. Angezeigt werden die kürzesten Wege und die benötigten Gehzeiten der Agenten/Personen.

Für diese Art von Simulation eignet sich ein Multi Agenten System (kurz: MAS). Es gibt neben NetLogo noch einige weitere MAS. Die bekanntesten Anderen sind MASON, Repast und Swarm (Allan 2010).

2.4.1 - Multi Agenten System – NetLogo

Multiagenten Systeme dienen dem Zweck, komplexe Fragestellungen mit begrenztem Vorwissen lösen zu können. Ein MAS zeichnet sich dadurch aus, dass die verschiedenen Agenten, die autonom handeln, mit der programmierten Umwelt und mit anderen Agenten kommunizieren und handeln können. Diese Kommunikation ist ein Austausch von Zahleninformationen. Multiagenten Simulationen werden in den verschiedensten Bereichen, wie Medizin, Biologie, Gesellschaftswissenschaften, etc. angewendet und zeigen Veränderungen über einen simulierten Zeitraum hinweg.

NetLogo ist eine programmierbare Modellierungsumgebung und eignet sich zum Darstellen von natürlichen und sozialen Phänomenen. Der (Haupt-)Entwickler ist Uri Wilensky vom CCL (Center of Connected Learning and Computer-Based-Modeling). Seit 1999 erscheinen

immer wieder weiterentwickelte Versionen die frei benutzbar sind. Die aktuelle Version, seit 26. Jänner 2015, ist NetLogo 5.2-RC2 (vgl. CCL 2015).

Ein großer Vorteil von NetLogo gegenüber anderen Multiagenten-Simulationssoftwares ist, dass der Einstieg in die Materie sehr einfach ist und trotzdem komplexe Systeme programmiert und simuliert werden können (vgl. CCL 2015). Weiters sind unzählige Tutorials veröffentlicht, die den Einstieg zum Umgang mit dem Programm erleichtern. In einer in der Software integrierten Bibliothek findet man vorgefertigte Codes/Simulationen zu verschiedensten Themen.

NetLogo verwendet außerdem eine eigene Programmiersprache. Diese ist eine Weiterentwicklung der 1968 von Seymour Papert am MIT entwickelten „Logo“ Programmiersprache. Logo basiert wiederum auf „Lisp“ von John McCarthy, 1958. Einige Elemente aus NetLogo erinnern immer noch an Logo, wie zum Beispiel die Bezeichnung der Agenten als „Turtles“.

Die drei Grundelemente von NetLogo unterteilen sich wie folgt:

- Observer
- Turtles/Agenten
- Patches

Die Turtles und Patches finden sich in einer rasterartig aufgebauten Welt, der „world“, wieder. Der Observer steht über den Patches und Turtles und kann über den programmierten Code die Befehle für diese erteilen. Die folgende Grafik zeigt die world mit einem gelben Turtle und einem rot markierten Patch, sowie die Eigenschaften, die Turtle und Patch standardmäßig aufweisen.



Abb. 4: NetLogo World Turtle Patch Observer Erklärung

Der Turtle wurde über den Observer erstellt (siehe „Command Center“ unten im Bild). Der Patch wurde nicht von Observer erstellt, nur rot eingefärbt. Die Patches sind von Anfang an (schwarz) vorhanden. Turtles weisen Eigenschaften wie Richtung, Koordinaten, Größe und Farbe auf. Sie sind die beweglichen Elemente der Simulation. Patches sind unbeweglich und haben keine Richtung, aber Farben und Koordinaten. Turtles und Patches können miteinander interagieren.

NetLogo weist auch eine eigene Zeitkomponente auf. Diese nennt sich „ticks“. Bei der Erstellung der Agenten kann man den Tickzähler zurücksetzen und für jeden Schritt, den die Agenten tätigen, einen Tick weiterzählen lassen. Mit jedem Tick werden alle aktuellen Befehle ausgeführt, wie zum Beispiel die Richtung zu ändern, etc.

Dem Benutzer/der Benutzerin steht es frei, für Patches und Turtles weitere Variable zu erstellen. Somit lässt sich beispielsweise eine Reichweite für Agenten festlegen. Ein Agent mit einer Reichweite von 20 ticks könnte somit nur 20 ticks weit gehen. Außerdem lassen sich Links erstellen, die ein Wegenetz abbilden können. Die world in NetLogo dient hierbei als *zellulärer Automat*. Sie ist unterteilt in quadratische Patches die jeweils bestimmte Eigenschaften annehmen können.

2.4.2 - Zelluläre Automaten

Ein zweidimensionaler zellulärer Automat besteht zumeist aus regelmäßig angeordneten Zellen, die gewisse Eigenschaften annehmen können. Jede Zelle steht in Wechselwirkung mit einer definierten Anzahl an benachbarten Zellen. Durch das Zusammenwirken der vielen einfach strukturierten Zellen ergibt sich ein komplexes System. Die wichtigsten Nachbarschaftsbeziehungen sind die Von-Neumann-Nachbarschaft, bei welcher nur die vier direkt benachbarten Zellen (oben, unten, links und rechts) berücksichtigt werden und die Moore-Nachbarschaft, bei der acht benachbarte Zellen (oben, unten, links, rechts und diagonal) berücksichtigt werden (vgl. König 2010).

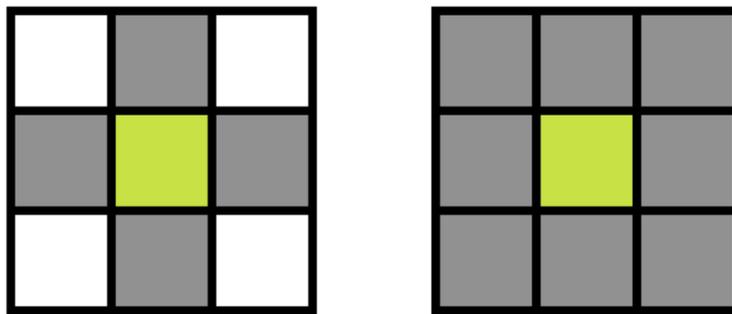


Abb. 5: Von-Neumann Nachbarschaft und Moore-Nachbarschaft (eigene Darstellung)

Um die Agenten an die eingeladenen Wegekarten zu binden, werden diese Wege mittels Farbcodierung von NetLogo identifiziert und mit Links versehen. Über eine Moore-Nachbarschaft werden die einzelnen Links miteinander verbunden. Die Agenten müssen dann den Links zu deren Zielen folgen (mehr dazu im Kapitel 3 „Methodik und Simulation“).

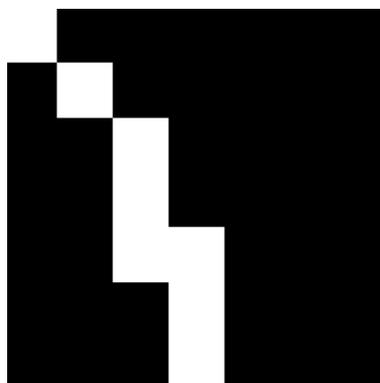


Abb. 6: Weiße und Schwarze Zellen

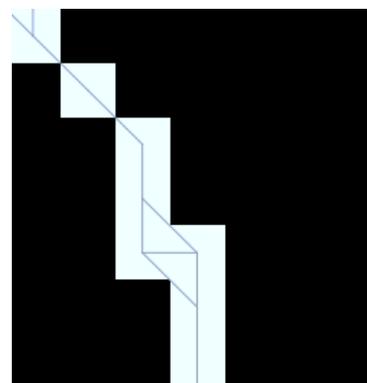


Abb. 7: Verlinkte Weiße Zellen

2.4.3 - Dijkstra-Algorithmus

Um sicherzustellen, dass die Agenten der NetLogo-Simulation den effizientesten Weg finden, wird auf Dijkstra's Algorithmus zurückgegriffen. Dieser Algorithmus, entwickelt von Edsger W. Dijkstra 1959, untersucht den Startknoten eines Systems und findet den kürzesten Weg zu dem oder den Zielknoten.

Der Algorithmus untersucht alle möglichen Routen vom Startpunkt aus. Wichtig hierbei sind die Distanzen zwischen zwei Knoten. Es werden immer nur die benachbarten Knoten des Startpunktes untersucht und die Distanzen zwischen diesen gespeichert. Der vielversprechendste (kürzeste) Weg wird so lange weiter untersucht, bis die Gesamtlänge der Wege, die Gesamtlänge der weniger attraktiven Wege überschreitet. Dies geschieht, bis alle Knoten erreicht wurden.

Sobald alle möglichen Wege vom Startknoten zum Zielknoten (oder zu mehreren Zielknoten) erreicht sind, werden die Distanzen summiert und der kürzeste Pfad ausgewählt. Die Anzahl der benötigten Knoten spielt hierbei keine Rolle. Folgendes Beispiel soll die Funktionsweise des Algorithmus erläutern. Gesucht ist der kürzeste Weg von A nach G. Die Zahlen an den Kanten beschreiben die Länge zwischen den zwei Knoten.

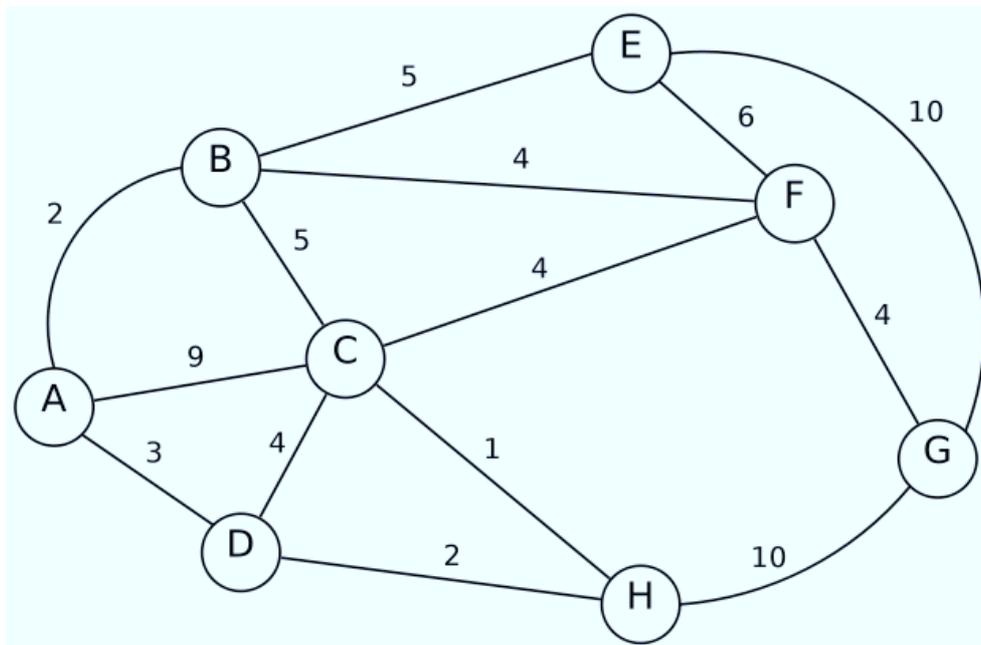


Abb. 8: Dijkstra Beispiel ungelöst (Raidl 2009)

Am Beispiel erkennt man die Funktionsweise. Im ersten Rechenschritt wird der nächstgelegene Knoten B identifiziert. Im zweiten Schritt stellt der Algorithmus fest, dass jeder weitere Punkt von B aus, weiter weg ist als D von A. Nach dem Analysieren der Strecke ADH wird die Strecke ABF wieder als vielversprechender festgelegt. Der kürzeste Weg von A nach G ist schlussendlich die Strecke ABFG. In jedem Rechenschritt werden die noch unbekanntes Wegstrecken zuerst als „unendlich“ (∞) angenommen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	Wahl	Vorgänger
0	∞	A	-							
2	9	3	∞	∞	∞	∞	∞	∞	B	A
7	3	7	6	∞	∞	∞	∞	∞	D	A
7	7	7	6	∞	5	∞	∞	∞	H	D
6	7	6	15	∞	∞	∞	∞	∞	F	B
6	7	10	∞	∞	∞	∞	∞	∞	G	F

Tab. 1: Dijkstra Algorithmus Rechenschritte (Raidl 2009)

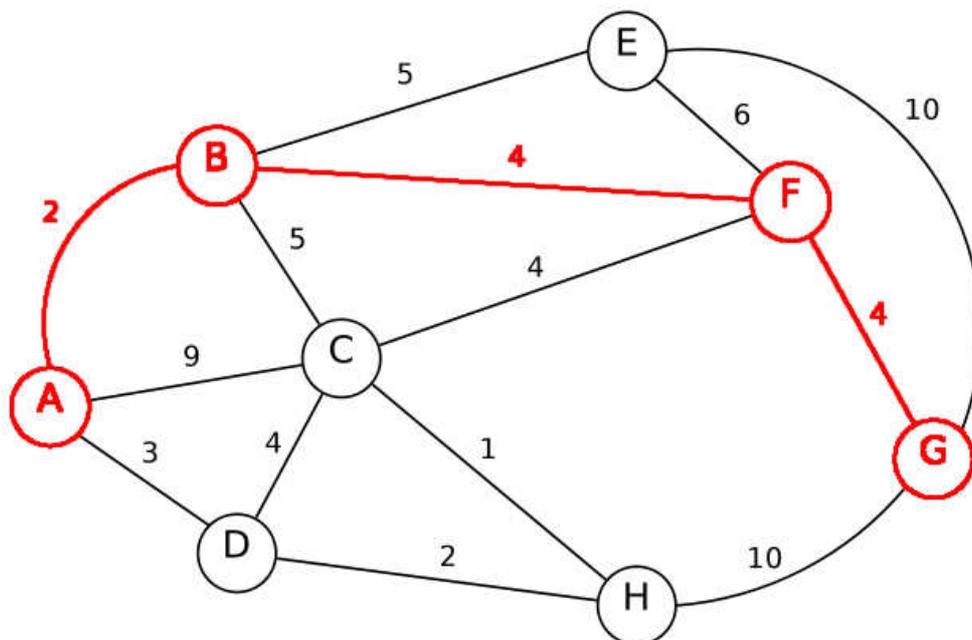


Abb. 9: Dijkstra Beispiel gelöst (Raidl 2009)

2.5 - Untersuchungsgebiete

Wie der Titel schon verrät, geht es in dieser Arbeit um die Begehbarkeit von Städten und urbanen Umgebungen. Die Methode zur Eruiierung der kürzesten Pfade und die angewandte Software wurden schon erläutert. Nun werden die zwei Untersuchungsgebiete vorgestellt.

Die zwei Städte sind, wie in der Einleitung schon erwähnt, Jerewan, Hauptstadt von Armenien, und Wiener Neustadt in Niederösterreich. Ziel der Arbeit ist, ein Analysetool zu entwickeln, dass sich auf jede urbane Umgebung anwenden lässt. Diese zwei Städte dienen dazu als Beispiel.

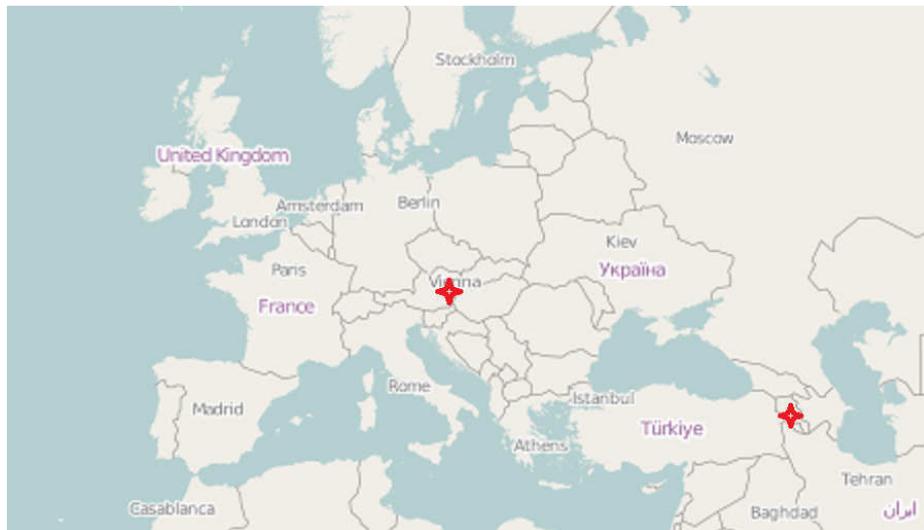


Abb. 10: Verortung Wiener Neustadt und Jerewan (Open Street Map 2015)

Dennoch sind sie nicht zufällig ausgewählt. Sie unterscheiden sich in Größe der Stadtfläche, Einwohneranzahl, Straßenstruktur, Relief, Gründungsjahr, historische Ereignisse und vielen weiteren Faktoren erheblich voneinander. Diese Heterogenität wird genutzt, um zu demonstrieren, dass das Tool tatsächlich auf unterschiedlichsten Umgebungen anwendbar ist.

Die wichtigste Eigenschaft, welche die NetLogo-Methode verwendet, sind die Fußwege der Städte. Über diese Pfade suchen sich die Agenten die kürzesten Wege zu deren Zielen. Wie die Space Syntax Methode der Integrationsanalyse schon zeigt, ist der Grad der Vernetzung ein wichtiger Faktor für die Benutzung der Pfade. Dieser Grad beider Städte ist historisch bedingt und zeigt zwei unterschiedliche Denkweisen der Stadtplaner vergangener Jahrhunderte.

2.5.1 - Wiener Neustadt

Wiener Neustadt ist eine Kleinstadt mit etwa 41.000 Einwohnern und Einwohnerinnen (Statistik Austria 2011). Sie liegt im Wiener Becken, gebaut auf an sich unfruchtbarem und flachem Boden. Geplant wurde die Stadt gegen Ende des 12. Jahrhunderts und diente ursprünglich als Grenzfestung, um sich gegen Eindringlinge von Osten (Ungarn) verteidigen zu können.

Diese relative junge Stadt wurde wie ein römisches Lager gestaltet und hatte die Grundform eines Parallelogramms. Vier Hauptstraßen, die in jede der vier Haupthimmelsrichtungen ausgerichtet waren, führten zu den Stadttoren. Umgeben war die Anlage von fünf Meter hohen Stadtmauern mit Ecktürmen, sowie einem Wassergraben (Gerhartl 1993).

Von den Stadtmauern sind immer noch einige Reste vorhanden. Auch die lineare Straßenführung der Hauptachsen ist erhalten geblieben. Diese sind heute größtenteils Fußgängerzonen. Das ständige Wachsen der Stadt hat die rasterartige Grundform aber kaum verändert. Die Hauptachsen der Stadt orientieren sich weiterhin in die vier Haupthimmelsrichtungen. Die wichtigsten Straßenverbindungen allerdings nach Norden in Richtung Wien und nach Südosten in Richtung Neunkirchen und Graz.

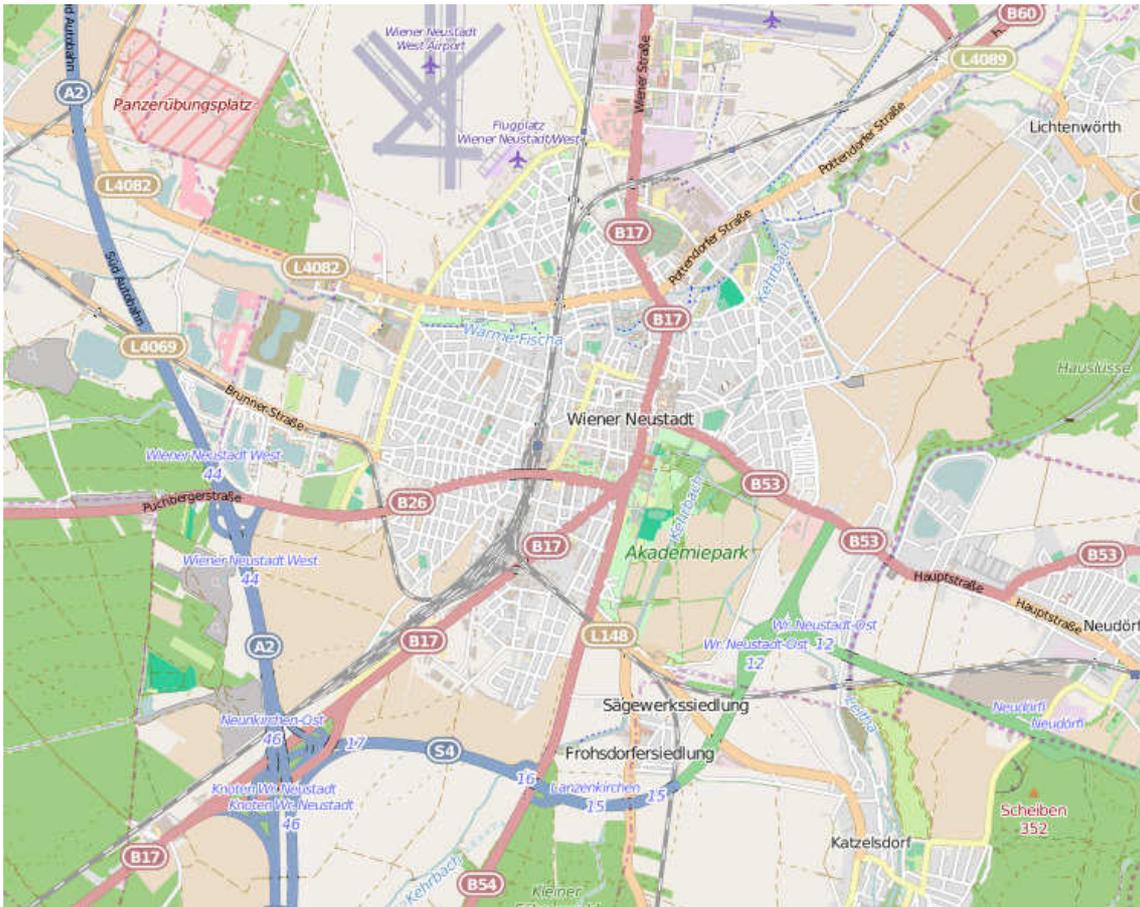


Abb. 11: Overview Wiener Neustadt (Open Street Map 2015)

2.5.2 - Jerewan

Im Gegensatz zu Wiener Neustadt beheimatet Jerewan etwa 1,2 Millionen Einwohner und Einwohnerinnen. Diese Stadt wurde Anfang des 8. Jahrhunderts vor Christus, ebenfalls als Festung, gebaut und war somit Teil des urartäischen Reiches. Das Stadtgebiet ist sehr hügelig und liegt im Tal des Rasdan-Flusses (vgl. Meyer 1999, Seite 41).

Die Stadt wurde, im Laufe ihrer langen Geschichte, von den verschiedensten Völkern immer wieder erobert. Durch diese Völkerwechsel machte die Stadt sehr unterschiedliche bauliche Veränderungen durch. Der letzte große Städtebauplan wurde 1924 unter den Sowjets realisiert (vgl. Meyer 1999, Seite 41). Viele sowjetische Monumente sind heute noch erhalten. Besonders auffallend ist allerdings die Wegestruktur, weshalb diese Stadt als zweite für die Analysen fungiert.



Abb. 12: Jerewan Luftbild (Mass Ltd. 2015)

Die Wegstruktur zeichnet sich durch zwei große Straßenkreissegmente im innersten Bezirk der Stadt aus, welche von ein paar wenigen Hauptachsen durchbrochen werden. Innerhalb des inneren Kreissegments bilden die Wege ein sehr gleichmäßiges Netz. Außerhalb schlingen sich vereinzelt Pfade die umliegenden Hügel hinauf. Diese erscheinen eher willkürlich und unkontrolliert.

2.6 - Ableitung zur Fragestellung

Kann die erstellte Analysemethode begehbbare Umgebungen identifizieren und Aufschluss über die Begehbarkeit liefern? Lassen sich die Ergebnisse in der Raumplanung/Stadtplanung nutzen?

3 - Methodik und Simulation

3.1 - Aufbereitung der Daten/Karten

Um die Simulation zu starten, müssen vorerst die Daten in Form von Kartenmaterial erstellt und in die Modellierungssoftware eingespeist/eingeladen werden. Die Karten lassen sich beispielsweise mit QGIS (Version 2.6.1), einer kostenlosen GIS Software, indem die Kartengrundlage mittels OpenStreetMap Plug-In in gewünschtem Maßstab importiert werden können, erstellen. Danach wird die Karte bereinigt und nur die begehbaren Wege der Städte aus QGIS exportiert und für NetLogo optimiert.



Abb. 13: Wegekarte Jerewan 1:25000 verkleinert

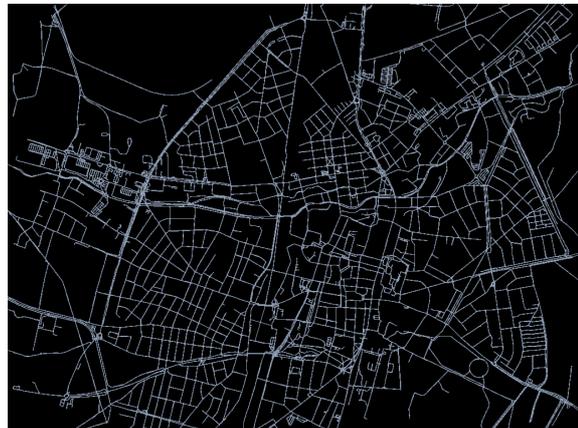


Abb. 14: Wegekarte Wiener Neustadt 1:25000 verkleinert

Ein Bildausschnitt von 1025x770 Pixel bietet sich an. Das entspricht nahezu einem Seitenverhältnis von vier zu drei. Der Maßstab beider Städte ist identisch 1:25.000 und das Stadtzentrum befindet sich mittig in der Karte. Ebenfalls für das Modell relevant sind Zonenkarten, die durch Farbcodierung die verschiedenen Bezirke beider Städte in das Modell einspeisen, sowie Funktionskarten, die ausgewählte Flächen mit unterschiedlichen Informationen zu deren Funktionen versorgt.

Die Funktions- und Bezirksgenerierung läuft im Hintergrund ab, indem die Farbwerte der Bezirks- und Funktionskarten von der Programmierung abgefragt und in anschauliche Informationen umgewandelt werden. Flächen mit der Farbe Grün (NetLogo-Farbwert: 64.3), beispielsweise, erzeugen in beiden Städten den ersten Bezirk über die Bezirkskarte und die Funktion Park/Grünanlage über die Funktionskarte. Braune Flächen (NetLogo-Farbwert:

35.6) erzeugen den fünften Bezirk. Für diesen Farbwert ist keine Funktion definiert. Die folgenden Grafiken veranschaulichen die erwähnte Farbcodierung.



Abb. 15: Bezirkskarte Jerewan

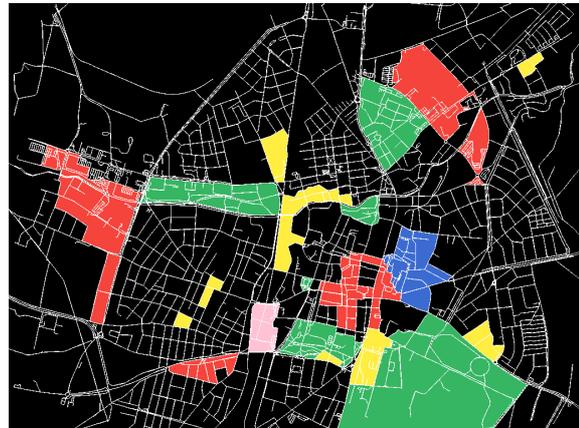


Abb. 16: Funktionskarte Wiener Neustadt

Diese Farbkarten lassen sich auf Befehl bei den Simulationen anzeigen, dienen aber viel mehr der Codierung, als der Illustration.

Weiters werden im selben Schritt die Wege mit Vektoren versehen, auf denen die Agenten später entlang gehen.

Ein Kartenmaßstab von 1:25.000 bietet sich an, da sich dieser (u.a.) als Wanderkartenmaßstab bewährt hat und zugleich einen gut überschaubaren Charakter, bei gewähltem Bildausschnitt, aufweist. Unumgänglich, um mehrere Städte oder Siedlungen gegenüberstellen zu können, ist, dass alle Karten im exakt selben Maßstab und Bildausschnitt eingeladen werden. Der Maßstab kann hierbei frei gewählt werden, jedoch ist abzuwiegen, ob eine Begehrbarkeitsanalyse bei gewähltem Maßstab Sinn macht.

3.2 - Parameter des Modells

Nach dem Einladen der Karten der ausgewählten Stadt (Jerewan oder Wiener Neustadt), definiert man die Parameter für die gewünschte Analyse. Zuerst muss festgelegt werden, ob man einen Bezirk oder die gesamte Umgebung analysieren will. Dazu wird das Modell in vier Startpunktszenarien unterteilt. Jeweils zwei Szenarien dienen der Analyse für gewählte

Bezirke und zwei analysieren die gesamte Umgebung, ohne die Bezirksgrenzen zu beachten. Für Wiener Neustadt kann man einen aus sieben Bezirken auswählen - für Jerewan einen aus neun.

Weiters können Ziele für die Agenten festgelegt werden, zu denen diese gehen sollen. Die Ziele unterscheiden sich wie folgt:

- Einkaufsmöglichkeit/shopping
- Grünanlage/park
- Bildungseinrichtung/education
- Hauptbahnhof/railwaystation
- Krankenhaus/hospital

Falls kein Ziel festgelegt ist, wird die Begehbarkeit der gesamten Umgebung oder des gewählten Bezirks analysiert.

Um die Startpunkte und Zielpunkte für die Agenten zu verorten, wird die Umgebungskarte in variabel große Rasterzellen unterteilt. Diese Rasterzellen wiederum, haben einen Zentrumspunkt, der immer die kleinstmögliche Ausdehnung von einem Patch aufweist. Die Seitenlänge der Rasterzellen lässt sich im Vorhinein selbst definieren. Jeder Zentrumspunkt ist ein potentieller Start- und Zielpunkt für die Agenten. Während der Raster kreiert wird, werden auch die Agenten, je nach gewähltem Szenario, erstellt. Diese werden schon bei der Erstellung mit deren Zielkoordinaten gespeist.

Weiters ist es möglich, den Agenten eine bestimmte Reichweite zuzuteilen. Beispielsweise lässt sich einstellen, dass nur jene Ziele auf kürzestem Pfad erreicht werden können, bei denen maximal 20 Minuten (Realzeit) gegangen werden darf.

Diese fünf Ausprägungen (Umgebungskarte (Stadt), Szenario, Ziel, Rastergröße und Reichweite) ermöglichen eine Auswahl von etwa 4800 (sinnvollen) Analysen wenn man annimmt, dass:

- 2 Städte zur Wahl stehen (Jerewan und Wiener Neustadt)
- 20 Szenarien (4 Startpunktszenarien mit bis zu 2 x 9 Bezirken, alle Bezirke oder ein gewählter Startpunkt)
- 6 Zielmöglichkeiten (5 Funktionen, oder keine Funktion)
- 4 Rastergrößen (Rastergröße 32, 64, 128, 256 unterteilen die Karte am effizientesten)
- 5 Reichweiten (10, 20, 30, 60 Minuten oder keine Reichweitenbeschränkung)

Um die Auswahlmöglichkeiten auf das Wesentliche zu beschränken, kann man einige Parameter in der Standardeinstellung belassen.

Für die hier angeführte klassische Begebarkeitsanalyse wird das Hauptszenario (ein Startpunkt) mit Rasterzellengröße 64, einem Ziel und einer Reichweitenausprägung für beide Städte analysiert. Die Rasterzellengröße 64 unterteilt die Umgebungskarte sehr effizient und ist bei der Analyse gut lesbar. Auch die Zielfunktionen werden ausreichend unterteilt.

3.3 - Untersuchungsszenarien

Nach dem Auswählen der Stadt, dem Definieren der Parameter und dem Festlegen des Startpunktszenarios sind die Agenten bereit, in die Umgebung auszuschwärmen, um auf kürzestem Weg ihre Ziele zu erreichen. Durch einen Dijkstra Algorithmus wird sichergestellt, dass die Agenten auch tatsächlich den effizientesten (kürzesten) Pfad verfolgen. Nach Erreichen aller Zielpunkte, lässt sich die benötigte Zeit der Agenten am Zielpunkt anzeigen. Einerseits als roter Kreis, der je nach Zeitwert seine Farbintensität und Größe ändert, andererseits als Farbgefällekarte.

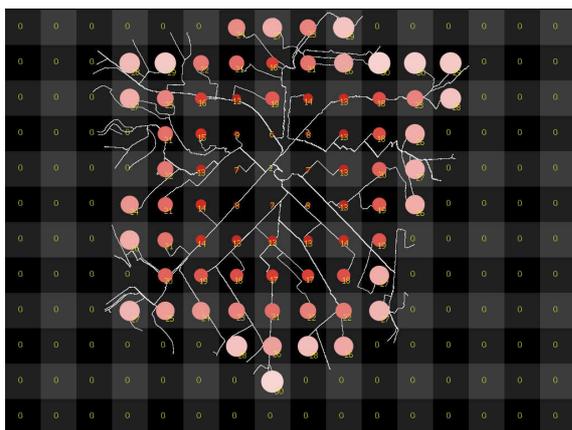


Abb. 17: Beispiel Encirclekarte

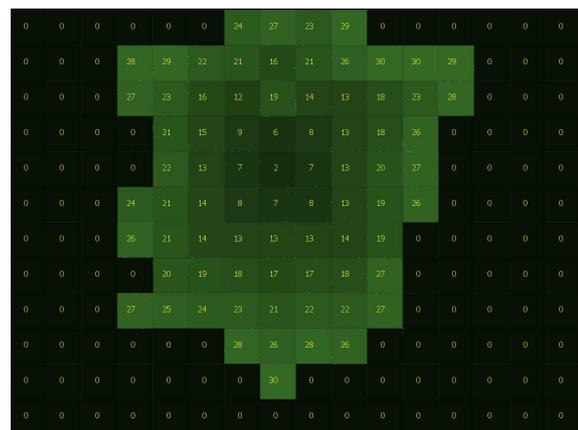


Abb. 18: Beispiel Zeitkarte

Die Karte mit den roten Kreisen wird in weiterer Folge als „Encirclekarte“ bezeichnet. Die Zeitgefällekarte auch „Zeitkarte“. Die Encirclekarte kann weiters die Anzahl der angekommenen Agenten, sowie die Zielfunktionen anzeigen. Straßen, welche nicht von den Agenten benutzt wurden, sowie die Zeitangaben lassen sich ausblenden. Die Zeitgefällekarte

kann auch ohne Zeitangaben angezeigt werden. Die dunkelsten Flächen, welche den Wert „0“ aufweisen, zeigen das nicht erreichte Gebiet an (siehe Abb. 18, Seite 38).

Das Szenario 1 (Hauptszenario) „out-of-chosen-start“ gibt dem Benutzer/der Benutzerin die Möglichkeit, einen (oder mehrere) Startpunkte für die Agenten festzulegen. Die Agenten sind hierbei auf keine Bezirksgrenzen beschränkt. Folgende Grafik zeigt das Szenario 1 auf der Karte von Wiener Neustadt. Den Agenten wurden die Einkaufsmöglichkeiten in der gesamten Stadt als Ziele vordefiniert, aber eine maximale Reichweite von 30 Minuten zugeteilt. Die Einkaufsgegend im Nordosten der Stadt kann von gewähltem Startpunkt aus demnach nicht erreicht werden.

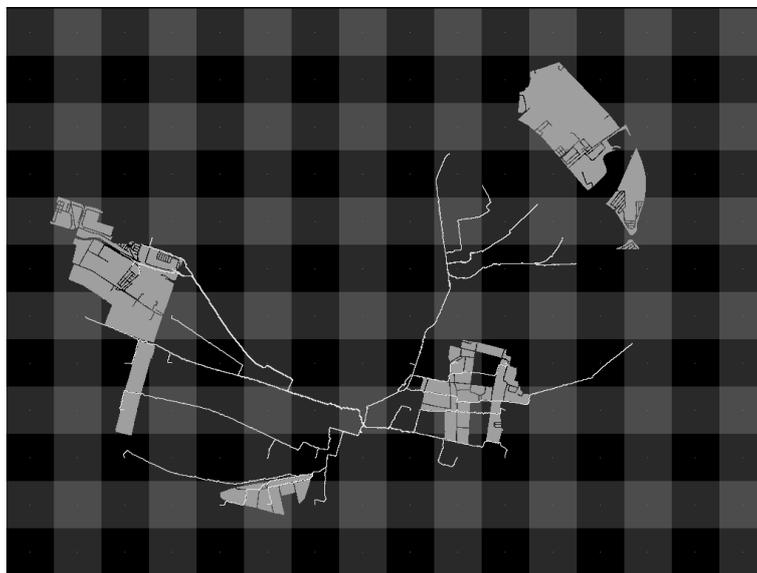


Abb. 19: Beispiel Hauptszenario

Das Szenario 2 „inside-single-zone“ verlangt eine Auswahl des Bezirks, den man untersuchen möchte. Die Startpunkte und Ziele der Agenten liegen ausschließlich innerhalb des gewählten Bezirks. Die folgende Grafik zeigt die Integration jeder Rasterzelle innerhalb des ersten Bezirks von Jerewan an.

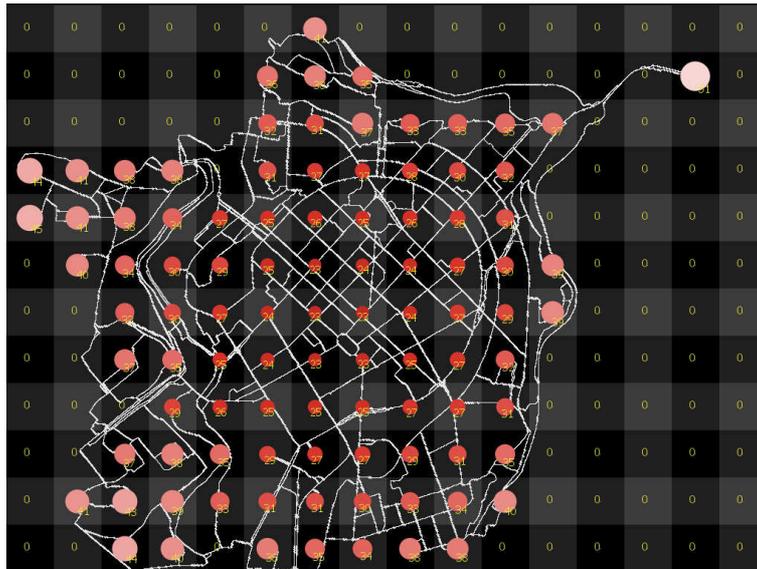


Abb. 20: Beispiel Szenario 2

Auch das Szenario 3 „out-of-single-zone“ benötigt eine Auswahl des Bezirks, die Ziele können allerdings in der gesamten Umgebung angesiedelt sein. In folgender Grafik wurde der dritte Bezirk (Süden von Wr. Neustadt) gewählt. Die Agenten gingen von diesem aus zu allen Einkaufsmöglichkeiten ohne Zeitlimit.



Abb. 21: Beispiel Szenario 3

Das Szenario 4 „inside-of-all-zones“ verlangt weder einen gewählten Startpunkt, noch einen gewählten Bezirk. Startpunkte sind automatisch alle Zentrumspunkte der gesamten Umgebung. Die Grafik zeigt die Integration aller Rasterzellen von Jerewan an.

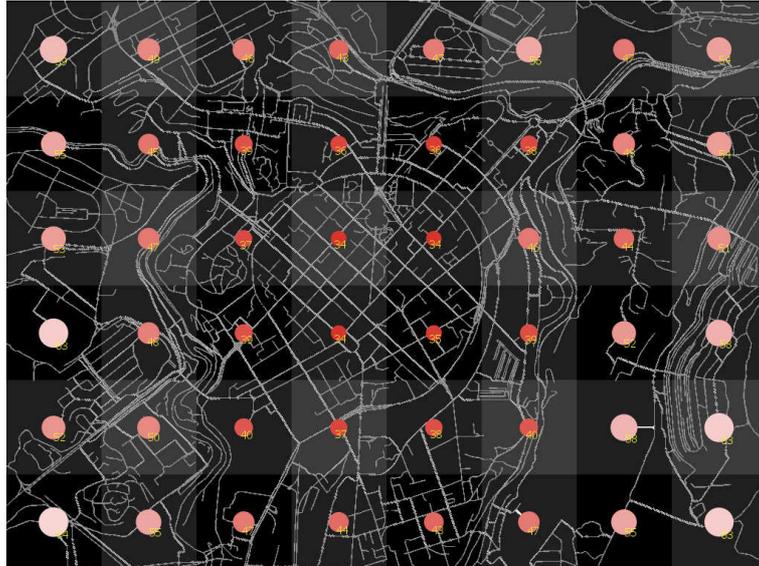


Abb. 22: Beispiel Szenario 4

Die Kreise nehmen einen Rot-Ton und eine Größe, definiert über die Summe der notwendigen Minuten aller Agenten, vom Ausgangspunkt bis zum Ziel an. Am Ziel wird dann der Kreis erstellt. Je größer und heller der Kreis ist, desto länger brauchten die Agenten um den darunterliegenden Zielpunkt zu erreichen. Selbiges gilt für die Zeitkarte. Je heller der Grün-Ton, desto schlechter erreichbar ist dieses Ziel.

Ein wichtiger Unterschied zwischen den roten Kreisen und den grünen Quadraten ist, dass die Kreise, sowohl die Farbe als auch die Größe, sich über das Maximum der Ticks einer Simulation beziehen. Sie sind daher nur bedingt vergleichbar mit Simulationen an anderen Stadtkarten. Die grünen Quadrate hingegen beziehen sich auf die benötigten Minuten an den Zentrumsunkten. Der Minutenwert und die Zeitkarte sind mit Simulationen von jeder anderen Stadtkarte vergleichbar. Die Farbübergänge entstehen durch eine Lorentz-Transformation, in welcher die abgelagerten Zeitwerte der angekommenen Agenten in NetLogo-spezifische Farbwerte umgewandelt werden.

3.4 - Ausführung und Funktionsweise des Tools

Das NetLogo Interface und seine Möglichkeiten

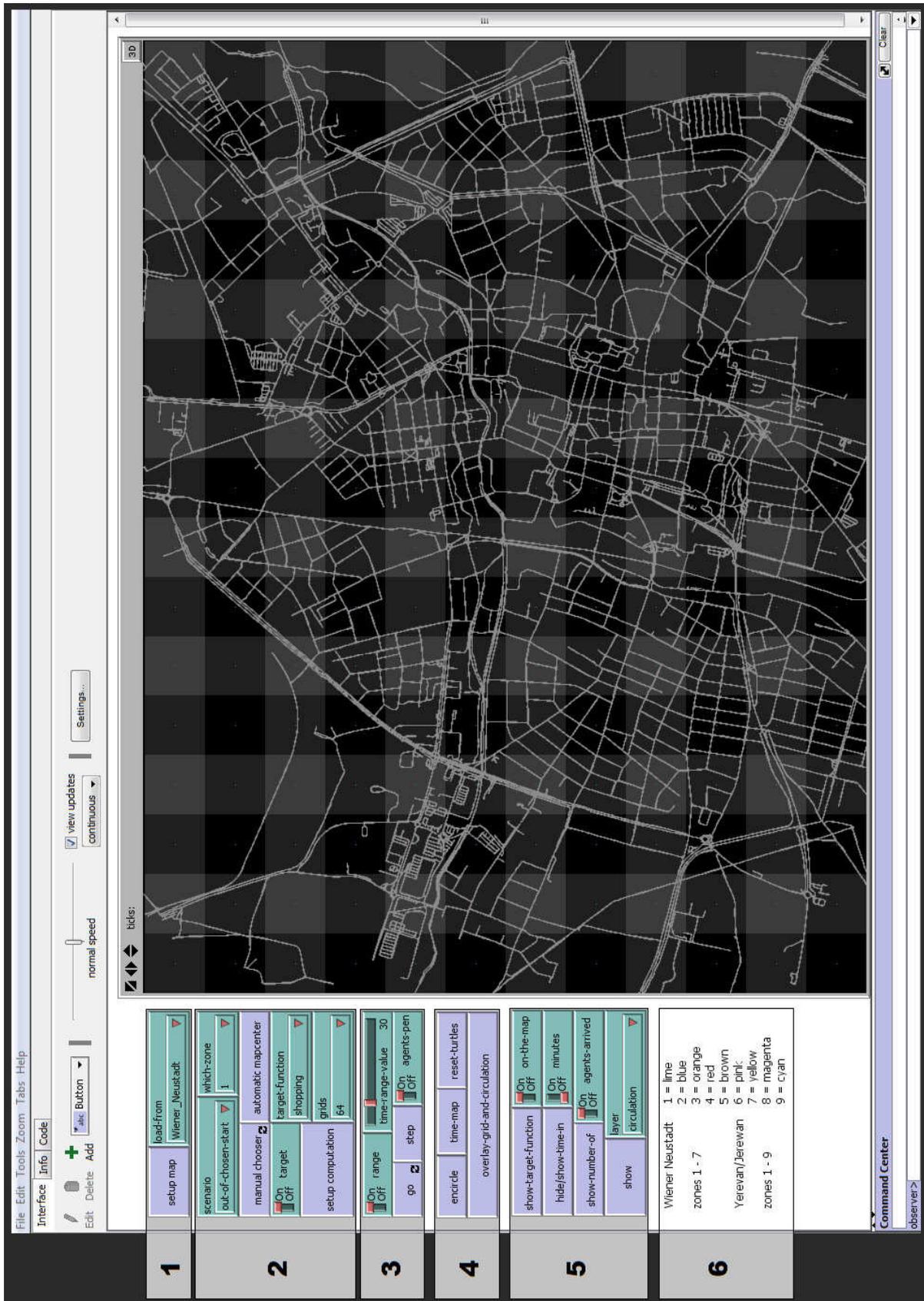


Abb. 23: NetLogo Interface, Funktionen und Kommandofelder

Das Bedienfeld des Tools ist in fünf Auswahl- und Kommandofelder unterteilt. Ein sechster Teil informiert über die Farbcodierung der Bezirke beider Städte in Form von einer Legende. Für die Bedienung des Tools stehen Aktionsknöpfe (buttons), Auswahlfelder (chooser), Wertschieber (slider) und Ein/Aus-Schalter (switches) zur Verfügung.

Die Funktionen der Auswahl- und Kommandofelder:

Die **fett** gedruckten Aktionsknöpfe sind unbedingt bei jeder Simulation zu betätigen!

Feld 1: „setup map“

- **Button „setup map“** – Entfernt jegliche Information aus dem Tool und lädt danach die gewählte Umgebungskarte, sowie die Funktions- und Bezirkskarten in das Modell. Vektorisiert alle Pfade und generiert Bezirks- und Funktionsinformationen für alle Patches. Die Vektorisierung erfolgt über eine Nachbarschaftsabfrage umliegender Zellen/Patches (*Moore-Nachbarschaft zellulärer Automaten*).
- Chooser „load-from“ – Gibt dem Benutzer/der Benutzerin die Möglichkeit zwischen Jerewan und Wiener Neustadt zu wählen.

Feld 2: „setup computation“

- Chooser „scenario“ – Lässt eines der vier Szenarien auszuwählen.
- Chooser „which-zone“ – Gibt die Möglichkeit aus einem von neun Bezirken auszuwählen.
- Button „manual chooser“ – So lange der Button aktiviert ist, kann der Benutzer/die Benutzerin in der angezeigten (Umgebungs-)Karte Startpunkte durch Mausklicks festlegen. Danach ist der Button wieder zu deaktivieren. Die Startpunkte beeinflussen die Simulation nur im Hauptszenario.
- Button „automatic mapcenter“ – Alternativ zum „manual chooser“ generiert der button einen Startpunkt im Zentrum der Karte. Der Startpunkt beeinflusst die Simulation nur im Hauptszenario.
- Switch „target“ – Ist der Schalter aktiviert, erhalten die Agenten Zielkoordinaten für die ausgewählte Funktion.

- Chooser “target-function” – Gewährt die Möglichkeit aus einer von fünf Funktionen auszuwählen.
- **Button “setup computation”** – Erstellt die Rasterzellen samt Zentrumspunkten und erstellt die Agenten, je nach gewähltem Szenario. Generiert die Zielkoordinaten bei den Agenten.
- Chooser “grids” – Gibt dem Benutzer/der Benutzerin die Möglichkeit die Rasterzellengröße festzulegen.

Feld 3: „go“

- Switch “range” – Ist der Schalter aktiviert, wird den Agenten die gewählte Reichweite zugeteilt.
- Slider “time-range-value” – Gibt dem Benutzer/der Benutzerin die Möglichkeit die Reichweite in Minuten einzustellen.
- **Button “go”** – Die Agenten gehen von deren Startpunkt bis zu deren Zielpunkt.
- Button “step” – Die Agenten gehen von deren Startpunkt in Richtung Zielpunkt, aber nur einen Tick pro Klick auf diesen Knopf.
- Switch “agents-pen” – Ist der Schalter aktiviert, ziehen die Agenten beim Gehen eine Spur.

Feld 4: „analyze“

- **Button “encircle”** – Zeigt die Encircle-Karte samt Zeitangaben an.
- **Button “time-map”** – Zeigt die Zeit-Karte samt Zeitangaben an.
- Button “reset-turtles” – Löscht alle verbleibenden Turtles (Vektoren, Encircle-Karte, Zeitkarte).
- Button “overlay-grid-and-circulation” – Lädt erneut die Umgebungskarte, vektorisiert die Pfade und erstellt ein neues Raster.

Feld 5: „screen informations“

- Button “show-target-function” – Zeigt gewählte Funktion in der Umgebungskarte oder nur die Umgebungskarte an, je nach Aktivierung/Deaktivierung des dazugehörigen Schalters.
- Switch “on-the-map”
- Button “hide/show-time-in” –Verbirgt oder zeigt die Zeitangaben, je nach Aktivierung/Deaktivierung des dazugehörigen Schalters.
- Switch “minutes”
- Button “show-number-of” – Zeigt oder verbirgt die Anzahl der am Zielpunkt angekommenen Agenten, je nach Aktivierung/Deaktivierung des dazugehörigen Schalters.
- Switch “agents-arrived”
- Button “show” - Zeigt den gewählten Kartenlayer an.
- Chooser “layer” – Gewährt dem Benutzer/der Benutzerin die Möglichkeit einen der drei Kartenlayer auszuwählen.

3.5 - Grundannahmen der Simulation

In diesem Modell gehen die Agenten mit 5,54 km/h.

Eine Reichweite 30 Minuten entspricht 1000 Ticks und somit einer Reichweite von 2,77 Kilometern.

Ein Tick ist somit nicht mit einem normalen Schritt eines Menschen gleichzusetzen (bei einem Kartenmaßstab von 1:25000). 4,4 Ticks sind ein Schritt.

Eine Schrittlänge wird mit 0,63m angenommen.

Schrittzahl pro Minute: 146,55 = Meter pro Minute: 92,33

Die Reichweitenbeschränkung der Agenten liegt im Bereich zwischen 5 und 120 Minuten, bzw. ohne Beschränkung.

3.6 - Beispiel einer durchgeführten Simulation

Wiener Neustadt, 1 gewählter Startpunkt, Einkaufszentren als Zielpunkte, Reichweite 45 min.

set up map:

lädt stadtkarte (wegekarte, bezirkskarte, funktionskarte)

set up computation:

teilt karte in ein gitter mit gewählter rasterzellenseitenlänge
ermittelt pfade vom startpunkt zu den zielpunkten der aktivität a

go:

simuliert für jeden pfad den übergang eines agenten mit
zeitbudget b

encircle/time map:

summiert die benötigte zeit aller agenten am ziel
zeigt die zeitwerte in zahlen und visuell an

Grafische Darstellung:

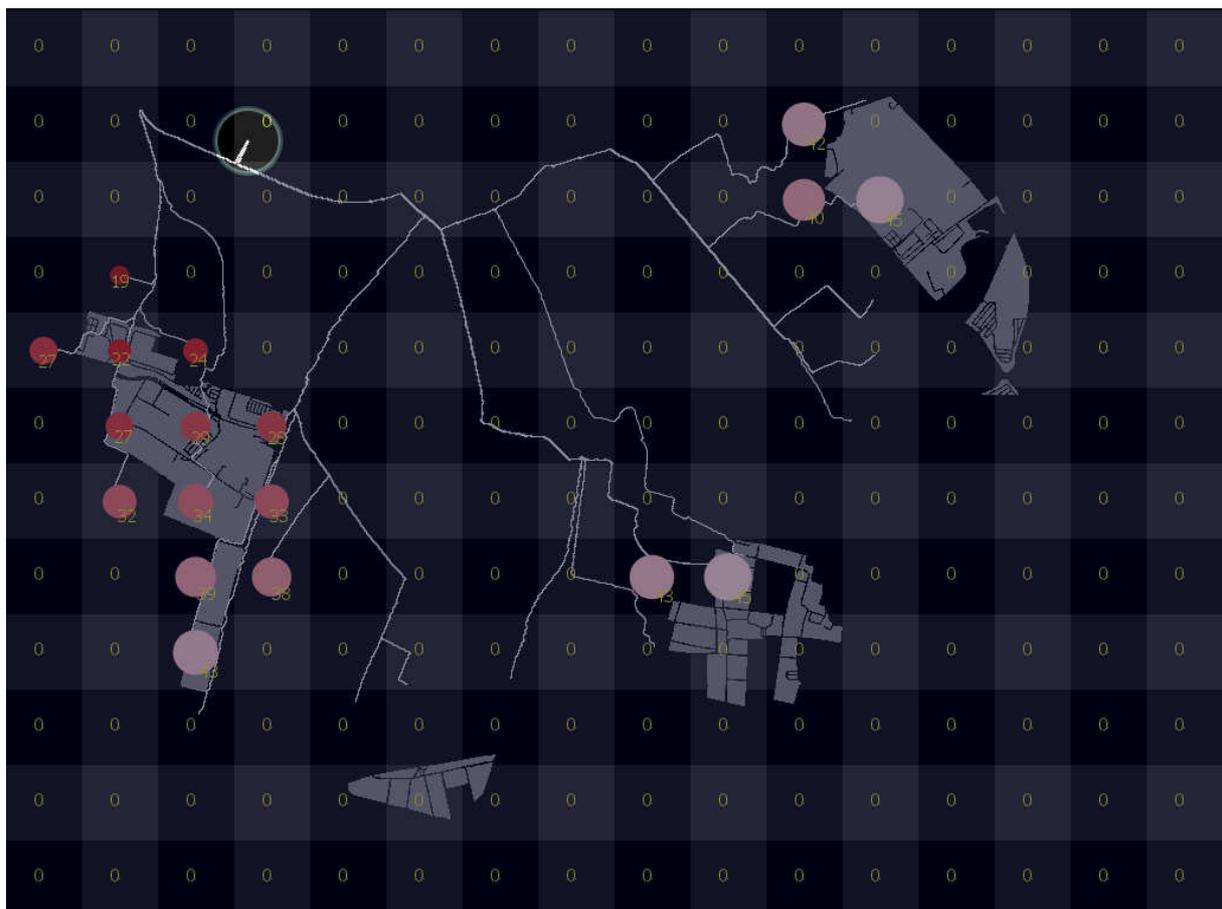


Abb. 24: Beispiel einer durchgeführten Simulation, Wiener Neustadt

Die Agenten gehen, von einem gewählten Startpunkt aus, zu allen Rasterzellen die eine Einkaufsfunktion enthalten, auf der Karte von Wiener Neustadt, Niederösterreich. Die

benötigte Zeit wird unter einem farb- und größenvariablen Kreis dargestellt. Ein 45 Minuten Zeitlimit wurde für die Agenten aktiviert. Einkaufsmöglichkeiten, die weiter als 45 Gehminuten entfernt liegen, können von den Agenten nicht erreicht werden.

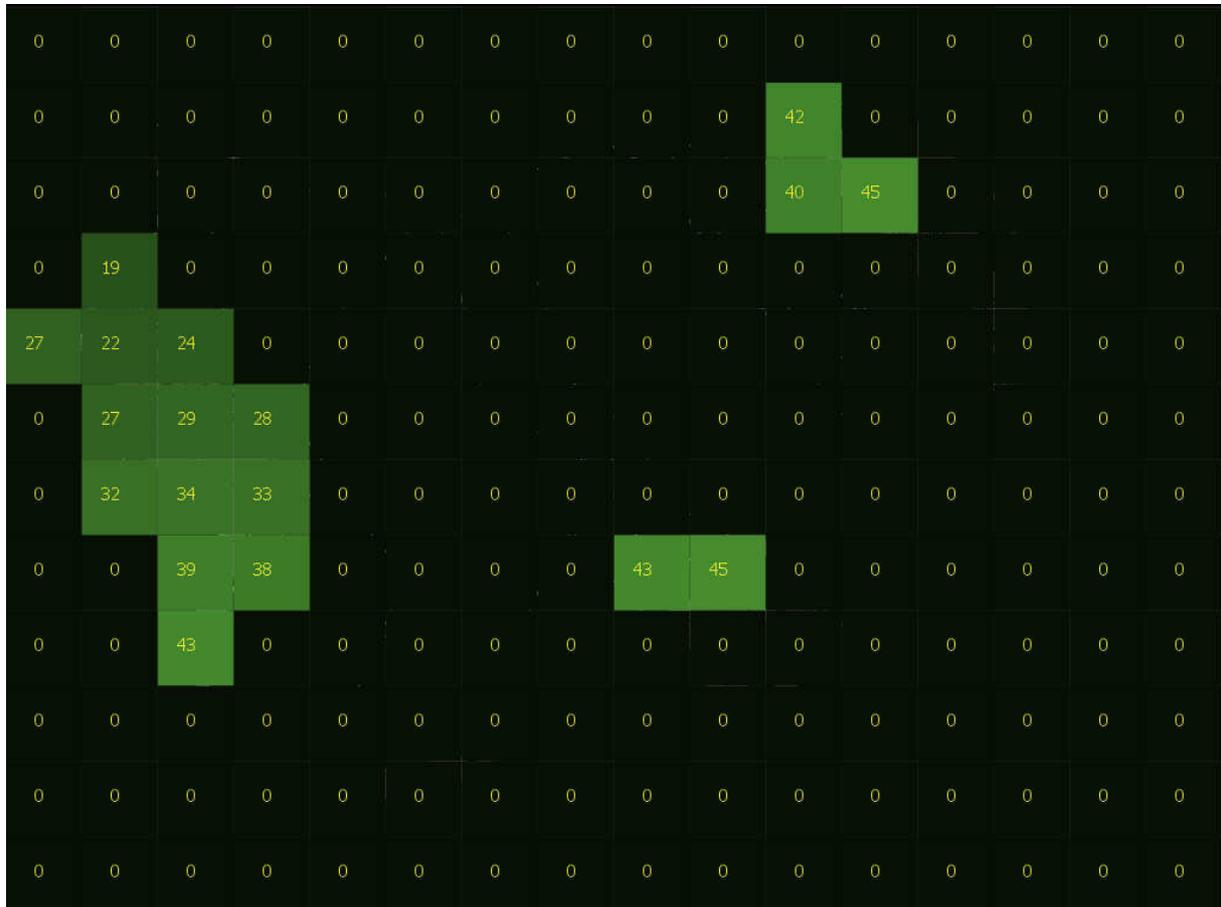


Abb. 25: Beispiel einer durchgeführten Simulation, Zeitkarte

Die Zeitkarte (“time-map”) zeigt die benötigte Zeit in Grüntönen, sowie den Zeitwert als Zahl. Je dunkler das Grün, desto weniger Zeit wurde zum Erreichen dieses Ziels benötigt. Die ganz dunklen Flächen (mit Wert 0) wurden nicht erreicht, weil sie keinen Zielpunkt enthalten, oder weil sie zu weit entfernt liegen.

Der gesamte Programmcode und alle Simulationskarten befinden sich auf dem der Masterarbeit beigelegten Datenträger.

4 – Empirische Ergebnisse

Der erste Teil dieses Kapitels soll zeigen, welche Auswirkungen eine Veränderung eines einzelnen Parameters auf die gesamte Simulation hat. Hierfür werden diverse Ausprägungen der Parameter simuliert, jeweils an derselben untergelegten Karte. Anhand der Ergebnisse, können im zweiten Teil des Kapitels die zwei Städte untereinander verglichen werden.

Die große Auswahl an Parametereinstellungen hat den Zweck, verschiedenste Analysen durchzuführen, um für jede Umgebung die gesuchten Informationen erhalten und darstellen zu können.

4.1 - Parametervergleich

4.1.1 - Funktionsänderung

Die Funktionsänderung gibt den Agenten andere Zielkoordinaten. Damit lässt sich die Erreichbarkeit der gewünschten Funktion für einen Ausgangspunkt, Ausgangsbezirk oder für die gesamte Umgebung analysieren. Im folgenden Beispiel werden Bildungseinrichtungen (education) mit Grünanlagen (parks) verglichen. Der Kartenmittelpunkt dient jeweils als Startpunkt für die Agenten.

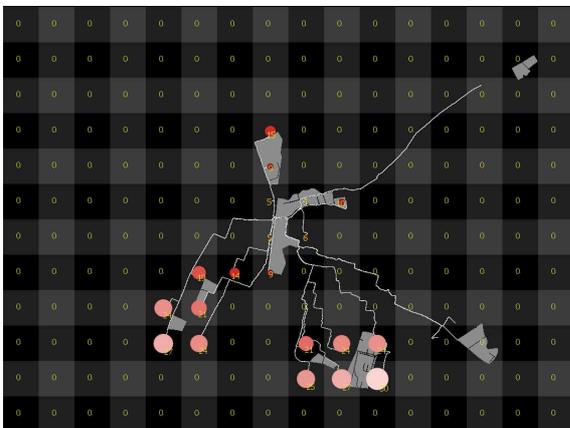


Abb. 26: Parametervergleich Funktion Bildungseinrichtung Abb. 27: Parametervergleich Funktion Grünflächen

Vom Mittelpunkt der Karte lassen sich scheinbar alle Grünflächen mit einer Reichweite von 30 Minuten erreichen, manche Bildungseinrichtungen jedoch nicht.

4.1.2 - Rasteränderung

Der Raster teilt die Umgebungskarte in quadratische Rasterzellen auf. Eine Änderung der Rasterzellenseitenlänge verändert die Anzahl der möglichen Start- und Zielpunkte. Je grobmaschiger der Raster, desto ungenauer werden die Ergebnisse. Eine zu kleine Rasterzellenseitenlänge kann aber die Lesbarkeit der Analyseergebnisse auch negativ beeinträchtigen.

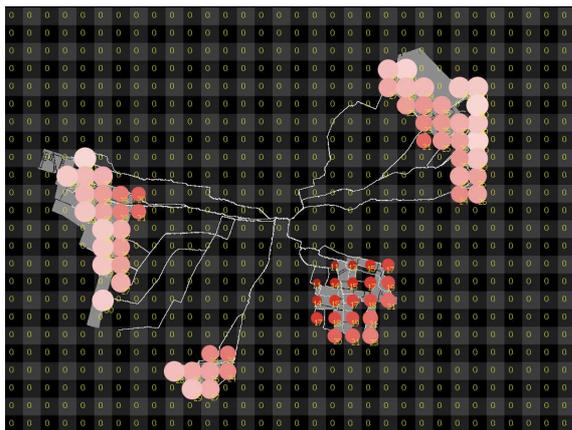


Abb. 28: Parametervergleich Raster 32

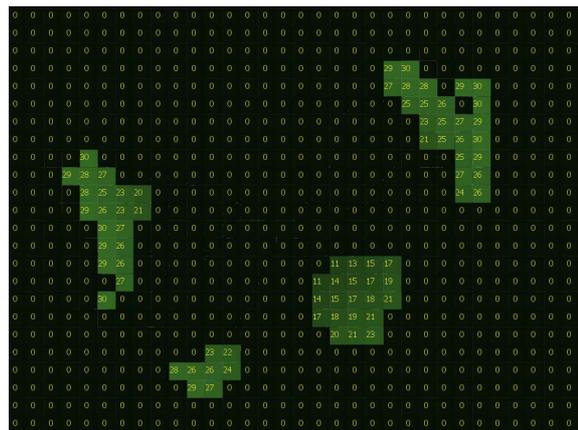


Abb. 29: Parametervergleich Raster 32 Zeitkarte

Eine Rasterzellengröße von 32 ist sehr genau, aber die Zeitwerte lassen sich kaum mehr lesen. Die Encirclekarte ist optisch gut interpretierbar. Bei der Zeitkarte entstehen sehr geringe Unterschiede der benachbarten Zellen, somit sind die Farbwerte dieser kaum mehr nützlich.

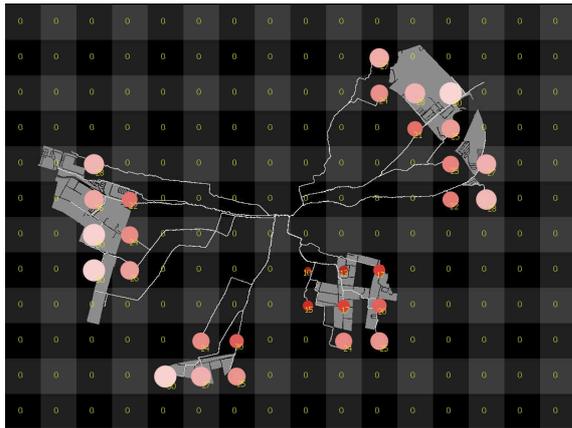


Abb. 30: Parametervergleich Raster 64

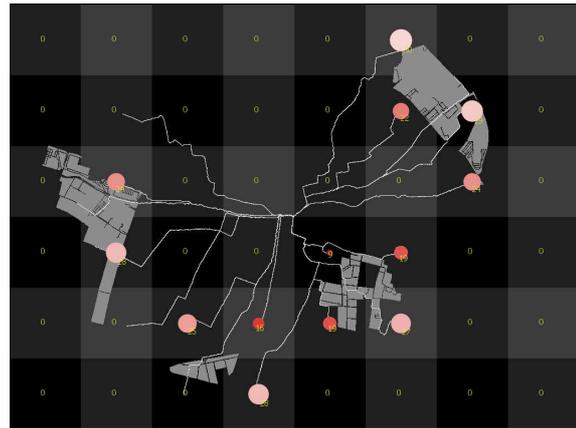


Abb. 31: Parametervergleich Raster 128

Die Rasterzellengröße von 64 und 128 haben sich bei den meisten Analysen bewährt. 64 bietet die eine genaue Darstellung und gute Lesbarkeit. 128 ist zwar nicht so genau, aber die Analyse ist leistungsfähiger, da die Software nicht so viele Agenten berücksichtigen muss. Speziell für das Szenario 4, indem sehr viele Agenten erstellt werden, ist daher eine Rasterzellengröße von 128 ratsam.

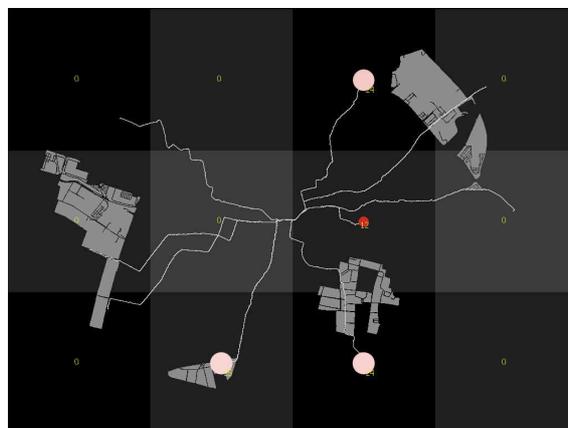


Abb. 32: Parametervergleich Raster 256

256 liefert keine guten Ergebnisse mehr. Die Zielkoordinaten befinden sich oft außerhalb bzw. hinter den Zielen. Im gezeigten Beispiel erkennt man, dass manche Einkaufszentren als „nicht erreichbar in 30 Minuten“ gekennzeichnet werden, der Agent aber schon durchgelaufen ist. Weiters werden hier die kürzesten Pfade zu den Zentrumspunkten der Rasterzellen gesucht, diese sind aber weit weg von der gesuchten Funktion. Es werden also teilweise unsinnige Wege und deren Zeitangaben verwendet. Diese Rasterzellengröße kann nur der Visualisierung von Funktionen dienen, und anzeigen, in welchen Bereichen eine Unterversorgung einzelner Funktionen herrscht.

4.1.3 - Reichweitenänderung

Die Reichweitenänderung ist ein Kernelement der Begehrbarkeitssimulation. Klare Aussagen über die Erreichbarkeit der gewünschten Ziele können getroffen werden. Je nach eigener Intension zum Gehen oder dem eigenen Zeitbudget (Spaziergang in einer Mittagspause, etc.), kann man die Reichweite auf sich anpassen.

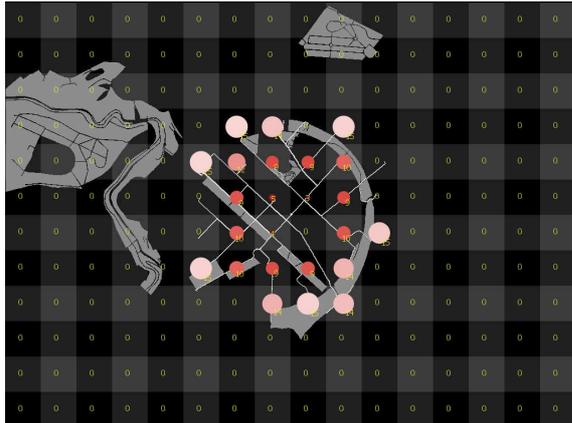


Abb. 33: Parametervergleich Reichweite 15

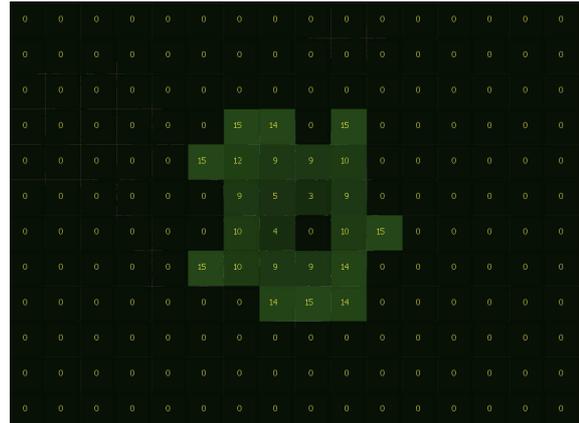


Abb. 34: Parametervergleich Reichweite 15 Zeitkarte

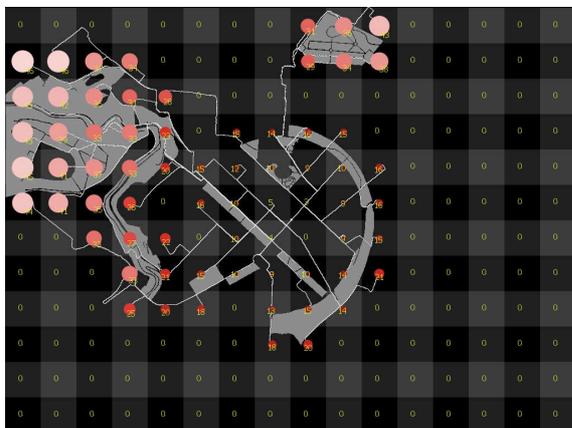


Abb. 35: Parametervergleich Reichweite 60

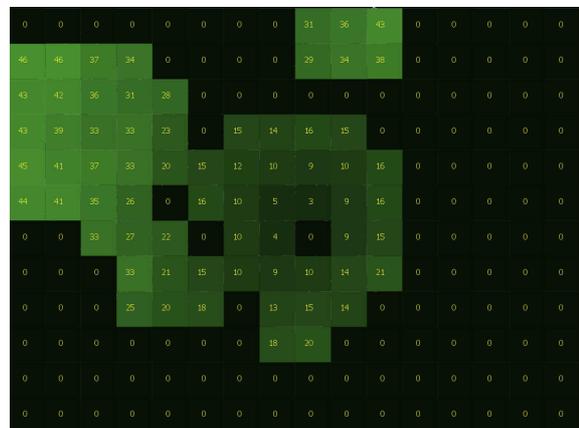


Abb. 36: Parametervergleich Reichweite 60 Zeitkarte

Die gezeigten Grafiken analysieren zielgerichtete Reichweitenänderungen in der Stadt Jerewan. Die Ziele sind jeweils die Grünflächen/Parks der Stadt. Ausgangspunkt ist der Kartenmittelpunkt. Je nach eigenem Zeitbudget kann die Analyse helfen, den nächstgelegenen Parkstandort und den kürzesten Fußweg dorthin ausfindig zu machen. Zentrumsnahe Parks lassen sich schon mit einem Zeitaufwand von unter 15 Minuten erreichen. Innerhalb von 46 Minuten lassen sich auch die entfernteren Grünflächen zu Fuß erreichen.

4.1.4 - Szenarienänderung

Die Szenarien spiegeln die urbanen Ebenen wider.

Für die meisten Analysen bietet sich das Hauptszenario (Szenario 1) an. Das Szenario 1 kann man beispielsweise auf das eigene Wohnhaus oder auf den Bahnhof anwenden. Es gibt klare Aussagen darüber, wo man zu Fuß von der Wohnung/dem Haus oder nach Ankunft am Bahnhof hingehen kann.

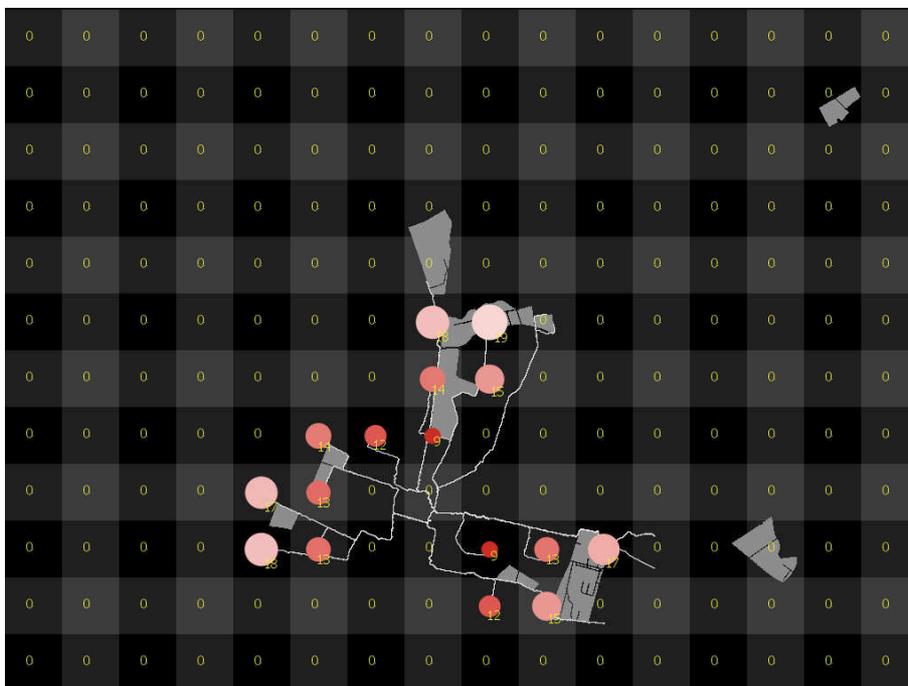


Abb. 37: Hauptszenario, Bildungseinrichtungen, Wiener Neustadt, Reichweite 20

Bei dieser Analyse ist der Startpunkt auf den Hauptbahnhof gelegt worden. Danach wurde simuliert, welche Bildungseinrichtungen innerhalb von 20 Minuten erreichbar sind. Man erkennt, dass diverse Schulen für Schüler/Schülerinnen, die mit dem Zug in Wiener Neustadt ankommen, schnell zu erreichen sind.

Das Szenario 2 kann man auf den eigenen Bezirk anwenden. Man erkennt, welche Einrichtungen und Möglichkeiten man innerhalb des eigenen Bezirks hat.

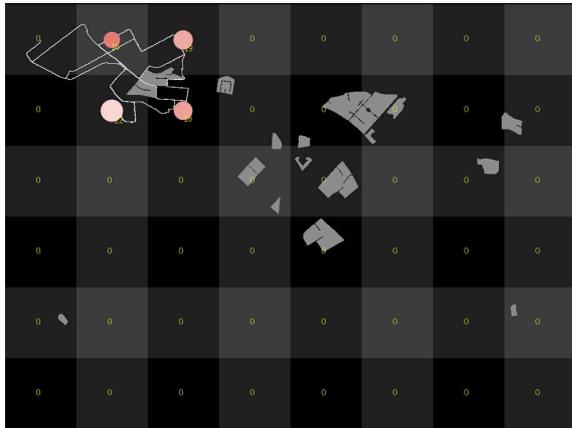


Abb. 38: Parametervergleich Szenario 2



Abb. 39: Parametervergleich Szenario 2 Bezirkskarte

In diesem Fallbeispiel wird für den fünften Bezirk Jerewan's (braun) die Erreichbarkeit von Schulen/Bildungseinrichtungen innerhalb des Bezirks angezeigt.

Das Szenario 3 kann man auf den eigenen Bezirk anwenden, und die gesamte Stadt mit einbeziehen. Erkennbar wird, wie gut dieser an die Stadt gebunden ist.



Abb. 40: Parametervergleich Szenario 3



Abb. 41: Parametervergleich Szenario 3 Bezirkskarte

In diesem Fallbeispiel wird für den fünften Bezirk Jerewan's (braun) die Erreichbarkeit von Schulen/Bildungseinrichtungen der ganzen Stadt mit einer Reichweite von 30 Minuten angezeigt.

Das Szenario 4 wird immer auf die ganze Stadt angewendet. Ein Aktivitäten-basiertes Integrationsmaß ist das Ergebnis.



Abb. 42: Parametervergleich Szenario 4 Zeitangabe



Abb. 43: Parametervergleich Szenario 4 Agentenanzahl

Jede Bildungseinrichtung wird, in diesem Beispiel, mit einem Einzugsbereich von 30 Minuten angesteuert. Auffallend in diesem Beispiel ist, dass die südöstlich gelegene Schule den geringsten Durchschnittszeitanaufwand anzeigt. Die zweite Karte erklärt diesen Umstand. Diese Schule wird nur von 6 Agenten erreicht, die alle in der Nähe starteten. Die zentral gelegenen Schulen werden hingegen von bis zu 19 Agenten erreicht. Die Agentenanzahl ist für jedes Szenario mit Reichweitenbeschränkung und mehreren Startpunkten von Bedeutung. Diese Szenarien zeigen nicht die absolute Zeitangabe an, sondern die durchschnittliche aller angekommenen Agenten.

4.2 - Städtevergleich

Mit der Information der Parameteränderungen, lassen sich nun zwei Städte miteinander vergleichen. Bei Analysen zwischen zwei Städten müssen genau dieselben Parametereinstellungen verwendet werden, um vergleichbare Resultate zu erlangen.

Für den Städtevergleich werden das Hauptszenario ohne Funktionen und das Szenario 4 mit Funktionen verwendet, um verschiedene Ergebnisse zur Zentralität und allgemeiner Erreichbarkeit zu erhalten.

4.2.1 – Szenario 1 – Begehbarkeitsanalysen

Keine Funktion – Raster 64, mit und ohne Reichweite – Zeitkarte und „benutzte Wege Karte“

Die folgenden Grafiken (Szenario 1) spiegeln die allgemeine Begehbarkeit der zwei Städte wider. Eine agentenbasierte Integrationsanalyse, einerseits mit einer Beschränkung von 30 Minuten, andererseits ohne Zeitlimit. Diese Analyse zeigt die verwendeten Pfade der Agenten, sowie die Zeitangaben für jede Rasterzelle.

Ohne Funktion; ohne Reichweitenbeschränkung

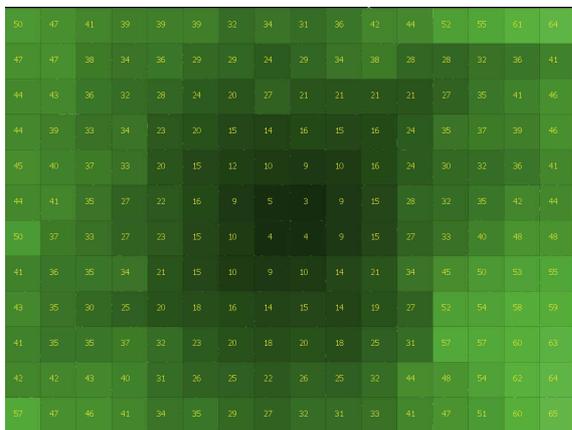


Abb. 44: Städtevergleich Jerewan Zeitkarte

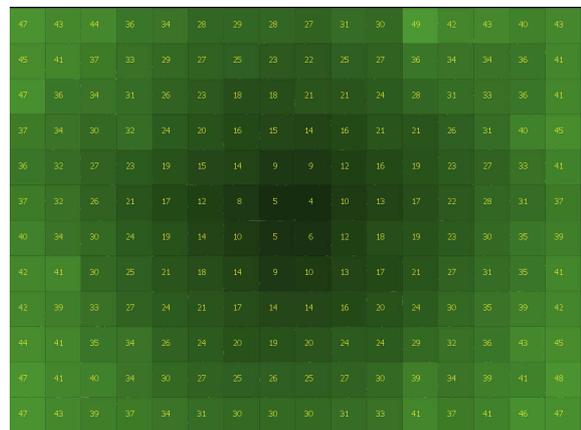


Abb. 45: Städtevergleich Wiener Neustadt Zeitkarte

Vom Kartenmittelpunkt aus, ist die gesamte eingeladene Umgebung von Wiener Neustadt in 49 Minuten erreichbar, die Umgebung Jerewans in 64 Minuten.

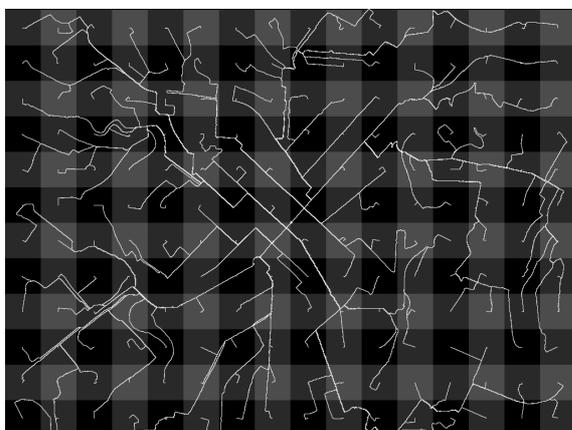


Abb. 46: Städtevergleich Jerewan kürzeste Wege

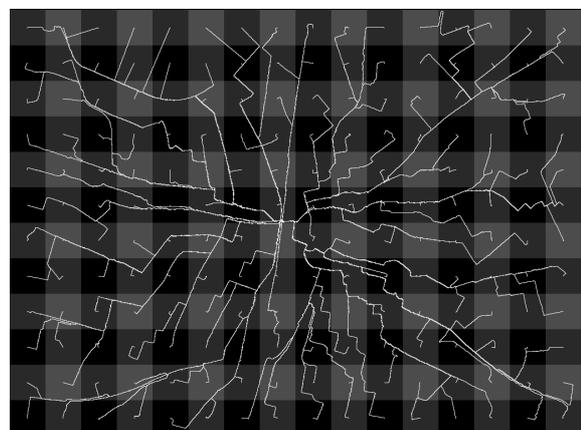


Abb. 47: Städtevergleich Wiener Neustadt kürzeste Wege

Ohne Funktion; mit Reichweitenbeschränkung 30 Minuten

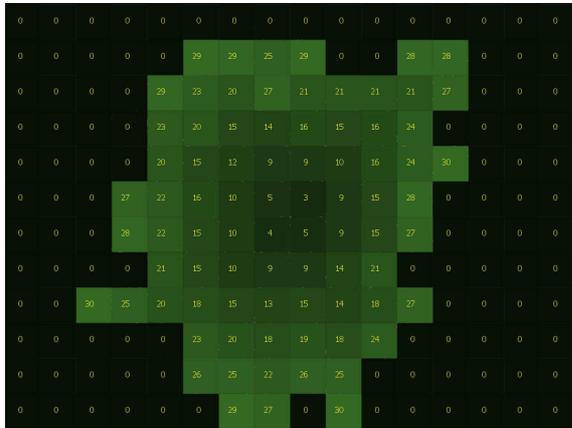


Abb. 48: Städtevergleich Jerewan Zeitkarte 30 min

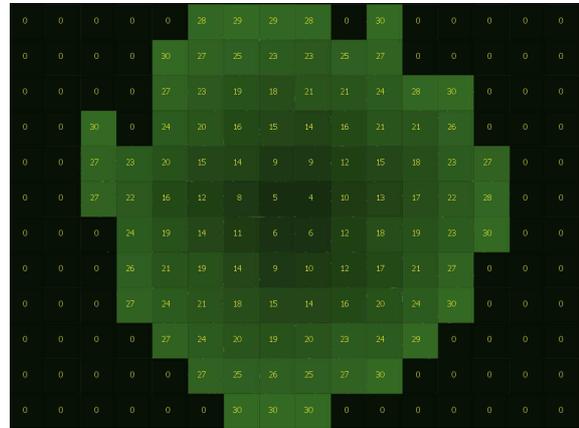


Abb. 49: Städtevergleich Wiener Neustadt Zeitkarte 30 min

Vom Kartenmittelpunkt aus, erreicht man in Jerewan 42,1 Prozent (81 von 192 Zentrumsunkte der Rasterzellen), und in Wiener Neustadt 53,6 Prozent (103 von 192) der Ziele, bei einem Zeitbudget von 30 Minuten.

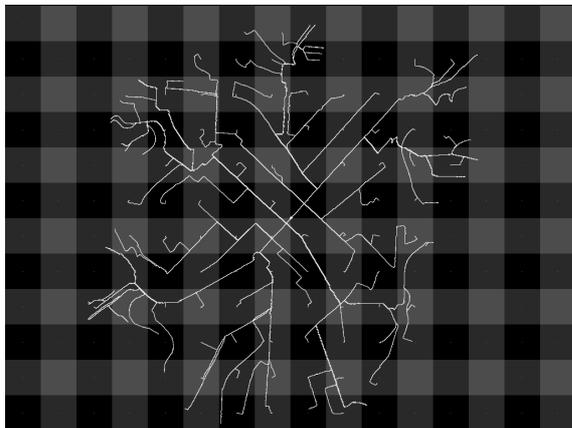


Abb. 50: Städtevergleich Jerewan Wege 30 min

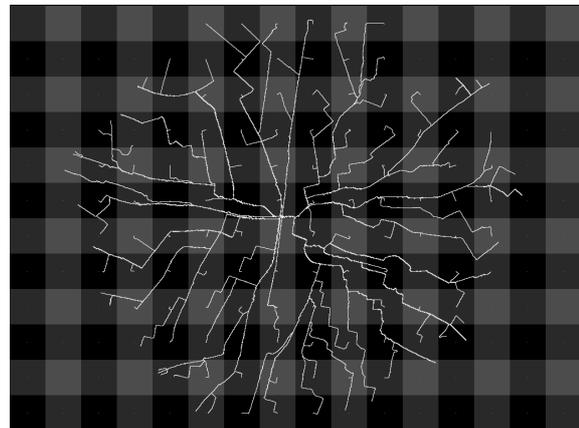


Abb. 51: Städtevergleich Wiener Neustadt Wege 30 min

4.2.2 – Szenario 4 – Funktionsanalysen

Alle fünf Funktionen getrennt beobachtet – Raster 128, ohne Reichweitenbeschränkungen – Encirclekarte

Die folgenden Grafiken (Szenario 4) spiegeln die zielgerichtete Begehbarkeit der zwei Städte wider. Sie zeigen an wie lange man in den zwei Städten, zu den gewählten Funktionen, von jedem Punkt der Städte aus, durchschnittlich geht.

- Funktion 1: Einkaufen



Abb. 52: Städtevergleich Jerewan Funktion Einkauf



Abb. 53: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Einkauf

Die Einkaufsmöglichkeiten in Jerewan liegen durchschnittlich 38 – 58 Minuten entfernt. In Wiener Neustadt 30 – 55 Minuten.

- Funktion 2: Grünfläche/Park

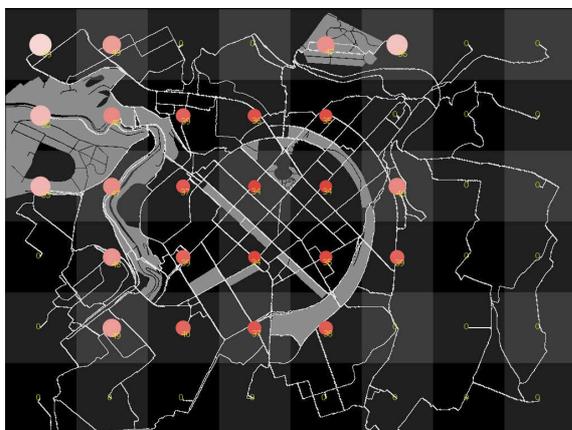


Abb. 54: Städtevergleich Jerewan Funktion Grünflächen

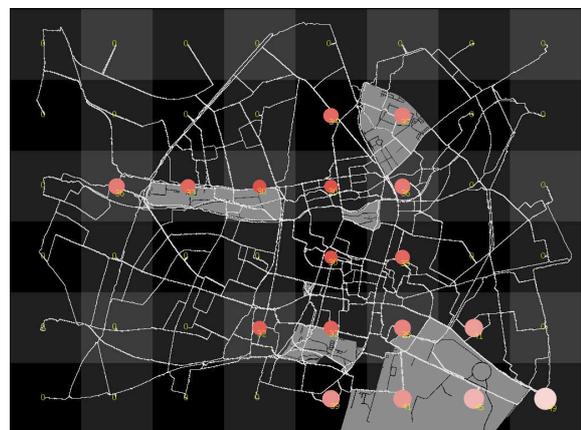


Abb. 55: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Grünfl.

Die Parks in Jerewan liegen durchschnittlich 34 – 59 Minuten entfernt. In Wiener Neustadt 30 – 49 Minuten.

- Funktion 3: Bildungseinrichtung



Abb. 56: Städtevergleich Jerewan Funktion Bildung



Abb. 57: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Bildung

Die Bildungseinrichtungen in Jerewan liegen durchschnittlich 34 – 63 Minuten entfernt. In Wiener Neustadt 30 – 51 Minuten.

- Funktion 4: Hauptbahnhof

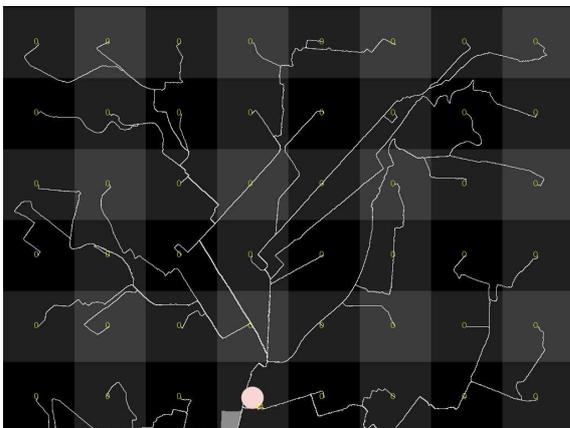


Abb. 58: Städtevergleich Jerewan Funktion Hauptbahnhof

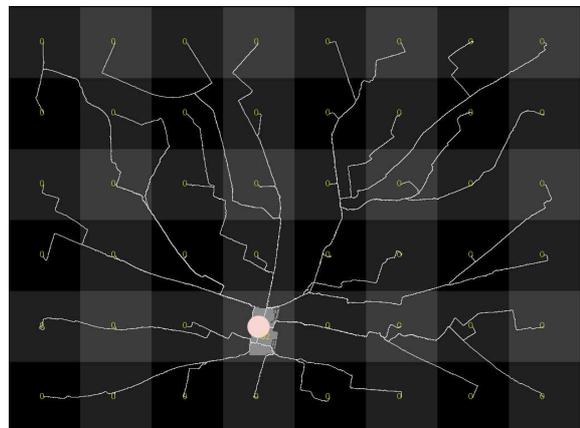


Abb. 59: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Hbf.

Der Hauptbahnhof in Jerewan liegt durchschnittlich 44 Minuten entfernt. In Wiener Neustadt 32 Minuten.

- Funktion 5: Spital

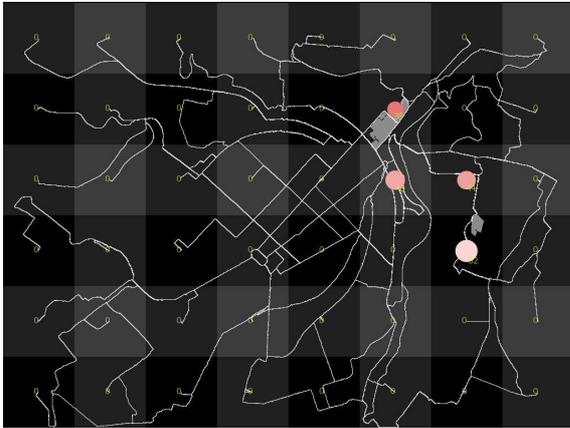


Abb. 60: Städtevergleich Jerewan F. Krankenhaus

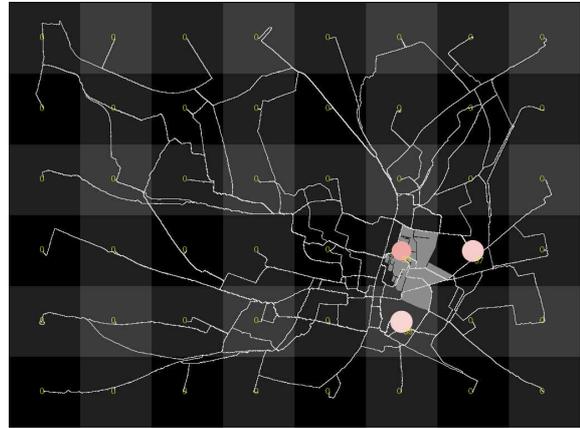


Abb. 61: Städtevergleich Wiener Neustadt F. Krankenhaus

Die Krankenhäuser in Jerewan liegen durchschnittlich 38 – 52 Minuten entfernt. Das Krankenhaus in Wiener Neustadt 33 – 38 Minuten.

Wie in der Einführung dieses Kapitels schon erwähnt, ist das Ziel der Analyse, die Formation von begehbaren Umgebungen an den Fallbeispielen zu identifizieren.

Im Folgenden Kapitel „Diskussion“ werden die Ergebnisse interpretiert und damit auf die Forschungsfrage eingegangen.

5 – Diskussion

5.1 - Interpretation der Ergebnisse

Funktionsweise des Tools:

Die verschiedenen Analysen haben gezeigt, dass ganze Städte und einzelne Standorte im Aspekt der Begehbarkeit mit dem Tool analysiert werden können. Man erkennt für jeden einzelnen Bezirk, welche Funktionen in welchem Ausmaß vorhanden sind, und wo welche fehlen. Weiters kann man die zeiteffizientesten Pfade herausfiltern. Die Funktions- und die Reichweitenänderungen haben sich als sehr nützlich erwiesen, um die Analysen auf die gesuchten Fragestellungen anzupassen. Die Rasteränderungsmöglichkeit hat sich als „weniger wichtig“ erkenntlich gegeben. Diese Möglichkeit dient ausschließlich der Verfeinerung der Ergebnisse bei kleinerer Rasterauflösung. Die Mehrzahl der Agenten, die dadurch simuliert werden, ist mit einem größeren Personenaufkommen in der realen Stadt nicht zu vergleichen. Die Agenten stehen sich nicht im Weg. Die Szenarienänderung dient, ebenso wie die Funktionsänderung (und die Reichweitenänderung) dazu, die gestellten Fragen zu beantworten.

Fragestellungen zu *kürzesten Wegen* und *absoluten Erreichbarkeiten* lassen sich am einfachsten mit dem Hauptszenario beantworten.

Die *durchschnittliche Erreichbarkeit* diverser Funktionen für urbane Umgebungen wird mit dem Szenario 4 beantwortet. Die Szenarien 2 und 3 dienen derselben Fragestellung wie das Szenario 4 auf einzelne Bezirke bezogen.

Allgemeine und funktionsbezogene Begehbarkeit der Städte:

Beide Städte weisen eine sehr gute Begehbarkeit im Stadtzentrum, bzw. im ersten Bezirk auf. Bei Jerewan ist auffallend, dass die Fußgänger und Fußgängerinnen sehr bald die zentralen Hauptachsen verlassen müssen, um die entfernteren Ziele zu erreichen (siehe Abbildung 46 Seite 55). In Wiener Neustadt können die Agenten ihre Gehrichtung zumeist bis kurz vor dem Ziel beibehalten (siehe Abbildung 47 Seite 55). Dies ist sehr wahrscheinlich auf das Relief zurückzuführen. Die flache Lage von Wiener Neustadt lässt sehr lange Straßengeraden zu. Somit kann Wiener Neustadt in kürzerer Zeit weiter begangen werden als Jerewan.

Auch die durchschnittliche Erreichbarkeit aller eingetragenen Einrichtungen leidet in Jerewan etwas unter der Wegführung. *Wiener Neustadt hat sich in allen Weganalysen als schneller begehbar erwiesen.* (siehe Abbildung 52 bis 61 auf Seite 57 bis 59).

5.2 - Grenzen/Schwächen der Methode

Eine perfekte Methode zum Messen der Begehbarkeit gibt es nicht. Auch das neuentwickelte Tool weist einige Schwächen auf, da dies nur ein Abbild der Realität ist. Im Laufe der Arbeit und bei den Simulationen sind folgende Punkte negativ aufgefallen:

Das Erstellen der Fußwegekarten ist sehr einfach und schnell erledigt, jedoch nicht das Erstellen der Bezirks- und Funktionskarten. Um die bezirksbezogenen Szenarien durchzuführen ist die Bezirkskarte jedoch unumgänglich. Für viele Städte lassen sich Bezirkskarten mittels GIS Software zwar erstellen, aber nicht für jede. Selbiges gilt für die Funktionskarte. Eine korrekte Karte mit eingetragenen Funktionen ist nur mit viel Aufwand realisierbar.

Die Methode benutzt alle Wege und Pfade, auf denen das Zufußgehen gestattet ist. Dies ist an sich gut, weil tatsächlich das Potenzial der Begehbarkeit ausgeschöpft wird. Die Fußwegekarte kann aber nicht den Autoverkehr berücksichtigen. Falls kein Fußweg neben der Straße vorhanden ist, müssen die Personen am Straßenrand spazieren, was in der Realität zu meist vermieden wird.

Ein realitätsferner Punkt der Simulation ist, dass alle Fußgänger gleich schnell mit 5,54 km/h gehen. Dies ist ein Durchschnittswert, der natürlich nicht auf alle Menschen zutrifft. Weiters gehen Personen bergauf langsamer und bergab schneller. Das Gefälle/die Steigung der Wege werden bei dieser Simulation nicht berücksichtigt.

Der Kartenausschnitt von 1025 x 770 Pixel ist nicht perfekt, was die Rasterzellenunterteilung angeht. Die Patchsize des Modells ist auf 1 Pixel eingestellt, das bedeutet, dass sich die world in 789250 Patches (1025 x 770) unterteilt. Eine Rasterzellengröße von 64 unterteilt das Raster in 16 x 12 Zellen. Der Rest der sich dadurch ergibt ist auf der x-Achse 0,015625 und auf der y-Achse 0,03125. Das hat zur Folge, dass ein blinder Bereich, von einem Patch am Ostrand der Karte und von zwei Patches am Nordrand der Karte, entsteht. Diese Werte sind

auch für die anderen auswählbaren Rasterzellengrößen nicht divergent. Der blinde Gesamtbereich hat somit eine Ausdehnung von 0,357% der Gesamtfläche. Dies beeinträchtigt die Analyse nicht, sollte aber erwähnt sein.

Ein letzter negativer Punkt ist die lange Kalkulationsdauer für Analysen mit vielen Agenten. Das Worst-Case-Szenario ist eine allgemeine Begehbarkeitsanalyse der gesamten Karte (Szenario 4) mit Rasterzellengröße 32. Hierfür werden 768 Startpunkte erstellt, auf denen jeweils 767 Agenten produziert werden. Nach der Erstellung, die je nach Computerleistung mehrere Stunden lang dauern kann, werden weitere Stunden gebraucht um die kürzesten Pfade abzugehen.

5.3 - Stärken der Methode

Die Methode hat auch viele Stärken. Eine wesentliche Stärke der Methode ist, dass sie auf jede Siedlung angewendet werden kann. Wenn die Grundeinstellungen und die Programmierung nicht verändert wird, sollte der Maßstab bei 1:25000 belassen werden, um die Zeitergebnisse nicht zu verfälschen. Der kürzeste Pfad kann aber überall gefunden werden. Theoretisch könnte man auch eine Wanderkarte mit dessen Routen hineinladen. Hierbei könnte es zwar zu falschen Aussagen über die Wanderzeit kommen, da das Relief nicht berücksichtigt wird, aber der kürzeste Pfad würde trotzdem identifiziert werden.

Das Tool kann mit einfachen und vor allem frei zur Verfügung stehenden Mitteln relativ schnell Aussagen über die Integration von Wegen wiedergeben. Mit etwas mehr Vorarbeit können dann auch Gehzeiten zu diversen Funktionen ermittelt werden.

Die Methode kann die Wege mit dem meisten Fußgängerpotenzial ausfindig machen und somit eine Hilfestellung für die Stadtplanung sein. Die identifizierten Pfade können gezielt von Verkehr befreit und für Fußverkehr attraktiv gestaltet werden.

Die Attraktivität der Pfade wird absichtlich nicht berücksichtigt, da es rein um die Begehbarkeit, in Form von der „Möglichkeit des Gehens“, der urbanen Umgebungen geht. Das Ergebnis soll Potenziale aufzeigen und nicht aktuell attraktive Fußwege. Durch diese Aussparung können die Analysen ohne viel Datenaufwand betrieben werden.

Weiters sind die Ergebnisse, egal bei welchem Szenario, sehr einfach zu verstehen. Die Zeitangaben sind in Minuten dargestellt und die weißgefärbten Wege sind jene, die von den Agenten begangen wurden. Auch die Bedienung erklärt sich größtenteils von selbst.

Die Vielzahl der einstellbaren Parameter kann für verschiedenste Analysen genutzt werden. Somit können Aussagen zu diversen Fragestellungen getroffen werden.

5.4 - Vergleich mit Space Syntax

Wenn man einen Vergleich zwischen der NetLogo-Methode und den Methoden von Space Syntax herstellt, stößt man auf einige Gemeinsamkeiten, aber auch auf gravierende Unterschiede. Wie schon im Kapitel 2 beschrieben, muss bei Space Syntax zuerst der Raum definiert werden. Für Wegnetzanalysen, so wie es die NetLogo-Methode macht, kommt also nur die axiale Karte von Space Syntax in Frage. Im geschlossenen Areal können zwar auch virtuelle Begehungen simuliert werden, diese dienen aber nur Analysen kleinräumiger Areale.

Bei den Wegnetzanalysen gibt es schon Unterschiede bei der Erstellung der Karten. Bei dem NetLogo-Modell wird eine reale Wegekarte einer beliebigen urbanen Umgebung verwendet. Alle Wege werden maßstabsgetreu abgebildet und so verwendet wie sie sind. Space Syntax hingegen benötigt unbedingt eine axiale Karte. Das bedeutet, dass jeder Pfad nur aus geraden Linien bestehen darf, auch wenn dieser Pfad eine Kurve beinhaltet. Überall, wo sich Wege in der realen Welt kreuzen, müssen sich auch die Linien schneiden. Eine Kurve besteht aus mehreren, sich in einem Punkt kreuzenden, Linien.

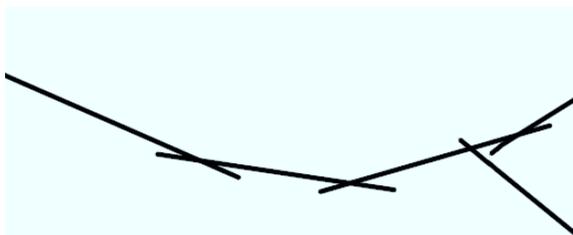


Abb. 62: Beispiel einer axialen Kurve

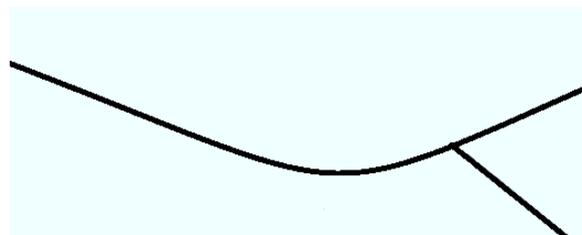


Abb. 63: Beispiel einer realen Kurve

Auffallend ist, dass die Linien einer axialen Karte demnach alle länger sind als die realen Wege. Die Überlappung dient dem Programm zur Identifizierung der Knotenpunkte.



Abb. 64: Axiale Karte von Wiener Neustadt

Dies bringt aber ein großes Problem mit sich, denn Space Syntax analysiert bei der Integrationsanalyse die Wege nach der Anzahl der überquerten Knoten die notwendig sind, um zu allen anderen Knoten zu gelangen. Die Länge der einzelnen Pfade spielt hingegen keine Rolle (vgl. Ratti 2004). Dadurch wird ein geschwungener Weg als schlechter integriert dargestellt, als er eigentlich ist. In der Realität spielen Richtungsänderungen für Fußgänger kaum eine Rolle, Weglängen jedoch eine große.

Sowohl die NetLogo-Methode, als auch Space Syntax sind also in der Lage, eine Integrationsanalyse über eine Wegekarte durchzuführen. Space Syntax verwendet eine globale Sicht auf die Karte und erstellt die Ergebniskarte von oben herab. Das neue Modell sendet die Agenten aus, welche die Wege als einzelne Betrachter analysieren. Dementsprechend unterschiedlich sind auch die Ergebnisse der verschiedenen Programme:



Abb. 65: Space Syntax Integrationsanalyse Global Wiener Neustadt

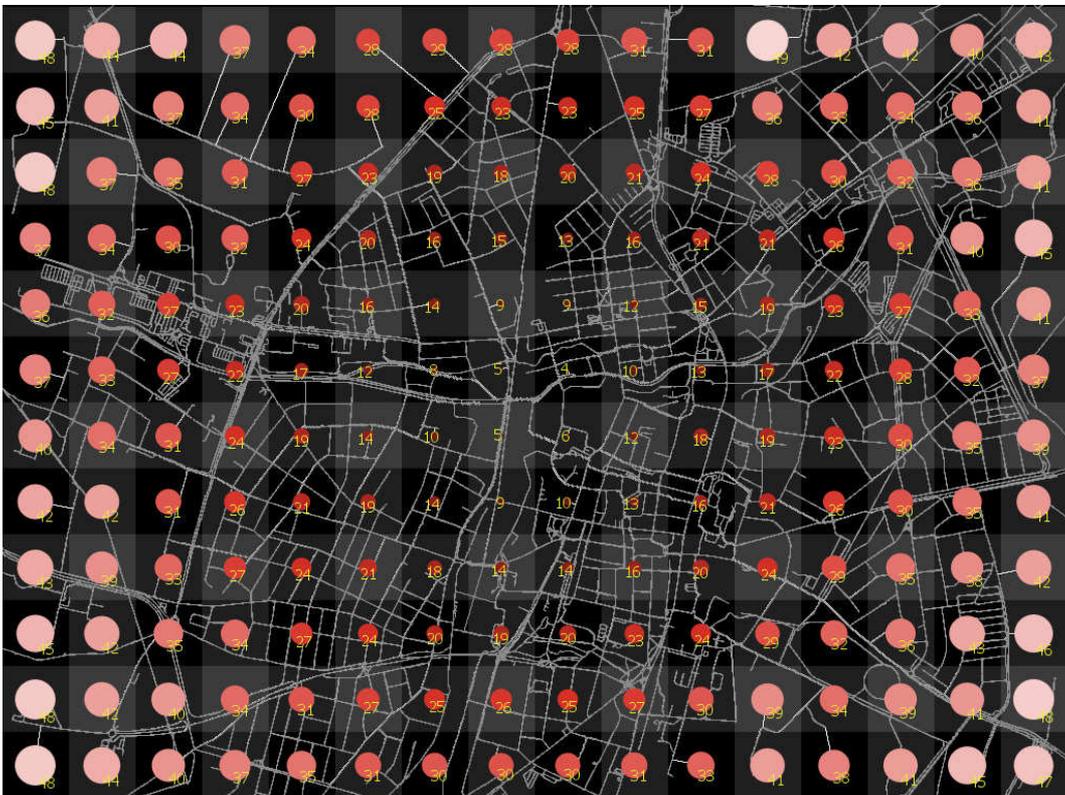


Abb. 66: NetLogo Integrationsanalyse Global Wiener Neustadt

Der maßgebliche Unterschied der beiden Integrationsanalysen liegt darin, dass bei NetLogo die Integration für einzelne Rasterzellen in Form von Zeitangaben kalkuliert wird - bei Space Syntax durch überwundene Knotenpunkte für die Pfade.

Eine Parametereinstellung für Integrationsanalysen gibt es auch bei Space Syntax. Man kann den Suchradius wählen. Je kleiner der Suchradius, desto geringer ist die analysierte Umgebung von jedem Knoten aus. Diese Möglichkeit erlaubt Analysen von Strukturen die Subzentren enthalten besser interpretieren zu können.



Abb. 67: Space Syntax Integrationsanalyse R3 Wiener Neustadt

Im NetLogo-Modell lässt sich zwar kein Suchradius wählen, aber es besteht die Möglichkeit einzelne Bezirke zu untersuchen. Weiters kann die Analyse durch die Wahl kleinerer Rasterzellen verfeinert werden. Die Integration der Wege von Subzentren zu identifizieren kann aber nur die Space Syntax Methode.

Der wohl wichtigste Vorteil der neu erstellten Methode ist die Einbettung der Funktionen gegenüber von Space Syntax. Dadurch lässt sich eine zielorientierte Begehbarkeit simulieren, die für die Raumplanung/Stadtplanung wichtig ist. Es lassen sich einzelne Routen

identifizieren, welche den meisten Nutzen für Fußgänger aufweisen. Ähnlich bei Space Syntax wäre dies die Choice Analyse. Diese ist zwar nicht zielorientiert, aber identifiziert die Pfade mit dem statistisch größten Durchflussvolumen (an Fahrzeugen, Menschen,...).



Abb. 68: Space Syntax Choice-Analyse log2 Wiener Neustadt

Mit der Choice-Analyse lassen sich die Pfade herausfiltern, auf die alle untergeordneten Wege hinleiten. Für Fußgeher und Fußgeherinnen sind übergeordnete Straßen meistens schlechter geeignet, da man dort üblicherweise auf ein höheres Verkehrsaufkommen stößt.

Ein wichtiger Vorteil von Space Syntax ist, dass ein Tunnel (oder eine Brücke) durch „unlinking“ von den kreuzenden Straßen abgehoben werden kann. NetLogo sieht eine Brücke, die sich mit einer Straße kreuzt als Kreuzung an. Es ist nicht möglich den Agenten das Abbiegen an einer solchen Kreuzung zu untersagen.

Als Fazit dieser Gegenüberstellung ist festzustellen, dass die Methoden von Space Syntax sehr vielseitige Möglichkeiten bieten. Auf großen Maßstäben ist aber von Begehbarkeitsanalysen abzuraten, da die Ergebnisse viel mehr auf den MIV und den ÖV abzielen. Auch Bill Hillier (2004) selbst sagt, dass Space Syntax nichts über die Wahl der Wege der Fußgänger und Fußgängerinnen aussagt. Sowohl die Integrationsanalysen als auch die Choice-Analysen ignorieren Gehzeiten. Kurze Wege sind allerdings der mitunter wichtigste Faktor für den Fußgänger/die Fußgängerin.

Weiters ist der Kartenaufwand bei Space Syntax enorm hoch und die Funktionen lassen sich nicht implementieren. Die Ergebniskarten sind außerdem nicht exakt zu analysieren, da die Farbcodierung sehr trivial ist und nicht durch angezeigte Beträge unterstützt wird.

Es sei noch gesagt, dass die Choice- und die Integrationsanalyse nicht alles ist, was Space Syntax zu bieten hat. Eine große Menge an weiteren Analysen steht u.a. für das geschlossene Areal zur Verfügung, in dem auch Begehbarkeiten mit Agenten gemessen und simuliert werden können. Diese sind aber, wie schon erwähnt, kaum auf große Maßstäbe anwendbar.

5.5 - Vergleich mit Walk Score

Auch beim Vergleich mit dieser Methode stößt man auf viele Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede. Wie schon im Kapitel 2 beschrieben, sind die Ergebnisse sehr ähnlich wie bei NetLogo. Es gibt eine Reichweiten-Karte „Travel Time Map“, die je nach Einstellung einen Fußwegeradius einblendet und es gibt die Funktionenanzeige der erreichbaren Umgebung.

Die Anwendung bezieht sich auf die Wegekarten, die Google Maps zur Verfügung stellt. Die NetLogo-Methode kann dieselben Karten verwenden. Für die Analysen wurden jedoch OpenStreetMap Karten verwendet.

Ein riesiger Vorteil von Walk Score ist die einfache Anwendbarkeit und das schnelle und leicht zu interpretierende Endergebnis. Es müssen keine Karten selbst erstellt werden, man benötigt nur einen Internetzugang.

Die Methode unterscheidet sich mitunter daran, dass keine Zentralitätsanalyse durchführbar ist und auch nicht die effizientesten Wege eingeblendet werden. Diese zwei Punkte sind Kernelemente der NetLogo-Analyse.

5.6 - Vergleich mit anderen Methoden

Wie schon erwähnt, behandelten Burak Pak und Johan Verbeke (2013, Seite 425) dieses Thema ausführlich und entwickelten eigene Analysen. Sie weisen auch auf grobe Fehler von Walk Score und anderen Tools hin, indem sie beispielsweise ein Gebiet zeigen, welches mit 90/100 Punkten von Walk Score bewertet wurde, das sich auf einer unbegehbaren Stelle befindet.

Das wichtigste an der NetLogo-Methode (und auch von Space Syntax) gegenüber den anderen ist, dass sie theoretisch auf jeden Ort der Welt anwendbar ist. Jede Wegekarte kann in beliebigem Maßstab verwendet und analysiert werden.

Ein großes Problem vieler Methoden ist die individuelle Einschätzung der Begebarkeitskriterien. Da die Bewertungen meist auf Crowdsourcing basieren, ist ein einheitliches Maß nicht gegeben.

5.7 - Erweiterungsmöglichkeiten der Methode

Keine der vorgestellten Methoden ist absolut vollkommen. Jede weist Lücken und Probleme auf. Je nach Aussage, die getroffen werden möchte, sollte man die am besten passende Methode wählen. Die Kernfunktion der NetLogo-Methode dient zum Identifizieren begehbarer, urbaner Umgebungen und ermittelt mittels eines Dijkstra Algorithmus den effizientesten Pfad von A nach B. Zusätzlich kann ein Zeitbudget die Reichweite der Agenten begrenzen.

Auch für diese Eigenschaften können noch Erweiterungen implementiert werden. Speziell im Bereich der Funktionen einer Stadt, ist noch viel Spielraum vorhanden. Einerseits könnte man die Einkaufsmöglichkeiten (u.a. in EKZ, Greißler, Supermärkte) und die Ausbildungsstätten (u.a. Kindergärten, Volksschulen,..., Universitäten) noch unterteilen, andererseits könnten weitere Funktionen wie Restaurants, etc. eingelesen werden.

Interessant für Analysen des multimodalen Verkehrs für viele Städte wäre auch die Einbettung von ÖV-Systemen wie U-Bahnstationen als weitere Zielfunktion. Auch eine Option zum Wählen eines individuellen Zielpunktes auf der Karte würde die Methode aufschlussreich erweitern, da man das Modell dann als urbanes Fußgängernavigationssystem verwenden könnte.

Um die gesamte Simulation etwas ansehnlicher zu gestalten, könnte eine thematische Straßenkarte (beispielsweise von OpenStreetMap) in das Programm hinein geladen werden. Dadurch würden auch Straßennamen eingeblendet werden und die Orientierung des Benutzers/der Benutzerin würde vereinfacht werden.

6 – Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt die Funktionsweise und die Analyseergebnisse eines in der Vorarbeit entwickelten Tools zur Identifizierung der Begehbarkeit urbaner Umgebungen.

Dieses Werkzeug wurde entwickelt, um dem problematischen Istzustand der urbanen Begehbarkeit entgegenzuwirken. Viele Menschen nutzen ihr Fahrzeug auch für kurze Strecken, ohne viel mehr als nur sich selbst zu transportieren. Dies liegt auch an der Unattraktivität der Wege, die sie zu Fuß nutzen könnten. Das Werkzeug soll wichtige Fußgängerrouen für die Stadtplanung identifizieren.

Das Tool basiert auf der Simulation von individuellen Fußgehern und Fußgeherinnen, die ein zielgerichtetes Verhalten aufweisen (Agentenbasierte Simulation). Es wurde eine Stadtkarte importiert und in die dazugehörigen Bezirke geteilt. Zusätzlich wird eine Karte mit Funktionen importiert, welche die Stadt mit bestimmten Informationen über Lokalisationen von Funktionen ausstattet. Diese Funktionen unterteilen sich in Einkaufsmöglichkeiten, Ausbildungsstandorte, Krankenhausstandorte, Hauptbahnhof und Grünanlagen/Parks. Als letzten Schritt der Konfiguration, wird ein quadratischer, in der Größe variabler, Raster über die Stadtkarte gelegt. Dieser erzeugt Ursprünge und Ziele der Agenten.

Die aktuelle Kalkulation nimmt einen Startpunkt / eine Startzelle und berechnet Pfade, die zur ausgewählten Funktion führen. Im Weiteren, wird der Pfad eines Agenten simuliert, der vom Mittelpunkt der Ursprungszelle über die Fußwege einer Stadt zum Zielpunkt geht. Die Route wird mit einem Dijkstra Algorithmus bestimmt um den effizientesten Pfad zu finden (der Pfad, der die kürzeste Zeitspanne in Anspruch nimmt).

Jeder Agent hat ein bestimmtes Zeitbudget (in Minuten) zur Verfügung. Dieses lässt ihn entweder (a) sein Ziel erreichen, oder (b) vor dem Ziel stoppen, da es nicht in vorgegebener Zeit erreichbar ist. Für alle erreichbaren Zellen werden die bis dahin benötigten, Zeiten abgelagert und durch die Anzahl der angekommenen Agenten dividiert. Dies ergibt die durchschnittlich benötigte Zeit aller angekommenen Agenten, bzw. die absolute Zeit, bei Simulationen in denen nur ein Agent an gegebenes Ziel ausgesendet wird.

Die Gesamtsumme der Zeiten in allen Zellen spiegelt ein Maß der Begehbarkeit wider. Diese Analyse beschreibt nicht die Qualität der Wege. Dafür stehen bereits andere Tools zur Verfügung, die beispielsweise die Attraktivität von Fußwegen beschreiben.

Durch das Wiederholen des Prozesses, und auch durch die Anwendung von allen Zellen in alle anderen Zellen, bekommt man ein umfassendes Maß für die Begehbarkeit einer Stadt, welches mit den Methoden von Space Syntax vergleichbar ist.

Die Ausführungen der verschiedenen Möglichkeiten in diesem Zusammenhang (Innerhalb eines Bezirkes, von einem Bezirk aus, innerhalb einer ganzen Stadt) wird in dieser Arbeit auch mit Space Syntax verglichen. Weiters werden auch die simulierten Zeitkarten von Wiener Neustadt in Niederösterreich und Jerewan, der Hauptstadt von Armenien, miteinander verglichen.

Die Grenzen und Schwächen der Methode stellten sich als minimal heraus. Allerdings lässt sich die Methode auch noch erweitern. Fazit der Arbeit ist, dass es weiterhin kein perfektes Werkzeug zur Bemessung der Begehbarkeit realer Umgebungen gibt. Eine Annäherung ist aber allenfalls geglückt. Die Ergebnisse können als Unterstützung einer/der Stadtplanung dienen.

7 – Schlussfolgerungen

7.1 - Beantwortung der Fragestellung

Kann die erstellte Analysemethode begehbbare Umgebungen identifizieren und Aufschluss über die Begehbarkeit liefern? Lassen sich die Ergebnisse in der Raumplanung/Stadtplanung nutzen?

Das entwickelte Tool identifiziert die kürzesten Wege von einem Startpunkt zu allen gewählten Zielpunkten. Die Begehbarkeit, nicht in Form von Fußgängerfreundlichkeit, sondern in Form von Zeiteffizienz, kann somit analysiert werden. Die Methode gibt keinerlei Informationen der Qualität der Wege oder der Attraktivität der Routen wieder. Es werden auch keine Pfade, die Sehenswürdigkeiten oder touristisch interessante Plätze beinhalten, bevorzugt.

Die allgemeine und funktionsbezogene Begehbarkeit von (urbanen) Umgebungen kann analysiert werden. Eine rasterbasierte Integrationskarte kann erstellt werden und absolute, bzw. durchschnittliche Gehzeiten können angezeigt werden.

Die Ausführung der Simulationen kann der Raumplanung/Stadtplanung zur Identifizierung möglicher Fußgängerrouen dienen. Die angezeigten kürzesten Wege zwischen zwei Punkten könnten bei der Stadtentwicklung priorisiert werden.

7.2 - Beitrag zum Forschungsstand

a_b-begehbare Städte - Eine rasterbasierte Analysemethode zur Identifizierung begehrter Umgebungen für zielgerichtete Fußgänger ist eine agentenbasierte Methode, die in dieser Form noch nicht existent war. Durch den Gebrauch von Agenten, können realitätsnahe Simulationen erstellt werden, die der angesprochenen Identifizierung dienen.

Dieses Tool siedelt sich im Bereich der allgemeinen Begehrkeitsanalyse, im Gegensatz zur individuellen Begehrkeit, an. Es ist global anwendbar, insofern Karten- und Datenmaterial existiert. Die funktionsbezogene allgemeine Begehrkeit, sowie die rasterbezogene Zentralität sollen der Stadtplanung zur Lokalisierung der effizientesten Fußwege sowie schlecht erreichbaren Problemzonen für Planungsprojekte dienen.

7.3 - Theoretisches Beispiel zur praktischen Anwendung der Ergebnisse

Ein theoretisches Beispiel soll einen Anwendungsbereich der Analyse aufzeigen.

Die Abbildung 37 (Seite 52) zeigt die Erreichbarkeit von Bildungseinrichtungen in Wiener Neustadt. Hierfür wurde der Hauptbahnhof als Startpunkt gewählt und eine Reichweitenbeschränkung von 20 Minuten gewählt.

Das Endprodukt zeigt alle effizienten Gehwege zu den erreichbaren Volksschulen, Gymnasien, Berufsschulen und anderen Bildungseinrichtungen in der Umgebung.

Man erkennt eine große Auswahl an Einrichtungen und könnte genau diese Wege als gesicherte Schulwege deklarieren und ausbauen. Dies könnte auch positive Effekte auf die Anreise per Zug zum Schulort bringen.

7.4 - Ausblick

Die Nutzung des Tools für Privatpersonen ist eher nicht zu empfehlen, da der Aufwand für eine Einzelanalyse des eigenen Wohnortes etc. doch sehr hoch ist. Weiters kann man für die Findung eines einzelnen kürzesten Weges auch ein online Navigationssystem (kostenfrei) verwenden.

Die Anwendung des Tools in der Raumplanung oder für eine Vielzahl von Analysen ist absolut denkbar. Die bereits erwähnten Vorteile gegenüber anderen Tools sprechen für sich. Die angesprochenen Erweiterungs- und Modifizierungsmöglichkeiten könnten die rasterbasierte Agentensimulation auch noch effizienter und besser anwendbar machen.

Kernproblem bleibt die Erstellung der Funktionskarten. Es ist denkbar, dass diese in Zukunft auch automatisch, mit der Fußwegekarte zugleich, kreierbar ist. Über Shapefiles ist es in GIS Softwares bereits möglich, Funktionskarten zu erstellen. Der Restaufwand ist nur noch die Anpassung der Farbcodierung im NetLogo Modell.

Um mit den Ergebnissen einer Stadt gut arbeiten zu können, sollten die Analysen von Space Syntax und NetLogo kombiniert werden. Das angesprochene Nebeneinanderexistieren von MIV und Fußgängern, ohne sich gegenseitig zu missfallen, wäre das mögliche Endprodukt einer kombinierten Analyse. Die Flexibilität von Fußgängern und Fußgängerinnen was Richtungsänderungen betrifft, kombiniert mit der Anpassungsfähigkeit von Autofahrern und Autofahrerinnen an längere Vorrangstraßen anstelle von kurzen Nebenstraßen, könnte hierfür zielführend sein.

7.5 - Schlusswort

Die Recherche im Zuge dieser Masterarbeit/Diplomarbeit über die Methoden zur Messung der Begehrbarkeit war sehr interessant, Dieses Thema ist einerseits sehr aktuell und viel behandelt, andererseits lässt es noch viel Spielraum für weitere Forschung zu.

Vor allem das Vergleichen der entwickelten Methode mit den anderen war sehr aufschlussreich. Das Fazit, dass man daraus ziehen kann, ist, dass es weiterhin kein perfektes Tool zur Messung der Begehrbarkeit gibt. Eine Analyse der effizientesten Wege ist noch keine Begehrbarkeitsgarantie. Auch die Evaluation der attraktivsten Wege verleitet nicht unbedingt zum Zufußgehen.

Um mehr Menschen zum Gehen zu verleiten, bedarf es nicht nur die Wege zu optimieren, sondern es muss auch viel Motivationsarbeit geleistet werden. Das Jahr des Zufußgehens in Wien und die Walk21 sind in diesem Sinne ein guter Ansatz.

Nicht zu vergessen ist, dass das Gehen auch nicht alles ist. Nicht nur das Zufußgehen, sondern auch das Radfahren und das Fortbewegen mit öffentlichen Verkehrsmitteln soll gestärkt werden. Ziel ist, und soll es bleiben, den innerstädtischen Individualverkehr auf ein Minimum zu senken, und somit mehr Sicherheit für die Menschen zu sichern.

Sowohl die Umwelt, als auch unsere Gesundheit werden es uns eines Tages danken.

Literatur/Quellen

Literatur:

Chian, Eugene & Janssen, Patrick 2014: 'Exploring Urban Configurations for a Walkable New Town Using Evolutionary Algorithms', Proceedings of CAADRIA 2014 Kyoto, S. 233–242

Gerhartl, Gertrud 1993: Wiener Neustadt – Geschichte, Kunst, Kultur, Wirtschaft, 2. Auflage Braunmüller Wien 1993; S. 8ff; ISBN: 3-7003-1032-3

Hillier, Bill 2004: "Rejoinder to Carlo Ratti" Environment and planning B, vol.31 S.501-511

König, Reinhard 2010: Simulation und Visualisierung der Dynamik räumlicher Prozesse; 1. Auflage 2010, VS Wiesbaden; S. 37; ISBN 978-3-531-17088-6

Lynch, Kevin 1960: The Image of the City, MIT Press, Cambridge

Meyer 1999: Meyers großes Taschenlexikon in 25 Bänden: Bd. 11 Jai - Klam. 7. neu bearbeitete Auflage. Mannheim: B.I. – Taschenbuchverlag 1999. S. 41; ISBN: 3-411-11117-8

Pak, Burak & Verbeke, Johan 2013: Walkability as a Performance Indicator for Urban Spaces, Strategies and Tools for the Social Construction of Experiences, Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe) 31st Conference, Delft, S. 423-431, ISBN: 978-94-91207-04-4 (vol.1)

Platzer, Bernhard & Wurzer, Gabriel 2015: "ab-Walkable Cities: A grid-based analysis method to identify walkable neighborhoods for goal-directed pedestrians"; submission ID 15, 33rd eCAADe 2015;

Ratti, Carlo 2004: "Space syntax: some inconsistencies" Environment and planning B, vol.31 S. 487-499

Sevtsuk, Andres; Ekmekci, Onur; Nixon, Farre; Amindarbari, Reza 2013, 'Capturing Urban Intensity', Proceedings of CAADRIA 2013 Singapore, S. 551-560

Wang, Wen-Chihe & Liao, Hsin-Ju 2007: Implementing Space Syntax in an Open Source GIS; GRASS GIS Approach - Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium, Istanbul, 2007, S. 3

Die eCAADe Submission ID 15 befindet sich auf dem der Arbeit beigelegten Datenträger.

Web-Links (am 18.2.2015 überprüft):

Allan, Rob 2010: Survey of Agent Based Modelling and Simulation Tools; Science and Technology Facilities Council 2008-10. URL: <http://www.grids.ac.uk/Complex/ABMS/>

AOL Inc. 2014: *Crunch Base – Walk Score*. URL:

<https://www.crunchbase.com/organization/walkscore>

CCL - Center of Connected Learning and Computer-Based-Modeling 2015: *What is NetLogo?* URL: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>

Herst, Josh 2013: *Top 10 Most Walkable US Cities and Neighborhoods*. URL: <http://blog.walkscore.com/2013/11/2014-ranking-of-most-walkable-cities-and-neighborhoods/#.VORmTS4dl8F>

Hillier, Bill & Stutz, Chris 2005: *New Methods in Space Syntax, Urban Design (Quarterly)*, Issue 93. URL: <http://www.rudi.net/books/6057>

KfV 2013: *Verkehrsunfallstatistik 2013, Verkehrsunfallstatistik Österreich / Fußgänger*. URL: http://www.kfv.at/unfallstatistik/index.php?id=65&no_cache=1&tab_txt=Allgemeine%20Unfallzahlen%20von%20Fu%C3%9Fg%C3%A4ngern%20&kap_txt=Fu%C3%9Fg%C3%A4nger&report_typ=%C3%96sterreich

Southworth, Michael 2005, 'Designing the walkable city', *Journal of Urban Planning and Development* 131, S.246-257. URL:

<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9488%282005%29131%3A4%28246%29>

Speck, Jeff 2013: *The walkable city*, Video on TED: URL:

http://www.ted.com/talks/jeff_speck_the_walkable_city

Stadt Wien 2015: 2015 ist „Jahr des Zu-Fuß-Gehens“. URL:

<https://www.wien.gv.at/verkehr/zufussgehen/zufuss-2015.html>

Statistik Austria 2011: *Registerzählung 2011: Gemeindetabelle Niederösterreich*. URL:

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/volkszaehlungen_registerzaehlungen_abgestimmte_erwerbsstatistik/index.html

Statistik Austria 2014: *Statistik der Straßenverkehrsunfälle. KfV, Entwicklung Unfälle, Verletzte, Getötete seit 1993*. Erstellt am: 24.04.2014. URL:

http://www.kfv.at/unfallstatistik/index.php?id=65&no_cache=1&cache_file=kfv_nav_cache.html&report_typ=%C3%96sterreich&kap_txt=Entwicklung&tab_txt=Unfall%2C+Verletzte%2C+Getotete+seit+1993

Stonor, Tim 2014: *Celebrating 25 years of Space Syntax*. URL:

<http://www.spacesyntax.com/2014/07/15/celebrating-25-years-of-space-syntax/>

Van Nes, Akkelies; Song, Chunyan; Mohamed, A. Abdelbaseer 2013: *Depth map manual*

Version 14. URL: <http://www.ia.arch.ethz.ch/wp-content/uploads/2013/09/DepthmapManual14a.pdf>

Screenshots der Web-Link-Inhalte befinden sich auf dem der Arbeit beigelegten Datenträger.

Quellen der Abbildungen und der Tabelle:

Space Syntax Grafiken wurden mit DepthmapX erstellt.

NetLogo Grafiken wurden mit NetLogo 5.1.0 erstellt.

Abb. 2: Walk Score 2015: <https://www.walkscore.com/score/38-schneeberggasse-wiener-neustadt-nieder%C3%B6sterreich-austria>

Abb. 3: Walk Score 2015: <https://www.walkscore.com/score/38-schneeberggasse-wiener-neustadt-nieder%C3%B6sterreich-austria>

Abb. 8: Raidl 2009:

https://vowi.fsinf.at/wiki/TU_Wien:Algorithmen_und_Datenstrukturen_1_VU_%28Raidl%29/%C3%9Cbungen_SS09/Beispiel_33

Abb. 9: Raidl 2009:

https://vowi.fsinf.at/wiki/TU_Wien:Algorithmen_und_Datenstrukturen_1_VU_%28Raidl%29/%C3%9Cbungen_SS09/Beispiel_33

Abb. 10: Open Street Map 2015: <http://www.openstreetmap.org/#map=3/40.50/27.40>

Abb. 11: Open Street Map 2015: <http://www.openstreetmap.org/#map=13/47.8169/16.2387>

Abb. 12: Mass Ltd. 2015: <http://www.masstours.com/imgs/regional/yerevan/large/yerevan.jpg>

Tab. 1: Raidl 2009:

https://vowi.fsinf.at/wiki/TU_Wien:Algorithmen_und_Datenstrukturen_1_VU_%28Raidl%29/%C3%9Cbungen_SS09/Beispiel_33

Alle weiteren Grafiken wurden von mir selbst erstellt.

Der gesamte Programmcode und alle Simulationskarten befinden sich auf dem der Masterarbeit beigelegten Datenträger.

Die NetLogo Software (5.1.0) lässt sich auf folgender Homepage herunterladen:

<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/5.1.0/>

Die Space Syntax Software (DepthmapX) findet man unter folgendem Link:

<http://www.spacesyntax.net/software/>

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre, dass ich meine Masterarbeit selbständig verfasst und alle in ihr verwendeten Unterlagen, Hilfsmittel und die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

Ich nehme zur Kenntnis, dass auch bei auszugsweiser Veröffentlichung meiner Masterarbeit die Universität, das Institut und der Arbeitsbereich, an dem die Masterarbeit ausgearbeitet wurde, und der Betreuer zu nennen sind.

Ich nehme zur Kenntnis, dass meine Masterarbeit zur internen Dokumentation und Archivierung sowie zur Abgleichung mit der Plagiatssoftware elektronisch im Dateiformat „pdf“ ohne Kennwortschutz bei dem Betreuer einzureichen ist, wobei auf die elektronisch archivierte Masterarbeit nur der Betreuer der Masterarbeit und das studienrechtliche Organ Zugriff haben.

Katzelsdorf, am 22.02.2015

Bernhard PLATZER