



## **DIPLOMARBEIT**

Modellierung und Analyse des Verhaltens von FußgeherInnen vor und nach  
Verkehrsberuhigung einer Geschäftsstraße

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

**Em. O. Univ. Prof. DI Dr. techn. Hermann Knoflacher**

E 230-1

Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

**eingereicht an der Technischen Universität Wien**

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Marek Śleszyński**

0425527

Rosasgasse 12/11  
1120 Wien



## Zusammenfassung

Die Verkehrsberuhigung von Geschäftsstraßen, besonders flächenhafte Maßnahmen wie Fußgängerzonen, ruft vielschichtige Effekte hervor und kann aufgrund der Veränderung der Attraktivität der Straße Folgen auf die Umsätze der Geschäfte haben.

Diese Attraktivität des Straßenraums hängt zum Großteil von äußeren Strukturen des Raums ab. Die durch diese Strukturen hervorgerufenen Reize können, verursacht durch Ästhetik und besondere Wahrnehmung des Raums, Grünraum oder Witterungsschutz, positiv sein oder drücken sich negativ aus beispielsweise aufgrund von Raummangel oder Barrieren.

Die Fragestellung dieser Arbeit bezieht sich auf die Barrierewirkung der Fahrbahn. Es wird untersucht, inwiefern sich die durch die Verkehrsberuhigung verursachte Veränderung des Außenraums auf das Verhalten der FußgeherInnen auswirkt, insbesondere auf ihre Ziel- und Routenwahl.

Um diese Fragestellung zu analysieren wurde ein Modell erstellt, das das Verhalten der FußgeherInnen vor und nach Verkehrsberuhigung abbildet. Dazu wurde auf einer der wichtigsten Wiener Geschäftsstraßen, der Mariahilfer Straße, die Ziel- und Routenwahl der FußgeherInnen erhoben. Die Erhebungen wurden im Dezember 2011 an vier Freitagen sowie darauffolgenden so genannten Einkaufssamstagen, an denen diese Geschäftsstraße für den Fahrzeugverkehr gesperrt wird, durchgeführt. Um die erhobenen Daten aufzubereiten, wurde eine Anwendung programmiert, die die Eigenschaften der Wege, wie Weglängen, von FußgeherInnen passierte Geschäfte etc. berechnet sowie Alternativensätze für die Entscheidungsvorgänge generiert. Das Modell wurde nach der Theorie der diskreten Entscheidungen als multinomiale logistische Regression ermittelt.

Sowohl bei der Zielwahl als auch bei der Routenwahl wurden nach der Verkehrsberuhigung der Straße Veränderungen im Verhalten der FußgeherInnen festgestellt. Die wichtigsten Effekte der Verkehrsberuhigung im Hinblick auf die Zielwahl sind der häufigere Besuch von Geschäften auf der anderen Straßenseite und von weiter entfernten Zielen. Bei der Routenwahl wurde festgestellt, dass sich FußgeherInnen freier bewegen, keine Umwege machen und die Fahrbahn benutzen, um längere Wege zurückzulegen.

### **Danksagung**

Ich danke Professor Knoflacher für die Betreuung meiner Arbeit. Meiner Mutter danke ich für die langjährige Unterstützung während des Studiums. Ein besonderer Dank geht an Jacek, Babcia Marysia, Ala und die gesamte Familie. Für die fachlichen Anregungen danke ich meinen Studienkollegen Wolfgang, David und Albert.

Danke Verena!

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>5</b>
1.1	Verhalten von FußgeherInnen . . . . .	5
1.2	Verkehrsberuhigung in Innenstädten . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Fragestellung</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Aufbau der Arbeit</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Terminologie</b>	<b>11</b>
4.1	FußgeherInnen . . . . .	11
4.2	Verkehrsberuhigung . . . . .	12
4.3	Fußgängerzone . . . . .	13
4.4	Einzelhandelszentrum . . . . .	14
<b>I</b>	<b>Literaturlauswertung</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Das Verkehrsverhalten von FußgeherInnen</b>	<b>16</b>
5.1	Bildung des individuellen Verhaltens . . . . .	16
5.2	Einflussfaktoren auf das Verhalten . . . . .	18
5.3	Wahrnehmung der Reize . . . . .	20
5.4	Energieaufwand als Indikator für Empfindungen . . . . .	21
<b>6</b>	<b>Außenreize im Verkehrsraum</b>	<b>22</b>
6.1	Einführung . . . . .	22
6.2	Negative Außenreize . . . . .	23
6.2.1	Barrieren . . . . .	23
6.2.1.1	Eigenschaften von Barrieren im Straßenraum . . . . .	23
6.2.1.2	Fahrbahn als Barriere . . . . .	24
6.2.1.3	Faktoren des Widerstandes der Fahrbahn . . . . .	26

6.2.1.4	Effekte von Barrieren auf das Verhalten von FußgeherInnen	27
6.2.2	Raummangel	30
6.2.2.1	Eigenschaften und Indikatoren des Raum Mangels	30
6.2.2.2	Bewertung der Bequemlichkeit im Zusammenhang mit der FußgeherInnendichte	31
6.2.2.3	Effekte des Raum Mangels auf das Verhalten	33
6.2.3	Emissionen	35
6.2.3.1	Lärm	35
6.2.3.2	Schadstoffe	36
6.3	Positive Außenreize	36
6.3.1	Eigenschaften und Quellen der positiven Reize	36
6.3.2	Effekte auf das Verhalten von FußgeherInnen	38
6.3.2.1	Wahrnehmung des Raums	38
6.3.2.2	Wahrnehmung der Zeit	39
6.3.2.3	Straßenraum als Begegnungsraum	39
6.4	Attraktoren: Nutzungen, Einrichtungen	39
<b>7</b>	<b>Theorien der FußgeherInnenmodellierung</b>	<b>41</b>
7.1	Modellierung und deren Anwendungsbereiche	41
7.2	Nützlichkeit von Modellen	42
7.3	Anforderungen an Modelle	42
7.4	Modellierungsmethoden	43
7.4.1	Makroskopische Modelle	43
7.4.2	Mikroskopische Modelle	44
7.4.2.1	Zielwahl und Aktivitätenplanung	44
7.4.2.2	Routenwahl	46
7.4.2.3	Einfluss von Außenreizen	49
7.4.2.4	Besprechung der Modelle hinsichtlich des Verkehrsverhaltens	50

<b>II</b>	<b>Praktischer Teil</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>Beschreibung des Projekts</b>	<b>53</b>
8.1	Fragestellung und Ablauf der Analyse . . . . .	53
8.2	Systemgrenzen . . . . .	54
<b>9</b>	<b>Erhebung des Datenmaterials</b>	<b>58</b>
9.1	Erhebung des Außenraums . . . . .	58
9.2	Erhebung des Verhaltens der FußgeherInnen . . . . .	58
<b>10</b>	<b>Aufbereitung der Daten</b>	<b>59</b>
10.1	Variablen der Analyse . . . . .	59
10.2	Computerprogramm zur Aufbereitung der Daten . . . . .	60
10.2.1	Raumdefinition . . . . .	60
10.2.2	Berechnung der Wegeigenschaften . . . . .	62
10.2.3	Erzeugung von Alternativen . . . . .	63
10.2.4	Weitere Funktionen . . . . .	63
10.3	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	63
<b>11</b>	<b>Analyse der Daten</b>	<b>64</b>
11.1	Methoden . . . . .	64
11.1.1	Modelle diskreter Entscheidungen . . . . .	64
11.1.2	Multinomiale logistische Regression . . . . .	66
11.1.3	Weitere Verfahren . . . . .	66
11.2	Analyse des Zielverhaltens . . . . .	67
11.2.1	Zielwahl in Abhängigkeit vom Warenbereich . . . . .	68
11.2.2	Einfluss von individuellen Eigenschaften der Personen . . . . .	68
11.2.3	Einfluss der Weglänge . . . . .	69
11.2.4	Straßenquerung als Einfluss auf die Zielwahl . . . . .	71
11.2.5	Modell des Zielverhaltens . . . . .	72
11.3	Analyse des Routenverhaltens . . . . .	74

11.3.1 Schutzwege und Querungsvorgang . . . . .	74
11.3.2 Einfluss der Geschäfte auf den Zeitpunkt der Querung . . . . .	75
11.3.3 Gehen auf der Fahrbahn . . . . .	77
11.3.4 Modell des Routenverhaltens . . . . .	78
11.4 Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	81
<b>12 Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>82</b>
12.1 Interpretation und Schlussfolgerungen . . . . .	82
12.2 Offene Fragen, mögliche Ansatzpunkte . . . . .	83
<b>Literatur</b>	<b>87</b>
<b>Anhang A Python Code</b>	<b>95</b>

# 1 Problemstellung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Modellierung und Analyse des Verhaltens von FußgeherInnen nach Verkehrsberuhigung einer Geschäftsstraße. Als Untersuchungsstandort wird die Mariahilfer Straße in Wien gewählt. Diese Analyse ist vor allem aufgrund der Bedeutung des Verhaltens von FußgeherInnen für die Rentabilität von innerstädtischen Geschäftsstraßen relevant.

Die Problemstellung der Arbeit umfasst drei Themenbereiche der Mobilitätsforschung: das Verhalten der FußgeherInnen im Straßenraum, die Verkehrsberuhigung als Einfluss auf dieses Verhalten sowie die Modellierung von Verkehrsprozessen, um Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen auf die Umwelt erforschen zu können. Diese Themenbereiche sollen im Folgenden vorgestellt werden.

## 1.1 Verhalten von FußgeherInnen

Risser (2002) meint, dass eine Welt, in der man nicht gehen muss, unmöglich zu gestalten wäre. Denn das Gehen bildet den Anfang und das Ende jeder Wegekette und ist auch die intimste Art der Fortbewegung im öffentlichen Raum. Die wichtigsten Argumente für das Gehen als Verkehrsmittel sind die Förderung der Gesundheit und die nachhaltige Wirkung auf die Natur. Das Gehen selbst kann auch Zweck der Reise sein, als Mittel zur Meditation und Reflexion. Versagen alle anderen Verkehrsmittel, bleibt immer noch die Möglichkeit zu Fuß zu gehen. Aus diesen Gründen beruht das raumplanerische Leitbild „Die Stadt der kurzen Wege“, oder besser gesagt der langsamen Wege<sup>1</sup> (vgl. Knoflacher, 1995, S. 81) auf diesem Verkehrsmittel. Deswegen verlangt diese Verkehrsart eine genaue Betrachtung, da die Bedeutung der zu Fuß zurückgelegten Wege im Straßennetz von den PlanerInnen unterschätzt und die Bedingungen fürs Gehen im Straßenraum als unwichtig empfunden werden (vgl. Risser, 2002).

FußgeherInnen spielen aber auch für den Erfolg des Einzelhandels eine sehr wichtige Rolle. Auf Straßen, wo die Zahl der FußgeherInnen hoch ist, steigt auch der Umsatz der dort angesiedelten Geschäfte (vgl. Knoflacher, 1995, S. 138). Schon in den 1970ern wurde festgestellt, dass die wirtschaftliche Rentabilität innerstädtischer Geschäftsstraßen von den Bewegungen der FußgeherInnen abhängt (vgl. Kurose, Borgers und Timmermans, 2001, 405). Da Entwicklungen im Einzelhandel eng mit der Lage von Magnetmietern und Stationen des ÖV sowie mit Veränderungen im Verkehrsnetz in Verbindung stehen, hängen Geschäftsumsätze zum Großteil von FußgeherInnen ab. Deren Verhalten ist

---

<sup>1</sup>Die entscheidende Steuergröße ist nicht die Weglänge, da diese eine abhängige Variable ist, sondern die Geschwindigkeit.

wiederum von vielen Faktoren abhängig. Betrachtet man die Bewegungsmuster der FußgeherInnen, können vielschichtige Phänomene entdeckt werden, die als Reaktionen auf andere StraßenteilnehmerInnen oder die Umwelt entstehen. Diese Einwirkungsquellen haben oft einen stärkeren Effekt als bei anderen Verkehrsarten. Beispielsweise bringen die Witterung oder die FußgeherInnendichte uns oft dazu, im letzten Moment die gewählte Route zu ändern (vgl. Knoflacher, 1995, S. 67f). Eine wichtige Einwirkungsquelle ist dabei das Aufkommen des motorisierten Verkehrs. So trägt die Einführung einer autofreien Zone zur Steigerung des Wohlbefindens der FußgeherInnen bei und kann zu einem wirtschaftlichen Aufschwung der Einkaufsstraße führen (vgl. Schumich, 2008, S. 96). Verkehrsberuhigungsmaßnahmen verursachen mitunter heftige Diskussionen, die Lösungen auf der Ebene der Politik erfordern.

## 1.2 Verkehrsberuhigung in Innenstädten

Die Überwindung von Entfernungen ist heute zum Lebensstil geworden. Die Motorisierung der Gesellschaft hat jedoch einen Funktionswandel der Straße verursacht. Sie stellt nicht mehr einen Mittelpunkt des sozialen Lebens dar, sondern wird für Transport und Fortbewegung genutzt. Durch dieses Zurückziehen des sozialen Lebens in die Wohnung wurden Städte für Familien weniger attraktiv.

Die Tabelle 1 zeigt einen Vergleich über verschiedene Eigenschaften des Fuß- und Autoverkehrs. Ein starker Kontrast zwischen den beiden Gruppen ist erkennbar, der sich vor allem aufgrund verschiedener Ziele, welche die beiden Gruppen verfolgen, ergibt (vgl. Knoflacher, 2007, S. 186). Diese Ziele führen dazu, dass die schwächere Gruppe benachteiligt wird. Hierzu konstatiert Risser (2002, S. 4): „(...) der Fußgeher ist Verkehrsteilnehmer zweiter Klasse“. Auf die Tatsache, dass die AutofahrerInnen im öffentlichen Raum begünstigt werden, deuten verschiedene Faktoren hin. Der Rechtsanspruch auf einen Großteil des Raums sowie die Reduktion dessen Qualität durch Lärm und Abgase oder Gefährdung anderer VerkehrsteilnehmerInnen verdeutlichen die Benachteiligung.

Nach Holzapfel (1999, S. 23) ist in der Gesellschaft allerdings eine Abwendung von entfernungsintensiven Lebensstilen bemerkbar. Ein Beispiel ist die Zunahme der Bevorzugung regionaler Produkte, Trendsetter holen ihre Lebensmittel beim Bauernhof um Transportwege zu mindern. Ein weiteres Beispiel für das Umdenken ist die Zunahme von Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung und -reduzierung. Die BefürworterInnen von MIV<sup>2</sup>-restriktiven Verkehrskonzepten argumentieren damit, dass die Stadt durch das Zurückdrängen des Pkw-Verkehrs an Attraktivität gewinnen würde. Weniger Emissionen, weniger Unfälle, weniger parkende Autos am Straßenrand sowie ein leichteres Über-

---

<sup>2</sup>Motorisierter Individualverkehr

Autofahrer	Fußgeher
Versiegelung durchgehend, keine Rücksicht auf Kleinklima	Fußgeherzone lebendig gestaltet, Pflanzen für das Kleinklima
Fahrbahn für hohe Geschwindigkeiten	Gehen, Zeitbindung
Parken	Kommunizieren
Verkehrszeichen für unbehinderte Geschwindigkeit, Regelungsmechanismen zur Ordnung des Autoverkehrs	Handel und Handeln; sitzen, verweilen; Belieferung lokaler Betriebe
Markierungen zur Erleichterung des Autofahrens	Kennen lernen, Soziale Überwachung und Sicherheit
Lärm und Gefahr	Ruhe und akustische Kontrolle
Abgase	Reine Luft
Trennwirkung; Barrieren für Menschen	Verbindung in jeder Richtung insbesondere quer zur Längsrichtung, Funktionsvielfalt der Umgebung
Bedrohung anderer	Sicherheit
Anspruchslos gegenüber der Bebauung, Interesse an hohen Geschwindigkeiten, Probleme mit allem, was die Geschwindigkeit behindert, stört.	Hohe Ansprüche an die umgebende Bebauung
Asphalt und Betonbelag	Pflasterung und Vielfalt
Eintönige, einförmige Querschnitte	Wechsel von Enge und Weite, Plätze

**Tabelle 1:** Unterschiedliche Eigenschaften des Auto- bzw. Fußverkehrs. Quelle: Knoflacher (2007, S. 186).

queren von Straßen sind Faktoren, die dabei angeführt werden (vgl. Ziehe, 1998, S. 3).

Eine starke Konkurrenz zu Warenhäusern und Geschäftsstraßen in der Innenstadt stellen Einkaufszentren dar. Sie sind am Stadtrand oder im suburbanen Raum angesiedelt und vor allem auf den MIV ausgerichtet, was sich schon an den großflächigen Anlagen des ruhenden Verkehrs zeigt. Die Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr ist meist von zweitrangiger Bedeutung. Bedingt durch die zentrale Steuerung aller Attraktivität

fördernder Prozesse wie Atmosphäre, Lage der Magnetmieter in den Einkaufszentren sowie eine gute Anbindung an das Straßennetz stellen sie eine hohe Anziehungskraft für die Kaufkraft und eine starke Rivalität für die Geschäfte in Innenstädten dar. (vgl. Ziehe, 1998, S. 3)

Von GeschäftsbesitzerInnen in den Stadtkernen werden daher jegliche Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung sehr vorsichtig aufgefasst bis grundsätzlich abgelehnt, da eine Verschlimmerung der Erreichbarkeit und somit ein noch höherer Kaufkraftabfluss zu den Einkaufszentren befürchtet wird. Laut Schumich (2008, S. 26) kann eine Errichtung von Fußgängerzonen auch wirtschaftliche Verluste verursachen, wenn die Planung und Umsetzung von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen in Bereichen von Geschäftsstraßen nicht sorgfältig durchgeführt werden.

Zentral ist dabei, den Einfluss von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen auf das Verhalten der KundInnen vorhersagen zu können, da von ihnen der Erfolg von Geschäftsstraßen abhängt.

## 2 Fragestellung

Ziel der Arbeit ist die Simulation des Verhaltens der FußgeherInnen auf einer Geschäftsstraße mit dem Zweck der Analyse der Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen auf dieses Verhalten. Die Untersuchung soll mit einem geeigneten Verkehrsmodell, das mit Hilfe von erhobenen Daten kalibriert wird, durchgeführt werden.

Die aufgrund von Verkehrsberuhigung veränderten Verhaltensmuster wirken sich unterschiedlich auf Teile des Verkehrssystems aus. Durch die Kenntnis über die Vorgänge im System und deren Vergleich mit den Zielen dieses Systems sollen Handlungskonzepte erstellt sowie deren Wirkungen im weiteren Verlauf abgeschätzt und bewertet werden. Das höchste Ziel ist dabei die „(...) Erhöhung und Sicherung der Lebensfähigkeit eines Systems (...)“ (Vester, 2007, S. 54). Verkehrsberuhigungsmaßnahmen müssen daher die Nachhaltigkeit und Robustheit des Systems stützen und nicht dessen Geschwindigkeit oder Technisierungsgrad gewährleisten.

Dabei stellt sich die Frage nach der Definition des Untersuchungsraumes. Trotz der lokalen Betrachtung des Verhaltens auf einem Straßenabschnitt muss die Komplexität der Wegebildung im Gesamtsystem „Geschäftsstraße“ miteinbezogen werden, damit wichtige Phänomene nicht ausgeblendet werden. Eine nicht das System miteinbeziehende Analyse kann zu falschen Schlüssen führen, wie die isolierte Beobachtung einzelner Punkte, zum Beispiel Schutzwege. Knoflacher (2007, S. 100) macht darauf aufmerksam, dass das Fehlen von Daten nicht unbedingt bedeutet, dass keine Maßnahme erforderlich sei. Wenn also eine Straße kaum überquert wird, muss das nicht bedeuten, dass kein Bedarf

besteht, sie überqueren zu wollen. Des Weiteren stellt Papadimitriou (2012) mit dem Zweck einer kritischen Hinterfragung Analysemethoden des FußgeherInnenverhaltens der letzten Jahre gegenüber. Sie kommt zum Schluss, dass die Analysen der Wegewahl und des Querungsverhaltens meist unabhängig von einander erfolgen. Obwohl die beiden Aspekte des Verhaltens separat ablaufen, impliziert das noch nicht, dass sie unabhängig von einander sind, so Papadimitriou. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, das Verhalten der FußgeherInnen im Kontext der Ziel- und Routenwahl zu betrachten.

Diese Arbeit widmet sich nicht der Entscheidungsfindung und den Umsetzungsstrategien von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen. Dieses Thema ist sehr vielschichtig und stark mit dem politischen System verflochten, was den Rahmen der Arbeit zu stark ausweiten würde. Sie soll aber EntscheidungsträgerInnen bei Bestimmungen unterstützen.

### **3 Aufbau der Arbeit**

Im Hinblick auf die Fragestellung der Arbeit muss zunächst geklärt werden, wie das menschliche Verhalten im Straßenraum gebildet wird und welche Faktoren einen Einfluss auf das Verhalten haben. Es werden daher wichtige Theorien der Verhaltensbildung sowie Motive und Strukturen der Umwelt, welche auf das Verhalten einwirken, vorgestellt. Damit wird geklärt, inwiefern die beiden Variablen, Motive und Außenreize das Verhalten formen und wie sich die Wirkung der Außenreize messen lässt. Anschließend wird eine Verbindung dieser Überlegungen mit dem Straßenraum hergestellt, indem die auf das Verhalten einwirkenden Außenreize kategorisiert und deren Einflüsse auf das Verhalten beschrieben werden.

Der zweite Teil der Literaturlauswertung behandelt die Darstellung von Verkehrsprozessen in Modellen mit besonderer Berücksichtigung von Mikrosimulationen im Bereich der FußgeherInnen. Dabei werden gängige Modellierungskonzepte und Methoden vorgestellt sowie deren Vor- und Nachteile diskutiert, um zu hinterfragen, inwiefern es möglich ist, mit Hilfe von Modellen die Planung des öffentlichen Raumes zu unterstützen. Es wird weiters besprochen, inwiefern diese Verkehrsmodelle mit den Theorien der Verhaltensforschung übereinstimmen.

Die Literaturlauswertung wird in folgende Abschnitte gegliedert:

- Verkehrsverhalten der FußgeherInnen im Straßenraum
  - Verhaltenstheorien
  - Innere Prozesse, Handlungsmotive
  - Wirkung äußerer Einflüsse im Straßenraum auf das Verhalten

- Vorstellung der Außenreize
- Modellierung des Verhaltens von FußgeherInnen
  - Konzepte und Methoden der Modellierung
  - Faktoren, welche dabei berücksichtigt werden
  - Grenzen und Schwierigkeiten bei der Modellierung

Der praktische Teil besteht aus der Beobachtung und Erfassung vom Verhalten der FußgeherInnen, der Analyse dieses Verhaltens, sowie der Erarbeitung eines auf dieser Analyse basierenden Verkehrsmodells.

Um die Phänomene, welche im Verkehrsraum stattfinden, untersuchen zu können, müssen diese beobachtet werden. Die Methodik der Verkehrsplanung beginnt nach Schnabel und Lohse (2011b, S. 4) mit der „(...) Sammlung von Informationen und Daten über das gesamte untersuchte Verkehrssystem einschließlich seiner Wechselwirkungen zur Stadt- bzw. Regionalstruktur und anderen Bereichen der Gesellschaft (...)“. Die Erfassung der Vorgänge im Verkehrsraum ist demnach eine Voraussetzung für Analysen, Prognosen und Maßnahmenuntersuchungen. Es stellt sich dabei die Frage, wo die Grenzen der Beobachtung gesetzt werden müssen. Vester (2007, S. 213) zeigt auf, dass es bei der Untersuchung von vernetzten Systemen nicht auf die Datenmenge ankommt, sondern auf die Auswahl der richtigen Kriterien. Denn eine Datenanhäufung muss nicht zwangsläufig zu besseren Ergebnissen führen, sondern steigert nur die Komplexität der Analyse, die zu weiterer Datensammlung herausfordert. Dass mit wenigen Daten dennoch relevante Modelle erstellt werden können, zeigt das Projekt Borgers, Kemperman und Timmermans (2009), welches das FußgeherInnenverhalten untersucht und anschließend simuliert.

Wurden die Analyseindikatoren definiert, muss die Beobachtungsmethode gewählt werden. Die Spanne der möglichen Werkzeuge reicht dabei von persönlichen Befragungen, über Fragebögen, Videountersuchungen, bis zum GPS basierten Tracking und auf Mobilfunkzellen basierenden Lokalisierungstechniken (siehe dazu Millonig et al. (2009)). Diese Werkzeuge unterscheiden sich im Detaillierungsgrad der Datenbeschaffung und im Arbeitsaufwand. Die Kenntnis über deren Eigenschaften ist notwendig, um für eine bestimmte Fragestellung die geeignete Beobachtungsmethode auszuwählen. In diesem Zusammenhang muss auch immer die datenschutzrechtliche Überprüfung der eingesetzten Mittel vorgenommen werden.

Die Analyse der Daten dient als Vorstufe zum Modellaufbau. Es werden dabei Methoden der explorativen und schließenden Datenanalyse angewendet, um erste Schlüsse auf die

Zusammenhänge im System ziehen zu können. Mit den aus der Literaturobwertung und der Analyse der erhobenen Daten gewonnenen Erkenntnissen wird ein Verkehrsmodell erstellt.

## 4 Terminologie

An dieser Stelle werden die in der Analyse verwendeten Begriffe beschrieben und abgegrenzt.

### 4.1 FußgeherInnen

In dieser Studie stehen die FußgeherInnen im Mittelpunkt. Diese müssen aber von zwei Seiten betrachtet werden. Einerseits sind sie VerkehrsteilnehmerInnen, die keine Verkehrsmittel benutzen, andererseits sind sie auch PassantInnen, für die das Gehen eine Freizeitbeschäftigung darstellt.

FußgeherInnen können nach unterschiedlichen Merkmalen kategorisiert werden, wobei die Einteilung nach Wegzweck und Fähigkeit gängig ist. Schoon (2010, S. 66) benutzt folgende Kategorisierung:

**PendlerIn** Bevorzugt schnelle und direkte Verbindungen zwischen der Arbeitsstätte und dem Wohnort. Die Qualität der Umwelt spielt dabei keine Rolle.

**Shopper/leisure-walker** Die Attraktivität der Route und der Umgebung spielt eine wichtige Rolle.

**Beeinträchtigte Person** Besondere Erfordernisse bezüglich der Gestaltung des Straßenraums inkl. der Zugänge zum Netz, Möblierung etc.

**Kind** Trennung vom motorisierten Verkehr, Geschwindigkeitsreduktion, passive Überwachung durch andere BenutzerInnen. Wichtig bei selbstständigen Wegen, vor allem zur Schule.

Aus der Beschreibung dieser Kategorien ist zu erkennen, dass die Anforderungen an den Straßenraum vielschichtig sind und mit der Benutzergruppe variieren. Da es sich aber um öffentliches Gut handelt, müssen alle Gruppen, erwartetet oder auch nicht, in die Planung miteinbezogen werden, auch wenn auf Geschäftsstraßen meist eine bestimmte Verteilung dieser vorzutreffen ist.

In der Abbildung 1 werden die Aktivitäten von FußgeherInnen in einigen deutschen Innenstädten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass mehr als die Hälfte der FußgeherInnen sich Freizeitbeschäftigungen oder dem Einkaufen widmet. Es wird angenommen, dass der Anteil an diesen Beschäftigungen auf Geschäftsstraßen gleich hoch bis höher ist.

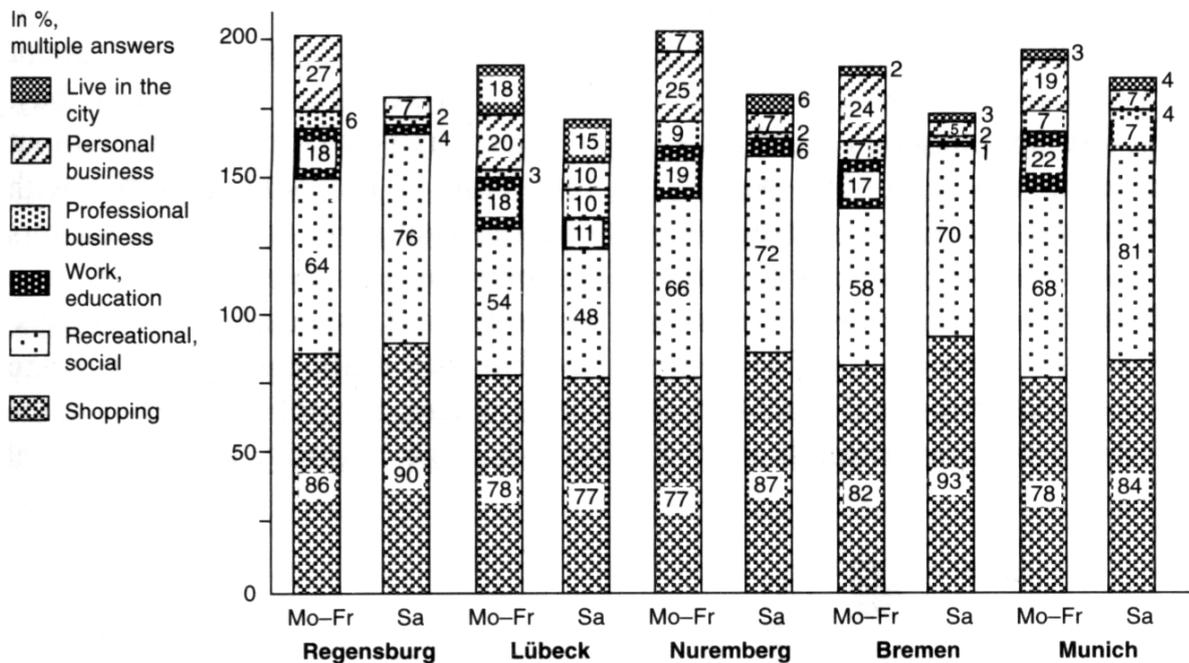


Abbildung 1: Aktivitäten von FußgeherInnen in Stadtzentren. Quelle: Monheim (2003, S. 333)

## 4.2 Verkehrsberuhigung

Bei einer Verkehrsberuhigung handelt es sich um Maßnahmen zur Verlangsamung oder Verdrängung des motorisierten Individualverkehrs (vgl. Schnabel und Lohse, 2011b, S. 171). Gründe für Verkehrsberuhigung liegen vor allem in der Wiederherstellung und Erhöhung der Wohn- und Standortqualität oder der Verbesserung von Verkehrsverhältnissen.

Die Maßnahmen der Verkehrsberuhigung werden grundsätzlich eingeteilt in (vgl. Hügel, 1991, 17ff):

- Rechtliche Maßnahmen, beispielsweise Geschwindigkeitsbeschränkungen.
- Bauliche Maßnahmen wie Bremsschwellen oder Fahrgassenversätze.
- Flächenmäßige Maßnahmen, z.B. Zonenbeschränkungen, Fußgängerzonen.<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Eine besondere Art der flächenmäßigen Verkehrsberuhigung ist das Shared Space, wobei es eher als eine Planungsphilosophie zu begreifen ist, denn es gibt dazu keine gesetzlichen Bestimmungen in der Straßenverkehrsordnung. Das Shared Space zeichnet sich durch fehlende Verkehrszeichen und Fahrbahnmarkierungen aus, alle Verkehrsteilnehmer sind gleichberechtigt (mit der Ausnahme der Vorfahrtsregel). Dadurch soll bei den TeilnehmerInnen ein erhöhtes Bewusstsein aufgrund der unregelmäßigen Verkehrsführung entstehen, das ein vorsichtiges Handeln von allen Teilnehmern erfordert. Dadurch wird die Systemgeschwindigkeit gesenkt. Das Shared Space Modell wurde von Hans Monderman entwickelt und wird bereits in vielen Städten, u.a. in Graz, angewendet.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit physischen Maßnahmen der Hemmung des motorisierten Individualverkehrs, vor allem mit der Fußgängerzone.

### 4.3 Fußgängerzone

Die Fußgängerzone stellt die bekannteste Form der Verkehrsberuhigung dar, die oft bei Geschäftsstraßen, Stadtkernen etc. zur Aufwertung und Belebung angewendet wird.

Die Definition der Fußgängerzone ist in der Straßenverkehrsordnung § 76a festgelegt. Demnach handelt es sich dabei um Verkehrsflächen, welche den FußgeherInnen vorbehalten sind. Ausgenommen von dieser Regelung sind unter anderem Straßendienst, Müllabfuhr, Krankentransporte, sofern deren Ausgangs- und Endpunkt in der Fußgängerzone liegt. Falls die örtlichen Gegebenheiten es erfordern, kann das Befahren durch Verordnungen temporär oder dauernd auch anderen VerkehrsteilnehmerInnen erlaubt werden, welche in der Ziffer 2 des Paragraphen aufgelistet sind. Dazu gehören unter anderem Ladetätigkeit, Taxi- und Mietwagen, Fiaker, Fahrräder. Die Fahrzeuge dürfen nur mit Schrittgeschwindigkeit fahren, FußgeherInnen dürfen den erlaubten Fahrzeugverkehr nicht mutwillig behindern.

Fußgängerzonen können nach folgenden Kriterien klassifiziert werden (vgl. RVS 3.962 zit. n. Hanzl, 2001, S.34):

- Grad der Trennung vom Fahrzeugverkehr:
  - Uneingeschränkte Fußgängerzone ohne Fahrzeugverkehr.
  - Eingeschränkte Fußgängerzone mit Lieferverkehr, Anrainerverkehr, ÖV.
  - Temporäre Fußgängerzone für saisonbedingte Anlässe (Märkte).
  
- Funktion:
  - Schmale Gassen ohne Möblierung mit Einkaufsmöglichkeit.
  - Größere Straßenbreite mit Einkaufsmöglichkeiten, Kommunikations- und Erholungsbereich.
  - Städtebauliche, denkmalpflegerische Erwägungen ohne Einkaufsmöglichkeiten.
  - Spielstraßen für Kinder, entstanden aus Mangel an Frei- und Spielräumen.

Die Anwendung einer Fußgängerzone als Maßnahme der Verkehrsberuhigung ruft vielschichtige Effekte hervor. So ist meist mit einer Attraktivitätssteigerung und Belebung

des betroffenen Gebiets zu rechnen, verursacht durch höhere PassantInnenfrequenzen, Erhöhung der wirtschaftlichen Aktivitäten, sowie Wiederentdeckung des Straßenraums. Dadurch steigt die Häufigkeit der Besuche und die Länge der zurückgelegten Wege (vgl. Thaler, 1993, S. 46). Die Einführung einer Fußgängerzone bewirkt demnach eine Veränderung des FußgeherInnenverhaltens.

Wird eine Fußgängerzone jedoch ohne Gesamtkonzept, als „punktuelle Konsumrennbahn“ (vgl. Thaler, 1993, S. 47) konzipiert, können daraus negative Auswirkungen der Maßnahme resultieren. Dazu gehören Überlastung der Zufahrtsstraßen, Verschlechterung der Situation in benachbarten Gegenden, Zentralisierungsförderung des betroffenen Gebiets, oder höhere Miet- und Grundstückspreise in der Gegend (vgl. Thaler, 1993, S. 46ff).

Eine vergleichbare Maßnahme ist die so genannte Wohnstrasse. Diese wird in der Straßenverkehrsordnung im § 76b definiert. Das Betreten der Fahrbahn sowie das Spielen sind in der Wohnstrasse gestattet. Im Gegensatz zur Fußgängerzone ist das Befahren zum Zweck des Zu- und Abfahrens erlaubt.

#### **4.4 Einzelhandelszentrum**

Nach Ziehe (1998, S. 20) ist ein Einzelhandelszentrum eine „(...) Agglomeration der Einzelhandelsbetriebe.“ Auch ein Einkaufszentrum ist als eine solche Konzentration von Betrieben zu verstehen, wird im Gegensatz zu einem Einzelhandelszentrum jedoch einheitlich geplant, errichtet und betrieben.

Als Geschäftsstraße wird in dieser Arbeit ein Einzelhandelszentrum in der Innenstadt verstanden, wobei Einkaufsstraße als Synonym verwendet wird. Ziehe (1998, S. 14) definiert Innenstadt als: „Teilraum einer Stadt (...), in deren Bereich sich die Verkaufsstellen des stationären Einzelhandels (vor allem Kauf- und Warenhäuser, Fachgeschäfte, Boutiquen) sowie die zentralen Funktionen Kommunikation, Erholung und Freizeit konzentrieren. Sie zeichnet sich durch eine hohe Besucherfrequenz aus“.

Einzelhandelszentren können nach Ziehe (1998, S. 20f) entweder nach Lage oder geschäftstypenspezifisch eingeteilt werden. Die Tabelle 2 zeigt, dass sich Handelszentren je nach Lage im Warenangebot und den Eigenschaften der KundInnen unterscheiden. Auch die bevorzugten Verkehrsmittel differieren je nach Standort des Einzelhandelszentrums. So zeigt sich, dass in peripheren Lagen FußgeherInnen benachteiligt werden, da das Erreichen der Geschäfte zu Fuß nicht möglich ist.

Die Struktur und das Angebot der Einzelhandelszentren können durch mehrere Variablen definiert werden (vgl. Ziehe, 1998, 20f), zum Beispiel Größe der Stadt, Größe des Einzugsgebietes, Entstehungsart des Zentrums, Konkurrenz, Erreichbarkeit, Anzahl und Art der KundInnen, Verkaufsfläche, Anzahl der Geschäfte und der Beschäftigten, etc.

Zentren	Warenangebot		Kunden	Erreichbarkeit
Innenstadt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Shopping goods</li> <li>• Specialty goods</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittel- und langfristiger Bedarf</li> <li>• Spontanbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laufkunden</li> <li>• Erlebnisorientierte Kunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit ÖPNV: gut</li> <li>• zu Fuß: gut</li> <li>• mit Pkw: schlechter</li> </ul>
Integrierte Lage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convenience goods</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzfristiger Bedarf</li> <li>• Ersatzbedarf</li> <li>• Spontan- und geplanter Bedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammkunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit ÖPNV: z.T. möglich</li> <li>• zu Fuß: gut</li> <li>• mit Pkw: gut</li> </ul>
Periphere Lage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convenience goods</li> <li>• Shopping goods</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurz- und mittelfristiger Bedarf</li> <li>• Geplanter Bedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammkunde</li> <li>• Pkw-Kunden</li> <li>• Preisorientierte Kunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit ÖPNV: schlechter</li> <li>• zu Fuß: nicht möglich</li> <li>• mit Pkw: gut</li> </ul>

**Tabelle 2:** Charakterisierung der verschiedenen Einzelhandelszentren. Quelle: Ziehe (1998, S. 25)

Trotz der Unterschiede der Einzelhandelszentren in Struktur und Angebot ist eine eindeutige Zuordnung der KundInnen zu den einzelnen Zentren nicht möglich. Ein Grund dafür ist, dass KundInnen den Einkaufsort in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Zeit auswählen. Je nach Zeitbudget sind sie dazu bereit, mehr davon in längere Wege zu investieren (Ziehe, 1998, S. 26). Ein anderer Grund sind nach Ziehe spontane, die Attraktivität der Geschäfte betreffende Änderungen, wie zum Beispiel Ausverkauf oder Sonderaktionen.

## Teil I

# Literaturauswertung

In diesem Teil soll die gängige Literatur zu den Themen Verhalten von FußgeherInnen, Einflüssen auf das Verhalten im Straßenraum sowie Modellierung des Verhaltens besprochen und analysiert werden.

## 5 Das Verkehrsverhalten von FußgeherInnen

### 5.1 Bildung des individuellen Verhaltens

Das Verhalten ist ein Phänomen, das sich bei allen Lebewesen ausdrückt. Als „das außenseitig wahrnehmbare Geschehen“ (vgl. Psychologie-Lexikon, 2002, S. 390ff) ist es im Gegensatz zum Erleben objektiv erkennbar. Dadurch ist die Erfassung und Analyse von Verhaltensvorgängen möglich und stellt die Grundlage von interdisziplinären Forschungsrichtungen dar.

Wenn das Verhalten nicht willkürlich erfolgt, ist es eine auf die Verwirklichung von Motiven, also Bedürfnissen gerichtete Tätigkeit. Somit sind Bedürfnisse die „innere Triebfeder des Menschen für sein Verhalten“ (vgl. Wermuth, 2005, S. 246). Allerdings muss ein bestimmtes Verhalten nicht unbedingt zielbewusst und geplant in Gang gesetzt werden. Alltägliche Aufgaben laufen unbewusst ab. Das Wort Motiv (das in der Literatur mit dem Begriff Bedürfnis gleichgestellt wird) kommt aus dem lateinischen Motus (Anlass, Beweggrund) und ist ein „Beweggrund, Antrieb, Ursache, Zweck, Leitgedanke oder Bestimmungsgrund des menschlichen Verhaltens“ (Brockhaus-Psychologie, 2009, S. 379). Man unterscheidet zwischen primären, also ungelerten Motiven und sekundären, welche die primären überlagern und beeinflussen (vgl. Knoflacher, 2007, S. 109). Die Motivation ist „die Handlungsbereitschaft, ein Bedürfnis, z.B. Hunger oder Durst, zu befriedigen oder ein angestrebtes Ziel zu erreichen. Im Gegensatz zum Motiv ist die Motivation keine Disposition, sondern ein aktueller psychischer Vorgang“ (Brockhaus-Psychologie, 2009, S. 379). Seit Beginn des 20.Jh. wurden mehrere wichtige Theorien entwickelt, die die Bildung von Motivation erklären. Sie unterscheiden sich vor allem in der Gewichtung der Auswirkung der Umwelt und der inneren Zustände des Individuums. Andere Unterschiede beziehen sich auf die Formierung von Motiven (angeboren oder erlernt) und deren Hierarchie. Im Folgenden werden die Theorien vorgestellt:

Die anfänglichen Modelle in der Motivationsforschung waren vor allem auf die biologische Natur ausgerichtet. Konrad Lorenz (1903-1989) und Nikolas Tinbergen (1907-1988)

vertraten die Idee, Motive basieren auf inneren, genetisch festgelegten Impulsen, deren Ziel es ist, die sofortige Bedürfnisbefriedigung zu erreichen. Sigmund Freuds (1856-1939) Strukturmodell der Psyche beschreibt das Verhalten als Ergebnis von unbewussten, triebhaften Elementen (Es), dem Selbstbewusstsein, zu dem das Denken, Erinnern, aber auch gesellschaftliche Normen gehören (Ich) sowie den durch Erziehung angelernten Werten, wie Gehorsam, Moral und Gewissen (Über-Ich). Bei dieser Theorie werden biologisch festgelegte Verhaltensmuster durch gesellschaftliche Einflüsse umgeformt. Maslow (1908-1970) stellt in seiner humanistisch geprägten Motivationstheorie eine Hierarchie der Bedürfnisse auf, das höchste Bedürfnis des Menschen ist die Selbstverwirklichung. Um dieses Ziel zu erreichen, muss der Mensch aber vorher seine Existenz sichern (physiologische Bedürfnisse und Sicherheitsbedürfnisse), in die Gesellschaft eingebunden sein (Zugehörigkeits- und Liebesbedürfnisse) und Individualbedürfnisse, wie Selbstachtung und Anerkennung, befriedigt haben.

In westlichen Ländern dominieren heute interaktionistische Modelle bei denen Wechselwirkungen zwischen der Umwelt und anderen Menschen behandelt werden (vgl. Brockhaus-Psychologie, 2009, S. 379). Ein wichtiges Beispiel dafür ist die Feldtheorie, die hier näher beschrieben werden soll, da sie Grundlage des Soziale-Kräfte Modells des FußgeherInnenverhaltens von Molnár darstellt (siehe Kapitel 7.4.2). Die von Kurt Lewin (1890-1947) am Beginn des 20.Jh. entwickelte Feldtheorie besagt, dass das menschliche Verhalten sowohl durch innere Kräfte (innerhalb der Person selbst), als auch äußere Einflüsse, welche eine anziehende und abstoßende Wirkung haben können, erzeugt wird. Diese Kräfte wirken auf Personen mit unterschiedlicher Intensität. Eine durstige Person greift daher zum Wasserglas, eine andere wird es vielleicht gar nicht beachten. In seiner Theorie gliedert Lewin die Umwelt in Felder, welche miteinander in Beziehung stehen. Der Mensch reagiert mit seinen Handlungen auf die Umwelt ein und löst dabei einen Energieaustausch zwischen den Feldern aus. Das bewirkt eine Veränderung der darin vorkommenden psychologischen Spannungen (eine Analogie auf physikalische Spannungen von anziehenden und abstoßenden Kräften). Nach Lewin ist das Verhalten demnach eine Funktion aus individuellen und Umweltfaktoren:  $V = f(P, U)$ , wobei P (Person) und U (Umwelt) sich gegenseitig beeinflussen. (vgl. Brockhaus-Psychologie, 2009, S. 179)

Heute besteht Einigkeit darüber, dass sowohl innere Faktoren, als auch äußere Reize Bedürfnisse formen, die das Verhalten hervorrufen.

Neben Bedürfnissen wirken auch Bedarfsimpulse auf das Verhalten ein. Sie entspringen dem sozialen Umfeld und können sich in Form von sozialen Normen, Werthaltungen oder Werbung manifestieren. Bedarfsimpulse können zu Handlungen wie der Ausübung von bestimmten Freizeitaktivitäten oder zum Konsum von beworbenen Artikeln führen.

(vgl. Wermuth, 2005, S. 246)

Stress führt zu angeborenen Verhaltensweisen. Stressauslösung ist die Antwort des Körpers auf gefährliche oder ungewohnte Umwelteinflüsse. Solche Reize können Lärm, Überforderung oder das Fehlen von Raum sein. Ein wichtiger Faktor bei der Stresstärke, ist die individuelle Bewertung der Situation. (vgl. Spiegel, 1992, S. 44)

Wird eine Handlung realisiert, kann sie die Wahrnehmung verändern und dadurch neue Erfahrungen liefern, was wiederum zur Veränderung des Verhaltens führen kann.

Die natürliche und gebaute Umwelt definiert auch Grenzen zur Ausübung der gewünschten Aktivitäten. Das Verkehrsangebot bestimmt zum Beispiel die Erreichbarkeit; Restriktionen wie Öffnungszeiten, Zeitmangel, geringes Budget etc. begrenzen die Möglichkeit der Bedarfsbefriedigung. (vgl. Wermuth, 2005, S. 247)

Insgesamt kann gesagt werden, dass das Verhalten im Straßenraum ein Zusammenspiel aus Motiven, der Wahrnehmung von Reizen sowie Lernvorgängen, Fähigkeiten und Möglichkeiten ist. Eine schematische Darstellung dieses Vorgangs wird in der Abbildung 2 gezeigt.

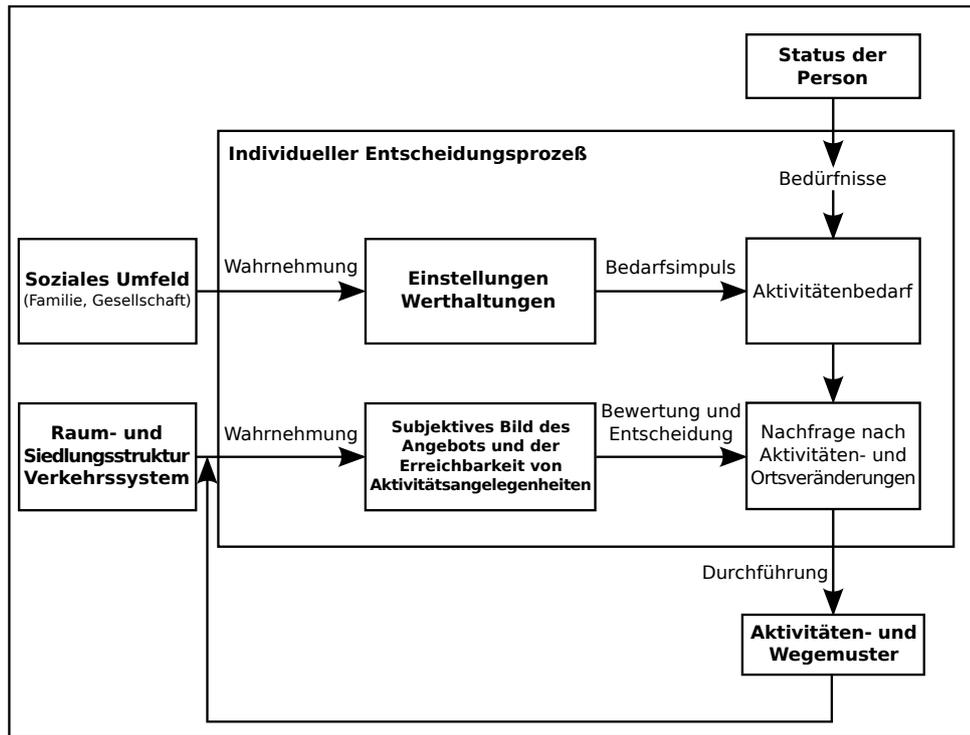
Die Verhaltensbildung für die gesamte Aufenthaltsdauer im Straßenraum erfolgt hierarchisch. Auf der ersten Ebene, der strategischen, werden die Ankunftszeit und die Aktivitäten ausgewählt. Diese Planung erfolgt vor dem Reiseantritt und ist langfristig. Dabei werden auch keine Faktoren des Straßenraums berücksichtigt. Die taktische Ebene kann sowohl vor dem Reiseantritt, als auch auf der Straße erfolgen und ist für die Aktivitätenreihenfolge und die Planung der Route, um diese Aktivitäten ausführen zu können, zuständig. Die letzte operative Ebene wird nur auf der Straße abgewickelt. Auf dieser Ebene wird das Gehverhalten gesteuert. Dabei wird beispielsweise Hindernissen ausgewichen oder mit anderen FußgeherInnen interagiert. (vgl. Hoogendoorn und Bovy, 2004, S. 172)

## **5.2 Einflussfaktoren auf das Verhalten**

Um die Einflüsse auf das Verhalten operationalisieren zu können, werden objektive Faktoren definiert. Sie werden in endogene (innere) Faktoren und exogene (äußere) eingeteilt.

Zur Gruppe der endogenen Faktoren gehören demographische, sozioökonomische und soziokulturelle Merkmale des Individuums und dessen sozialer Umgebung (Familie, Haushalt) (vgl. Wermuth, 2005, S. 247). Solche Faktoren sind Alter, Geschlecht, Familiengröße, Anzahl der Kinder, Ausbildung, Einkommen etc.

Die Gruppe der exogenen Faktoren besteht aus Merkmalen, die durch den Aktionsraum definiert werden. Sie wirken als Reize auf die Sinne der FußgeherInnen ein. Einer der



**Abbildung 2:** Individuelles Verkehrsverhalten. Quelle: Wermuth (2005, S. 246)

ersten Versuche den Einfluss der Außenreize im Verkehrsraum zu beschreiben, wurde von Pirath (1934) entwickelt, die so genannte Behaglichkeitssonne (Abb. 3). In diesem Konzept wurde versucht, äußere Faktoren im Verkehrsraum zu identifizieren und deren Einfluss auf das Wohlbefinden zu quantifizieren. Den äußeren Ring bildet dabei die Unerträglichkeit, in der Mitte ist die Zone der Behaglichkeit angesiedelt und dazwischen die Zone der Erträglichkeit. Der Mensch versucht immer in die Zone der maximalen Behaglichkeit zu gelangen und zwar mit allen Mitteln. Die Entscheidungen darüber, wie die maximale Behaglichkeit erreicht werden soll, werden oft im Unterbewusstsein getroffen. Im Bewusstsein wird solches Verhalten dann als selbstverständlich wahrgenommen. Bevor die Informationen über die äußere Struktur in Handlungen umgesetzt werden, werden sie aufgrund der evolutionären Ausstattung, Einstellung und Erwartungshaltung bewertet. Kommt es zu einer positiven Rückkoppelung zwischen der äußeren und inneren Struktur, fühlt sich der Mensch in seiner Umwelt wohl. Strukturen, die negative Empfindungen hervorrufen, werden dagegen gemieden. Dabei erfolgt die Bewertung der Strukturen aufgrund von relativen und nicht absoluten Werten, es werden also mögliche alternative Handlungen untereinander verglichen und die beste ausgewählt. (vgl. Knoflacher, 2007, S. 108f) Die exogenen Faktoren des Straßenraums werden im Kapitel 6 näher beschrieben.

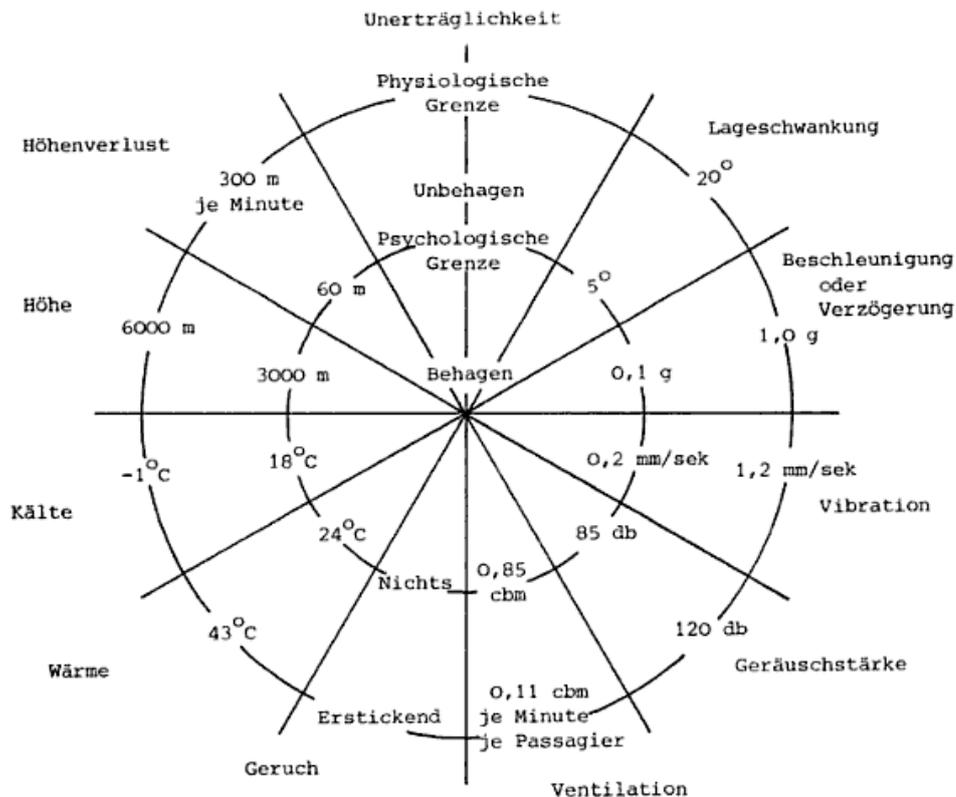


Abbildung 3: Behaglichkeitssonne. Quelle: Pirath (1934, S. 166)

### 5.3 Wahrnehmung der Reize

Die Wahrnehmung von Reizen ist ein wichtiger Aspekt des Verkehrsverhaltens. Empfindungen, die durch Reize hervorgerufen werden, spielen eine große Rolle bei der Schätzung von Entfernungen, Verkehrsaufwänden, der benötigten Fahrtzeit und können zum bewussten oder unbewussten Verhalten führen.

Die quantitative Beziehung zwischen Empfindungen der Sinnesorgane und Umwelt kann mit dem Weber-Fechner-Gesetz beschrieben werden. Es ermöglicht daher, Aussagen über den Einfluss von Strukturen im Straßenraum auf das menschliche Verhalten zu machen. Die Beziehung lautet (vgl. Knoflacher, 2007, S. 114):

$$\pm E = \ln I \quad (1)$$

I stellt die objektive Intensität des physikalischen Reizes und E die dazugehörige subjektive Empfindung dar. Die Empfindung wird proportional zum Logarithmus des Reizes wahrgenommen. Das Vorzeichen in dieser Formel spezifiziert die Art der Empfindung, die sowohl negativ, als auch positiv sein kann. Das Weber-Fechner-Gesetz sagt aus, dass zwei Reize als unterschiedlich wahrgenommen werden, wenn deren Unterschied ausreichend

groß ist. Steigt die Reizintensität exponentiell an, wird deren Empfindung nur linear anwachsen.

Knoflacher (2007, S. 29) weist darauf hin, dass bis zur Industrialisierung die Reizintensität vorgegeben war. Der Mensch musste sich in seinem Handeln an diese anpassen. Durch technologische Entwicklungen konnte aber die natürliche Umwelt beherrscht und durch eine künstliche ersetzt werden. Dadurch wurde es möglich, nicht nur das Handeln nach der Umwelt auszurichten, sondern die Umwelt und dadurch die Reizintensität entsprechend seinen Wünschen zu verändern. Knoflacher drückt das durch die Umkehrung der Funktion des Verhaltensgesetzes aus:  $I = e^{\pm E}$  (vgl. Knoflacher, 2007, S. 116). Durch Steuerung der Umwelt ist der Mensch somit im Stande, sich die gewünschte Empfindung herzustellen.

Die Umwelt wird vorwiegend so gestaltet, dass bestimmte NutzerInnengruppen ein möglichst hohes Ausmaß an positiven Empfindungen erleben können. Gleichzeitig führt aber die Veränderung der Umwelt zu einem Wandel im menschlichen Handeln. Die Problematik bei der Veränderung der Umwelt liegt laut Knoflacher (2007, S. 116f) darin, dass es möglich ist, positive Empfindungen hervorzurufen, die weit über das für das Gesamtsystem nützliche und erträgliche Maß liegen. Aufgrund der positiven e-Potenz entstehen dadurch im System Rückkopplungen, welche, wenn nicht gebremst, unkontrollierte Prozesse aktivieren. Dies ist insofern von Bedeutung, da es die Technik möglich macht, die negativen Auswirkungen solcher Planungsmaßnahmen für die NutznießerInnen auszublenden, obwohl sie im Gesamtsystem bestehen. Die Auswirkungen treten aber an wichtigen Stellen auf, wie der Natur, Wirtschaft und Gesellschaft. Ein weiterer Grund für das Nichterfassen von negativen Abweichungen im System ist die Tatsache, dass die Menschen nur im Stande sind, rasche und direkte Veränderungen wahrzunehmen. Verschlechterung der Umweltsituation ist daher mit den Sinnen nicht wahrnehmbar (vgl. Macoun, 2000).

## **5.4 Energieaufwand als Indikator für Empfindungen**

Da Empfindungen sich nicht messen lassen, können sie nur aufgrund von Untersuchungen an Versuchspersonen operationalisiert werden (vgl. Spiegel, 1992, S. 82). Ein wichtiger Indikator dafür ist der Körperenergieverbrauch für Aktivitäten, der zum Beispiel über die Pulsfrequenz gemessen werden kann (vgl. Knoflacher, 2007, S. 233f).

Menschen verfolgen beim Mobilitätsverhalten die Strategie der Energieoptimierung und wollen bei Aktivitäten nur so wenig Energie wie möglich verbrauchen (vgl. Macoun, 2000, S. 25). Da der Mensch keine Sinne für externe Energie hat, wird dadurch auch die hohe Akzeptanz des MIV in der Bevölkerung deutlich, da AutofahrerInnen die Einsparung

von Körperenergie anstreben (vgl. Macoun, 2000, S. 155).

Spiegel (1992) analysierte die biologischen Abläufe im menschlichen Körper, die durch verschiedene Reize im Straßenverkehr hervorgerufen werden, anhand der Fragestellung warum BenutzerInnen öffentlicher Verkehrsmittel bereit sind, längere Zeit als andere VerkehrsteilnehmerInnen im Verkehrssystem zu verweilen. Durch Analyse der Pulsfrequenz bei der Benutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel kam er zum Ergebnis, dass durch Ablenkung und passive Verhaltensweisen im öffentlichen Verkehr diese Gruppe am wenigsten Körperenergie aufwendet und dadurch bereit ist, länger im Verkehrssystem zu bleiben.

Der Energieverbrauch wird in drei Ebenen eingeteilt, in eine äußere, innere und mentale Ebene. In der äußeren, mechanischen Ebene werden die FußgeherInnen oder AutofahrerInnen als abgeschlossene Maschinen betrachtet. Bei Fortbewegungsarten, die ohne externe Energiezufuhr auskommen, handelt es sich um den Weg, der tatsächlich überwunden wird. Beim MIV bedeutet er nur das Betätigen der Pedale oder Lenken. Bei der inneren Energie handelt es sich um innere Abläufe und den Brennstoffbedarf, welcher durch die Verkehrsteilnahme erfordert wird. Die mentale Ebene ist wesentlich, um Vorgänge im Straßenraum zu erklären, denn Belastungen des Organismus lösen Empfindungen aus, die auf das Verhalten der FußgeherInnen einwirken (siehe voriges Kapitel). (vgl. Spiegel, 1992, S. 5, 9f, 14, 82)

Im folgenden Kapitel werden Reize, die auf die FußgeherInnen im Straßenraum einwirken, kategorisiert sowie Effekte, die diese Reize ausüben, beschrieben.

## **6 Außenreize im Verkehrsraum**

### **6.1 Einführung**

Wie im Kapitel 5 beschrieben, beeinflussen äußere Strukturen das Verhalten der FußgeherInnen. In diesem Kapitel sollen anhand der Literatur die von diesen Strukturen ausgehenden Reize mit ihren wichtigsten Erscheinungsformen und Wirkungsarten charakterisiert werden.

Die Gliederung der Außenreize erfolgt nach dem Charakter der ausgelösten Empfindung. So wird zwischen positiven (angenehmen) und negativen (unerwünschten) Außenreizen unterschieden. Zusätzlich wird eine Gruppe von Außenreizen betrachtet, welche FußgeherInnen nicht nur wahrnehmen, sondern mit denen sie auch direkt interagieren können. Dabei handelt es sich meist um Einrichtungen, die von FußgeherInnen im Straßenraum genutzt oder besucht werden können, wie Geschäfte, Lokale oder Ruhezonen.

Die Beschreibung der einzelnen Außenreize erfolgt systematisch und wird nach folgenden Kriterien gegliedert:

- Definition der Einwirkung
- Räumliche Aspekte, welche die beschriebene Einwirkung umfassen
- Mögliche Effekte auf das Verhalten der FußgeherInnen

Der Schwerpunkt der Literaturlauswertung liegt in der Auflistung und Kategorisierung der Einflüsse im Straßenraum sowie deren Beschreibung und Quantifizierung der möglichen Auswirkungen auf das Verhalten. Die fokussierte Gruppe sind dabei immer die FußgeherInnen, welche sich auf der Geschäftsstraße aufhalten.

## **6.2 Negative Außenreize**

Wie bereits im Kapitel 5.3 erklärt wurde, können Empfindungen sowohl positiver, als auch negativer Natur sein. Negative Empfindungen sind das Ergebnis negativer Außenreize und werden im Verkehrswesen als Widerstände aufgefasst, wie der Widerstand, einen bestimmten Weg zu wählen (vgl. Knoflacher, 1996, S. 133).

### **6.2.1 Barrieren**

#### **6.2.1.1 Eigenschaften von Barrieren im Straßenraum**

Nach Schnabel und Lohse (2011b, S. 105) sind Barrieren „(...) natürliche und (städte)bauliche Zäsuren (Flüsse, große abgegrenzte Industriegebiete u.a.) sowie Verkehrsanlagen (Eisenbahnanlagen, Hauptnetzstraßen u.a.), die ein räumlich und zeitlich beliebig häufiges und sicheres Überqueren durch den Fußgängerverkehr nicht gestatten (...).“ Eine ähnliche Definition findet man bei Lynch (1968, S. 61): „Grenzlinien oder Ränder sind diejenigen Linearelemente, die vom Beobachter nicht als Wege benutzt oder gewertet werden. Sie sind die Grenzen zwischen zwei Gebieten, lineare Unterbrechungen des Zusammenhangs; Küsten, Eisenbahnstrecken, Baugebietsränder, Mauern.“ Im Gegensatz zu Schnabel und Lohse stellt Lynch fest, dass Barrieren nicht unbedingt unüberwindbar sein müssen. Sie können unter Umständen sogar die Funktion einer Naht erfüllen, welche zwei Gebiete aneinanderfügt und in Verbindung bringt oder auch als seitliche Bezugslinien (Leitmarken) gelten (vgl. Lynch, 1968, S. 62, 78). Somit können Grenzlinien eine gewollte Gestaltungsform sein, welche das Gefühl von Innen und Außen vermitteln und den Zugehörigkeitssinn anregen. Als solche müssen sie aber durch Gestaltungselemente einprägsam gemacht werden (siehe Kapitel 6.3).

Barrieren werden dann wahrgenommen, wenn deren Überwindung einen höheren Energieaufwand bedeutet. Wie im Kapitel 5.4 beschrieben, zielt der Mensch darauf ab, seinen Energieaufwand zu minimieren und will deshalb die Wege kurz halten und Höhenüberwindungen meiden. Schnabel und Lohse (2011a, S. 435) konstatieren, dass sich FußgeherInnen zwar freizügiger verhalten als AutofahrerInnen aber dennoch sehr umweg- und steigungsempfindlich sind und das Ziel auf kürzestem Weg erreichen wollen. Abkürzungen werden daher sehr oft genutzt. Bequemlichkeit ist dabei wichtiger als Sicherheit. Höherer Energieaufwand im FußgeherInnenverkehr entsteht zum Beispiel bei Steigungen (Stiegen, Rampen), ungünstiger Oberflächenbeschaffenheit, Umwegen oder durch Fahrbahnen, wenn der Wunsch besteht, sie zu queren.

Stiegen, Rampen und Unter- bzw. Überführungen stellen vor allem aufgrund der notwendigen Höhenüberwindung und der längeren Querungszeiten einen hohen Widerstand dar. Durch Verödung oder schlecht einsehbare Orte können auch Ängste entstehen. Eine Belegung solcher Plätze ist daher notwendig. Auch für Gehbehinderte, ältere Personen oder FußgeherInnen mit Lasten oder Kinderwagen stellen sie eine Barriere dar. Nach Thaler (1993, S. 76) wird eine optimale Steigung für den Energieaufwand mit einer Stiege mit 31cm Auftrittstiefe und 16cm Stufenhöhe erreicht. Für Gehbehinderte sollte das Verhältnis 32:14cm betragen. Rampen sind Stufen gegenüber aber zu bevorzugen, denn sie können von allen Personenkreisen benutzt werden und sind leichter zu warten. Auch gekrümmte Rampen können genutzt werden. Der Vorteil liegt dabei in der Überdachung durch die obere Etage.

### **6.2.1.2 Fahrbahn als Barriere**

Im Verkehrsraum stellt die Fahrbahn einen Widerstand für die FußgeherInnen dar, dieser wirkt während der gesamten Verweildauer im Straßenraum. Laut StVO §76, Z.5 sind FußgeherInnen sind dazu verpflichtet, die Fahrbahn in angemessener Eile zu überqueren und dabei den kürzesten Weg zu wählen. Sie haben auch Schutzwege bzw. Unter- und Überführungen zu benutzen, falls diese vorhanden sind (StVO §76, Z.6).

Da das Querungsverhalten vom Vorhandensein und der Art von Querungshilfen abhängig ist, hängt auch der Widerstand, die Straße zu überqueren, davon ab. Folgende Querungshilfen finden Anwendung (vgl. Thaler, 1993, S. 81ff):

**Aufplasterungen:** Anrampung der Fahrbahn bis ca. Gehsteigniveau. Ziel ist die Abbremsung des Kfz Verkehrs.

**Gehsteigvorziehung:** Ermöglicht besseres Herantreten an die Fahrbahn. Dadurch werden die Sichtverhältnisse verbessert und die Querungszeit gekürzt.

**Mittelseln:** Etappenweise Querung. Kurze Querungszeiten, bessere Sicht und Orientierung. Sie führen allerdings nicht zur Abbremsung des Kfz-Verkehrs.

**Lichtsignalanlagen:** Sollen ab 1000Kfz/h in Erwägung gezogen werden. Aufgrund der flächenhaften Querungswünsche der FußgeherInnen ist die Akzeptanz der Signalanlagen nicht hoch (Vorrang für Fußgeher, S. 93). Aufgrund der Abgase, bzw. des Straßenlärms wird die Wartezeit an den Ampeln als unangenehm empfunden. Ab 40 Sekunden ist mit einer hohen Zunahme der RotgeherInnen zu rechnen (vgl. Thaler, 1993, S. 94). Auch zu kurze Räumungszeiten werden als Querungswiderstand empfunden.

Trotz der Verpflichtung Querungshilfen zu benutzen, bevorzugen die meisten FußgeherInnen die Fahrbahn an freien Abschnitten zu queren (vgl. Papadimitriou, 2012, S. 3), denn Querungshilfen sind zwar meist sicher aber nicht attraktiv, da sie längere Wartezeiten und Umwege verursachen.

Das Querungsverhalten an freien Abschnitten kann in drei Gruppen eingeteilt werden (vgl. Thaler, 1993, S. 30f):

**Aus dem Stand:** Die Fahrbahn wird nach einer kurzen Orientierungszeit überquert. Diese Art kommt bei Ausgängen von Gebäuden, Parkanlagen, etc. häufig vor und ist sowohl für FußgeherInnen, als auch für FahrzeuglenkerInnen am erkenntlichsten und sichersten. Obwohl Querungsweg- und zeit am kürzesten sind, kann die Wartezeit auf Lücken im Verkehrsfluss hoch sein. Schräge Querungen sind Ausdruck der Umwegvermeidung, die Querungszeit wird dadurch aber höher, womit das Konfliktpotenzial steigt.

**Aus dem Gehen:** Um die Wartezeit positiv zu nutzen, wird bei dieser Querungsart längs weiter gegangen bis eine ausreichende Zeitlücke vorhanden ist. Diese Querungsart wird oft bevorzugt, denn sie entspricht dem Querungsrythmus der FußgeherInnen. Das Risiko ist allerdings höher, da eine Kopfbewegung nötig ist, um die Fahrbahn zu erfassen.

**Indirekte Querungen:** Dabei wird die Fahrbahn bis zur Mitte gequert und bei einer freien Zeitlücke des Gegenverkehrs fortgesetzt. Das Weitergehen in der Mitte der Fahrbahn ist auch möglich. Bei dieser Querungsart ist das Unfallpotenzial am höchsten, die FußgeherInnen erwarten aber den höchsten Nutzen, also die kürzeste Wartezeit.

Die Geschwindigkeit bei der Querung ist höher als die durchschnittliche Geschwindigkeit beim Gehen und steigt mit der Nähe zum Kfz. Das deutet auf erhöhten Stress der

FußgeherInnen bei der Querung der Fahrbahn hin. Bei Kindern und älteren Personen ist die Querungsgeschwindigkeit deutlich niedriger. (vgl. Thaler, 1993, S. 32)

### 6.2.1.3 Faktoren des Widerstandes der Fahrbahn

Der Widerstand, den die Fahrbahn auf den Querungswunsch ausübt, kann unterschiedliche Intensität annehmen und hängt von mehreren Faktoren ab.

**Fahrbahnbreite und Kfz-Stärke** Die Fahrbahnbreite und die Kfz-Verkehrsmenge werden in der Literatur häufig als die wichtigsten Faktoren für die Trennwirkung angesehen. Nach Thaler (1993, S. 30) weist die Straße ab einer Breite von 10m eine hohe Trennwirkung für FußgeherInnen auf. Für eine 7m breite Fahrbahn, welche keine Trennwirkung erzeugen soll, darf der Kfz-Verkehr nicht 200 bis 250 Kfz/h übersteigen (vgl. Thaler, 1993, S. 31). Mit der Fahrbahnbreite steigt auch die zum Queren notwendige Zeitlücke<sup>4</sup>. Ausreichend große Zeitlücken sind notwendig, um ein sicheres Queren zu gewährleisten. Die notwendigen Zeitlücken nehmen mit der Fahrbahnbreite zu. Dieser Umstand benachteiligt Kinder und ältere Menschen, welche längere Zeitlücken brauchen. Weiters ist es für die FußgeherInnen schwierig, die zum Queren benötigte Zeitlücke richtig abzuschätzen (vgl. Schnabel und Lohse, 2011a, S. 435)

**Geschwindigkeiten des MIV** Die Kfz-Geschwindigkeit ist indirekt für die Trennwirkung verantwortlich, denn sie steigt mit der Querschnittgröße der Fahrbahn (vgl. Fischer, 2007, S. 12). Dadurch steigt mit der vergrößerten Grenzzeitlücke der Widerstand, die Fahrbahn zu queren. Nach Thaler (1993, S. 30) steigt die Trennwirkung ab etwa 45km/h stark an.

Mit der Kfz-Geschwindigkeit steigt auch die Querungsgeschwindigkeit der FußgeherInnen (vgl. Fischer, 2007, S. 12). Probleme können dabei entstehen, da ältere Personen oder FußgeherInnen mit Kinderwagen, Taschen, etc. ihre Geschwindigkeit nicht erhöhen können und folglich die Fahrbahn nur über Querungshilfen passieren können, was zu ungewollten Umwegen führt und Qualitätsverlust des Aufenthalts im Straßenraum bedeutet.

**Individuelle Faktoren** Eine erhöhte individuelle Notwendigkeit die Fahrbahn überqueren zu wollen, kann dazu führen, Zeitlücken, welche unter normalen Umständen nicht angenommen würden, zu nutzen. Solche Situationen können unter Zeitdruck oder Stress entstehen. Auch Witterungsverhältnisse können solche Situationen auslösen. Wenn der

---

<sup>4</sup>Als Zeitlücke wird die Zeitspanne bezeichnet, in der zwei Fahrzeuge einen Punkt passieren. Gemessen werden dabei meist die Vorderseiten beider Fahrzeuge.

Zweck des Gehens zum Beispiel im Spazieren oder Flanieren liegt, wird auf das Queren oft verzichtet, weil es zu einer unangenehmen oder unsicheren Situation führen könnte.

#### **6.2.1.4 Effekte von Barrieren auf das Verhalten von FußgeherInnen**

Effekte der Barrieren auf das Verhalten liegen vor allem im Querungswiderstand, verändern aber auch die Raumwahrnehmung.

**Veränderung der Wunschlinien** Werden potenzielle Wege durch Umwege verlängert, so sinkt die Wahrscheinlichkeit sie zurückzulegen. Diese Wahrscheinlichkeit kann mit dem Umwegfaktor ausgedrückt werden:  $\text{Umwegfaktor} = \text{tatsächliche Gehdistanz} / \text{Luftlinie}$ . Bei Freizeitwegen ist ein höherer Umwegfaktor (1,4) nicht problematisch, bei transport- oder termingebundenen Wegen muss er aber niedrig bleiben. (vgl. Knoflacher, 1995, S. 53ff)

Auch die Entscheidungen bezüglich der zu besuchenden Orte der FußgeherInnen werden vom Widerstand der Fahrbahn beeinflusst (vgl. Thaler, 1993, S. 30). Je kleiner der Widerstand im Straßenraum, umso höher die Wahrscheinlichkeit einen Ort (Geschäft, Lokal, Rastplatz) aufzusuchen.

**Zwang zur Längenorientierung** Durch die fehlenden Sichtbeziehungen sowie das eingeschränkte Erlebnisfeld ist die Bewegung der FußgeherInnen in die Länge gezogen (vgl. Thaler, 1993, S. 24). Sowohl die Gehsteigkante, als auch die Häuserflucht stellen dabei eine Begrenzungslinie dar, welche die FußgeherInnen hindert, in attraktivere Bereiche auf der anderen Straßenseite zu flüchten.

**Wahrnehmung des Straßenraums** Die durch die Fahrbahn verursachte Trennung kann als eine Grenzlinie aufgefasst werden, welche den Straßenraum in zwei Zonen gliedert, in eine innere, in der sich der Betrachter befindet und in eine äußere. Die Straße hat dann einen zweideutigen Charakter, nämlich als Weg und als Grenzlinie und kann dadurch den Blick auf einen Bereich öffnen oder ihn auch verbergen. Die beiden Straßenseiten können unterschiedliche Wahrnehmungsqualitäten aufweisen und sich aufgrund von Abstufungen und Übergängen oder der regelmäßigen Veränderung einer Eigenschaft, zum Beispiel Fassade, die sich in eine bestimmte Richtung ausfaltet, unterscheiden (vgl. Lynch, 1968, S. 68, 102, 119).

Durch die Zerschneidung des Straßenraums können Sichtbeziehungen gestört werden was dazu führt, dass die Umgebung nicht mehr überschaubar ist (vgl. Thaler, 1993, S. 62). Da Sichtbeziehungen eines der zentralen Elemente für die Orientierung sind

(vgl. Lynch, 1968, S. 64), kann das im Extremfall zur Unsicherheit führen. Die Trennung wird dadurch verstärkt, dass die Wahrnehmung schneller Bewegungen anderer VerkehrsteilnehmerInnen Stress verursachen kann (vgl. Spiegel, 1992, S. 42).

Die veränderte Wahrnehmung des Straßenraums einer Einkaufsstraße kann dazu führen, dass KundInnen potenzielle Geschäfte und andere Orte nicht erblicken oder entdecken.

**Vermeidung der sozialen Kontakte quer zur Gehrichtung** Die Trennwirkung der Fahrbahn wirkt sich nicht nur auf die Wunschlinien aus, sondern auch auf die sozialen Kontakte quer zur Gehrichtung. Appleyard (1982) hat festgestellt, dass das Kommunikationsverhalten zwischen zwei Straßenseiten mit der Höhe der Verkehrsbelastung sinkt. Die Abbildung 4 verdeutlicht diesen Umstand. Darauf sind die kartierten Grenzen der gefühlten Heimat an drei Straßen mit unterschiedlichen Stärken der Verkehrsbelastung abgebildet. Es ist zu erkennen, dass mit Zunahme der Verkehrsbelastung die BewohnerInnen in ihre Wohnungen zurückgedrängt werden.

**Verdrängung der Barrierewirkung** Macoun (2000) schreibt, dass Ängste teilweise nicht wahrgenommen werden, weil sie anstatt verarbeitet, nicht ernstgenommen und in weiterer Folge verdrängt werden, um die Bedrohung nicht erleben zu müssen.

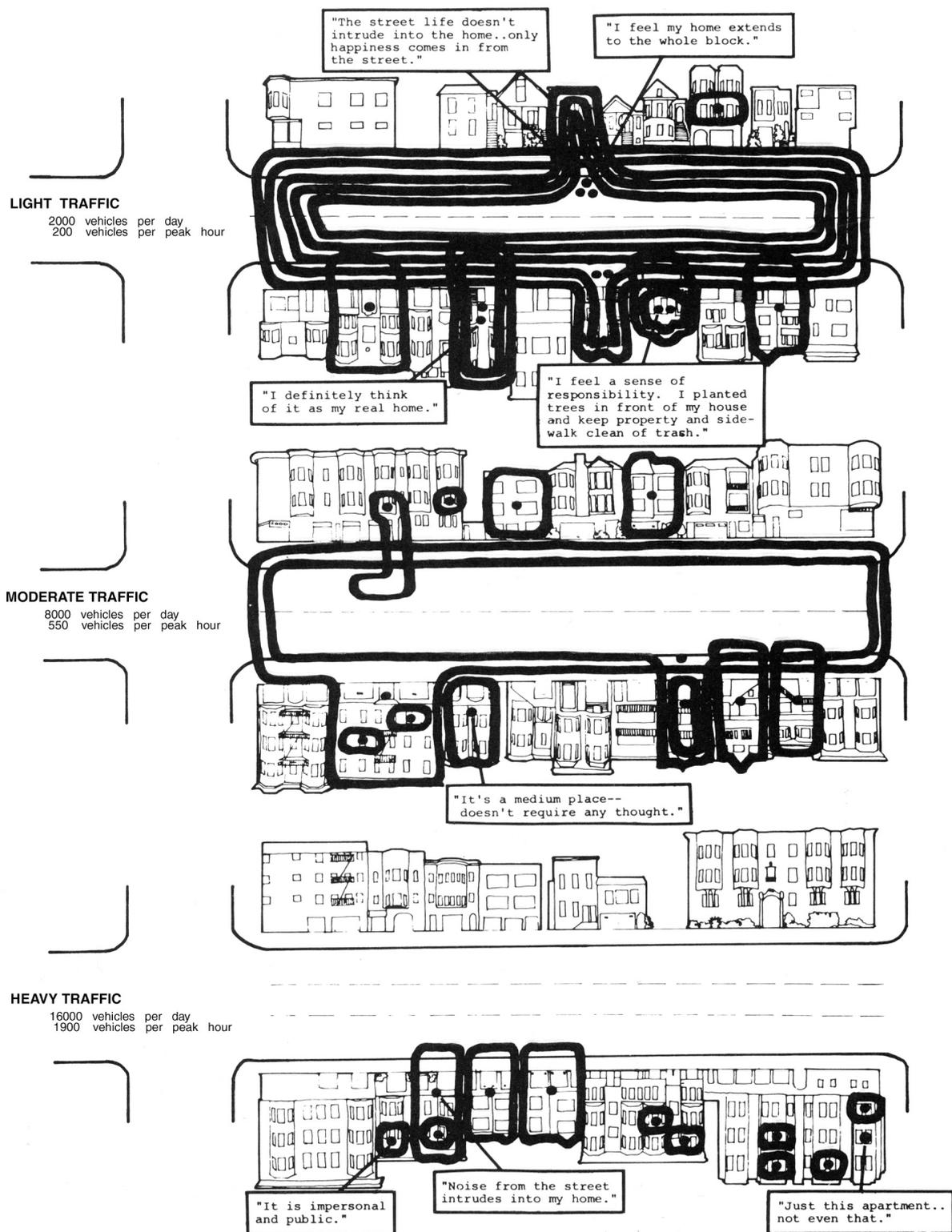


Abbildung 4: Kartierung von Gebieten des „Daheim-Seins“ durch BewohnerInnen von drei Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsbelastung. Quelle: Appleyard (1982)

## 6.2.2 Raummangel

### 6.2.2.1 Eigenschaften und Indikatoren des Raummangels

Als Raummangel erzeugende Außenreize werden hier jene verstanden, die aufgrund einer nicht ausreichenden Breitendimensionierung der Fußwege einen negativen Einfluss auf die FußgeherInnen ausüben.

Eine ausreichende Dimensionierung der Gehsteige hängt von mehreren Faktoren ab. Folgende Indikatoren sollen herangezogen werden, um dies zu überprüfen (vgl. Thaler, 1993, S. 56f):

**Ausreichende Abstände bei Begegnungen, Personendichte** Bei einer hohen FußgeherInnen-dichte ist aufgrund von Begegnungen ein erhöhter Platzbedarf notwendig. Vor allem in der Nähe von Orten, bei denen mit vielen Menschen zu rechnen ist (Haltestellen und Warteflächen, Plätze, Schulen), muss dies berücksichtigt werden.

Eine hohe Personendichte ist meist nicht erwünscht und mit Gedränge, wenig Freiraum sowie einer unfreiwillig gewählten Geschwindigkeit verbunden. In manchen Situationen ist man hingegen dazu bereit, eine hohe Personendichte zu akzeptieren, zum Beispiel vor Schaufenstern oder StraßenkünstlerInnen. Der Qualitätsverlust wird akzeptiert, weil eine Kompensation in Form positiver Reize erhofft wird (vgl. Knoflacher, 1995, S. 41). Dieser Umstand kann die Bewertung der Aufenthaltsqualität im Straßenraum in Abhängigkeit von der Personendichte<sup>5</sup> verfälschen.

**Nutzungsansprüche des Umfeldes und der individuellen Eigenschaften** Die Nutzungsansprüche können je nach Umgebung unterschiedlich sein. Schulwege, Erholungswege oder Einkaufsstrassen stellen unterschiedliche Anforderungen an die Dimensionierung der Gehwege dar. Der Bewegungsraum der FußgeherInnen kann von ihren persönlichen Umständen bzw. Eigenschaften abhängen. So wurde nachgewiesen, dass die Bewegungslinien der FußgeherInnen nicht geradlinig sind sondern Wellenbewegungen, um die Gehwegachse darstellen, die je nach Eigenschaften der Personen unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Bei älteren Personen oder Personen, die Lasten transportieren, sind diese besonders stark. (vgl. Thaler, 1993, S. 55) Ein erhöhter Bedarf an Fläche ist auch bei Erwachsenen mit Kindern, oder bei Paaren notwendig, auch Personen mit Rollstühlen benötigen mehr Freiraum, um sich im öffentlichen Raum bequem bewegen zu können. Die Tabelle 3 zeigt ausgewählte Kennwerte für eine ausreichende Dimensionierung nach Eigenschaften der FußgeherInnen.

---

<sup>5</sup>Dies zeigt zum Beispiel das Level of Service mit Kategorien, welche im nächsten Kapitel vorgestellt werden.

	Raumbedarf	
	sehr bequem	Mindestmaß bequemer Gehkomfort
Einzelperson mit aufgespanntem Schirm	1,00m	0,80m
Einzelperson mit Gepäck/mit Kinderwagen	1,00m	0,80m
Einzelperson mit Rollstuhl	1,20m	1,00m
Paar mit Gepäck/aufgespanntem Schirm	2,00m	1,60m
Person mit Kind an der Hand	1,50m	1,30m
Person mit Hund	1,50m	1,30m

**Tabelle 3:** Bemessungswerte des Fußgängerbewegungsraumes. Quelle: Thaler (1993, S. 65)

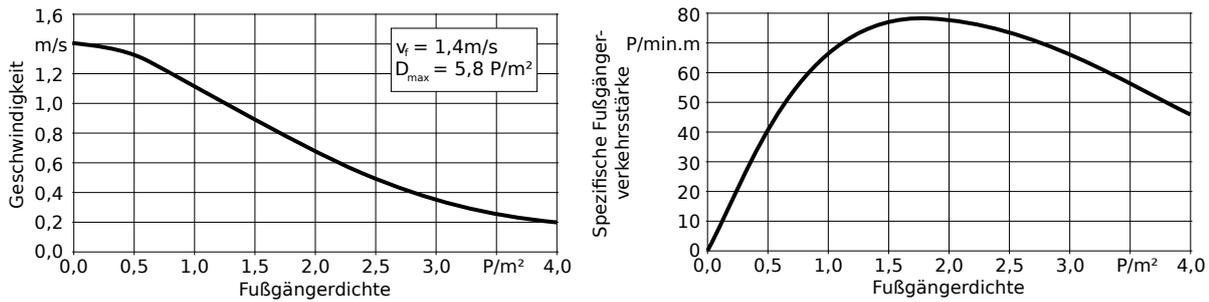
**Abstand zum Fahrbahnrand und zu Hindernissen am Gehsteig** Ein angemessener Abstand zur Fahrbahn oder zum Parkstreifen ist notwendig, um einerseits ein Sicherheitsgefühl vor Autos zu gewährleisten und andererseits die FußgeherInnen vor Autotüren und Spritzwasser zu schützen. Der Abstand soll mindestens 0,7m aufweisen und bei Senkrecht- und Schrägparkern aufgrund des Überhangs erhöht werden. Auch Hindernisse am Gehsteig, wie Verkehrszeichen, Ampeln, Mistkübel oder Hydranten, müssen in die Planung der Gehsteigquerschnitte miteinbezogen werden.

**Witterungseinflüsse** Bei besonderen Witterungsverhältnissen, wie Regen oder Schnee, erhöht sich der nötige Raumbedarf aufgrund von Regenschirmen oder Spritzwasser.

### 6.2.2.2 Bewertung der Bequemlichkeit im Zusammenhang mit der FußgeherInden-dichte

Nach Schnabel und Lohse (2011a, S. 439) sind die grundlegenden Kenngrößen des FußgeherInnenverkehrs Geschwindigkeit, Dichte und Verkehrsstärke. Der Zusammenhang zwischen den Größen wird in der Abbildung 5 auf der nächsten Seite dargestellt.

Die Personendichte stellt die Haupteingangsgröße zur Beurteilung der Verkehrsqualität auf Gehwegen nach den Level of Service Stufen (LOS) dar. Diese sind im Handbuch für Bemessung von Straßenverkehrsanlagen definiert (vgl. Schnabel und Lohse, 2011a, S. 442f). Die Stufen reichen von A bis F und sind in der Tabelle 5 näher beschrieben. In der Tabelle 4 sind die spezifischen Dichten und Stärken in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit dargestellt. Es ist zu erkennen, dass ab einer Dichte von 1,9 Personen



**Abbildung 5:** Links: Geschwindigkeit-Dichte-Beziehungen auf Gehbahnen. Rechts: Verkehrsstärke-Dichte-Beziehung - Fundamentaldiagramm des Fußgängerverkehrs. Quelle: Schnabel und Lohse (2011a, S. 439)

pro m² die Kapazität des Gehwegs erreicht wird und ein Vorwärtsbewegen nicht mehr möglich ist. Diese Dichte definiert daher die niedrigste LOS Stufe.

Kenngrößen	Gehbahnen, Fußgängerbereiche, Rampen									
Geschwindigkeit $v$ [m/s]	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7*	0,6**	
sp. Verkehrsstärke $q_s$ [P/min · m]		50	61	68	73	76	78	79*	77**	
Dichte $D$ [P/m²]		0,64	0,84	1,02	1,21	1,41	1,63	1,87*	2,15**	

\* Kapazitätswerte, \*\* Werte im instabilen Bereich

**Tabelle 4:** Geschwindigkeiten, Verkehrsstärken und Dichten auf Anlagen des Fußgängerverkehrs, Kennwerte für ebene Bahnen. Quelle: Schnabel und Lohse (2011a, S. 442).

Eine andere Beurteilungsmethode definiert Schopf (1985), da er feststellte, dass die Qualität des Gehens nicht allein von der Dichte abhängt, sondern von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Behinderung beim Begegnen oder Überholen anderer Personen (vgl. Schopf, 1985). Das von ihm entwickelte Verfahren zur Bewertung der Qualitätsstufen berechnet, in Abhängigkeit von der Anzahl der FußgeherInnen und des Freiraums entsprechend der definierten Qualitätsstufen, die Anzahl von Behinderungen auf einem bestimmten Gehwegabschnitt. Treten diese Behinderungen maximal alle 50m auf, so wird die höchste Qualitätsstufe erreicht. Wenn eine Behinderung alle 5m oder öfters auftritt, so ist der Abschnitt als sehr unbequem zu bewerten.

Es ist grundsätzlich zu erkennen, dass die Bewertung der Qualität nicht von der Geschwindigkeit abhängt, wie beim Kfz-Verkehr, sondern vom Komfort der Personen.

QSV	Fußgängerdichte $D [P/m^2]$	Personenfläche $P_{Fl} [m^2/P]$	Eigenschaften
A	0,1	10	Bahn und Geschwindigkeit frei wählbar, Konflikte zwischen FußgeherInnen unwahrscheinlich.
B	0,25	4	Geschwindigkeiten frei wählbar, Bewegungskonflikte vermeidbar, aber auf andere Personen muss geachtet werden.
C	0,6	1,67	Normale Gehgeschwindigkeit möglich, Konflikte möglich.
D	1,3	0,77	Geschwindigkeitswahl und Überholmöglichkeiten eingeschränkt, Konfliktwahrscheinlichkeit hoch. Verkehr noch flüssig, aber erhebliche Reibungen treten auf.
E	1,9	0,53	Geschwindigkeit und Schrittmaß müssen angepasst werden. Überholen nicht möglich. Stockungen und Unterbrechungen im Verkehrsfluss.
F	1,9	0,53	Gehgeschwindigkeit und Vorankommen stark eingeschränkt. Kontakte zu anderen Fußgängern unvermeidbar. Verkehrsfluss ist instabil.

**Tabelle 5:** Qualitätsstufen für Gehbahnen nach dem deutschen Handbuch für Straßenverkehrsanlagen. Quelle: Schnabel und Lohse (2011b, S. 443)

### 6.2.2.3 Effekte des Raummangels auf das Verhalten

Zwischen der Dichte der FußgeherInnen und deren Geschwindigkeit gibt es einen Zusammenhang. Schon ab 0,5 Personen/m<sup>2</sup> sinkt die Geschwindigkeit um 10%, bei 1,5 Personen/m<sup>2</sup> gibt es einen Rückgang um 50%. Ab 5,4 Personen/m<sup>2</sup> ist eine Bewegung in der Menge kaum mehr möglich (vgl. Thaler, 1993, 26).

Wenig Freiraum bzw. Behinderungen verursachen Stress bei den FußgeherInnen. Nach Untersuchungen von Bornstein (vgl. Spiegel, 1992) steigt die FußgeherInnengeschwindigkeit wenn die Dichte von Menschen so hoch wird, dass sie sich bedrängt fühlen. Diese erhöhte Geschwindigkeit ist Ausdruck fehlender Sicherheit, denn sie liegt über der energetisch optimalen Geschwindigkeit. Die FußgeherInnen wenden demnach mehr

Energie in unangenehmen Situationen an. Dies gilt auch für Lärm oder starke optische Reize.

Konflikte zwischen FußgeherInnen aufgrund des Raummangels treten kaum auf. Konfliktpotenzial ist aber zwischen Radfahrer- und FußgeherInnen möglich und muss daher näher betrachtet werden.

Unfälle zwischen RadfahrerInnen und FußgeherInnen treten selten auf oder werden, da Verletzungen kaum vorkommen, nicht registriert. Aus diesem Grund sind statistische Unfallzahlen zwischen diesen Verkehrsarten sehr selten (vgl. Hanzl, 2001, S. 46). Das Risiko einer Verletzung liegt aber vorwiegend bei den FußgeherInnen (8 von 10 Beteiligten, im Vergleich RadfahrerInnen 3 von 10). Schwere Unfälle treten fast nie an Gehwegen oder in Fußgängerzonen auf, da an diesen Orten die Fahr- und Gehgeschwindigkeiten niedrig sind (vgl. Hanzl, 2001, S. 48).

Als Ursachen für Konflikte können drei Punkte genannt werden (vgl. Hanzl, 2001, S. 52):

**Informationsmangel:** Dabei handelt es sich entweder um Verkehrszeichen, welche zum Beispiel das Radfahren erlauben oder verbieten, oder um Zeichen, die vom Konfliktpartner ausgehen.

**Überforderung der VerkehrsteilnehmerInnen:** Ablenkungen oder unüberschaubare Plätze im Straßenraum können komplexe Situationen hervorrufen, welche besonders von älteren Personen, Kindern und anderen, die nicht sicher unterwegs sind, schwieriger gelöst werden. Auch rücksichtsloses Fahren ohne auf andere VerkehrsteilnehmerInnen achtzugeben, kann zu kritischen Situationen führen.

**Mängel im Straßenraum:** Als Mängel im Straßenraum werden Raummangel sowie Sicht Einschränkungen und Hindernisse, wie Sitzbänke, mobile Verkaufsstände genannt. Auch die getrennte Führung des Radverkehrs in Fußgängerzonen kann Probleme auslösen, da FußgeherInnen selten auf Bodenmarkierungen achten, was bei den RadfahrerInnen ein Revierverhalten auslöst. Des Weiteren fördern solche getrennten Radwege höhere Geschwindigkeiten beim Radverkehr (vgl. Knoflacher, 1995, S. 142). Der Bodenbelag soll daher so gewählt werden, dass eine Nutzungsmischung erkennbar ist.

Die Verträglichkeit der beiden Verkehrsarten ist aber insgesamt als gut einzustufen. Zu diesem Ergebnis kommt Hanzl (2001) durch Beurteilung der Geschwindigkeiten, Abstände beim Vorbeifahren, sowie der Reaktionen der RadfahrerInnen und FußgeherInnen in Fußgängerzonen. Es wurden keine Konflikte, sondern nur Reaktionen und

Interaktionen registriert. Solche Reaktionen waren Ausweichbewegungen oder Reduktion der Geschwindigkeit. Das Absteigen vom Fahrrad wurde in Fußgängerzonen sehr oft registriert. Die Konfliktminderung geht dabei vor allem von RadfahrerInnen aus, da sie aufgrund der höheren Geschwindigkeiten den Sicherheitsabstand steuern und die Geschwindigkeit leichter anpassen können. Nach der Beurteilung von Hanzl ist die allgemeine Akzeptanz der RadfahrerInnen in Fußgängerzonen gegeben. Auch wird dabei ein hoher Selbstregulierungsgrad erzielt. Der Flächenbedarf ist dabei meist nicht problematisch, denn Raummangel und ungenügender Abstand zu den FußgeherInnen kann durch Reduktion der Geschwindigkeit kompensiert werden. Trotz dessen ist es möglich, dass in den Sicherheitsraum der FG eingedrungen wird, was zur subjektiven Beeinträchtigung des Sicherheitsempfindens der FußgeherInnen führen kann. Die objektive Sicherheit ist davon aber kaum betroffen. (vgl. Hanzl, 2001, S. 18, 99, 132f, 136).

Insgesamt kann festgestellt werden, dass das Konfliktpotenzial zwischen FußgeherInnen und RadfahrerInnen weniger auf bauliche Mängel sondern auf die fehlende Kommunikation zwischen den VerkehrsteilnehmerInnen zurückgeführt werden kann, die RadfahrerInnen allgemein jedoch keinen nennenswerten Effekt (weder negativ noch positiv) auf das Verhalten der FußgeherInnen haben.

### **6.2.3 Emissionen**

Die Aussendung von negativen Substanzen an die Umwelt durch den Kfz-Verkehr senkt die Qualität des Straßenraums und hat folglich einen Einfluss auf das Verhalten der FußgeherInnen. Zu den wichtigsten Emissionsarten im Straßenraum gehören Lärm und Schadstoffe.

#### **6.2.3.1 Lärm**

Nach Steubing (1999, S. 26) ist Lärm ein „unerwünschter, störender oder gesundheitsschädlicher Schall, der von einer Beeinträchtigung des seelischen und körperlichen Wohlbefindens bis zur schweren Hörstörungen führen kann.“

Der Straßenverkehrslärm besteht aus Geräuschen der Fahrbahn und des Antriebs. Die Antriebsgeräusche sind abhängig vom Aufbau des Antriebsstranges und der Fahrzeugart, der Verkehrssituation und dem individuellen Fahrverhalten. Das Fahrbahngeräusch hängt von der Beschaffenheit der Fahrbahn und der Reifen ab. Fahrbahngeräusch und Antriebsgeräusch haben gleichen Anteil am Verkehrslärm. Die Ausnahme davon sind Kreuzungen, da in dem Fall die Antriebsgeräusche dominieren.

**Wahrnehmung und Wirkungen** Nach Steubing (1999, S. 27) fühlen sich über 70% aller Deutschen durch Straßenverkehrslärm beeinträchtigt. Straßenverkehrslärm verursacht meist keine bleibenden physischen Hörschäden, kann aber starke Wirkungen während der Aufenthaltsdauer im Straßenraum aufweisen. Mögliche Effekte sind nach Steubing (1999, S. 29) Nervosität, Minderung der Konzentrations- und Leistungsfähigkeit sowie Behinderungen in der Kommunikation.

### 6.2.3.2 Schadstoffe

Kfz emittiert sowohl organische, als auch anorganische Stoffe. Dazu gehören Gase, Partikel, Abrieb von Bremsbelägen und Fahrzeugreifen, Tropfverluste, Fahrbahnabrieb, salzhaltiges Spritzwasser und weitere (vgl. Steubing, 1999, S. 33).

Diese Stoffe wirken sich sowohl direkt, als auch indirekt aus, zum Beispiel als Beitrag zum Treibhauseffekt oder durch Bildung neuer Verbindungen in der Atmosphäre, wie Ozon.

Auf die Belastung durch Schadstoffe im Straßenraum haben viele Faktoren einen Einfluss, wie das Kfz-Aufkommen, der Verkehrsfluss, meteorologische Bedingungen, aber auch räumliche Gegebenheiten. So verhindert dichte Bebauung den Luftaustausch, Bepflanzung kann hingegen als Filter wirken. Die Schadstoffe bleiben auf Blättern haften und werden mit dem nächsten Regen auf den Boden gespült (vgl. Steubing, 1999, S. 37). Der Einfluss der Straße auf die Konzentration der Schadstoffe in der Umgebung wurde von Knoflacher (1991) untersucht. Demnach ist die Immissionskonzentration von  $CO$  und  $NO_2$  an einer stark befahrenen Straße dreimal so hoch, wie auf einer Fußgängerzone.

Die Wirkung der Schadstoffe ist von der Konzentration und Einwirkzeit abhängig. Da sie sehr niedrig emittiert werden, werden die Atemwege leicht erreicht. Die Schadstoffe sind meist nicht akut gefährdend, außer bei besonderen Bedingungen, wie Inversionswetter, Kessellage der Trasse oder hoher Verkehrsdichte (vgl. Steubing, 1999, S. 42). Die Schadstoffe wirken auf den Körper als Atmungsgifte und Reizstoffe für die Atmungsorgane.

Starke Luft- wie Lärmverunreinigung wird von den FußgeherInnen negativ wahrgenommen (vgl. Hanzl, 2001, S. 10). Mögliche direkte Reaktionen sind Kürzung der Aufenthaltsdauer bis zur Meidung von stark befahrenen Straßen.

## 6.3 Positive Außenreize

### 6.3.1 Eigenschaften und Quellen der positiven Reize

Die Attraktivität des Straßenraums ist stark mit dessen Einprägsamkeit verbunden (vgl. Lynch, 1968, S. 20). Nach Lynch ist Einprägsamkeit „jene Eigenschaft eines Gegenstan-

des, die mit großer Wahrscheinlichkeit in jedem Beobachter ein lebendiges Bild eines Gegenstandes hervorruft“. Dieses lebendige Bild kann nach Lynch nur dann entstehen, wenn die Strukturen leicht ablesbar sind, was aber nicht mit Einfachheit oder Langeweile verwechselt werden darf. Vielmehr müssen die Strukturen besondere Eigenschaften besitzen, durch die sie hervorgehoben werden, wie charakteristische Gestaltung des Raums und des Lichteinfalls, des Bodenbalgs, bis zu auffallenden Mischungen von Geräuschen oder Gerüchen (vgl. Lynch, 1968, S. 133). Wenn die Eigenschaften des Straßenraums wie Farbe, Form, Wahrnehmung von Bewegung etc. für das Sichzurechtfinden verwendet werden, so entsteht nach Lynch durch die Verbindung zwischen dem Individuum und der Umwelt das Gefühl der Sicherheit. Die Einprägsamkeit im Straßenraum steigert dadurch einerseits das Erleben der Umgebung, erleichtert aber vor allem die Orientierung. Lynch (1968, S. 13) schreibt, dass „(...) ein deutliches Bild einen befähigt, sich leicht und schnell umherzubewegen (...)“. Dadurch wird es möglich, schnell die gewünschten Ziele zu erreichen, aber es bildet auch eine Basis, um Beziehungen zu bilden sowie Aktivität zu fördern.

Im Folgenden wird eine Zusammenstellung der Faktoren vorgestellt, die sich positiv auf die Attraktivität des Straßenraums auswirken. Aufgrund der subjektiven Straßenraumwahrnehmung werden hier nur objektiv messbare Komponenten beschrieben.

**Bauliche Umgebung** Die Gestaltung der baulichen Umgebung stellt einen wichtigen Attraktivitätsfaktor dar, was sich an deren Effekten messen lässt. So werden Wege in einer attraktiven Umgebung als kürzer empfunden (vgl. Knoflacher, 1995, S. 63ff). Eine hohe positive Wirkung haben abwechslungsreiche und kleinteilige Gebädefassaden und weiterführende Straßenlinien. Laut den Ergebnissen der Studie von Daschütz (2003) haben Flächen für den ruhenden Verkehr einen signifikanten negativen Effekt auf das Wohlfühlen im Straßenraum, da sie Gefühle der Störung hervorrufen.

**Witterungsschutz** Der Schutz vor direkter Sonne kann durch Bepflanzung sichergestellt werden, was auch Vorteile für das Mikroklima der Straße bringt. Eine funktionierende Schneeräumung auf den Gehsteigen muss ebenso gewährleistet werden, um die Nutzung der Wege zu intensivieren. Schutz vor Spritzwasser soll durch Entwässerung und genügend Abstand von der Fahrbahn erfolgen. Auch der Rutschgefahr muss mit entsprechendem Bodenbelag entgegengewirkt werden. Sowohl Schnee- und Regenschutz können durch Arkaden und Passagen hergestellt werden. Solche baulichen Objekte bieten auch Schutz vor Fahrzeugen und erhöhen die Aufmerksamkeit und Attraktivität beim Gehen, was in weiterer Folge Wohlbefinden und Identifikation mit der Umgebung fördert. (vgl. Thaler, 1993, S. 110f)

**Möblierung** Die Möblierung zieht statische Personen in den Straßenraum, was wiederum verschiedene Nutzungen, wie Cafes und Geschäfte anziehen kann. Die Möblierung schafft Entspannungsmöglichkeiten, fördert soziale Kontakte und ist daher sowohl für ruhige, als auch für belebte Plätze wichtig (vgl. Daschütz, 2003).

**Grünraum, Bepflanzung** Der Grünraum ist laut Daschütz (2003) eine wichtige Voraussetzung für die Attraktivität des öffentlichen Raums. BesucherInnen sind umso zufriedener, je mehr Sträucher und Bäume vorhanden sind. Grünflächen lockern den Stadtraum auf und verbessern das Mikroklima. Bäume können als Schattenspender für Sitzgelegenheiten dienen. Auch Blumenschmuck auf den Fassaden dient als Auflockerung.

**Beleuchtung** Die Beleuchtung hat mehrere Aufgaben. Zum einen schafft sie eine sichere Verkehrsführung durch das Erkennen anderer VerkehrsteilnehmerInnen sowie von Gefahrenstellen. Dadurch stellt sie auch ein subjektives Sicherheitsgefühl her. Zum anderen kann sie durch Schaffung einer angenehmen Atmosphäre sowie durch Raumbildung und -gliederung auch Attraktivität fördern (vgl. Thaler, 1993, S. 114f).

**Orientierungshilfen** Nach Knoflacher (1995, S. 119) soll die Orientierung am besten durch die Objekte selbst (wie Kirchtürme, hohe Gebäude und andere Dominanten) hergestellt werden. Ergänzende Wegweisung soll unaufdringlich sein und außerdem Informationen über Hindernisse oder Barrieren anbieten.

### **6.3.2 Effekte auf das Verhalten von FußgeherInnen**

Unterschiede in der Attraktivität des Straßenraums führen zu verschiedenen Verhaltensweisen der FußgeherInnen. Im Folgenden werden diese Effekte vorgestellt.

#### **6.3.2.1 Wahrnehmung des Raums**

Mit der Attraktivität des öffentlichen Raums erhöht sich die Bereitschaft zu Fuß zu gehen. Die Gehdistanzen in attraktiven Fußgängerzonen sind bis zu drei mal so lang wie im Normalfall (vgl. Thaler, 1993, S. 47). Das deutet darauf hin, dass Wege kürzer erscheinen als in einer unattraktiven Umgebung. Peperna (1982), der in seiner Diplomarbeit den Zusammenhang zwischen Ästhetik der Umgebung und dem Mobilitätsverhalten untersucht, kommt zum Ergebnis, dass die akzeptierte Fußweglänge mit der Attraktivität des Raums steigt. Auch die Erkenntnisse der Untersuchungen von Walter (1975) (zit. nach Spiegel, 1992, S. 95) bestätigen, dass ein angenehmes Umfeld von Haltestellen des öffentlichen Verkehrs dazu führt, dass Personen eher bereit sind, längere Wege in Anspruch zu nehmen, um diese Haltestellen zu erreichen. Es ist daher wichtig, nicht nur

die Qualität von kurzen Straßenabschnitten zu erhöhen, sondern eine flächendeckende Attraktivitätssteigerung zu gewährleisten. Die Details des Straßenraums machen den Weg interessant und fungieren dadurch auch als Ablenkung, sodass negative Außenreize wie Lärm, Abgase und Witterungseinflüsse weniger stark wahrgenommen werden (vgl. Thaler, 1993, S. 24).

### **6.3.2.2 Wahrnehmung der Zeit**

Die Zeiteinschätzung ist subjektiv und von mehreren Faktoren, wie dem persönlichen Empfinden oder dem Zweck der Aktivität, aber auch von der Gestaltung des Umfeldes abhängig (vgl. Knoflacher, 1996). Nach Untersuchungen von Whitrow (1980) und Bertalanffy (1968)(zit. nach Spiegel, 1992, S. 94f) korreliert das Zeitempfinden mit der Anzahl der Reize positiv. Spiegel schreibt, dass man daraus einen falschen Schluss ziehen könnte und die Wege so monoton wie möglich gestalten, damit sie als kurz empfunden werden. Doch wird das Bewegen auf monotonen Straßen als besonders lang empfunden. Der Grund dafür liegt nach Whitrow darin, dass wir auch langweiligen Situationen Beachtung schenken.

### **6.3.2.3 Straßenraum als Begegnungsraum**

Die Straße hatte im Mittelalter die Funktion eines öffentlichen Raums, der im Eigentum aller Menschen war und daher von allen gepflegt wurde. Da es kein Verkehrsaufkommen gab, war kaum Gefahrenpotenzial vorhanden. Die Verdrängung dieser Funktion kam mit der industriellen Revolution, welche die Trennung des Wohn- und Arbeitsortes verursachte. Die neue Funktion des Straßenraums war die der Fortbewegung. Die BewohnerInnen fühlten sich nicht mehr als EigentümerInnen der Straße, sondern als deren BenutzerInnen und vernachlässigten deren Pflege und Erhaltung (vgl. Loydolt, 1995, 95ff). Die Funktion der Straße als öffentlicher Begegnungsraum wird dort wahrgenommen, wo deren Attraktivität es zulässt. Eine unattraktiv geplante Fußgängerzone wird nicht zum Stadtraum, sondern zur Straße für FußgeherInnen, die es nicht schafft die Gesellschaft aus ihrer Privatheit zu lösen (vgl. Loydolt, 1995, S. 45). Diesem gesellschaftlichen Zurückziehen in die Privatheit kann nach Loydolt durch gezielte Planung des Straßenraums entgegengewirkt werden.

## **6.4 Attraktoren: Nutzungen, Einrichtungen**

Als Attraktoren werden hier Quellen von Außenreizen definiert, mit denen FußgeherInnen direkt interagieren können. Das sind Einrichtungen und Nutzungen, die entweder

den Zweck der Reise darstellen oder während des Aufenthalts im Straßenraum genutzt werden.

Nach Ziehe (1998, S. 35ff) beruht die Attraktivität von Einzelhandelszentren einerseits auf dem Stadt- und Einkaufserlebnis (durch Faktoren wie Sauberkeit, Begrünung, Grünflächen, Stadtbild und Umweltqualität) und andererseits auf dem Angebot des Einzelhandels und sonstigen Angeboten. Das Einzelhandelsangebot kann quantitativ (zum Beispiel durch Messung der Gesamtverkaufsfläche oder des Umsatzes) und qualitativ (wie durch Analyse der Einkaufsatmosphäre oder des Ambiente) bewertet werden. Das sonstige Angebot sind kulturelle und Bildungseinrichtungen, Gastronomie, Hotels, Erwerbsmöglichkeiten, Freizeit- und Sportangebot wie Kinos etc. Ziehe macht darauf aufmerksam, dass die Faktoren sowohl entlastende, als auch belastende Einwirkungen haben können. Diese Dualität kann zu Interessenskonflikten führen. Sowohl das physische und psychische Befinden als auch derzeitige Handlungsrahmenbedingungen einer Person tragen zur Beurteilung der Attraktivität bei.

Als Attraktor kann auch die Erreichbarkeit des Einzelhandelszentrums angesehen werden. Ziehe (1998, S. 42f) unterscheidet zwischen innerer und äußerer Erreichbarkeit:

Die äußere Erreichbarkeit entsteht zwischen dem Herkunftsort und dem Zielgebiet. Sie hängt vom subjektiv bewerteten Aufwand an Reisezeit und -kosten ab. Diese Erreichbarkeitsvorstellung erklärt zusammen mit der subjektiv bewerteten Attraktivität des Einkaufszentrums dessen Kaufkraftbindungspotenzial. Es ist anzumerken, dass die äußere Erreichbarkeit nicht - wie oft vor allem von Geschäftstreibenden angenommen<sup>6</sup> - von der Anzahl der Parkplätze abhängt. Die Analyse von Ziehe zeigt, dass die ÖPNV-Anbindung und Häufigkeit die Kaufkraftbindung besser erklärt, als die Anzahl von Parkmöglichkeiten (vgl. Ziehe, 1998, S. 30).

Als innere Erreichbarkeit wird die Überbrückung von Entfernungen innerhalb des Zielgebiets definiert. Der Widerstand ein Ziel zu erreichen ist stark mit dem physischen und psychischen Aufwand verbunden. Er hängt sowohl von den äußeren Reizen also vom physischen Energieaufwand, den Barrieren, der Ästhetik des Straßenraums als auch von individuellen Faktoren wie zum Beispiel der Einstellung gegenüber der Attraktivität des potenziellen Ziels ab. (vgl. Ziehe, 1998, S. 21f)

---

<sup>6</sup>Rogler stellte fest, dass Geschäftsleute dazu neigen, den AutokundInnen mehr Bedeutung beizumessen, als deren Anteil an allen KundInnen ist. Sie tendieren auch dazu, Verkehrsberuhigungsmaßnahmen als negativ einzuschätzen, auch wenn sie zu höheren PassantInnenzahlen führen. Die GeschäftsinhaberInnen bewerten das Parken als den wichtigsten Standortfaktor, der aber von den InnenstadtbesucherInnen nur zweitrangig bewertet wird (vgl. Rogler, 2000, S. 76f). Der Autor der Studie verdeutlicht, dass der Vergleich mit Einkaufszentren auf grüner Wiese und die Hervorhebung der schlechteren Erreichbarkeit der Innenstadt durch die Geschäftstreibenden dazu führen kann, dass potenzielle KundInnen abgeschreckt werden.

## 7 Theorien der FußgeherInnenmodellierung

### 7.1 Modellierung und deren Anwendungsbereiche

Bei einer Modellierung werden Systeme anhand der Abstraktion und Darstellung untersucht. Dadurch können Auswirkungen geplanter Maßnahmen auf diese Systeme untersucht werden. Das definierte Modell erzeugt aber keine Lösungen, sondern zeigt lediglich mögliche Effekte der Maßnahmen auf die Systemelemente auf (vgl. Macoun, 2000).

Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf Modellen, die das Verhalten von FußgeherInnen im Straßenraum beschreiben. Die Erforschung des FußgeherInnenverhaltens im Straßenraum anhand von Modellen wurde in den letzten zehn Jahren vermehrt betrieben und umfasst sowohl den Makrobereich wie zum Beispiel FußgeherInnenströme, als auch die Mikroebene, wo das individuelle Verhalten der FußgeherInnen abgebildet wird. Die Entscheidungsprozesse der FußgeherInnen im Straßenraum, die dabei modelliert werden, umfassen Interaktionen mit anderen FußgeherInnen und/oder der Umwelt, aber auch die Tätigkeitsagenden der einzelnen Individuen. (vgl. Papadimitriou, 2012, S. 242f)

Wichtige Anwendungsbereiche der FußgeherInnenmodellierung im urbanen Raum sind Simulationen von unerwarteten Ereignissen bei großen Menschenansammlungen wie Festen oder Straßenparaden zum Zweck der Entlastung gefährlicher Situationen. Ereignisse die dabei simuliert werden, sind Panikszenerarien oder Einsätze von Rettungsfahrzeugen. Dabei werden folgende Phänomene untersucht: Stauung an Ein- und Ausgängen („bottleneck“), Gegenstrom der FußgeherInnen („bi-directional flows“) sowie Bewegung in geschlossenen Korridoren (vgl. Airault et al., 2004, S. 2).

Modelle werden auch von StadtplanerInnen und DesignerInnen verwendet. Physikalische Charakteristika, wie die im Kapitel 6 beschriebenen Außenreizquellen, können als Faktoren in Modelle aufgenommen werden, um deren Auswirkungen auf das Verhalten analysieren zu können. Auf der Mikroebene sind dadurch beispielsweise Optimierungen der Aufstellung von Straßenmöblierungen, Ticketautomaten und Zeitungsständern oder Studien zu optimalen Gebäudegrundrissen möglich (vgl. Borgers und Timmermans, 2005, S. 3). Andere Anwendungsbereiche umfassen die Vorhersage der Auswirkungen von Infrastrukturmaßnahmen, Parkraumbewirtschaftungsregelungen oder Effekten von veränderten FußgeherInnenströmen in Geschäftsbereichen. Durch Modellierung ist es möglich, Engpässe in den Planungen festzustellen und sie zu beseitigen.

## 7.2 Nützlichkeit von Modellen

Die Modellierung von Verhaltensprozessen der FußgeherInnen bringt den Nutzen der Analyse der Auswirkungen von geplanten Maßnahmen auf das Gesamtsystem. Insbesondere können dabei Situationen untersucht werden, bei denen Experimente nicht möglich, unsicher oder zu kostenintensiv wären. Molnár (1996, S. 30) nennt weitere Vorteile der Verhaltensmodellierung von FußgeherInnen: Mit Hilfe der Simulation können Eigenschaften von Individuen in Fußgängerströmen detailliert untersucht werden. Faktoren wie Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen können auf diese Weise ohne Erhebungsaufwand bestimmt werden. FußgeherInnen können mit individuellen Eigenschaften ausgestattet und dadurch die Zusammensetzung des realen FußgeherInnenstroms besser abgebildet werden. Das ist notwendig, da Faktoren wie Alter, Geschlecht, Wegzweck oder Größe einer Gruppe von Personen das Verhalten im Straßenraum beeinflussen. Die simulierten FußgeherInnen können auch mit Verhaltensregeln ausgestattet werden, welche von den lokalen Gegebenheiten abhängen. Dadurch kann eine bessere Anpassung an reale Bedingungen erreicht werden.

## 7.3 Anforderungen an Modelle

Folgende Anforderungen werden an Verkehrsmodelle gestellt (vgl. Wermuth, 2005, S. 245f):

**Adäquatheit und Maßnahmenempfindlichkeit:** Das Modell muss einerseits die Prozesse des Verkehrsraums abbilden und andererseits auf Wirkungen von Maßnahmen reagieren. Unterschiedliche Fragestellungen fordern daher verschiedene Modelle.

**Logische Konsistenz:** Der Aufbau des Modells darf keine Widersprüche beinhalten.

**Operationalität:** Der Aufwand, ein Modell zu betreiben, muss vertretbar sein.

**Transparenz:** Die Nachvollziehbarkeit der Funktionsweise und der Ergebnisse von Modellen muss gewährleistet werden.

Die Validität des Modells ist stark von dessen Methodologie und der angewendeten Modellierungstechnik abhängig (vgl. Papadimitriou, Yannis und Golias, 2009, S. 247). Eine adäquate Definierung des Modellrahmens stellt sich insofern als schwierig dar, da Wege von FußgeherInnen im Straßenraum komplex sein können, oft Richtungswechsel und kein vordefiniertes Ziel beinhalten (vgl. Lassarre et al., 2007, S. 1230). Des Weiteren muss auch das Querungsverhalten, sowohl die Anzahl von Querungen, als

auch deren Zeitpunkt und Ort, in das konzeptionelle Design miteinbezogen werden (vgl. Papadimitriou, 2012, S. 76).

Durch Kalibrierung werden die im Modell definierten Parameter mit Hilfe von empirischen Daten an die realen Gegebenheiten angepasst. Die am häufigsten verwendete Methode der Erhebung, die Videoanalyse, kann aufgrund der Sicht einschränkung nicht auf der Ebene des gesamten Wegs angewandt werden und bietet sich auch nicht zur Erhebung von individuellen Merkmalen wie Alter und Geschlecht an. Zur Datensammlung werden auch Interviews und Fragebögen eingesetzt, die aufgrund von Antwortverzerrungen häufig nicht die tatsächlichen Einstellungen abbilden. Aufgrund dieser Schwierigkeiten werden oft mehrere Erhebungsmethoden kombiniert oder aufwendigere Techniken angewandt, wie zum Beispiel die Shadowing Methode, das Folgen von Passanten von der Quelle zum Ziel. Dabei werden die Entscheidungen der FußgeherInnen und gleichzeitig ihre Eigenschaften und die Beschaffenheit des Straßenraums aufgezeichnet. (vgl. Batty und Longley, 2003, S. 7f)

Die Interpretation der Ergebnisse muss im Hinblick auf die Definition des Modells erfolgen. Sie ist daher nur dann sinnvoll, wenn alle Rahmenbedingungen des Modells und der realen Gegebenheiten, welche abgebildet werden, miteinbezogen werden (vgl. Batty und Longley, 2003, S. 3).

## **7.4 Modellierungsmethoden**

In diesem Kapitel werden Umsetzungsstrategien von Modellen des Verhaltens von FußgeherInnen diskutiert. Es wurden nur Modelle aus wissenschaftlichen Publikationen der letzten Jahre berücksichtigt. Die Modelle unterscheiden sich teilweise stark, sowohl in den Algorithmen, als auch in den untersuchten Straßenräumen sowie den Eigenschaften und Dichten der analysierten FußgeherInnen. Aus diesem Grund ist ein genauer Vergleich der Modelle nicht möglich. Das Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über den Stand der Forschung zu gewährleisten.

FußgeherInnenorientierte Modelle werden nach der Ebene der Betrachtung in makro- und mikroskopische Modelle unterteilt (vgl. Molnár, 1996, S. 27f).

### **7.4.1 Makroskopische Modelle**

Makroskopische Modelle untersuchen globale Parameter des FußgeherInnenverkehrs, nämlich Dichten, Geschwindigkeiten und Verkehrsstärken. Bewegung und Interaktionen bleiben bei diesen Modellen unberücksichtigt. Sie gehen von gleichmäßig verteilten Dichten aus, was zur Folge hat, dass nur Mittelwerte bei den definierten Flächen betrachtet werden (vgl. Molnár, 1996, S. 27).

Das Fundamentaldiagramm des Verkehrsflusses von FußgeherInnen basiert auf einem makroskopischen Modell (siehe Abb. 5 auf Seite 32). Dabei wird der Zusammenhang zwischen Verkehrsstärken und Dichten von Anlagen des FußgeherInnenverkehrs in Abhängigkeit von den Geschwindigkeiten ausgedrückt, woraus sich die Kapazitäten der Anlagen ableiten lassen.

Makroskopische Modelle basieren auch auf Gastheorien, vorwiegend Gitter-Gas-Theorien (vgl. Airault et al., 2004, S. 4). Henderson (1971) beschreibt Verteilungen von Menschenmengen mit der Maxwell-Boltzmann-Verteilung und erreicht bei homogenen unabhängigen Mengen hohe Übereinstimmungen mit realen Vorgängen.

### **7.4.2 Mikroskopische Modelle**

Nach Molnár (1996, S. 28) wird in mikroskopischen Modellen das Verhalten aller Individuen durch Regeln gesteuert. Dadurch ist die gegenseitige Beeinflussung der AkteurInnen möglich, was insgesamt zu makroskopischen Effekten führt.

Da Modelle auf der mikroskopischen Ebene das Verhalten genauer abbilden können, sind Simulationen von vollständigen Wegekettens möglich. Dazu gehört sowohl die Wahl der Aktivitäten im Straßenraum, als auch die Planung der Route um diese ausführen zu können. Diese vielschichtigen Entscheidungsprozesse werden durch Algorithmen gelöst, die festgelegte Außenreize des Straßenraums und/oder individuelle Faktoren der simulierten Individuen einbeziehen. Im Folgenden werden Modellierungsmethoden dieser Entscheidungsprozesse dargestellt.

#### **7.4.2.1 Zielwahl und Aktivitätenplanung**

Unter Verkehrszielwahl wird die Aufteilung des Verkehrsaufkommens auf mögliche Ziele bei gegebener Quelle verstanden. Die Aufteilung ist das Ergebnis eines Entscheidungsmodells bezüglich der zu besuchenden Ziele.

Einzelhandelszentren werden aus unterschiedlichen Gründen besucht. Es ist einerseits möglich, dass die BesucherInnen eine vorher definierte Liste von Zielen haben, von der sie nicht abweichen und die Ziele auf dem schnellsten Weg erreichen wollen oder das Verhalten der Einzelnen wird von spontanen Entscheidungen geprägt, das Oberziel ist das Verweilen im Einzelhandelszentrum. Die Wahlentscheidung darüber, welche Ziele besucht werden, erfolgt dabei auf der Straße und wird von Attraktoren, Widerständen und der subjektiven Einstellung geprägt. Es ist außerdem eine Kombination der beiden Taktiken möglich, bei der manche Ziele vorgegeben, andere wiederum spontanen Entscheidungen ausgesetzt sind. Die Definition der Zielwahl und Aktivitätenplanung ist daher für die

Untersuchung von Einflüssen im Straßenraum und deren Modellierung von Bedeutung. Dabei werden vorwiegend drei Methoden angewandt, die anhand von ausgewählten Modellen vorgestellt werden.

Beim Modell von Antonini, Bierlaire und Weber (2004) werden die Ziele der simulierten FußgeherInnen im Vorhinein definiert, da sich das Modell auf die Bewegungen im Straßenraum konzentriert. Das minimiert aber die Möglichkeit spontaner Entscheidungen, weil Anziehungskräfte möglicher Ziele nicht berücksichtigt werden.

Beim Modell von Ali und Moulin (2006) (zit. nach Borgers, Kemperman und Timmermans, 2009), das das Verhalten in einem Einkaufszentrum simuliert, wird für jeden Gast eine Liste der zu besuchenden Geschäfte erstellt, welche in einer bestimmten Reihenfolge absolviert werden. Dieser Aktivitätenplan kann jedoch geändert werden, wenn der Gast an einem Geschäft vorbeigeht, das seinen Eigenschaften entspricht. Die Wahl, ob dieses neue Ziel besucht werden soll, folgt dabei dem Prinzip der Nutzenmaximierung mit unbeschränkter Rationalität. Aus einem Set von allen möglichen Alternativen wird die ausgewählt, die den besten Nutzen darstellt. Dieser Nutzen wird anhand der Parameter Geschäftsgröße und Sortiment errechnet.

Bei Zhu und Timmermans (2009) wird ein Modell begrenzter Rationalität eingesetzt. Dieses simuliert Einschränkungen kognitiver Fähigkeiten, was bedeutet, dass nicht alle potenziellen Faktoren bei der Entscheidungsfindung in Betracht gezogen werden, da sie nicht vollständig erfasst werden können. In diesem Modell haben die Individuen unterschiedliche Wahrnehmungsschwellen und die zur Verfügung stehenden Informationen werden mit heuristischen Methoden, die je nach Entscheidungskontext variieren, ausgewählt.

Unterschiede in den Ansätzen zur Modellierung der Zielwahl von FußgeherInnen auf Straßenebene sind in den Methoden, Indikatoren und Wahrnehmungsschwellen feststellbar. Es werden sowohl einfache stochastische Methoden angewandt, als auch Entscheidungswahl nach den Prinzipien der Nutzenmaximierung und der rationalen Entscheidungen. Die Rationalität der Entscheidungen wird dabei bei manchen Modellen begrenzt, indem einerseits der Einfluss der Indikatoren variiert wird und andererseits die Kosten für die Findung des optimalen Ziels miteinbezogen werden, was dazu führt, dass nicht das optimale, sondern das erste ausreichende Ziel gewählt wird. Zur Entscheidungsfindung werden Indikatoren der in Frage kommenden Ziele (Geschäftsgröße, Art der Waren) und der Individuen (Geschlecht, Alter) miteinbezogen, der Einfluss der Umwelt auf die Alternativenwahl konnte in keinem der betrachteten Modelle festgestellt werden.

### 7.4.2.2 Routenwahl

Der Großteil der Simulationen der Routenwahl in der mikroskopischen Ebene wird als Zellularautomaten modelliert, da es sich dabei um eine relativ einfache Simulationsform handelt (vgl. Papadimitriou, Yannis und Golias, 2009, S. 243). Zellulare Automaten sind eine Form der Modellierung von dynamischen Systemen, bei denen FußgeherInnen sich auf Zellen in einem definierten Raum bewegen. Der Zustand jeder Zelle ist dabei von den sie umgebenden Zellzuständen abhängig und wird in diskreten Zeitschritten nach bestimmten Regeln aktualisiert. Ein Beispiel für das Ergebnis einer solchen Simulation zeigt die Abbildung 6.



**Abbildung 6:** Zelluläre Simulation von Einkaufswegen in der Innenstadt von Wolverhampton Town. Die Farben wurden zwecks Lesbarkeit geändert. Quelle: Batty und Longley (2003, S. 17)

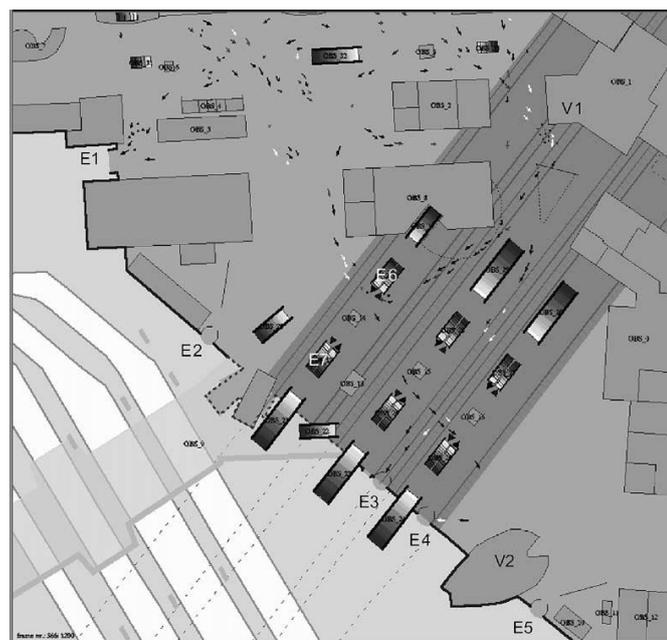
Das Modell von Blue und Adler (2001) ist ein zellulärer Automat zur Simulation und Analyse von FußgeherInnenströmen in Richtung und Gegenrichtung auf einem Gehsteigabschnitt. Das Modell untersucht die dabei entstandenen Dichten, Geschwindigkeiten und Strömungen der FußgeherInnen. Der definierte Raum besteht aus quadratischen Zellen in Rasterform. Es wurden 9 Verhaltensregeln der Aufprallvermeidung definiert, die je nach Bewegungsart eingesetzt werden. Die Bewegungsarten sind Vorwärtsbewegung, Ausweichen und Konfliktvermeidung. Die Standorte der FußgeherInnen im Raster werden parallel aktualisiert.

Das Modell Borgers, Kemperman und Timmermans (2009) ist ein komplexer zellulärer Automat zur Bestimmung der Routenwahl und Bewegungen von FußgeherInnen in

Innenstädten. Im Gegensatz zum vorigen Modell besteht der Bewegungsraum nicht aus quadratischen Zellen, sondern wird als ein Netzwerk von Kanten und Knoten, die die Straßen der Innenstadt abbilden, definiert. Einige Knoten werden als Startpunkte definiert. Die nächste Kante, die besucht werden soll, wird mit der Monte-Carlo-Simulation, die von der Besuchswahrscheinlichkeit aller angrenzenden Kanten abhängt, ausgewählt. Diese Wahrscheinlichkeiten werden mit einem Algorithmus, der die Eigenschaften der gerade simulierten Person und der Kante miteinbezieht, berechnet.

Eine Kombination von mehreren sich überlappenden und interagierenden Ebenen in einem zellularen Automaten ist möglich. Bei dem Modell von Burstedde et al. (2001) (zit. nach Papadimitriou, Yannis und Goliass, 2009) überlagert eine dynamische Ebene die statische. Die statische Ebene definiert den möglichen Bewegungsraum der FußgeherInnen und wird nicht verändert. Die dynamische Ebene wird zur Modellierung der Interaktionen zwischen den FußgeherInnen verwendet und ändert sich durch deren Präsenz. Der Aufenthaltsort der FußgeherInnen ist eine Funktion der Zustände beider Ebenen.

Eine weitere Form der Modellierung und Simulation der Routenwahl von FußgeherInnen stellen Agentenbasierte Modelle dar. Die simulierten Individuen (Agenten) sind dabei autonome Einheiten und können unabhängig handeln. Da die Modelle auf Konzepten der künstlichen Intelligenz basieren, sind kognitive Fähigkeiten und Lernvorgänge der Agenten ausführbar. Aus diesem Grund sind diese Modelle meist komplexer als Zellularautomaten. (vgl. Papadimitriou, Yannis und Goliass, 2009, S. 244)



**Abbildung 7:** Agentenbasiertes NOMAD Modell. Quelle: Hoogendoorn und Bovy (2004, S. 182)

Im Modell der sozialen Kräfte von Molnár (1996), das auf der Feldtheorie basiert, die von Helbing mathematisch erfasst wurde, sind Bewegungen der FußgeherInnen das Ergebnis von wechselwirkenden Kräften, die auf diese FußgeherInnen einwirken. Die Kräfte werden von Hindernissen, Attraktionen oder anderen FußgeherInnen emittiert. Dieses Konzept wird zum Beispiel in der weit verbreiteten Verkehrssimulationssoftware VISSIM des Herstellers PTV verwendet. Bei diesem Modell ist es aber nicht wichtig, welche Person ein bestimmtes Verhalten auslöst. Dadurch ist es weniger geeignet, isolierte Interaktionen zu simulieren (vgl. Kerridge, Hine und Wigan, 2001, S. 329). Ein weiteres Problem bei dieser Vorgehensweise ist die schwierige Kalibrierung der simulierten sozialen Wirkungen (vgl. Zhu und Timmermans, 2009, S. 59).

Im Modell PEDFLOW (Kerridge, Hine und Wigan, 2001) sind die FußgeherInnen unabhängige Entitäten, die sich allerdings auf einem durch einen quadratischen zellularen Automaten definierten Feld bewegen. Der Bewegungsablauf von jedem Agenten besteht aus folgenden Schritten: Beobachtung des sichtbaren Raums, Aufstellung der Route nach definierten Regeln und Ausführung der Bewegung. Die Parameter, welche bei der Aufstellung der Route miteinbezogen werden, sind: Wahrnehmungsschwelle für die beobachtete Umgebung, Abstand zu anderen FußgeherInnen und bevorzugte Gehgeschwindigkeit. Diese Parameter werden individuell zugeteilt und ändern sich auch mit den Zielen der FußgeherInnen (zum Beispiel wird im Shopping Modus eine langsame Geschwindigkeit und ein hoher Abstand gewählt).

Im ARCHISIM Modell von Airault et al. (2004) werden bewegliche Fahrzeuge berücksichtigt, die als Widerstände auf FußgeherInnen einwirken. Durch diese Interaktion ist es möglich, dass FußgeherInnen aufgrund der Fahrzeuge von ihrer gewählten Route abweichen bzw. werden Fahrzeuge langsamer wenn FußgeherInnen ihre Route blockieren.

Einen speziellen Fall der Routenmodellierung stellen Querungsmodelle dar. Das Ziel dieser Modelle ist die Abbildung und Analyse des Verhaltens bei der Querung einer Fahrbahn. Die Modelle basieren auf Theorien der akzeptierten Zeitlückenverteilung (vgl. zum Beispiel Fischer, 2007), des Levels of Service der Fahrbahn (vgl. Chu, Guttenplan und Baltes, 2004) oder sind Nutzenmaximierungsmodelle, kalibriert aus erhobenen Datenmaterial (vgl. Papadimitriou, 2012). Bei den Letztgenannten sind unterschiedliche Parameter erklärende Variablen, die in drei Gruppen zusammengefasst werden können: Individuelle Faktoren (Alter, Geschlecht etc.), Straßenraum (Fahrbahnbreite, Sichtverhältnisse,...) und Verkehr (Geschwindigkeit,...).

Die meisten Modelle bilden das Verhalten während der Querung ab, um die wahrscheinliche Wartezeit oder Querungsgeschwindigkeit zu erklären. Das Modell von Papadimitriou (2012) analysiert die alternativen Querungsorte in Bezug auf die gesamte Ortsverän-

derung zwischen der Quelle und dem Ziel. Der Bewegungsraum wird mit Hilfe der Graphentheorie umgesetzt. Dabei werden zwei unterschiedliche Verhaltenshypothesen der Auswahl vom Querungsort definiert. Bei der sequentiellen Hypothese wird immer nur der jeweilige Straßenabschnitt beobachtet. Die Entscheidung, ob auf der Kreuzung, am freien Abschnitt oder gar nicht überquert werden soll, wird nur für diesen Abschnitt berechnet. Die hierarchische Verhaltenshypothese zieht für jeden Straßenabschnitt alle möglichen Querungspunkte zwischen Quelle und Ziel in Betracht.

Die hier vorgestellten Modelle verfolgen unterschiedliche Ziele und unterscheiden sich stark in den vorgestellten Methodologien. Die grundsätzlichen Analyseschwerpunkte sind entweder Routenwahl, Querungsverhalten oder Eigenschaften des FußgeherInnenstroms. Die Methodologien können nach der betrachteten Ebene eingeteilt werden (Makro- und Mikroebene) und der Simulationstheorie (zellulare Automaten, Multi-Agenten oder Verknüpfung beider Techniken). Die dynamische Darstellung der Modelle ist diskret, die Übergänge der modellierten Systeme erfolgen nach bestimmten Zeitspannen.

#### **7.4.2.3 Einfluss von Außenreizen**

Außenreize beeinflussen das Verhalten von FußgeherInnen im Straßenraum (vgl. Kapitel 5.2) und sind daher ein wichtiger Bestandteil von Modellen. Im Folgenden werden ausgewählte Modelle bezüglich der implementierten Außenreize und deren Wirkungen verglichen.

Die Tabelle 6 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse des Vergleichs. Es wurde die Aufteilung aus dem Kapitel 6 übernommen. Die Faktoren wurden wie folgt definiert: Orientierungshilfen sind Außenreize, die die simulierten Personen zu ihrem ausgewählten Ziel führen, falls diese keine Kenntnis über die Topologie der Straße haben. Als Möblierung werden Einrichtungen definiert, die von den FußgeherInnen nicht als Hauptziel benutzt werden. Es handelt sich dabei zum Beispiel um Bänke zum Ausruhen. Die Außenreize gelten in den Modellen als implementiert, wenn sie auch kalibriert wurden. Wurde eine Kalibrierung mit Hilfe realer Beobachtung nicht durchgeführt, wurde dies in der Tabelle entsprechend ausgewiesen. Als Gründe für eine nicht durchgeführte Kalibrierung werden fehlende Zeit- oder Geldressourcen genannt (vgl. Kerridge, Hine und Wigan, 2001, S. 335f).

Barrieren sind Faktoren, die den Bewegungsraum von FußgeherInnen definieren und werden daher in allen Modellen implementiert. Dazu gehören Wände, Hindernisse sowie weitere FußgeherInnen. Höhenunterschied, als Widerstand einen Weg zu benutzen, wird nur bei Borgers und Timmermans (2005) definiert. Stiegen und ungünstige Oberflächenbeschaffung wurden in keinem Modell implementiert.

Der Parameter Fahrbahn als Barriere zeigt den Einfluss des Kfz-Verkehrs auf das Verhalten der FußgeherInnen auf. Bei drei untersuchten Modellen wurde dieser Widerstand implementiert. Bei Airault et al. (2004) werden Kraftfahrzeuge als AkteurInnen modelliert, eine Interaktion mit den FußgeherInnen ist daher möglich und drückt sich in Form von Geschwindigkeitsreduktion aus. FußgeherInnen ändern ihre Route, werden langsamer oder bleiben stehen. Bei Borgers und Timmermans (2005) und bei Haklay et al. (2001) gibt es keine Interaktion, da Kraftfahrzeuge keine AkteurInnen darstellen, sondern der für den MIV reservierte Raum von FußgeherInnen grundsätzlich gemieden oder nur mit höherem Widerstand betreten wird.

Raumangel wird in drei untersuchten Modellen implementiert. Bei Hoogendoorn und Bovy (2004) und Haklay et al. (2001) handelt es sich um eine Modellierung nach den LOS Klassen, wobei entweder der Weg mit einer hohen LOS-Klasse an Attraktivität verliert und gemieden wird oder die Gehgeschwindigkeit in diesem Bereich reduziert wird. Bei Molnár (1996) wird ein Weg gemieden, wenn eine zusammenhängende Gruppe aufgrund einer hohen FußgeherInnendichte nicht mehr nebeneinander gehen kann.

Attraktivität und Ästhetik der Umgebung wird in einem Modell implementiert, aber nur bedingt, indem wassernahe Wege anziehend wirken. Das Fehlen dieses Faktors kann damit erklärt werden, dass in den meisten Modellen nur kurze Abschnitte des Straßenraums mit einer gleichmäßigen Bebauung und Bepflanzung modelliert werden.

Einige Parameter werden in keinem der analysierten Modelle implementiert. Das sind zum einen Emissionen wie zum Beispiel Lärm und zum anderen Witterungsverhältnisse und Orientierungshilfen. Das lässt sich damit erklären, dass diese Außenreize an sich recht spezifisch sind und nur bei bestimmten Fragestellungen benötigt werden. Es muss auch angemerkt werden, dass das Fehlen von Variablen in den Modellen nicht ihre Anspruchslosigkeit bedeutet. Ein Modell soll nicht alle Eigenschaften der realen Umgebung abbilden, sondern nur solche, die dem/der VerfasserIn als nötig erscheinen, um die an das Modell gestellten Ziele erfüllen zu können (vgl. Stachowiak, 1973, S. 133). So ist zum Beispiel das Hauptziel des Modells von Blue und Adler (2001) die Simulation von zwei entgegengesetzten FußgeherInnenströmen auf einem Gehsteig. Das Implementieren vom Kfz-Verkehr war daher bei diesem Modell nicht notwendig.

#### **7.4.2.4 Besprechung der Modelle hinsichtlich des Verkehrsverhaltens**

Im Kapitel 5.1 wurde festgehalten, dass das Verhalten im Straßenraum von Bedürfnissen, Bedarfsimpulsen, angeborenen Verhaltensweisen (als Reaktion auf Stress), Erfahrungen und Fähigkeiten abhängt. Des Weiteren wird das Verhalten hierarchisch abgewickelt. Die

	Neg. Außenreize				Pos. Außenreize		Nutzungen		
	Barrieren	Fahrbahn als Barriere	Raumangel	Emissionen	Attraktivität	Witterungsschutz	Orientierungshilfen	Einrichtungen	Möblierung
Airault et al. (2004)	●	●							
Borgers und Timmermans (2005)	● <sup>1</sup>	●			● <sup>2</sup>			● <sup>3</sup>	
Blue und Adler (2001)	● <sup>4</sup>								
Molnár (1996)	●		● <sup>5</sup>					●	
Antonini, Bierlaire und Weber (2004)	●								
Kerridge, Hine und Wigan (2001)	●	○	○		○			○	○
Hoogendoorn und Bovy (2004)	●		● <sup>6</sup>		○			●	
Haklay et al. (2001)	●	● <sup>7</sup>	● <sup>8</sup>					●	●

○: Parameter wurde im Forschungsdesign berücksichtigt, jedoch nicht implementiert oder kalibriert. <sup>1</sup> Auch Höhenunterschiede werden als Widerstand wahrgenommen. <sup>2</sup> Wassernahe Wege erscheinen attraktiver. <sup>3</sup> Wege mit vielen Geschäften in Sichtnähe werden bevorzugt. <sup>4</sup> Nur andere FußgeherInnen. <sup>5</sup> Implementiert als das Bestreben einer Gruppe von Personen nebeneinander gehen zu können. <sup>6</sup> Je dichter ein Weg, umso langsamer gehen die simulierten Personen. <sup>7</sup> Implementiert als Raum, der von FußgeherInnen gemieden werden soll. <sup>8</sup> Je dichter ein Weg, umso unattraktiver ist er.

**Tabelle 6:** Implementierung von Außenreizen in ausgewählten Verhaltensmodellen von FußgeherInnen. Eigene Erhebung.

Planung der Aktivitäten und Verhaltensbildung erfolgen daher teilweise langfristig, vor dem Reiseantritt sowie kurzfristig, während des Aufenthalts im Straßenraum.

Die vorgestellten Modelle bilden das Verhalten als direkte Reaktion auf definierte Variablen ab. Die dabei ausgeführten Regeln basieren auf Annahmen oder werden ad-hoc gebildet. Eine Beobachtung zur Validierung dieser Annahmen findet oft nicht statt. Die definierten Regeln bilden einfache kognitive Prozesse ab. Lernvorgänge oder Stressauslösung bleiben dabei unberücksichtigt.

Energieaufwand wird bei keinem der untersuchten Modelle definiert. Daher ist auch eine Optimierung dieser Größe nicht möglich. Beim Modell von Hoogendoorn und Bovy (2004) allerdings optimieren FußgeherInnen den Aktivitätenablauf, indem sie die Kosten minimieren. Diese Kosten sind eine Bewertungsfunktion aus verschiedenen Variablen, wie Barrieren, der gewünschten Geschwindigkeit und der Anzahl von voraussichtlichen Interaktionen mit anderen FußgeherInnen.

Im Hinblick auf die hierarchische Bildung des Verhaltens erfolgen die Entscheidungen bei den untersuchten Modellen kurzfristig, sie beschreiben meist die taktische und operative Ebene. Diese Ebenen interagieren dabei aber nur selten miteinander, im Gegensatz zum tatsächlichen Verkehrsverhalten. Das bedeutet beispielsweise, dass ein Weg mit einer hohen FußgeherInnendichte sich auf die Aktivitätenplanung auswirkt (vgl. Papadimitriou, Yannis und Golias, 2009, S. 251f).

Die Variablen der Modelle sind sowohl endogen (die FußgeherInnen betreffend) als auch exogen (Umgebungsvariablen). Die Aufteilung der endogenen Merkmale auf die FußgeherInnen erfolgt nach bestimmten Verteilungen. Die exogenen Merkmale sind meist statisch, bewegliche Barrieren wie Fahrzeuge werden selten definiert. Die Menge der definierten Variablen variiert stark und ist abhängig von der Fragestellung. Die Beziehung zwischen den endogenen und exogenen Variablen erfolgt teilweise unter Berücksichtigung von Wahrnehmungsschwellen, ob diese nach dem Weber-Fechner-Gesetz definiert wurden, konnte nicht erfahren werden.

## Teil II

# Praktischer Teil

## 8 Beschreibung des Projekts

### 8.1 Fragestellung und Ablauf der Analyse

Die vorliegende Arbeit analysiert das Verhalten von FußgeherInnen auf der Mariahilfer Straße in Wien. Das Verhalten wird dabei in Tätigkeiten der Ziel- und Routenwahl gegliedert. Dabei wird untersucht, wie sich die Verkehrsberuhigung der Geschäftsstraße auf das Verhalten auswirkt. Im Besonderen werden folgende Fragestellungen betrachtet:

- Von welchen Faktoren hängen die Quell-Ziel-Beziehungen der FußgeherInnen einerseits und deren Routenwahl andererseits ab.
- Wie hoch ist die Intensität dieser Faktoren.
- Wie ändert sich die Wirkung dieser Faktoren nach Verkehrsberuhigung der Mariahilfer Straße.

Der Ablauf der Analyse wird in drei Abschnitte gegliedert:

**Erhebung:** Die Datenerhebung für die Stichprobe wird als Feldexperiment auf dem Standort Mariahilfer Straße in Wien an mehreren Tagen durchgeführt. Dabei werden das Verhalten der FußgeherInnen sowie deren individuelle und situationsbezogene Eigenschaften erhoben.

**Aufbereitung der Daten:** Bei diesem Schritt werden die erhobenen Informationen durch Kodieren und Zusammenfassen zu Datensätzen verarbeitet. Dabei werden zwei Datensätze erstellt: Außenraum und FußgeherInnenverhalten. Im zweiten Schritt der Datenaufbereitung wird ein Computerprogramm erstellt, mit deren Hilfe die Datensätze weiter aufbereitet werden. Mit der Anwendung werden Entfernungsmessungen, kürzeste Pfade zwischen den Standorten sowie weitere Berechnungen durchgeführt.

**Analyse der Daten:** Dieser Teil gliedert sich in die Analyse der Zielwahl der FußgeherInnen und in deren Routenwahl. Die Analysen werden sowohl deskriptiv als auch schließend erfolgen.

## 8.2 Systemgrenzen

In diesem Kapitel wird der Analyserahmen definiert. Dabei werden Festlegungen zum Ort und Zeitpunkt der Untersuchung sowie zum Detaillierungsgrad der erhobenen Daten gemacht. Am Ende des Kapitels werden die Szenarien definiert.

### Standort der Fallstudie

Die Untersuchung erfolgt auf der Inneren Mariahilfer Straße in Wien. Dabei handelt es sich um eine der größten Geschäftsstraßen in Wien (siehe Tabelle 7). Die Straße bildet einerseits die Grenze zwischen Mariahilf (6. Wiener Gemeindebezirk) und Neubau (7. Bezirk), andererseits verbindet sie die Innere Stadt (1. Bezirk) mit Rudolfsheim-Fünfhaus (15. Bezirk) (siehe Abb. 8). Die Bezeichnung „Innere“ Mariahilfer Straße ist nicht offiziell und wird im Volksmund für die Unterscheidung zwischen den Teilbereichen der Mariahilfer Straße innerhalb und außerhalb des Gürtels verwendet.

Die Bedeutung der Mariahilfer Straße kann auf die Zeit vor der Ersten Türkenbelagerung Wiens zurückgeführt werden. Schon damals war diese Straße eine wichtige Verbindung in Richtung Westen. Mit der Errichtung des Linienwalls<sup>7</sup> wurde die Straße geteilt. Die Innere Mariahilfer Straße wurde 1826 gepflastert. 1869 wurde die Pferdestraßenbahn errichtet, die einige Jahre später elektrifiziert wurde. Die Straßenbahn im inneren Bereich der Mariahilfer Straße wurde 1993 durch die Wiener U-Bahnlinie U3 ersetzt.

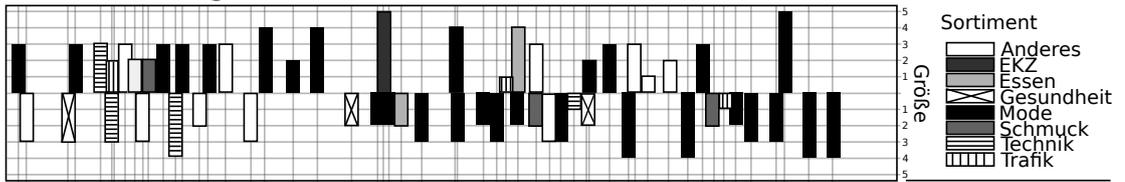
	Geschäftszahlen 2009 ( $m^2$ )	Verkaufsflächen 2009 ( $m^2$ )
Innere Mariahilfer Straße	201800	178300
City Gesamt	300600	164700
Favoriten-Zentralbereich	66000	51000
Floridsdorf-Zentralbereich	46100	34600
Landstraßer Hauptstraße	53300	32000

**Tabelle 7:** Hauptgeschäftsstraßen nach Geschäfts- und Verkaufsflächen in Wien 2009.  
Quelle: Magistrat der Stadt Wien (2011)

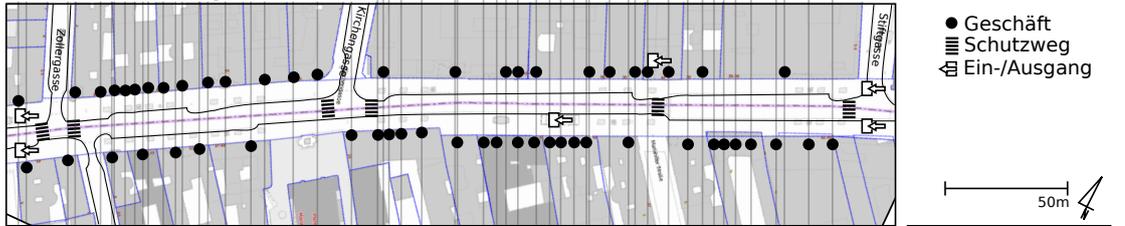
Die Erhebung für die Feldstudie wurde auf einem Abschnitt der Inneren Mariahilfer Straße durchgeführt. Es wurde ein Bereich zwischen den Querstraßen Zollergasse und Stiftgasse gewählt. Die Länge des Untersuchungsbereichs beträgt ca. 380 Meter. Der Abschnitt wurde aus mehreren Gründen gewählt:

<sup>7</sup>Eine Befestigungsanlage Wiens, die im Jahr 1704 gebaut und 1894 abgetragen wurde. Sie verlief parallel zur heutigen Wiener Gürtelstraße .

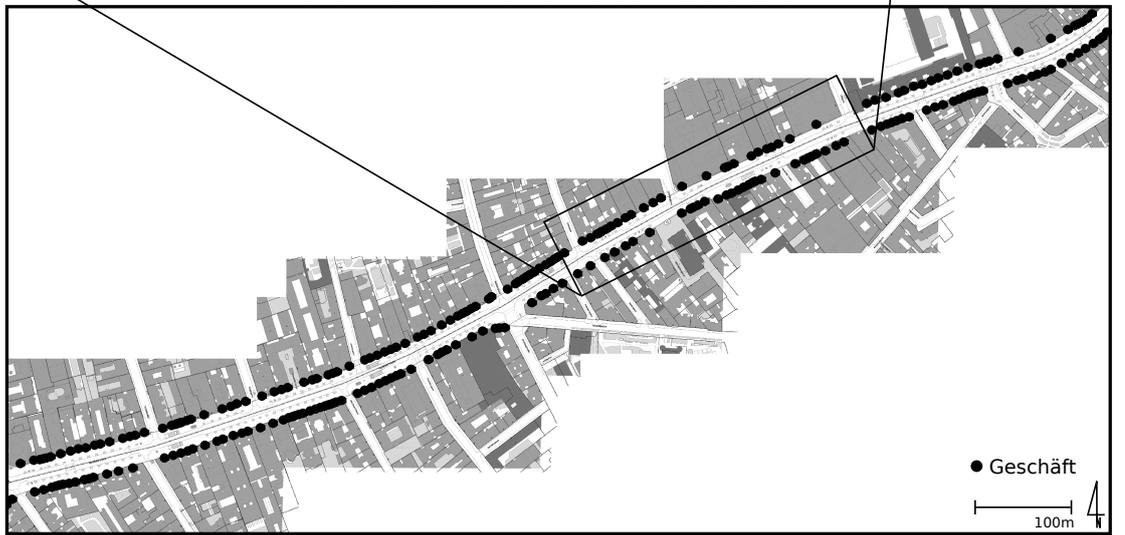
### Untersuchungsbereich - Schema



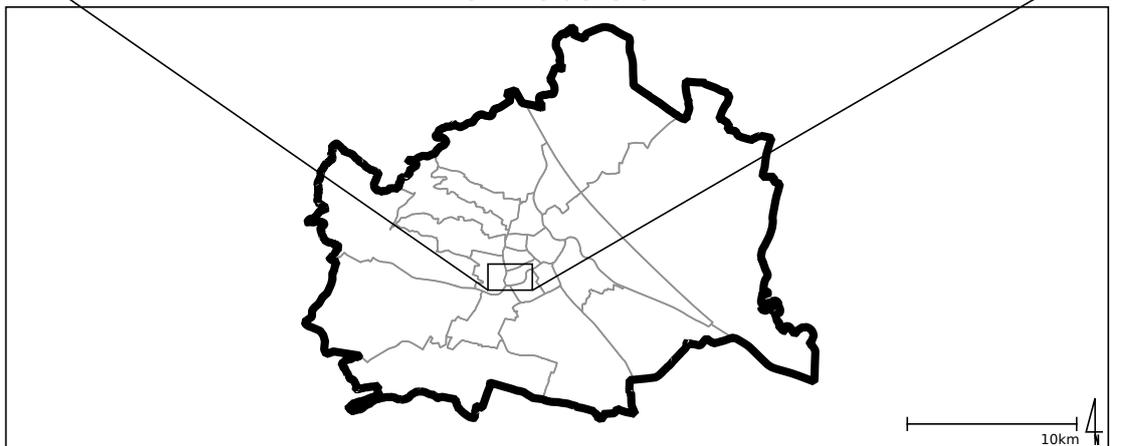
### Untersuchungsbereich



### Innere Mariahilfer Straße - Übersicht



### Wien - Übersicht



**Abbildung 8:** Standort und Untersuchungsraum der Analyse. Quelle: Eigene Erhebung. Kartengrundlage: ViennaGIS (2012)

Da der ausgewählte Bereich stark besucht wird, ist dort eine hohe FußgeherInnenfrequenz sowie eine gleichmäßig verteilte PassantInnendichte zu verzeichnen. Das durchschnittliche FußgeherInnenaufkommen beträgt 4073 Personen/h (vgl. Courdoisy, 2009, S. 36). Der Branchenmix ist nicht hoch und besteht vor allem aus Mode- und Schuhgeschäften was auf einen ausgewogenen KundInnenkreis zu schließen lässt. Andere Branchen sind Schmuck, Drogerie, Elektronik (siehe Abb. 8). Dagegen variieren die Geschäftsflächen stark. Ein Einkaufszentrum (Gerngross) und mehrere Kaufhäuser (zum Beispiel Peek&Cloppenburg, H&M, Humanic) stellen die Magnetmieter dar, es sind aber auch kleinere Geschäfte vertreten wie Trafiken und Apotheken.

Die Straße ist stark befahren. Das durchschnittliche Kfz-Aufkommen beträgt 502 Kfz/h (vgl. ViennaGIS, 2012). Im Untersuchungsbereich befinden sich sechs Schutzwege. Fünf davon sind an Kreuzungen mit Quergassen angeordnet. Die Schutzwege an den Kreuzungen sind durch Lichtsignalanlagen geregelt. Der sechste Schutzweg wurde zwecks einfacherer Querung an die Gehsteigebene erhöht.

Die Abbildung 9 zeigt den Querschnitt des Untersuchungsbereichs zwischen der Zollergasse und der Kirchengasse, Höhe „A1“ Geschäft. Die Breite der Gehsteige variiert aufgrund der unregelmäßigen Führung der Fluchtlinien, teilweise nicht vorhandenen Seitenstreifen und zusätzlichen Barrieren wie U-Bahn-Eingängen um bis zu 2,5 Meter auf jeder Seite. Eine besondere Ausnahme des Querschnitts stellt der Platz vor der Mariahilfer Kirche, Ecke Barnabiten-gasse dar. Dieser Platz war jedoch zum Zeitpunkt der Erhebung ein stark besuchter Weihnachtsmarkt. Im Untersuchungsbereich fanden auch keine die FußgeherInnen behindernden Baurarbeiten statt.

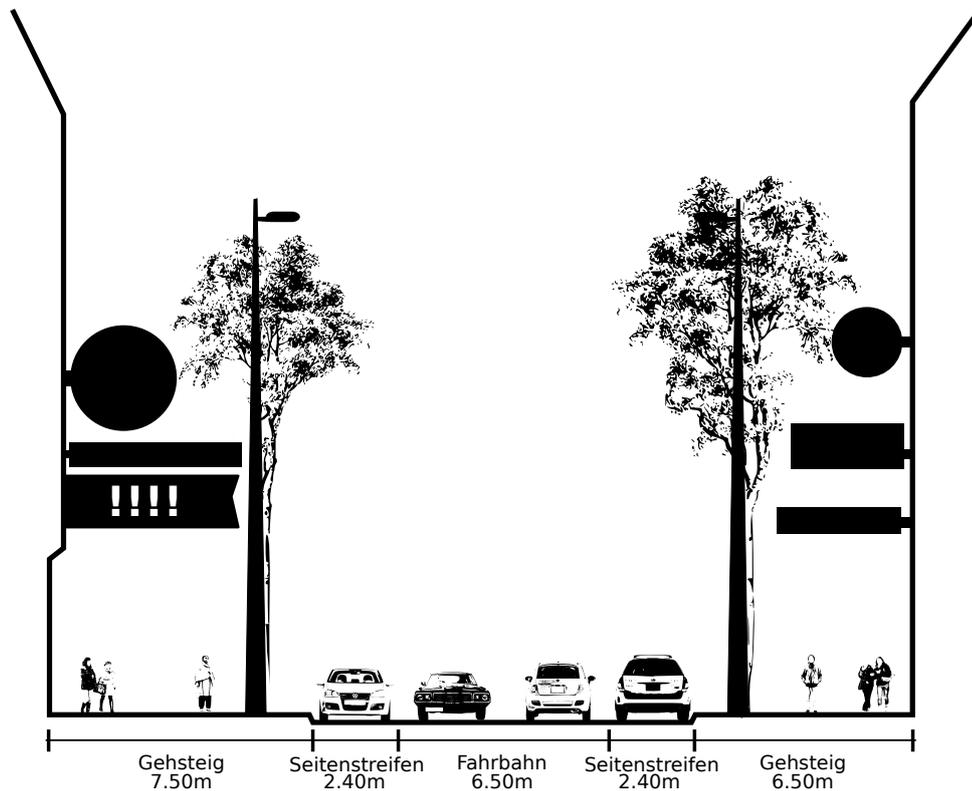
## **Zeitpunkt der Fallstudie**

Die Erhebung wurde im Dezember 2011 durchgeführt. Zum Einen wurde an den vier so genannten „Einkaufssamstagen“ erhoben, da an diesen vier Adventsamstagen das Befahren der Mariahilfer Straße zwischen Museumsplatz und Gürtel mit jeglichen Fahrzeugen verboten ist. Zum Anderen wurde die Erhebung auch an den vier Freitagen davor durchgeführt, an diesen Tagen ist die Mariahilfer Straße für Fahrzeuge nicht gesperrt.

Als Tageszeitpunkt der Analyse wurde die Zeitspanne zwischen 16 und 18:30 Uhr gewählt da zu dieser Zeit sowohl die FußgeherInnendichte, als auch das MIV-Verkehrsaufkommen besonders hoch war.

## **Detaillierungsgrad**

Das Ziel der Studie liegt in der Analyse der Zielwahl und der Wahl der Verbindungsrouten zwischen den Geschäften. Aus diesem Grund wird der Untersuchungsraum als Graph



**Abbildung 9:** Querschnitt der Mariahilfer Straße zwischen Zollergasse und Kirchengasse.  
Quelle: Eigene Erhebung.

definiert, dessen Kanten die möglichen Verbindungen zwischen den Zielen darstellen. Die Untersuchung wurde auf dieser „Mesoebene“<sup>8</sup> durchgeführt (für eine genaue Beschreibung des Graphen siehe Kapitel 10.2.1). Außenreize, die auf dieser Betrachtungsebene untersucht werden können, sind Phänomene, die durch VerkehrsteilnehmerInnen also Fahrzeuge und FußgeherInnen entstehen (Raummangel, Fahrbahn als Barriere), Eigenschaften der Verbindungswege zwischen den Zielen (Weglänge, Schutzwege) und Eigenschaften der Ziele (Sortiment, Geschäftsgröße). Da das Ziel der Studie nicht in der Vorhersage des Verhaltens auf mikroskopischer Ebene liegt, werden keine Außenreize betrachtet, die auf dieser Ebene wirken, wie zum Beispiel einzelne VerkehrsteilnehmerInnen, kleine Barrieren auf Gehsteigen etc.

Bezüglich der Eigenschaften der Individuen werden Faktoren betrachtet, die durch Beobachtung erfasst werden können. Dazu gehören Geschlecht, Alter und Gruppengröße. Eine vollständige Liste der erfassten Faktoren befindet sich im Kapitel 10.1.

<sup>8</sup>Meso aus dem Griechischen *mésos* für „Mitte“.

## **Szenarien**

Die Analyse untersucht zwei Zustände des Systems, die als Szenarien aufgefasst werden. Im Szenario „Fahrzeuge“ wird die Straße durch eine Fahrbahn getrennt. Im Szenario „Fußgängerzone“ wird diese Trennung aufgehoben.

## **9 Erhebung des Datenmaterials**

Für die Analyse wurden einerseits die Eigenschaften des Straßenraums und andererseits das Verhalten der FußgeherInnen erhoben.

### **9.1 Erhebung des Außenraums**

Der Zweck der Erhebung des Straßenraums liegt vorwiegend in der Festlegung des möglichen Beobachtungsbereichs sowie der Ermittlung der für die Analyse wichtigen Außenreize. Aus diesem Grund wurden für die gesamte Innere Mariahilfer Straße folgende Variablen manuell erhoben:

Für den Straßenraum:

- Position der Geschäfte
- Position und Eigenschaften der Schutzwege
- Position der Ein- und Ausgänge

Für jedes Geschäft:

- Das wesentliche Sortiment.
- Größe. Da keine Daten über die Geschäftsgrößen zur Verfügung standen, wurden sie manuell erhoben. Folgende Skalierung wurde dabei verwendet: 1: kleiner Raum; 2-3: kleines bzw. mittelgroßes Geschäft auf einem Stockwerk; 4: großes Geschäft auf zwei Stockwerken; 5: sehr großes Geschäft bzw. mehrere Geschäfte auf mehreren Stockwerken.

### **9.2 Erhebung des Verhaltens der FußgeherInnen**

Das Verhalten der FußgeherInnen wurde mit der Shadowing Methode erhoben. Bei dieser Erhebungsmethode werden FußgeherInnen ohne ihr Wissen vom Anfangsstandort bis zum Ziel beobachtet. Aufgrund der Nähe zu den Versuchspersonen ist dadurch eine

genaue Informationssammlung möglich. Das Verfahren wurde trotz des höheren Aufwandes verwendet, da es ein vollständigeres Bild der Wege im Vergleich zur Videoerhebung ermöglicht.

Zu Beginn der Erhebung wurde ein Geschäft und eine Person oder Personengruppe, die dieses Geschäft verlässt, nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Anschließend wurden die individuellen Merkmale der Person notiert sowie der Weg und Aktivitäten wie Schaufensterbummel, schneller oder langsamer Gang, hinsetzen etc. aufgezeichnet. Da es unmöglich war, die Bewegungen der FußgeherInnen genau nachzuzeichnen, wurden sie mit der Präzision von einigen Metern auf der Mesoebene erhoben. Da die FußgeherInnendichte während der Erhebung relativ konstant war, wurde der Einfluss von unerwarteten Raummangelerscheinungen vernachlässigt und die limitierte Präzision der Erhebung dadurch legitimiert. Die Beobachtung der Person wurde abgebrochen, wenn sie den Untersuchungsbereich verließ oder sich in einem Geschäft länger als sechs Minuten aufhielt. In diesem Fall wurde die nächste Person verfolgt, die dasselbe Geschäft verließ oder den Eingang den Untersuchungsbereichs betrat.

Insgesamt wurden 166 Versuchspersonen oder Personengruppen beobachtet. Die größte Schwierigkeit bei der Erhebung stellte die Sicherstellung einer hohen Stichprobengröße dar. Erschwert wurde dies dadurch, dass die gewählten Versuchspersonen oft lange Wege machten, ohne ein Geschäft aufzusuchen bzw. musste die Beobachtung einer bestimmten Person meist nach bereits einem Geschäft aufgrund der Sechs-Minuten-Grenze abgebrochen werden.

Da keine Merkmale aufgezeichnet wurden, die es erlauben würden, die aufgezeichneten Daten bestimmten Personen zuzuordnen, gilt der Datenschutz der Versuchspersonen als gewährleistet.

## **10 Aufbereitung der Daten**

Die Aufbereitung der erhobenen Daten dient der Umwandlung des Datenmaterials in eine Datenbank, mit der weitere Berechnungen möglich sind. Dies erfolgt durch Umwandlung der erhobenen Daten in definierte Datentypen und der Programmierung eines Computerprogramms, das diese Datentypen um weitere Faktoren vervollständigt und zu einem Datensatz vereint.

### **10.1 Variablen der Analyse**

Für die Analyse wurden zwei Datensätze erstellt, die den Straßenraum und das Verhalten der FußgeherInnen beschreiben.

Im Straßenraum-Datensatz entspricht ein Objekt des Straßenraums einer Entität im Datensatz. Für jedes Objekt wurden folgende Variablen definiert:

- Bezeichnung des Objekts
- Art des Objekts (Geschäft, Ausgang, Schutzweg)
- Größe des Objekts (für die Skalierung siehe Kapitel 9.1)
- Sortiment, falls Geschäft. Mögliche Ausprägungen: Mode, EKZ (Einkaufszentrum), Schmuck, Technik, Gesundheit, Essen (Lebensmittelversorger und Gastronomie), Trafik, andere (Stoffgeschäfte, Heimtextilien).
- Straßenseite, auf der sich das Objekt befindet (links, rechts oder auf der Fahrbahn)
- Entfernung zum nächsten Objekt
- Breite des Straßenquerschnitts an der Position des Objekts

Im Verhaltensdatensatz entspricht eine Entität einem Teilweg zwischen einem Startpunkt und einem Endpunkt. Ein Weg kann sich aus mehreren Teilwegen zusammensetzen, die die Wege zwischen den besuchten Geschäften beschreiben. Die Liste der Variablen befindet sich in der Tabelle 8.

Da nicht alle dieser Faktoren erhoben wurden, musste ein Computerprogramm erstellt werden, das mit Hilfe der Eingangsdaten die fehlenden Faktoren berechnete.

## **10.2 Computerprogramm zur Aufbereitung der Daten**

Die Programmierung der Anwendung erfolgte in der Programmiersprache Python 2.7 (vgl. Python Software Foundation, 2012). Es wurden die Standardbibliotheken verwendet sowie das Paket NetworkX (vgl. Hagberg, Schult und Swart, 2008). Der Quellcode der erstellten Anwendung befindet sich im Anhang.

### **10.2.1 Raumdefinition**

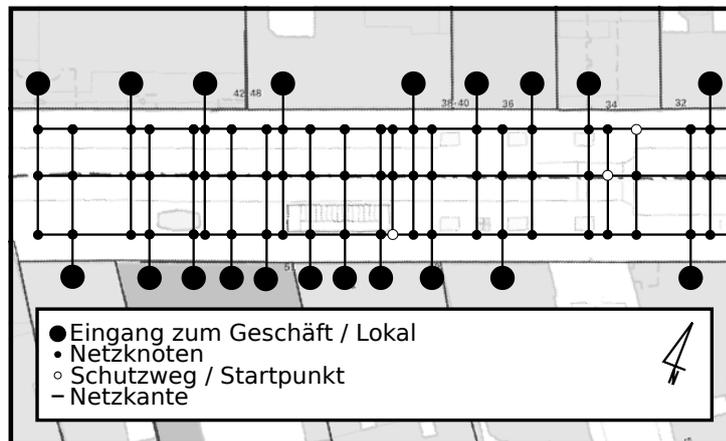
Um quantitative Aussagen über das Verhalten der FußgeherInnen machen zu können, wird der Straßenraum als Graph definiert. Besondere Knoten dieses Graphen sind dabei Geschäfte, Ausgänge und Schutzwege. Außerdem werden für jeden dieser Knoten drei zusätzliche Knoten definiert: zwei auf den Gehsteigen und einer auf der Fahrbahn. Diese Einteilung der Zonen basiert darauf, dass in beiden Szenarien die FußgeherInnendichte auf den Gehsteigen deutlich höher war, als auf der Fahrbahn. Dadurch kann eine Beschreibung von Zielen und Wegen der FußgeherInnen ausreichend erfasst werden. Sowohl

Name	Beschreibung
[GESCHL]	Wie bereits beschrieben, wurden bei der Erhebung sowohl Einzelpersonen als auch Gruppen beobachtet. Diese Variable kann daher die Ausprägungen weiblich, männlich oder gemischt annehmen.
[ALTER]	Die Einteilung erfolgte anhand manueller Einschätzung des Beobachters. Folgende Klassen wurden definiert: A: Kinder, Schulkinder, Teenager; B: Heranwachsende; C: Junge Erwachsenen; D: Erwachsene; E: Senioren
[GRUPPENGR]	Anzahl der gleichzeitig beobachteten Personen
[RLAENGE]	Gesamtlänge des beobachteten Wegs einer Person/Personengruppe.
[GESBES]	Anzahl bisheriger besuchter Geschäfte.
[MODBES],...	Anzahl bis jetzt besuchter Geschäfte nach Kategorie.
[WLAENGE]	Länge des Teilwegs zwischen zwei Zielen
[QUERUNG]	Diese Dummy-Variable identifiziert eine Querung der Straße auf dem Weg zum nächsten Ziel.
[SCHUTZWEG]	Dummy-Variable: Wurde bei der Querung ein Schutzweg benutzt?
[UMWEG]	Identifikation, ob das Ziel auf dem kürzesten Weg erreicht wurde oder Umwege gemacht wurden, um zum Beispiel einen Schutzweg aufzusuchen.
[PASSIERT]	Anzahl passierter Geschäfte auf dem Weg zum nächsten Ziel.
[PASSIERTFL]	Aggregierte Größe aller passierten Geschäfte auf dem Weg zum Ziel.
[FHRGANG]	Länge des Gangs auf der Fahrbahn.
[QUELLEART]	Eingang oder Sortiment der Quelle
[QUELLEGR]	Größe der Quelle falls Geschäft
[ZIELART]	Ausgang oder Sortiment des Ziels
[ZIELGR]	Größe des Ziels falls Geschäft
[ZIELBES]	Ziel bereits besucht.
[ZIELVORB]	Ziel bereits passiert.
[SZN]	Szenario

**Tabelle 8:** Übersicht der erhobenen und ausgewerteten Variablen.

Knoten als auch Kanten weisen unterschiedliche Eigenschaften auf, was Berechnungen an dem Graphen ermöglicht.

Die Abbildung 10 zeigt einen Ausschnitt des definierten Raums und veranschaulicht den Graphen. Der Querschnitt der Straße wurde hierbei in drei Zonen eingeteilt: in zwei Gehsteigzonen (auf beiden Straßenseiten) und Fahrbahnmitte (ein Knoten, der einerseits dazu dient, den Ort der Querung zu definieren, andererseits werden Wege auf der Fahrbahnmitte diesem Knoten zugeschrieben).



**Abbildung 10:** Ausschnitt des als Graph definierten Untersuchungsraums.

Das Programm besteht aus mehreren Funktionen<sup>9</sup>, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Die Funktionen können in folgende Gruppen zusammengefasst werden:

- Funktionen, die die Eingabedaten in definierte Datentypen umwandeln,
- Funktionen, die den Graphen erstellen,
- Funktionen, die Berechnungen am Graphen vornehmen.

Der Code des Programms kann dem Anhang entnommen werden. Im Folgenden wird die Definition und Vorgangsweise der wichtigsten Funktionen erklärt.

### 10.2.2 Berechnung der Wegeigenschaften

Als Eingangsdaten dienen der Straßenraum-Datensatz und eine Beschreibung der Wege durch Startpunkt und Endpunkt sowie alle Richtungsänderungen im definierten Raum. Durch Anwendung eines Kürzeste-Pfade-Algorithmus auf diesen Knoten wurde für jeden Weg eine Liste aller besuchten Knoten und Kanten erstellt.

Die Abstände zwischen den Knoten wurden durch Zuschreibung der Entfernung als Eigenschaft der Kanten zwischen zwei Knoten umgesetzt. Die Berechnung einer Weglänge

<sup>9</sup>Als Funktion wird in der Informatik eine Prozedur also ein Programmkonstrukt verstanden, die einen Ausgabewert zurückgibt.

erfolgte dann durch Summierung dieser Eigenschaften für alle besuchten Kanten eines Wegs. Durch den Vergleich dieser Entfernung mit der kürzesten Entfernung zwischen der Quelle und dem Ziel des Wegs wurde der Umweg einer Person berechnet. Weitere Eigenschaften wurden durch Summierung der Eigenschaften der Knoten umgesetzt. Eine Querung wurde als das Besuchen von Knoten auf beiden Straßenseiten definiert. Wurde zur Querung ein Schutzweg benutzt (definiert als Benutzung von drei Knoten des Schutzwegs, nämlich auf dem Gehsteig, auf der Fahrbahn und auf dem Gehsteig der gegenüberliegenden Seite), wurde dies ausgegeben. Die Anzahl und Eigenschaften der passierten Geschäfte wurde durch Analyse der Nachbarn aller besuchten Knoten auf dem Weg durchgeführt. Das Gehen auf der Fahrbahn wurde als Besuch von mindestens einer Fahrbahnkante definiert.

### **10.2.3 Erzeugung von Alternativen**

Die Modellierung nach der Theorie von diskreten Entscheidungen setzt für jede Person ein Alternativenset voraus, das alle möglichen Alternativen, die der Person zur Auswahl stehen, beinhaltet (siehe Kapitel 11.1.1).

Für die Zielwahl wurde ein Datensatz erstellt, der für jede beobachtete Person die Eigenschaften aller möglichen Ziele, inkl. der Wegeigenschaften, wie der Entfernung zur Alternative und der notwendigen Fahrbahnquerung, ausweist (siehe dazu auch Kapitel 11.2.5).

Bei der Routenwahl wurde für jeden Schritt auf einem Weg (also für jeden Knoten des Wegs) ein Set von Nachbarknoten und den dazugehörigen Eigenschaften dieser Knoten ermittelt. Diese Eigenschaften sind beispielsweise die Art des Knotens (Schutzweg, Fahrbahn), die Notwendigkeit des Richtungswechsels, um die Alternative zu erreichen oder das wiederholte Besuchen des Knotens (siehe dazu Kapitel 11.3.4).

### **10.2.4 Weitere Funktionen**

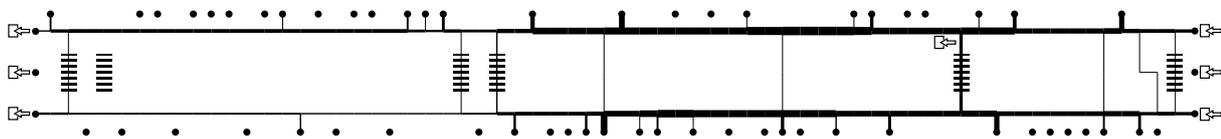
Eine weitere Anwendung des Computerprogramms ist die Darstellung des Graphen inkl. dessen Eigenschaften als SVG-Vektorgrafik. Dabei werden die Knoten und Kanten in ein Koordinatensystem eingetragen und die Eigenschaften dieser Objekte mit unterschiedlichen Strichstärken und Farben gekennzeichnet. Mit Hilfe dieser Funktion wurde die Abbildung 11 erstellt.

## **10.3 Beschreibung der Stichprobe**

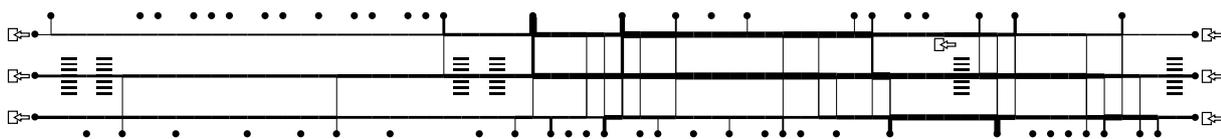
Insgesamt wurden 166 Beobachtungen durchgeführt, von denen 59% zusammenhängende Gruppen von Personen sind. 13% der Personen oder Personengruppen sind männlich,

56% weiblich und 31% gemischte Gruppen. Der Anteil an Senioren in den Personen oder Personengruppen beträgt 4%, Kinder und Jugendliche machen 32% der Stichprobe aus. Für die meisten erhobenen Personen (87%) konnte nur eine Quell-Ziel-Beziehung ermittelt werden, da die Beobachtung aufgrund eines längeren Aufenthalts der Person im Geschäft abgebrochen werden musste (siehe Kapitel 9.2). In der Abbildung 11 sind die Häufigkeiten der erhobenen Wegbenutzung schematisch nach Szenario dargestellt. Es ist einerseits zu erkennen, dass in beiden Szenarien ähnliche Geschäfte besucht werden, andererseits zeigt sich, dass die Querungsorte im Fußgängerzonenszenario bei Verkehrsberuhigung stark variieren und dass in diesem Szenario die Mitte der Fahrbahn zum Gehen benutzt wird.

### Szenario Fahrzeuge



### Szenario Fußgängerzone



•Geschäft    ■■■■■Schutzweg    ⇨Ausgang    Personen im Abschnitt    1 5 10 15 20 25 30

**Abbildung 11:** Die erhobenen Bewegungen der FußgeherInnen. Die Strichstärken kennzeichnen die Häufigkeit der Knotenbenutzung.

## 11 Analyse der Daten

### 11.1 Methoden

#### 11.1.1 Modelle diskreter Entscheidungen

Die Modellierung nach der Theorie diskreter Entscheidungen ist Teil der statistischen Regressionsanalyse, bei der, im Gegensatz zur linearen Regression, die abhängige Variable diskret skaliert ist. Das bedeutet, dass das Modell einen Satz von Alternativen voraussetzt und die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der eine bestimmte Alternative gewählt wird. In der Verkehrswissenschaft werden Modelle diskreter Entscheidungen oft angewandt, um Wahlentscheidungen der VerkehrsteilnehmerInnen zu modellieren, zum Beispiel die Verkehrsaufteilung oder Verkehrsumlegung. Auch das Verhalten der FußgeherInnen kann mit Hilfe dieser Verfahren analysiert werden. Zu der Gruppe der

diskreten Entscheidungsmodelle gehören u.a. folgende Verfahren: logistische Regression (binär und multinomial), Probit Modell (binär und multinomial), geordnete logistische Regression, Nested Logit und mixed Logit. Diese Verfahren haben vier Gemeinsamkeiten: einen Satz von möglichen Alternativen, aus dem der Entscheidungsträger auszuwählen hat, Faktoren dieser Alternativen und des Entscheidungsträgers sowie aus einem Zufallsterm, der die Variablen beschreibt, die die BeobachterInnen nicht beobachten. Der Alternativensatz muss alle möglichen Alternativen beinhalten, wobei eine Alternative aus dem Set ausgewählt werden muss. Die Anzahl der Alternativen muss endlich sein.

Die Theorie diskreter Entscheidungen kann von der Nutzentheorie abgeleitet werden. Dabei wählt die beobachtete Person  $n$  eine Alternative  $i$  aus dem Satz von Alternativen. Der Nutzen dieser Person wird dann als  $U_{ni}$  ausgedrückt. Es wird angenommen, dass die Person die Alternative mit dem höchsten Nutzen auswählt. Dieser Nutzen wird folgendermaßen ausgedrückt:

$$U_{ni} = \beta z_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

Dabei ist  $z_{ni}$  der Vektor der beobachteten Faktoren,  $\beta$  beschreibt die Regressionskoeffizienten dieser Variablen und  $\varepsilon$  ist der Einfluss der Faktoren, die nicht beobachtet wurden. Die Wahrscheinlichkeit der Wahl der Alternative  $i$  durch die Person  $n$  wird ausgedrückt durch:

$$P_{ni} = P(y_{ni} = 1)$$

$Y_{ni}$  ist eine Dummy-Variable mit Wert 1, wenn gilt:  $U_{ni} > U_{nj}$ , was bedeutet, dass der Nutzen der gewählten Alternative höher ist, als aller anderen Alternativen, wobei die Voraussetzung  $\forall j \neq i$  erfüllt sein muss. Durch Einsetzen der Nutzenfunktion erhält man:

$$\begin{aligned} P_{ni} &= P(U_{ni} > U_{nj}) \\ &= P(\beta z_{ni} + \varepsilon_{ni} > \beta z_{nj} + \varepsilon_{nj}) \\ &= P(\varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni} < \beta z_{ni} - \beta z_{nj}) \end{aligned}$$

Die Wahrscheinlichkeit der Wahl der Alternative ist somit die Wahrscheinlichkeit, dass die Terme, die für den Beobachter zufällig erscheinen, niedriger sind, als die Werte der beobachteten Koeffizienten. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte Alternative gewählt wird, kann somit auf folgende Weise ausgedrückt werden:

$$\begin{aligned}
P_{ni} &= P(y_{ni} = 1) \\
&= P(U > U_{nj}) \\
&= P(U_{ni} - U_{nj} > 0)
\end{aligned}$$

Es ist ersichtlich, dass die Wahrscheinlichkeit der Wahl einer Alternative von den relativen Unterschieden in den Nutzen abhängt und nicht von einem absoluten Nutzenwert. Eine Erweiterung dieser Theorie ist die multinomiale logistische Regression, welche im Folgenden vorgestellt wird.

### 11.1.2 Multinomiale logistische Regression

Die multinomiale logistische Regression (vgl. McFadden, 1974) ist ein Modell, welches aus dem oben beschriebenen konstruiert wird. Dabei handelt es sich um eine Verallgemeinerung der binären logistischen Regression. Für die abhängige Variable gilt, dass sie kategorial skaliert ist und mehr als zwei Ausprägungen hat. Wie bei der binären logistischen Regression können die unabhängigen Variablen sowohl kategorial wie auch kontinuierlich skaliert sein.

Die Spezifikation der Logit Wahrscheinlichkeitsfunktion des Modells lautet:

$$P_i = \frac{e^{\mu U_i}}{\sum_j e^{\mu U_j}}$$

Das multinomiale Logit Modell setzt als Voraussetzung eine niedrige Multikollinearität unter den unabhängigen Variablen voraus. Des Weiteren wird die so genannte IIA-Eigenschaft (Independence of irrelevant alternatives) vorausgesetzt, was bedeutet, dass das Verhältnis der Wahlwahrscheinlichkeit von zwei Alternativen nur von diesen abhängt. Diese Voraussetzung ist wichtig, da ansonsten das Modell ähnliche Alternativen untereinander nicht erkennt.

Die Schätzung des multinomialen Logit Modells erfolgte mit Hilfe der Software Biogeme (vgl. Bierlaire, 2012).

### 11.1.3 Weitere Verfahren

Für die Analyse wurden auch weitere statistische Verfahren verwendet. Als Gütemaß für die Regression wurde das Mc-Fadden-R<sup>2</sup> ( $\rho^2$ ) verwendet. Diese Statistik wird folgendermaßen definiert:

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL_V}{LL_0}$$

Dabei ist  $LL_V$  das LogLikelihood des Nullmodells und  $LL_0$  das LogLikelihood des definierten Modells. Gibt es keinen Unterschied zwischen den beiden Modellen, beträgt  $\rho^2$  Null, bei einem starken Unterschied ist der Wert folglich nahe 1 (vgl. Backhaus et al., 2010, S. 448).

Zur Überprüfung der Homogenität wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test verwendet. Dieser parameterfreie Test untersucht die Signifikanz inwiefern zwei Verteilungen zur gleichen Grundgesamtheit gehören. Die Teststatistik des Wilcoxon-Rangsummen-Tests lautet:

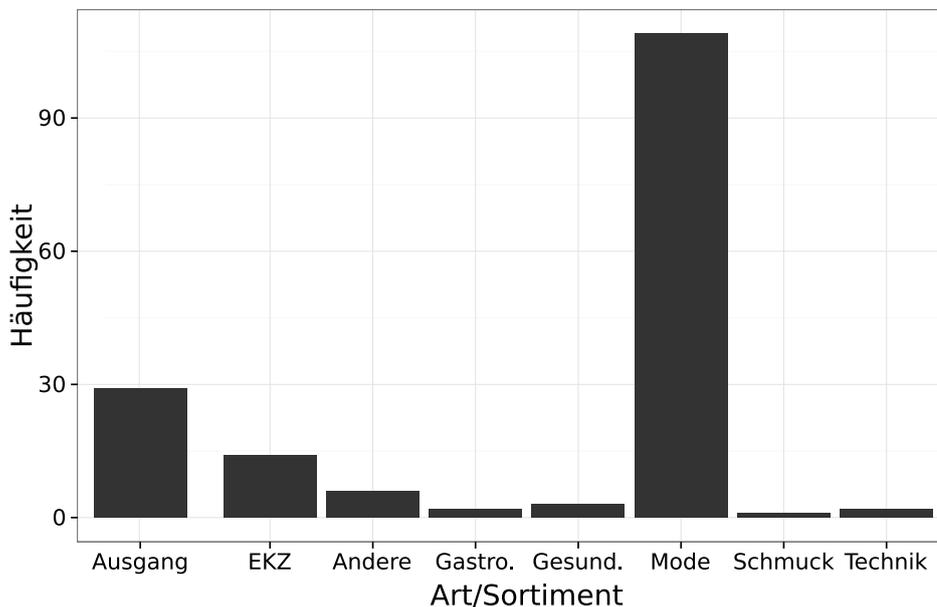
$$T_W = \sum_{i=1}^n rg(X_i) = \sum_{i=1}^{n+m} iV_i$$

Dabei ist  $V_i$  1 wenn die  $i$ -te Beobachtung der geordneten gepoolten Stichprobe die Variable  $X$  ist, sonst 0 (vgl. Fahrmeir et al., 2009, S. 460). Die Alternativhypothese des Testverfahrens lautet:  $x_{med} \neq y_{med}$ , wobei  $x_{med}$  und  $y_{med}$  die Mediane der beiden Verteilungen sind.

## 11.2 Analyse des Zielverhaltens

Aus der Literaturlauswertung wurde ersichtlich, dass die Aktivitätenplanung der FußgeherInnen zu einem großen Teil von deren individuellen Eigenschaften abhängt (siehe Kapitel 7.4.2.1). Aus diesem Grund werden bei der Analyse der Zielwahl vorwiegend diese Variablen sowie die Eigenschaften der möglichen Ziele und die Wirkung der Fahrbahn als Barriere miteinbezogen.

### 11.2.1 Zielwahl in Abhängigkeit vom Warenbereich



**Abbildung 12:** Häufigkeiten der besuchten Ausgänge/Geschäfte nach Sortiment.

In der Abbildung 12 sind die Häufigkeiten der besuchten Ziele nach deren Art und Sortiment dargestellt. Es ist ersichtlich, dass Modegeschäfte und das Einkaufszentrum (Gerngross) dominieren, gefolgt von Ausgängen des Untersuchungsbereichs. Die restlichen Warenangebotsgruppen umfassen 8% der Beobachtungen. Die hohe Frequenz der Modegeschäfte lässt sich mit der hohen Anzahl an Modegeschäften im Untersuchungsraum erklären, weshalb sich vor allem Personen, die an Mode interessiert sind, im Untersuchungsgebiet aufhalten. Des Weiteren ist das EKZ mit seiner Vielzahl an bekannten Geschäften ein starker Anziehungspunkt für die FußgeherInnen. Die Tabelle 9 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der Art des Ziels und der Art der Quelle. Es ist ersichtlich, dass Geschäfte als Ziele bei jeder Art von Quelle überwiegen - nur drei Personen durchquerten den Beobachtungsraum ohne dabei ein Geschäft zu besuchen. Es ist anzunehmen, dass diese niedrige Zahl mit der Größe des Beobachtungsraums zusammenhängt.

### 11.2.2 Einfluss von individuellen Eigenschaften der Personen

In der Tabelle 10 ist die Verteilung der Besuchshäufigkeit vom Sortiment für jede Geschlechtskategorie dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Unterschiede nicht hoch sind. Ausgänge werden eher von männlichen Personen und Personengruppen bevorzugt, bei den Modegeschäften sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar<sup>10</sup>. Die Tabelle 11

<sup>10</sup> $\chi^2 = 0.4195$ ,  $df = 2$ , P-Wert = 0.8108

		Ziel	
		Ausgang	Geschäft
Quelle	Eingang	3	35
	Geschäft	26	102

**Tabelle 9:** Häufigkeiten der gewählten Ziele nach Art des Eingangs

zeigt den Besuch der Geschäfte nach Größe für jede Geschlechtskategorie. Auch hier sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Der Besuch von Geschäften mit unterschiedlichem Warenbereich in Abhängigkeit von der Gruppengröße wird in der Tabelle 12 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Gruppengröße in der Stichprobe keinen signifikanten Effekt auf die Wahl des Sortiments hat.

Auch in Bezug auf das Alter wurden keine signifikanten Unterschiede in den Besuchsmustern der Personen in Abhängigkeit vom Sortiment und Geschäftsgröße gefunden.

Es ist also zu erkennen, dass sich Kauf- bzw. Besuchsmuster der Geschäfte nach Eigenschaften der Personen nicht unterscheiden, obwohl sich grundsätzlich mehr Frauen und gemischte Gruppen als Männer auf der Geschäftsstraße aufhalten. Das deutet darauf hin, dass die Geschäftsstraße von Personen besucht wird, deren Ziele auf der strategischen Verhaltensebene ähnlich sind. Diese Personen besuchen trotz der Unterschiede nach Geschlecht, Alter oder Gruppengröße die gleichen Geschäfte.

	Andere	EKZ	Ausgang	Gastro.	Gesund.	Mode	Schmuck	Technik	Trafik
♀♂	6%	6%	15%	2%	-	67%	2%	2%	-
♂	-	5%	38%	-	-	52%	-	5%	-
♀	3%	11%	14%	1%	3%	68%	-	-	-
N	6	14	29	2	3	109	1	2	0

**Tabelle 10:** Relative Häufigkeiten der Zielwahl nach Art/Sortiment in Abhängigkeit vom Geschlecht.

### 11.2.3 Einfluss der Weglänge

Die Abbildung 13 zeigt den Einfluss der Weglänge auf die Zielwahl<sup>11</sup>. Es ist ersichtlich, dass die Häufigkeiten mit der zunehmenden Entfernung abnehmen. Dieser Sachverhalt kann damit erklärt werden, dass kürzere Wege bevorzugt werden. Im unteren Teil der

<sup>11</sup>Verteilung: Min.: 23,84; 1st Qu.: 51,25; Median: 82,92; Mean: 115,00 3rd Qu.: 165,30 Max.: 388.50

	Ausgang	2	3	4	5
♀♂	15%	13%	25%	35%	12%
♂	38%	5%	33%	19%	5%
♀	14%	10%	28%	34%	14%
N	29	17	46	54	20

**Tabelle 11:** Relative Häufigkeiten der Zielwahl nach Größe des Ziels in Abhängigkeit von Geschlecht.

	Andere	EKZ	Ausgang	Gastro.	Gesund.	Mode	Schmuck	Technik	Trafik
Einzelp.	3%	10%	20%	1%	4%	61%	-	-	-
Gruppe	4%	7%	15%	1%	-	69%	1%	2%	-
N	6	14	29	2	3	109	1	2	0

**Tabelle 12:** Relative Häufigkeiten der Zielwahl nach Art/Sortiment in Abhängigkeit von Gruppengröße.

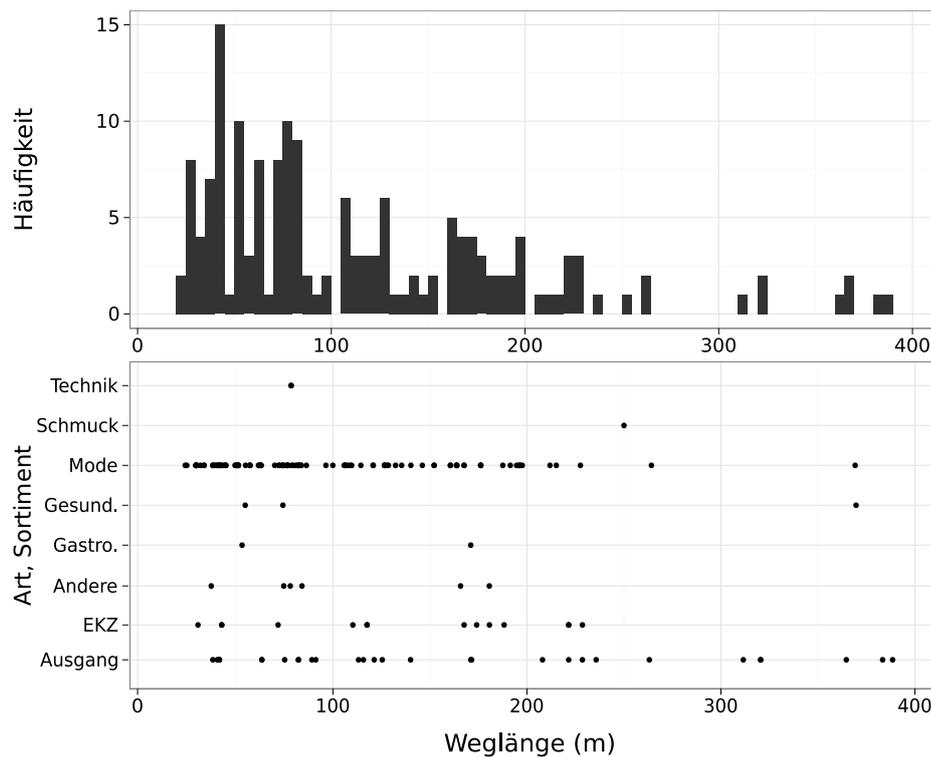
Abbildung sind die Häufigkeiten der Zielbesuche auf die Zielarten und Warenbereiche aufgeteilt. Es zeigt sich, dass längere Wege für den Besuch spezieller Branchen, wie Schmuck und Gesundheit in Kauf genommen werden, was darauf schließen lässt, dass Personen längere Wege zu diesen Zielen in Kauf nehmen, da diese seltener vorkommen. Die Verteilung der Weglängen bis zum Ausgang des Untersuchungsbereichs ist relativ gleichmäßig, wobei hier auch die längsten Entfernungen zu verzeichnen sind. Das liegt daran, dass einige Personen den beobachteten Raum passiert haben, ohne dabei ein Geschäft zu besuchen.

Die Tabelle 13 zeigt die durchschnittlichen Weglängen gegliedert nach Szenario. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant<sup>12</sup>. Es zeigt sich, dass im Fahrzeuge-Szenario die Wege kürzer sind, was auf gezieltere Routenwahl hinweist, bei der möglichst viele Geschäfte auf einer Straßenseite besucht werden.

Szenario	Weglänge	
	Durchschnitt ( <i>m</i> )	Median ( <i>m</i> )
Fahrzeuge	101,39	83,62
Fußgängerzone	133,37	105,76

**Tabelle 13:** Durchschnittliche und mediane Weglänge gegliedert nach Szenario.

<sup>12</sup>W = 2876.5, P-Wert = 0.06681



**Abbildung 13:** Einfluss der Weglänge auf die Zielwahl. Oben: Histogramm der Besuche, unten: Häufigkeiten der Besuche in Abhängigkeit vom Sortiment des Ziels.

#### 11.2.4 Straßenquerung als Einfluss auf die Zielwahl

Die Abbildung 14 zeigt Häufigkeiten von Straßenquerungen, um das gewünschte Ziel zu erreichen, gegliedert nach Szenario. Es ist zu erkennen, dass beim Szenario Fahrzeuge ca. 80% aller Geschäfts- und Ausgangsbesuche auf der gleichen Straßenseite stattfinden. Im Gegensatz dazu sind es im Fall der Fußgängerzone ca. 60%. Der Rückgang in den Querungen ist signifikant<sup>13</sup> und deutet auf eine Barrierewirkung der Fahrbahn hin.

<sup>13</sup> $\chi^2 = 7.2457$ ,  $df = 1$ , P-Wert = 0.007107

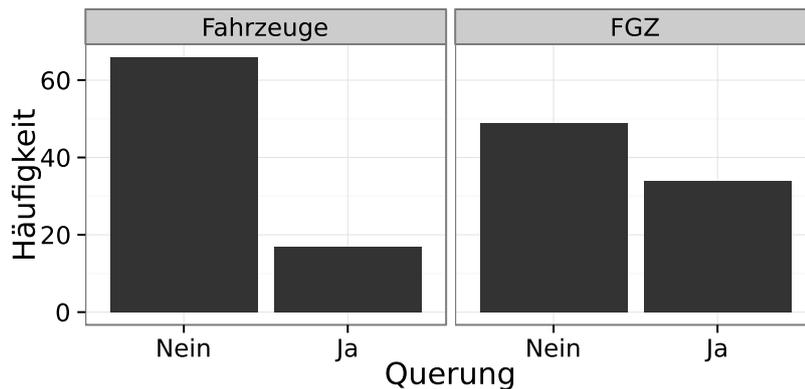


Abbildung 14: Absolute Häufigkeiten der Querung gegliedert nach Szenario.

### 11.2.5 Modell des Zielverhaltens

Für die Modellierung wurde angenommen, dass FußgeherInnen beim Betreten der Geschäftsstraße keine vorgegebenen Geschäfte aufsuchen, sondern ihre Ziele erst auf der Straße nach bestimmten Kriterien auswählen.

Vom Zeitpunkt der Entscheidung, welches Ziel als nächstes besucht werden soll, hängt der Grad der Unüberlegtheit ab. Zwei Strategien der Modellierung sind dabei möglich: Die Entscheidung erfolgt beim Ausgang aus dem besuchten Geschäft bzw. am Startpunkt oder beim Vorbeigehen bei jedem Geschäft, bei dem entschieden wird, ob es besucht werden soll oder nicht. Diese Strategien unterscheiden sich im Hinblick auf das Modell in den Bedeutungen der Variablen Entfernung zum Geschäft und der Wahl der Route. Wenn die Entscheidung direkt vor dem Geschäft getroffen wird, haben diese Variablen darauf keinen Einfluss. Da es sinnvoll erscheint, sie miteinzubeziehen, wird für die folgende Analyse angenommen, dass die Entscheidung, welche Alternative als nächste gewählt wird, beim Betreten der Geschäftsstraße bzw. nach Verlassen eines Geschäfts getätigt wird. Das setzt auch die Annahme voraus, dass BesucherInnen eine vollkommene Information über alle Geschäfte und Wege im Beobachtungsbereich haben.

Mit Hilfe der theoretischen Überlegungen sowie der oben besprochenen Zusammenhänge zwischen den Variablen wird ein multinomiales Modell definiert und berechnet. Die abhängigen Variablen sind dabei die möglichen Zielpunkte der FußgeherInnen. Das sind einerseits Geschäfte und andererseits Ausgänge, für die zwei unterschiedliche Nutzenfunktionen definiert werden. Die Gleichungen 2 und 3 veranschaulichen die Funktionen.

Funktion für Ausgänge:

$$U_{iqz} = \beta_{Entfernung}Entfernung_{qz} + \beta_{Strasse}Querung_{qz} + \beta_{StrasseFgz}Querung_{qz} * Fgz_i \quad (2)$$

Funktion für Geschäfte:

$$\begin{aligned} U_{iqz} = & \beta_0 + \beta_{Geschlecht}Geschlecht_i + \beta_{Entfernung}Entfernung_{qz} \\ & + \beta_{Mode}Mode_z + \beta_{EKZ}Ekz_z + \beta_{Andere}Andere_z + \beta_{gr}Gr_z \\ & + \beta_{Strasse}Querung_{qz} + \beta_{StrasseFgz}Querung_{qz} * Fgz_i \end{aligned} \quad (3)$$

Der Nutzen, einen bestimmten Ausgang zu wählen, hängt von der Entfernung zu diesem und der Notwendigkeit einer Querung ab. Der Interaktionsterm der Querung mit dem Szenario umfasst die Unterschiede zwischen den Szenarien. Der Nutzen, ein bestimmtes Geschäft zu besuchen, wird aus mehreren Koeffizienten gebildet. Der konstante Term  $\beta_0$  bildet die grundsätzliche Tendenz der Wahl eines Geschäfts im Vergleich zu einem Ausgang ab. Die Variable  $Geschlecht_i$  wurde aufgrund der Ergebnisse der deskriptiven Statistik dummy kodiert, wobei sie den Wert 1 annimmt, wenn das Geschlecht der Person oder Personengruppe weiblich oder gemischt ist, sonst 0.  $Entfernung_{qz}$  ist die Entfernung zwischen der Quelle und der Alternative. Die Variablen  $Mode_z$ ,  $Ekz_z$  und  $Andere_z$  sind Dummy-Variablen, die den Warenbereich der Alternative beschreiben.  $Gr_z$  nimmt den Wert 1 an, wenn das Geschäft größer 3 ist.  $Querung_{qz}$  ist eine Dummy-Variable, die den Wert 1 annimmt, wenn zwischen der Quelle und der Alternative die Fahrbahn ist.

Die Ergebnisse der Modellierung sind in der Tabelle 14 ersichtlich. Der Wert von  $\rho^2$  beträgt 0,178, was auf eine eher durchschnittliche Erklärungskraft des Modells deutet<sup>14</sup>. Dieses Ergebnis kann mit der relativ hohen Anzahl an Ausprägungen der abhängigen Variable im Vergleich zu der niedrigen Anzahl der Fälle pro Ausprägung erklärt werden.

Die Regressionskoeffizienten des Modells (siehe Tabelle 14) entsprechen den erwarteten Werten. Der Wert des Parameters  $\beta_0$  ist negativ, was bedeutet, dass die grundsätzliche Tendenz ein Geschäft aufzusuchen, negativ ist. Das ergibt sich daraus, dass vorwiegend nur wenige ausgewählte Geschäfte besucht werden. Diese Tendenz erhöht sich allerdings, wenn die Person weiblich bzw. Personengruppe weiblich oder gemischt ist. Der negative Parameter  $\beta_{Entfernung}$  deutet darauf hin, dass nahe Geschäfte bevorzugt werden. Bezüglich des Warenbereichs sieht man an den Ergebnissen, dass die Parameter von Mode

<sup>14</sup>Nach Backhaus et al. (2010, S. 449) wird die Modellanpassung ab Werten zwischen 0,2 und 0,4 als gut bewertet.

und EKZ positiv und stark ausgeprägt sind. Der Parameter für andere Geschäftsbereiche ist nicht signifikant, was sich aus der geringen Anzahl der beobachteten Fälle für diese Geschäfte ergibt. Am Parameter  $\beta_{Gr}$  ist zu erkennen, dass größere Geschäfte bevorzugt werden, der Parameter ist allerdings nicht hoch. Der Parameter  $\beta_{Strasse}$  gibt an, dass die Tendenz, ein Ziel zu besuchen sinkt, wenn sich das Geschäft oder der Ausgang auf der gegenüberliegenden Straßenseite befindet. Beim Szenario Fußgängerzone wird allerdings der Wert des Interaktionsterms  $\beta_{StrasseFgz}$  zum Parameter  $\beta_{Strasse}$  dazugerechnet, was den Einfluss der Barrierewirkung stark minimiert.

Parameter	Erklärung	Koeffizient	P-Wert
$\beta_0$	Die Tendenz ein Geschäft aufzusuchen.	-3.48	0
$\beta_{Geschlecht}$	Besuch eines Geschäfts wenn Person/Gruppe weiblich oder gemischt.	1.47	0.01
$\beta_{Entfernung}$	Einfluss der Entfernung.	-0.552	0
$\beta_{Mode}$	Einfluss, wenn Modesortiment des Ziels.	1.46	0
$\beta_{EKZ}$	Einfluss, wenn Ziel Einkaufszentrum.	2.64	0
$\beta_{Andere}$	Sortiment ist weder Mode noch Einkaufszentrum.	-0.123	0.82
$\beta_{Gr}$	Große Geschäfte (3 bis 5).	0.978	0
$\beta_{Strasse}$	Einfluss der Fahrbahn als Barrieren.	-1.41	0
$\beta_{StrasseFgz}$	Einfluss der Fahrbahn, wenn Szenario Fußgängerzone.	1.14	0

$$\rho^2 = 0.178$$

**Tabelle 14:** Regressionskoeffizienten und die dazugehörigen P-Werte des t-Tests des Zielwahlmodells.

### 11.3 Analyse des Routenverhaltens

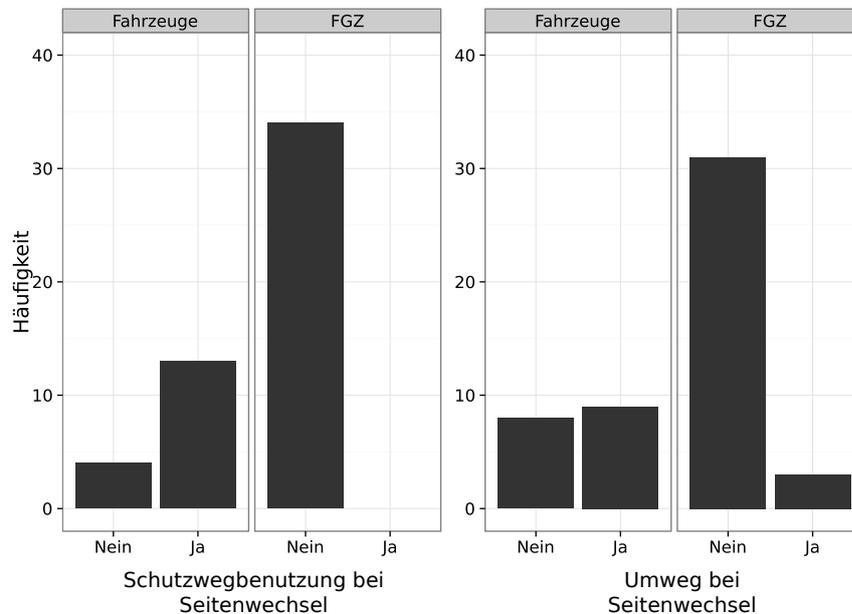
Für die Analyse des Routenverhaltens wird vorwiegend der Einfluss der Szenarien auf die Wegfaktoren (Weglänge, Benützung von Schutzwegen sowie der Querungsort) untersucht. Der Querungswunsch hängt dabei vom Ziel ab und ist daher vorgegeben.

#### 11.3.1 Schutzwege und Querungsvorgang

Wie bereits im vorigen Kapitel besprochen, hängt die Häufigkeit der Seitenwechsel der FußgeherInnen von der Wirkung der Fahrbahn ab, wobei beim Szenario Fußgängerzone die Straße öfters überquert wird.

Die Abbildung 15 zeigt Zusammenhänge zwischen den Variablen Schutzwegbenützung, Umweg und Szenario bei Personen, die die Fahrbahn queren. Es ist zu erkennen, dass

Schutzwege nur im Szenario Fahrzeuge von der Mehrheit der FußgeherInnen benutzt werden. Die Unterschiede in diesem Szenario sind signifikant<sup>15</sup>. Aus dem rechten Bild ist zu erkennen, dass Umwege in Verbindung mit Seitenwechsel fast ausschließlich im Szenario Fahrzeuge stattfinden. Diese Umwege verlängern den kürzesten Weg zum Ziel im Durchschnitt um 31% und im Median um 27%.



**Abbildung 15:** Zusammenhänge zwischen Schutzwegbenützung, Umwegen und Szenarien bei der Querung ausgedrückt als absolute Häufigkeiten.

### 11.3.2 Einfluss der Geschäfte auf den Zeitpunkt der Querung

Als nächstes soll untersucht werden, inwiefern Geschäfte einen Einfluss auf den Zeitpunkt des Seitenwechsels haben. Die Annahme dabei ist, dass FußgeherInnen auf dem Weg zum Ziel den Wunsch haben, an bestimmten Schaufenstern vorbeizugehen.

Um diese Annahme zu überprüfen, wird für jeden Weg eine Kennzahl errechnet:  $K_s = \frac{G_{passiert}}{G_{alle}}$ . Dabei handelt es sich um das Verhältnis aus der Zahl der passierten Geschäfte und allen Geschäften auf beiden Straßenseiten an denen das Vorbeigehen auf dem schnellsten Weg zum Ziel möglich wäre. Somit: je höher  $K_s$ , umso mehr Geschäfte wurden passiert, bei  $K_s = 1$  wurden alle möglichen Geschäften passiert. Um einen Vergleich zwischen den Szenarien machen zu können, müssen allerdings weitere Annahmen getroffen werden, da mehrere Variablen mit der Szenariovariable korrelieren und es dadurch zu Wechselwirkungen mit  $K_s$  kommt. So vermindert das Gehen auf der Straße  $K_s$  und ist nur im Fußgängerzonen-Szenario möglich und wird daher nicht beachtet. Des Weiteren erhöhen Umwege  $K_s$ , diese sind allerdings stark mit dem Benutzen der Schutzwege

<sup>15</sup> $\chi^2 = 4.7647$ ,  $df = 1$ , P-Wert = 0.02905

und dadurch mit Fahrzeuge-Szenario verbunden. Wege ohne Seitenwechsel werden in dieser Analyse nicht beachtet, da nur der Ort der Querung untersucht werden soll. Um zu untersuchen, ob nur bestimmte Geschäfte, die möglicherweise besonders anziehend wirken, einen Einfluss auf diese Routenwahl haben, wurde eine weitere Kennziffer  $K_{gr}$  berechnet, die nur auf Geschäfte größer drei beschränkt ist, wobei die Variablen Gang auf Straße, Umweg und Seitenwechsel wie oben konstant gehalten wurden.

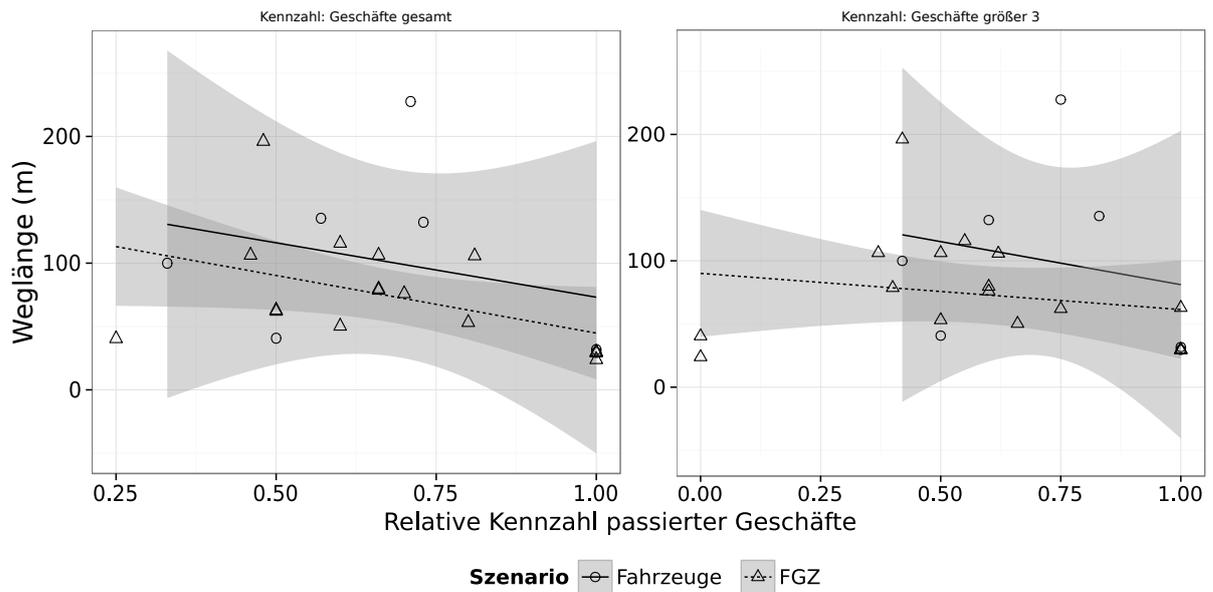
In der Abbildung 17 sind die Verteilungen der Kennzahlen  $K_s$  und  $K_{gr}$  der Wege gegliedert nach Szenario als Boxplots abgebildet. Im Vordergrund werden zusätzlich die beobachteten Fälle, skaliert nach der Weglänge, dargestellt. Ein Unterschied in den Medianen ist zu erkennen. Dieser ist allerdings bei keiner der Kennzahlen signifikant<sup>16</sup>.

Die Abbildung 16 zeigt die Abhängigkeit der Weglänge von der Größe der Kennzahlen mit Regressionslinien und den dazugehörigen 95% Konfidenzintervallen. Es ist grundsätzlich zu erkennen, dass die minimalen und maximalen Werte bei kleinen Entfernungen verzeichnet sind, was schlüssig erscheint. Die Kennzahlen nehmen mit der abnehmenden Weglänge zu, allerdings ist der Vertrauensbereich im Fahrzeuge-Szenario aufgrund der kleinen Stichprobengröße hoch, was einen Vergleich der Szenarien unmöglich macht.

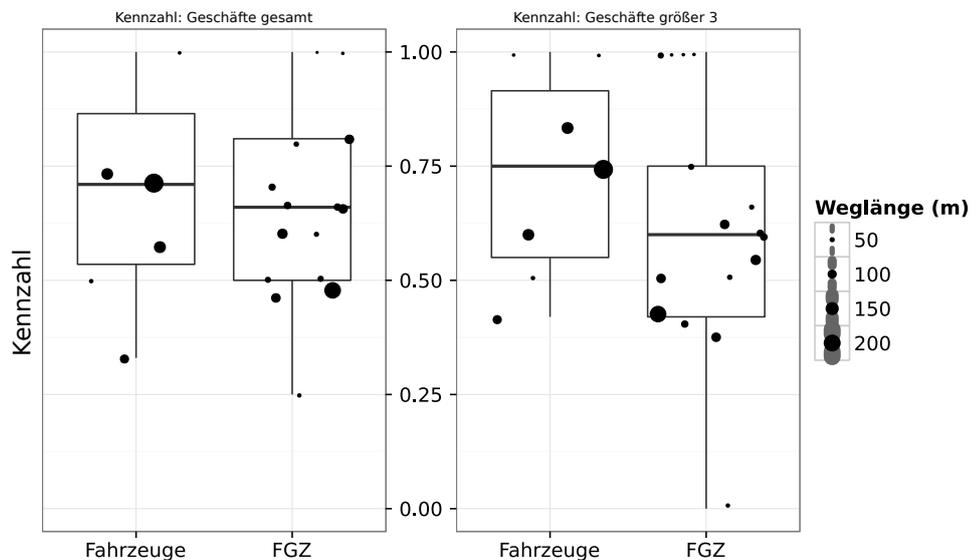
Es kann somit gesagt werden, dass die Analyse keinen signifikanten Einfluss der Routenwahl innerhalb der Geschäftsstraße in Abhängigkeit von den passiertten, aber nicht besuchten Geschäften ergab. Dieses Ergebnis lässt sich damit erklären, dass FußgeherInnen zwar die Nähe der Geschäfte schätzen (die FußgeherInnendichte vor Schaufenstern ist höher) und daher von den Schaufenstern angezogen werden. Dabei wird der Weg aber nicht so gewählt, dass die Anzahl an Geschäften die passiert werden, maximiert wird.

---

<sup>16</sup> $K_s$ :  $W = 70.5$ , P-Wert = 0.9063;  $K_{gr}$ :  $W = 83$ , P-Wert = 0.3941



**Abbildung 16:** Weglänge in Abhängigkeit von der Größe der Kennzahlen passierter Geschäfte gegliedert nach Szenario mit den dazugehörigen Regressionslinien und Konfidenzintervallen.

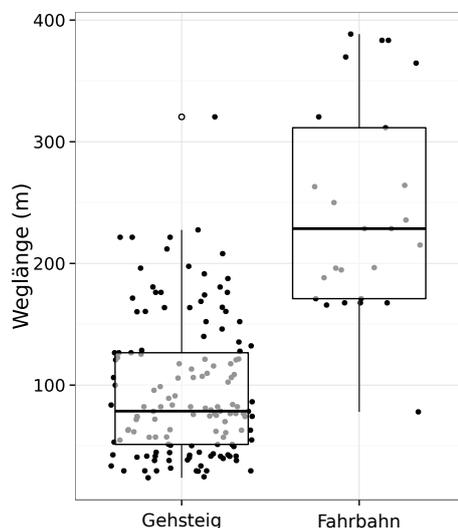


**Abbildung 17:** Verteilungen der Kennzahlen  $K_s$  und  $K_{gr}$  nach Szenario. Die Punkte im Vordergrund kennzeichnen die einzelnen Beobachtungen und wurden nach der Weglänge der jeweiligen Person skaliert.

### 11.3.3 Gehen auf der Fahrbahn

Auf der Fahrbahn wird ausschließlich im Fußgängerzonen-Szenario gegangen (24 von 83 Fällen in diesem Szenario sind Wege auf der Fahrbahn). Das erscheint logisch,

denn so genannte indirekte Querungen der Fahrbahn<sup>17</sup> auf der Mariahilfer Straße waren aufgrund der schmalen Fahrbahnbreite und kurzer Zeitlücken nicht möglich. Im Fußgängerzonen-Szenario wird diese Zone zum Gehen dagegen relativ oft gewählt. Der Boxplot in der Abbildung 18 zeigt die Verteilungen der Weglängen in den Gruppen der Fahrbahn- und GehsteigbenützerInnen. Es ist zu erkennen, dass die beiden Gruppen unterschiedliche Lage- und Streuungsmaße aufweisen. Es zeigt sich, dass der Median der Weglängenverteilung der FahrbahngeherInnen signifikant höher liegt<sup>18</sup>. Da die Dichte der Personen in der Mitte der Straße niedriger ist, deutet dieses Ergebnis darauf hin, dass der mittlere Bereich gewählt wird, wenn nicht das Vorbeigehen an Geschäften, sondern ein störfreies Fortbewegen zum Zweck des raschen Erreichens von gewählten Zielen im Vordergrund steht.



**Abbildung 18:** Verteilungen der Weglängen gegliedert nach Zone. Im Hintergrund werden die einzelnen Fälle dargestellt.

### 11.3.4 Modell des Routenverhaltens

Betrachtet man die Tabelle 15, so erkennt man, dass die erklärenden Variablen des Routenverhaltens miteinander stark korrelieren, was die Multikollinearität innerhalb eines Modells erhöhen würde und es dadurch instabil wäre. Diese Korrelationen ergeben sich aufgrund der starken Wechselwirkungen zwischen den Variablen. So bedingt zum Beispiel eine Schutzwegbenützung meist einen Umweg, was eine unabhängige Schätzung der beiden Parameter stark erschweren würde. Da es aus diesem Grund nicht möglich ist, das Modell auf der Betrachtungsebene des gesamten Wegs zu spezifizieren, wurden

<sup>17</sup>Die Fahrbahn wird bis zur Mitte gequert. Bei keiner geeigneten freien Zeitlücke wird zwischen den Fahrspuren weitergegangen.

<sup>18</sup> $W = 215$ ,  $P\text{-Wert} = 8.184e-12$

die Routen stattdessen auf der Ebene der Bewegungen von einem Schritt zum nächsten betrachtet. Der Bewegungsraum der FußgeherInnen wurde als Graph definiert (siehe Kapitel 10.2.1), in dem sich die FußgeherInnen zwischen Knoten bewegen. Sie können dabei immer aus maximal vier Knoten wählen (oft sind es drei, da der vierte Knoten ein Geschäft ist), die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Diese möglichen Alternativen werden im Modell als unabhängige Variable definiert, deren Eigenschaften als abhängige Variablen. Zusätzlich wird in das Modell eine den Kontext der Wahl betreffende Variable aufgenommen, nämlich das Szenario, bei dem die Wahl getroffen wurde.

	Strassengang	Weglänge	Umweg	Schutzweg	Szenario	Querung
Strassengang	1	0.69	-0.05	-0.1	0.35	0.11
Weglänge	0.69	1	0.02	0.03	0.2	0.06
Umweg	-0.05	0.02	1	0.67	-0.11	0.39
Schutzweg	-0.1	0.03	0.67	1	-0.29	0.44
Szenario	0.35	0.2	-0.11	-0.29	1	0.22
Querung	0.11	0.06	0.39	0.44	0.22	1

**Tabelle 15:** Korrelationen zwischen den in der Analyse der Routenwahl verwendeten Variablen.

Das Modell ist, wie das Zielwahlmodell, ein multinomiale logistische Regression. Für alle Alternativen wurde folgende Modellspezifikation verwendet:

$$\begin{aligned}
 U_{iqz} = & \beta_{Besucht} Besucht_z + \beta_{Schutzweg} Schutzweg_z & (4) \\
 & + \beta_{SchutzwegFahrzeuge} Schutzweg_z * Fahrzeuge_i \\
 & + \beta_{Fahrbahn} Fahrbahn_z + \beta_{FahrbahnFgz} Fahrbahn_z * Fgz_i \\
 & + \beta_{Kurve} Kurve_{qz} + \beta_{Entfernung} Entfernung_{qz}
 \end{aligned}$$

Alle Variablen, bis auf  $Entfernung_{qz}$ , sind dummy-kodiert. Die Variable  $Besucht_z$  wird 1, wenn die Alternative von der Person  $i$  bereits besucht wurde. Der zugehörige Parameter erklärt somit die Tendenz für das Zurückgehen. Die Variable  $Schutzweg_z$  nimmt den Wert 1 an, wenn die Alternative ein Schutzweg ist,  $Fahrbahn_z$  dagegen, wenn die Alternative ein Knoten auf der Fahrbahn ist. Die Variable  $Kurve_{qz}$  ist 1, wenn zwischen der derzeitigen Position  $q$  und der Alternative  $z$  keine gerade Linie besteht. Der dazugehörige Parameter soll somit die Tendenz zum Abweichen von geraden Strecken messen, da angenommen wird, dass Personen auf dem Weg zum Ziel möglichst wenige Richtungswechsel

machen wollen. Die Variable  $Entfernung_{qz}$  misst die restliche Entfernung zwischen der Alternative und dem Ziel der Route. Es wird angenommen, dass FußgeherInnen keine Umwege machen wollen und somit diese Entfernung möglichst gering halten.

Die Ergebnisse der Parameterschätzung sind in der Tabelle 16 abgebildet. Das  $\rho^2$  beträgt 0,91, was auf eine sehr gute Modellanpassung hindeutet. Die Ergebnisse der Parameterschätzung entsprechen den theoretischen Überlegungen und stimmen mit der deskriptiven Datenanalyse überein.

Am Parameter  $\beta_{Besucht}$  ist zu erkennen, dass die Tendenz, einen Weg mehrmals zu machen, stark negativ ist. Ebenso ist der Einfluss der Weglänge negativ. Beide Parameter bestätigen somit die Hypothese, dass Umwege wenn möglich gemieden werden. Auch der Parameter  $\beta_{Kurve}$  ist negativ und signifikant. Damit wird auch bestätigt, dass FußgeherInnen gerade Wege bevorzugen. Bezüglich der Schutzwege ist zu erkennen, dass der Parameter nicht signifikant ist. Es kann somit keine grundsätzliche Neigung nachgewiesen werden, einen Schutzweg zu benutzen. Allerdings ist der Parameter des Interaktionstermes der Variable  $Schutzweg_z$  mit dem Szenario Fahrzeuge signifikant, positiv und hoch, was bedeutet, dass in diesem Szenario die Tendenz, einen Schutzweg zu benutzen, stark ist. Bezüglich des Gehens auf der Fahrbahn erkennt man an den Ergebnissen eine stark negative Tendenz diese Knoten zu wählen, die allerdings im Fußgängerzonen-Szenario umgekehrt und gering positiv wird.

Parameter	Erklärung	Koeffizient	P-Wert
$\beta_{Besucht}$	Alternative wurde schon besucht.	-8.68	0
$\beta_{Schutzweg}$	Alternative ist ein Schutzweg.	-0.0815	0.75
$\beta_{SchutzwegFahrzeuge}$	Alternative ist ein Schutzweg bei Szenario Fahrzeuge.	6.87	0
$\beta_{Fahrbahn}$	Alternative ist Fahrbahn.	-4.64	0
$\beta_{FahrbahnFgz}$	Alternative ist Fahrbahn bei Szenario Fußgängerzone	4.93	0
$\beta_{Kurve}$	Um die Alternative zu besuchen, muss eine Richtungsänderung gemacht werden.	-2.94	0
$\beta_{Entfernung}$	Die verbleibende Entfernung zum Ziel.	-3.74	0

$\rho^2 = 0.912$

**Tabelle 16:** Regressionskoeffizienten und die dazugehörigen P-Werte des t-Tests des Routenwahlmodells.

## 11.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse befindet sich in der Tabelle 17.

Variable	Wirkung
<b>Zielwahl</b>	
Art und Warenbereich	Hohe Bereitschaft ein Geschäft aufzusuchen. Warengeschäfte werden gegenüber den Ausgängen bevorzugt. Modegeschäfte sowie das EKZ ziehen am meisten an. (Kap: 11.2.1)
Individuelle Eigenschaften	Frauen und Gruppen von Personen besuchen die Geschäftsstraße häufiger. Bei den BesucherInnen gibt es aufgrund von Geschlecht, Alter oder Gruppengröße keine Unterschiede im Zielwahlverhalten. (Kap: 11.2.2)
Weglänge	Geschäfte in der Nähe werden bevorzugt. Je länger der Weg, umso wahrscheinlicher, dass der Ausgang als Ziel gewählt wird. (Kap: 11.2.3)
Einfluss der Fahrbahn	Im Fahrzeuge-Szenario wird die Fahrbahn signifikant seltener gequert. Ziele ohne Querung werden bevorzugt und die Wege der Personen werden kürzer. Die individuellen Eigenschaften haben keinen Einfluss auf die Widerstandswirkung der Fahrbahn.
<b>Routenwahl</b>	
Umwege	Personen wählen falls möglich den kürzesten Weg zum Ziel. Ein bereits passierter Weg wird stark gemieden. Gerade Wege werden bevorzugt. (Kap: 11.3.4)
Schutzwege	Schutzwege werden zur Querung im Fahrzeuge-Szenario bevorzugt. Ohne Barrierewirkung der Fahrbahn werden sie ignoriert. (Kap: 11.3.1)
Schaufenster	Personen bevorzugen in beiden Szenarien die Nähe der Schaufenster. Ein Einfluss von bestimmten Schaufenstern auf die Wahl der Route konnte nicht nachgewiesen werden. (Kap: 11.3.2)
Gehen auf der Fahrbahn	Im Fußgängerzonen-Szenario wird die weniger Dichte Zone in der Straßenmitte zur schnellen Querung längerer Strecken benutzt. (Kap: 11.3.3)

**Tabelle 17:** Zusammenfassung der Ergebnisse des Ziel- und Routenverhaltens

## 12 Diskussion der Ergebnisse

### 12.1 Interpretation und Schlussfolgerungen

Der Einfluss des Außenraums sowie der individuellen Faktoren auf das Verhalten der FußgeherInnen konnte in der Analyse nachgewiesen werden. Die erstellten Modelle geben die erforschten Aspekte des Straßenraums und der Individuen wieder.

Es konnte gezeigt werden, dass die Zielwahl der FußgeherInnen auf Geschäftsstraßen sowohl von den individuellen Eigenschaften als auch von den Einflüssen des Straßenraums abhängt. Der Effekt der individuellen Faktoren ist signifikant aber nicht stark. Wichtige erklärende Variablen sind dabei das Geschlecht sowie die Gruppengröße. Bezüglich der Außenraumfaktoren haben vor allem die Eigenschaften der Ziele, die Entfernung zu den Zielen sowie die Barrierewirkung der Fahrbahn die entscheidende Wirkung auf die Zielwahl. Die eher geringe Wirkung der individuellen Faktoren lässt sich damit erklären, dass das Besuchen der Geschäftsstraße ähnliche Präferenzen voraussetzt. Da die BesucherInnen den Zweck der Reise im Vorhinein, also auf der strategischen Ebene der Verhaltensbildung festlegen, unterscheiden sich ihre individuellen Eigenschaften nicht stark. Des Weiteren ist die Geschäftsstruktur im Untersuchungsbereich homogen ausgeprägt. Das hängt einerseits mit der hohen Anzahl an Modegeschäften in diesem Bereich zusammen, andererseits mit den in unmittelbarer Nähe angesiedelten Filialen mehrerer internationaler Modeketten, die ähnliche Personengruppen ansprechen und daher von der gegenseitigen Magnetwirkung profitieren wollen. Da für die Analyse nur grobe individuelle Variablen wie Geschlecht und Alterskategorie erhoben wurden, können nur bedingt Aussagen über die Zielwahl der Personen getätigt werden. Es stellte sich allerdings heraus, dass die Faktoren Weglänge und Barrierewirkung der Straße von den individuellen Eigenschaften der Personen unabhängig sind, was bedeutet, dass alle Personengruppen auf diese ähnlich reagieren.

Bei der Routenwahl wurde festgestellt, dass der Straßenraum einen starken Effekt auf den gewählten Weg ausübt. So zeigt sich, dass FußgeherInnen Umwege vermeiden was damit zu erklären ist, dass sie ihren Energieaufwand auf dem Weg zum Ziel gering halten wollen. Diese Umwege werden nur dann in Kauf genommen, wenn sie für eine sichere Querung der Fahrbahn notwendig sind. Auch das Ergebnis, dass längere Wege im Fußgängerzonen-Szenario in Bereichen, wo die Menschendichte niedrig ist, verrichtet werden, deutet auf einen sparsamen Energiehaushalt hin, da dadurch Überholvorgänge und Bewegungskonflikte vermeidbar sind. Mit der Analyse wurden Ansatzpunkte dafür gefunden, dass die Barrierewirkung von Fahrzeugen eine Veränderung der Strategie der Begehung der Mariahilfer Straße bei den FußgeherInnen bewirkt. Es ist möglich, dass

durch die geringere Bewegungsfreiheit Ein- und Ausgänge des Untersuchungsraums überlegter gewählt werden bzw. nur bestimmte Geschäfte oder Zonen besucht werden. Dadurch ist es möglich, dass Geschäfte, die eher spontan besucht werden (kleinere Geschäfte, Gastronomie etc.) im Fahrzeuge-Szenario benachteiligt werden, da sie bei der Aktivitätenplanung nicht miteinbezogen werden.

Es wurde festgestellt, dass die Schließung der Fahrbahn für Fahrzeuge eine starke Verhaltensänderung der FußgeherInnen bewirkt. Diese Änderung kann vor allem auf die aufgehobene Barrierewirkung der Fahrbahn sowie auf die erhöhte Platzmenge zurückgeführt werden. Das Angebot an Freiraum wird genutzt und die Bewegungsfreiheit der FußgeherInnen erhöht sich, was einen positiven Effekt auf die Attraktivität des Straßenraums hat.

## **12.2 Offene Fragen, mögliche Ansatzpunkte**

Das Modell bildet die erhobenen Beobachtungen gut ab. Allerdings sind Erweiterungen des Modells denkbar, die den realen Gegebenheiten des FußgeherInnenverhaltens genauer entsprechen würden.

Eine wichtige Erweiterung wäre in diesem Zusammenhang die Miteinbeziehung eines Aktivitätenplans für alle BesucherInnen der Geschäftsstraße. Das Vorbeigehen an einem Geschäft, das die benötigten Waren anbietet, würde dann den Nutzen dieses Geschäfts erhöhen. Die Erweiterung des Modells um die strategische Verhaltensebene würde es auch erlauben, die Motive der Personen miteinzubeziehen. Somit wäre es möglich den Einfluss von hedonistischen Beweggründen oder der Sparsamkeit besser analysieren zu können.

Um die Hypothese zu überprüfen, dass Ziele im Fahrzeuge-Szenario wohlüberlegt gewählt werden, müssen Daten der gesamten Route gesammelt werden. Dies könnte über eine Befragung der BesucherInnen erfolgen. Eine weitere Maßnahme zur Überprüfung dieser Fragestellungen wäre die Erweiterung des Untersuchungsbereichs um eine zweite Zone, die kleinere Geschäfte aufweist.

Durch eine Verfeinerung des Detaillierungsgrades der Beobachtung auf die Mikroebene könnte die Analyse um weitere Faktoren des Außenraums, die im Literaturteil beschrieben wurden, erweitert werden. Dadurch wäre es möglich die Widerstands- und Anziehungskräfte, die von diesen Faktoren ausgehen, zu analysieren.

Es konnte gezeigt werden, dass die Schließung einer Geschäftsstraße für Fahrzeuge die Ungezwungenheit der FußgeherInnen erhöht, weswegen davon auszugehen ist, dass diese Bewegungsfreiheit die Anziehungskraft der Straße fördert. Diese Verkehrsberuhigung muss allerdings mit Begleitmaßnahmen wie Grünraumerweiterung und Herstellung von

Ruhe- und Erholungszonen durchgeführt werden, da Mobilität nicht nur Wegfindung und Navigation vom Startpunkt zum Ziel bedeutet, sondern auch ein Erlebnis ist, das alle Sinne ansprechen soll.

## Abbildungsverzeichnis

1	Aktivitäten von FußgeherInnen in Stadtzentren. . . . .	12
2	Individuelles Verkehrsverhalten. . . . .	19
3	Behaglichkeitssonne. . . . .	20
4	Kartierung von Gebieten des „Daheim-Seins“ durch BewohnerInnen von drei Straßen mit unterschiedlicher Verkehrsbelastung. . . . .	29
5	Geschwindigkeits-Dichte-Beziehung und Fundamentaldiagramm. . . . .	32
6	Zelluläre Simulation von Einkaufswegen in der Innenstadt von Wolverhampton Town. Die Farben wurden zwecks Lesbarkeit geändert. . . . .	46
7	Agentenbasiertes NOMAD Modell. . . . .	47
8	Standort und Untersuchungsraum der Analyse. . . . .	55
9	Querschnitt der Mariahilfer Straße zwischen Zollergasse und Kirchengasse. . . . .	57
10	Ausschnitt des als Graph definierten Untersuchungsraums. . . . .	62
11	Die erhobenen Bewegungen der FußgeherInnen. Die Strichstärken kennzeichnen die Häufigkeit der Knotenbenutzung. . . . .	64
12	Häufigkeiten der besuchten Ausgänge/Geschäfte nach Sortiment. . . . .	68
13	Einfluss der Weglänge auf die Zielwahl. Oben: Histogramm der Besuche, unten: Häufigkeiten der Besuche in Abhängigkeit vom Sortiment des Ziels. . . . .	71
14	Absolute Häufigkeiten der Querung gegliedert nach Szenario. . . . .	72
15	Zusammenhänge zwischen Schutzwegbenützung, Umwegen und Szenarien bei der Querung ausgedrückt als absolute Häufigkeiten. . . . .	75
16	Weglänge in Abhängigkeit von der Größe der Kennzahlen passierter Geschäfte gegliedert nach Szenario mit den dazugehörigen Regressionslinien und Konfidenzintervallen. . . . .	77
17	Verteilungen der Kennzahlen $K_s$ und $K_{gr}$ nach Szenario. Die Punkte im Vordergrund kennzeichnen die einzelnen Beobachtungen und wurden nach der Weglänge der jeweiligen Person skaliert. . . . .	77
18	Verteilungen der Weglängen gegliedert nach Zone. Im Hintergrund werden die einzelnen Fälle dargestellt. . . . .	78

## Tabellenverzeichnis

1	Unterschiedliche Eigenschaften des Auto- bzw. Fußverkehrs . . . . .	7
2	Charakterisierung der verschiedenen Einzelhandelszentren. . . . .	15
3	Bemessungswerte des Fußgängerbewegungsraumes. . . . .	31
4	Geschwindigkeiten, Verkehrsstärken und Dichten auf Anlagen des Fußgängerverkehrs, Kennwerte für ebene Bahnen. . . . .	32
5	Qualitätsstufen für Gehbahnen nach dem deutschen Handbuch für Straßenverkehrsanlagen. . . . .	33
6	Implementierung von Außenreizen in ausgewählten Verhaltensmodellen von FußgeherInnen. . . . .	51
7	Hauptgeschäftsstraßen nach Geschäfts- und Verkaufsflächen in Wien 2009.	54
8	Übersicht der erhobenen und ausgewerteten Variablen. . . . .	61
9	Häufigkeiten der gewählten Ziele nach Art des Eingangs . . . . .	69
10	Relative Häufigkeiten der Zielwahl nach Art/Sortiment in Abhängigkeit vom Geschlecht. . . . .	69
11	Relative Häufigkeiten der Zielwahl nach Größe des Ziels in Abhängigkeit von Geschlecht. . . . .	70
12	Relative Häufigkeiten der Zielwahl nach Art/Sortiment in Abhängigkeit von Gruppengröße. . . . .	70
13	Durchschnittliche und mediane Weglänge gegliedert nach Szenario. . . .	70
14	Regressionskoeffizienten und die dazugehörigen P-Werte des t-Tests des Zielwahlmodells. . . . .	74
15	Korrelationen zwischen den in der Analyse der Routenwahl verwendeten Variablen. . . . .	79
16	Regressionskoeffizienten und die dazugehörigen P-Werte des t-Tests des Routenwahlmodells. . . . .	80
17	Zusammenfassung der Ergebnisse des Ziel- und Routenverhaltens . . . .	81

## Literatur

- Airault, Vincent und Espié, Stéphane und Lattaud, Claude und Auberlet, Jean-Michel (2004):** Interaction between pedestrians and their environment when road-crossing: A behavioural approach. (URL: <http://www.math-info.univ-paris5.fr/alife/zip/UDMS04-Airault.pdf>) – Zugriff am 18.02.2012
- Ali, Walid und Moulin, Bernard (2006):** How Artificial Intelligent Agents Do Shopping in a Virtual Mall: A ‘Believable’ and ‘Usable’ Multiagent-Based Simulation of Customers’ Shopping Behavior in a Mall. In **Lamontagne, Luc und Marchand, Mario (Hrsg.):** Canadian AI 2006. Berlin: Springer Verlag, Seiten 73–85
- Angerer, Fred und Hadler, Gerald (2005):** Folgen und Wirkungen des Verkehrs. Städtebauliche Folgen. In **Steierwald, Künne und Vogt: Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele**, Seiten 152–159
- Antonini, Gianluca und Bierlaire, Michel und Weber, Mats (2004):** Simulation of Pedestrian Behaviour using a Discrete Choice Model Calibrated on Actual Motion Data. (URL: [http://www.strc.ch/conferences/2004/Antonini\\_Bierlaire\\_Weber\\_SimulationpedestrianBehaviour\\_STRC\\_2004.pdf](http://www.strc.ch/conferences/2004/Antonini_Bierlaire_Weber_SimulationpedestrianBehaviour_STRC_2004.pdf)) – Zugriff am 20.08.2011
- Appleyard, Donald (1982):** Livable Streets. California: University of California Press
- Backhaus, Klaus und Erichson, Bernd und Plinke, Wulff und Weiber, Rolf (2010):** Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer, Springer-Lehrbuch
- Batty, Michael und Longley, Paul (2003):** Advanced spatial analysis: the CASA book of GIS. Redlands, California: ESRI, Inc.
- Ben-Akiva, Moshe und Lerman, Steven (2000):** Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. MIT Press
- Bertalanffy, Ludwig von (1968):** General System Theory. New York: Braziller
- Bierlaire, Michel (2012):** BIOGEME: users guide. (URL: <http://biogeme.epfl.ch/doc/>) – Zugriff am 28.02.2012
- Blue, Victor und Adler, Jeffrey (2001):** Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways. Transportation Research Part B: Methodological, 35, Nr. 3, Seiten 293–312

- Boesch, Hans (1988):** Der Fußgänger als Kunde. Zürich: Verlag der Fachvereine an den Schweizerischen Hochschulen und Techniken
- Borgers, Aloys und Kemperman, Astrid und Timmermans, Harry (2009):** Modeling Pedestrian Movement in Shopping Street Segments. In **Timmermans: Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications**, Seiten 87–112
- Borgers, Aloys und Timmermans, Harry (2005):** Modelling pedestrian behaviour in downtown shopping areas. In Proceedings of CUPUM conference London CD-ROM paper. Band 83,
- Brockhaus-Psychologie; Susanne Starke-Perschke, Thomas Bliesener (Hrsg.) (2009):** Der Brockhaus - Psychologie: Fühlen, Denken und Verhalten verstehen. Mannheim: F.A. Brockhaus
- Bräuer, Dirk und Dittrich, Andrea (1999):** Für mehr Bewegung in den Städten - Konzepte zur Förderung des Fußverkehrs. In **Buchwald und Engelhardt: Verkehr und Umwelt - Wege zu einer umwelt-, raum- und sozialverträglichen Mobilität, Nr. 16**, Seiten 204–235
- Buchwald, Konrad und Engelhardt, Wolfgang (Hrsg.) (1999):** Verkehr und Umwelt - Wege zu einer umwelt-, raum- und sozialverträglichen Mobilität, Nr. 16. Economica Verlag
- Burstedde, Carsten und Klauck, Kai und Schadschneider, Andreas und Zittartz, Johannes (2001):** Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton. In *Physica A*, 295., Seiten 507–525
- Chu, Xuehao und Guttenplan, Martin und Baltes, Michael (2004):** Why People Cross Where They Do: The Role of Street Environment. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1878, Seiten 3–10
- Courdoisy, Amélie (2009):** Einfluss des Querverkehrs auf die Querbeziehungen in Siedlungsstrassen. Diplomarbeit, Fakultät für Bauingenieurwesen, Technische Universität Wien
- Daschütz, Petra (2003):** Qualität städtischer Räume - Form und Funktion der Gebäude, Gestaltung und Möblierung des Raumes und Auswirkungen auf das Verhalten. Diplomarbeit, Fakultät für Architektur und Raumplanung, Technische Universität Wien
- Department of Environment, Transport and the Regions (2000):** Encouraging Walking: Advice to Local Authorities. London: DETR

- Fahrmeir, Ludwig und Pigeot, Iris und Künstler, Rita und Tutz, Gerhard (2009):** Statistik: Der Weg Zur Datenanalyse. Springer, Springer-Lehrbuch
- Faltlhauser, Oliver und Kagermeier, Andreas (Hrsg.) (2000):** Stadtverkehr: Spannungsfelder, Konzepte und Lösungsansätze. Band 82, Münchener Geographische Hefte. Passau: L.I.S Verlag
- Fischer, Christian (2007):** Fußgängerwartezeitmodelle und ihre Anwendbarkeit an freien Abschnitten bei innerstädtischem Verkehr. Diplomarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Technische Universität Wien
- Foltête, Jean-Christophe und Piombini, Arnaud (2010):** Deviations in pedestrian itineraries in urban areas: a method to assess the role of environmental factors. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37, Nr. 4, Seiten 723–739
- Gottfried, Björn und Aghajan, Hamid (Hrsg.) (2009):** Behaviour Monitoring and Interpretation - BMI: Smart Environments. Amsterdam: IOS Press
- Guo, Zhan und Ferreira, Joseph Jr (2008):** Pedestrian environments, transit path choice, and transfer penalties: understanding land-use impacts on transit travel. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35, Nr. 3, Seiten 461–479
- Hagberg, Aric A. und Schult, Daniel A. und Swart, Pieter J. (2008):** Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX. In **Gael Varoquau and, Travis Vaught und Millman, Jarrod (Hrsg.):** Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy2008)., Seiten 11–15
- Haklay, Mordechai und O’Sullivan, David und Thurstain-Goodwin, Mark und Schelhorn, Thorsten (2001):** “So go downtown”: simulating pedestrian movement in town centres. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, Nr. 3, Seiten 343–359
- Hanzl, Sandra (2001):** Radverkehr in Fußgängerzonen. Diplomarbeit, Institut für Verkehrswesen, Universität für Bodenkultur, Wien
- Hass-Klau, Carmen (2003):** Walking and its relationship to public transport. In **Toley:** *Sustainable transport*, Seiten 189–199
- Henderson, L. F. (1971):** The Statistics of Crowd Fluids. *Nature*, 229, Seiten 381–383
- Holzappel, Helmut (1999):** Lebensstil, räumlich-ökologisches Problembewußtsein und Verkehr - Zum Umgang mit Zeit, Raum, Natur. In **Buchwald und Engelhardt:**

*Verkehr und Umwelt - Wege zu einer umwelt-, raum- und sozialverträglichen Mobilität,*  
Nr. 16, Seiten 20–25

**Hoogendoorn, Serge P. und Bovy, Piet H.L. (2004):** Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38, Nr. 2, Seiten 169–190

**Hügel, Stefan (1991):** Dritte als Betroffene verkehrsberuhigender Maßnahmen. Berlin: Duncker & Humblot

**Institution of Highways and Transportation (2000):** Guidelines for Providing for Journeys on Foot. London: IHT

**Kerridge, Jon und Hine, Julian und Wigan, Marcus (2001):** Agent-based modelling of pedestrian movements: the questions that need to be asked and answered. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, Nr. 3, Seiten 327–341

**Knoflacher, Hermann (1991):** Schadstoffbelastungen bei verschiedenen Mobilitätsformen am Beispiel Wien. In **Doppel, Evelyne (Hrsg.):** *Velo Secur '90. Sicherheit rund ums Fahrrad.* Tagungsband. Wien: ARGUS

**Knoflacher, Hermann (1995):** Fußgeher- und Fahrradverkehr. Wien: Böhlau

**Knoflacher, Hermann (1996):** Zur Harmonie von Stadt und Verkehr: Freiheit vom Zwang zum Autofahren. Wien: Böhlau Verlag

**Knoflacher, Hermann (2007):** Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung. Wien: Böhlau

**Kurose, Shigeyuki und Borgers, Aloys und Timmermans, Harry (2001):** Classifying pedestrian shopping behaviour according to implied heuristic choice rules. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, Nr. 3, Seiten 405–418

**Lassarre, Sylvain und Papadimitriou, Eleonora und Yannis, George und Golias, John (2007):** Measuring accident risk exposure for pedestrians in different micro-environments. *Accident Analysis & Prevention*, 39, Nr. 6, Seiten 1226–1238

**Loydolt, Norbert (1995):** Der Öffentliche Raum: Bedeutung und Verlust ; Fußgängerzonen ein möglicher Planungsansatz für kleinere Städte. Wien

**Lynch, Kevin (1968):** Das Bild der Stadt. Gütersloh: Bertelsmann Fachverlag

- Macoun, Thomas (2000):** Bewertungen und Bewertungsmethoden in komplexer Umwelt mit besonderer Berücksichtigung der Verkehrsplanung. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Wien
- Magistrat der Stadt Wien (Hrsg.) (2011):** Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 5: Finanzwesen
- McFadden, Daniel (1974):** The Measurement of Urban Travel Demand. *Journal of Public Economics*, 3, Seiten 303–328
- Millonig, Alexandra und Brändle, Norbert und Ray, Markus und Bauer, Dietmar und Spek, Stefan van der (2009):** Pedestrian Behaviour Monitoring: Methods and Experiences. In **Gottfried und Aghajan: *Behaviour Monitoring and Interpretation - BMI: Smart Environments***, Seiten 11–42
- Molnár, Péter (1996):** Modellierung und Simulation der Dynamik von Fußgängerströmen. Aachen: Shaker
- Monheim, Rolf (2003):** The role of pedestrian precincts in adapting city centres to new lifestyles. In **Toley: *Sustainable transport***, Seiten 326–338
- Papadimitriou, Eleonora (2012):** Theory and models of pedestrian crossing behaviour along urban trips. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15, Nr. 1, Seiten 75–94
- Papadimitriou, Eleonora und Yannis, George und Golias, John (2009):** A critical assessment of pedestrian behaviour models. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12, Nr. 3, Seiten 242–255
- Peperna, Otto (1982):** Die Einzugsbereiche von Haltestellen öffentlicher Nahverkehrsmittel im Straßenbahn- und Busverkehr. Diplomarbeit, Technische Universität, Wien
- Pirath, Carl (1934):** Die Grundlagen der Verkehrswirtschaft. Berlin: Springer
- Psychologie-Lexikon, Spektrum; Wenninger, Gerd (Hrsg.) (2002):** Lexikon der Psychologie in fünf Bänden. Heidelberg und Berlin: Spektrum Akademischer Verlag
- Python Software Foundation (2012):** Python v2.7.3 documentation. (URL: <http://docs.python.org/>)
- Risser, Ralf (1988):** Kommunikation und Kultur des Strassenverkehrs. Wien: Literas Universitätsverlag

- Risser, Ralf (2002):** Gut zu Fuß: Fußgänger als Verkehrsteilnehmer zweiter Klasse. Wien: Mandelbaum Verlag
- Roberts-James, Carlton (2003):** Creating a better walking environment. In **Toley:** *Sustainable transport*, Seiten 282–297
- Rogler, Thomas (2000):** Auswirkungen verkehrsberuhigender Maßnahmen auf den innerstädtischen Handel: Das Beispiel Neuburg an der Donau. In **Faltlhauser und Kagermeier:** *Stadtverkehr: Spannungsfelder, Konzepte und Lösungsansätze*
- Sauter, Daniel (2003):** Perceptions of walking - ideologies of perception. In **Toley:** *Sustainable transport*, Seiten 200–209
- Schnabel, Werner und Lohse, Dieter (2011a):** Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung 1: Straßenverkehrstechnik. Berlin: Beuth Verlag
- Schnabel, Werner und Lohse, Dieter (2011b):** Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung 2: Verkehrsplanung. Berlin: Beuth Verlag
- Schoon, John G. (2010):** Pedestrian facilities - Engineering and geometric design. London: Thomas Telford
- Schopf, Josef Michael (1985):** Bewegungsabläufe, Dimensionierung und Qualitätsstandards für Fußgänger, Radfahrer und Kraftfahrzeugverkehr. Dissertation, Technische Universität Wien
- Schumich, Michael (2008):** Inventarisierung der österreichischen Fußgängerzonen. Diplomarbeit, Institut für Verkehrswissenschaft, Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Technische Universität, Wien
- Seiderman, Cara und Anders, Rosalie (2003):** Best practice in pedestrian facility design: Cabridge, Massachusetts. In **Toley:** *Sustainable transport*, Seiten 619–628
- Sellers, Barry (2003):** Designing streets for people. In **Toley:** *Sustainable transport*, Seiten 629–640
- Spiegel, Thomas (1992):** Die Empfindung des Widerstandes von Wegen unterschiedlicher Verkehrsmittelbenützung und deren Auswirkung auf das Mobilitätsverhalten. Dissertation, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Technische Universität Wien
- Stachowiak, Herbert (1973):** Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer

- Steierwald, Gerd und Künne, Hans Dieter und Vogt, Walter (Hrsg.) (2005):** Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele. 2. Auflage. Springer
- Steubing, Lore (1999):** Belastungen von Boden, Pflanze, Tier und Mensch durch den Straßenverkehr. In **Buchwald und Engelhardt:** *Verkehr und Umwelt - Wege zu einer umwelt-, raum- und sozialverträglichen Mobilität*, Nr. 16, Seiten 26–61
- Thaler, Robert (Hrsg.) (1993):** Vorrang für Fußgänger. Mödling: VCÖ Verkehrsclub Österreich
- Timmermans, Harry (Hrsg.) (2009):** Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications. Bingley: Emerald
- Toley, Rodney (Hrsg.) (2003):** Sustainable transport. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited
- Turner, Alasdair und Penn, Alan (2002):** Encoding natural movement as an agent-based system: an investigation into human pedestrian behaviour in the built environment. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 29, Nr. 4, Seiten 473–490
- Vester, Frederic (2007):** Die Kunst vernetzt zu denken. München: Dt. Taschenbuch Verlag
- ViennaGIS (2012):** Flächenwidmungs- und Bebauungsplan. (URL: <http://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/>) – Zugriff am 20.08.2012
- Walter, Klaus (1975):** Die fahrzeitequivalente Reisezeit im öffentlichen Personenverkehr. In *Verkehr und Technik*, Heft 7/75. Berlin: Erich Schmidt Verlag, Seiten 271–275
- Wermuth, Manfred (2005):** Modellvorstellungen zur Prognose. In **Steierwald, Künne und Vogt:** *Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele*, Seiten 243–295
- Whitrow, Gerald James (1980):** The natural philosophy of time. Oxford: Clarendon Press
- Willis, Alexandra und Gjersoe, Nathalia und Havard, Catriona und Kerridge, Jon und Kukla, Robert (2004):** Human movement behaviour in urban spaces: Implications for the design and modelling of effective pedestrian environments. *Environment and Planning B Planning and Design*, 31, Nr. 6, Seiten 805–828
- Zhu, Wei und Timmermans, Harry (2009):** Modeling and Simulating Pedestrian Shopping Behavior Based on Principles of Bounded Rationality. In **Timmermans:** *Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications*, Seiten 137–156

**Ziehe, Nikola (1998):** Einzelhandel und Verkehrspolitik: Eine empirische Analyse der Bedeutung von Erreichbarkeit und Attraktivität für die Zentrenwahl der Verbraucher. Stuttgart: Kohlhammer, Schriften zur Handelsforschung; Bd. 92

## A Python Code

```
import csv
import networkx as nx
import svgwrite
import edges

def stops_loader(filename):
    stops = []
    with open(filename, 'rb') as csvfile:
        reader = csv.reader(csvfile, delimiter = ',', quotechar = '"')
        reader.next()
        for row in reader:
            stop = {}
            stop['sid'] = row[0]
            stop['name'] = row[1]
            stop['side'] = row[2]
            stop['distancenext'] = row[3]
            stop['art'] = row[4]
            stop['gr'] = row[5]
            stop['distanceh'] = row[6]
            stop['count'] = row[7]
            stops.append(stop)
    return stops

def paths_loader(filename, graph):
    paths = []
    with open(filename, 'rb') as csvfile:
        reader = csv.reader(csvfile, delimiter = ',', quotechar = '"')
        reader.next()
        for row in reader:
            info = {}
            names = ["id", "idp", "idw", "geschl", 'geschlgr', "alter", 'altergr',
                    counter = 0
            for a in names:
                info[a] = row[counter]
                counter = counter + 1
```

```

        pathrow = row[33:]
        pathrow = filter(None, pathrow)
        path = path_from_nodes(graph, pathrow)
        paths.append([info,path])
return paths

def path_from_nodes(graph, nodes):
    path = []
    for node in enumerate(nodes):
        if node[0] < len(nodes)-1:
            source = nodes[node[0]]
            target = nodes[node[0]+1]
            shortpath = nx.shortest_path(graph, source = source, target = target)
            path.append(shortpath)
    return path

def connect_shortpaths(path):
    newpath = []
    for shortpath in enumerate(path):
        if shortpath[0] == len(path)-1:
            newpath.append(shortpath[1])
        else:
            newpath.append(shortpath[1][0:len(shortpath[1])-1])
    newpath = sum(newpath, [])
    return newpath

def cross_nodes(stop,side='', art= ''):
    nodes = []
    if side == 'l' and art <> 'entry':
        nodes.append(stop)
    nodes.append(stop + '_L')
    nodes.append(stop + '_S')
    nodes.append(stop + '_R')
    if side == 'r' and art <> 'entry':
        nodes.append(stop)
    return nodes

```

```

def profile_edges(stopa, stopb):
    aleft = stopa + '_L'
    bleft = stopb + '_L'
    astreet = stopa + '_S'
    bstreet = stopb + '_S'
    aright = stopa + '_R'
    bright = stopb + '_R'
    connections = [(aleft, bleft), (astreet, bstreet), (aright, bright)]
    return connections

def connect_nodes(nodes):
    edges = []
    for node in enumerate(nodes):
        if node[0] < len(nodes) - 1:
            edges.append([nodes[node[0]], nodes[node[0]+1]])
    return edges

def graph_from_stops(stops):
    graph = nx.Graph()
    for stop in enumerate(stops):
        hstops = cross_nodes(stops[stop[0]]['sid'], stops[stop[0]]['side'], art = st
        hedges = connect_nodes(hstops)
        graph.add_edges_from(hedges)
        if stop[0] < len(stops)-1:
            vedges = profile_edges(stops[stop[0]]['sid'], stops[stop[0]+1]['sid'])
            graph.add_edges_from(vedges)
    return graph

def stop_attributes_to_nodes(graph, stops, att, applyon):
    for stop in stops:
        for switch in applyon:
            if switch == 'c':
                if stop['side'] == 'c':
                    graph.node[stop['sid'] + '_S'][att] = stop[att]
            elif switch == 's':
                if stop['side'] <> 'c':

```

```

        graph.node[stop['sid'] + '_S'][att] = stop[att]
    else:
        try:
            graph.node[stop['sid'] + switch][att] = stop[att]
        except KeyError:
            pass
return graph

def stop_attributes_to_edges(graph, stops, att, applyon):
    for stop in enumerate(stops):
        if applyon == 'h':
            nodes = cross_nodes(stops[stop[0]]['sid'], stops[stop[0]]['side'], art = stop[0])
            edges = connect_nodes(nodes)
            for edge in edges:
                graph.edge[edge[0]][edge[1]][att] = stop[1][att]
        if applyon == 'v':
            if stop[0] < len(stops)-1:
                nodela, nodesa, nodera = cross_nodes(stops[stop[0]]['sid'], '', art = stop[0])
                nodelb, nodesb, noderb = cross_nodes(stops[stop[0]+1]['sid'], '', art = stop[0]+1)
                edges = [[nodela, nodelb], [nodesa, nodesb], [nodera, noderb]]
                for edge in edges:
                    graph.edge[edge[0]][edge[1]][att] = stop[1][att]

def attributes_from_path(graph, path, mode, att, val):
    if mode == 'e':
        edges = connect_nodes(path)
        for edge in edges:
            start = edge[0]
            end = edge[1]
            graph.edge[start][end][att] = int(graph.edge[start][end][att]) + val
    if mode == 'n':
        cleanpath = connect_shortpaths(path)
        for node in cleanpath:
            try:
                graph.node[node][att] = int(graph.node[node][att]) + val
            except KeyError:
                pass

```

```

def path_stats(graph, path, att):
    stats = 0
    for node in enumerate(path):
        if node[0] < len(path)-1:
            nodestart = path[node[0]]
            nodeend = path[node[0]+1]
            try:
                stats = stats + int(graph.edge[nodestart][nodeend][att])
            except KeyError:
                pass
    return stats

def distanceToShop(graph, start, stop):
    path = nx.shortest_path(graph, source = start, target = stop)
    distance = path_stats(graph, path, 'distancenext')
    distance = distance + path_stats(graph, path, 'distanceh')
    return distance

def shopsOnPath(graph, path):
    shops = []
    for node in path:
        neighbors = graph.neighbors(node)
        for neighbor in neighbors:
            if isShop(neighbor) == True:
                shops.append(neighbor)
    return shops

def entriesOnPath(graph, path):
    entries = []
    for node in path:
        neighbors = graph.neighbors(node)
        for neighbor in neighbors:
            if isEntry(neighbor) == True:
                entries.append(neighbor)
    return entries

```

```

def createShopAlternatives(graph, position, stops):
    shops = []
    for stop in stops:
        if stop['art'] not in ['crossing', 'entry']:
            shops.append(stop['sid'])
    if position in shops:
        shops.remove(position)
    return shops

def createEntryAlternatives(graph, position, stops):
    entries = []
    for stop in stops:
        endings = []
        if stop['art'] == 'entry':
            if stop['side'] == 'e':
                endings = ['_L', '_S', '_R']
            elif stop['side'] == 'l':
                endings = ['_L']
            elif stop['side'] == 'r':
                endings = ['_R']
        for ending in endings:
            entries.append(stop['sid']+ending)
    if position in entries:
        entries.remove(position)
    return entries

def distanceToAlternatives(graph, position, shops):
    shopdistances = []
    for shop in shops:
        distance = distanceToShop(graph, position, shop)
        shopdistances.append([shop,distance])
    return shopdistances

def targetAlternativesSet(graph, path, stops, indiv, situat):
    alternatives = []
    possible = []

```

```

id = path[0]['id']
position = path[0]['quelle']
possible.extend(createShopAlternatives(graph, position, stops))
possible.extend(createEntryAlternatives(graph, position, stops))
possible.remove(path[0]['ziel'])
possible.insert(0, path[0]['ziel'])
counter = 0
for stop in possible:
    alternative = []
    target = stop
    chosen = 1 if counter == 0 else 0
    counter += 1
    distance = distanceToShop(graph, position, stop)
    alternative = [id, position, target, chosen, distance]
    for a in individ:
        alternative.append(path[0][a])
    for a in stops:
        if '_' in stop:
            stop = stop[:3]
        if a['sid'] == stop:
            for b in situat:
                alternative.append(a[b])
    strdazwischen = '0'
    same = sameStreetSide(graph, position, target)
    if same == True:
        strdazwischen = '0'
    else:
        strdazwischen = '1'
    alternative.append(strdazwischen)
    gesvorbei = 0
    shopsonpathtillnow = shopsOnPath(graph, path[0]['pathtillnow'])
    shopsonpathtillnow.extend(entriesOnPath(graph, path[0]['pathtillnow']))
    if stop in shopsonpathtillnow:
        gesvorbei = 1
    alternative.append(gesvorbei)
return alternatives

```

```

def sameStreetSide(graph, pointa, pointb):
    same = True
    endinga = pointa[-2:]
    endingb = pointa[-2:]
    if '_S' in endinga or '_S' in endingb:
        same = True
        return same
    path = nx.shortest_path(graph, source = pointa, target = pointb)
    if len(path) > 2:
        path.pop(0)
        path.pop()
    for node in path:
        ending = node[-2:]
        if ending == '_S':
            same = False
            return same
    return same

def whichSide(graph, node):
    node_side = ''
    node_neighobrs = graph.neighbors(node)
    node_ending = node[-2:]
    if len(node_neighobrs) == 1:
        node_ending = node_neighobrs[0][-2:]
    node_side = 'L' if node_ending == '_L' else 'R'
    return node_side

def isShop(stop):
    isshop = False
    if '_' not in stop:
        isshop = True
    return isshop

def isEntry(stop):
    isentry = False
    if 'E' in stop:
        isentry = True

```

```

return isentry

def shopsBetweenStops(graph, stops, start, stop, art):
    shops = 0
    start_name = start[:3]
    stop_name = stop[:3]
    start_l = start_name+'_L'
    stop_l = stop_name+'_L'
    start_r = start_name+'_R'
    stop_r = stop_name+'_R'
    side_a_path = nx.shortest_path(graph, source=start_l, target=stop_l)
    side_b_path = nx.shortest_path(graph, source=start_r, target=stop_r)
    side_a_shops = shopsOnPath(graph, side_a_path)
    side_b_shops = shopsOnPath(graph, side_b_path)
    shops_both = side_a_shops + side_b_shops
    if art == 'all':
        shops = len(shops_both)
        return shops
    for shop in shops_both:
        for stop in stops:
            if shop == stop['sid']:
                if stop['art'] == art:
                    shops = shops + 1
    return shops

def pathAlternativesStats(graph, stops, path):
    ziel = path[-1]
    weglaenge = path_stats(graph, path, 'distancenext')
    weglaenge = weglaenge + path_stats(graph, path, 'distanceh')
    shopsonpath = shopsOnPath(graph, path)
    kurzerweg = nx.shortest_path(graph, quelle, ziel)
    kurzdistance = distanceToShop(graph, kurzerweg[0], kurzerweg[-1])
    if kurzdistance <> weglaenge:
        umweg = '1'
    schutzwege = []
    for a in range(1,7):

```

```

    schutzwegpoints = []
    for b in ['L','S','R']:
        schutzwegpoints.append('C0'+str(a)+'_'+b)
    schutzwege.append(schutzwegpoints)
for schutzset in schutzwege:
    if schutzset[0] in path and schutzset[1] in path and schutzset[2] in path:
        schutzweg = 1
        break
for stop in stops:
    if stop['sid'] in shopsonpath:
        shops += 1
        shopsgr += int(stop['gr'])
        if stop['art'] == 'EKZ':
            ekz += 1
            ekzgr += int(stop['gr'])
        if stop['art'] == 'Mode':
            mode += 1
            modegr += int(stop['gr'])
            if int(stop['gr']) >= 3:
                mode3 = mode3 + 1
        if stop['art'] == 'Anderes':
            andere += 1
            anderegr += int(stop['gr'])
shops_all = shopsBetweenStops(graph, stops, quelle, ziel, 'all')
shops_r = 0 if shops_all == 0 else str(float(shops) / shops_all)[:4]
mode3_all = shopsBetweenStops(graph, stops, quelle, ziel, 'Mode')
mode3_r = 0 if mode3_all == 0 else str(float(mode3) / mode3_all)[:4]
strasse = strassenGang(path)
if len(strasse) > 1:
    strassedist = path_stats(graph, strasse, 'distancenext')
    strassedist = strassedist + path_stats(graph, strasse, 'distanceh')
stats = [weglaenge,umweg,schutzweg,shops,shopsgr,ekz,mode,mode3,andere,ekzgr,modegr,
return stats

def pathTillNow(paths):
    for path in enumerate(paths):
        route = []

```

```

if path[1][0]['idw'] == str(1):
    pass
elif path[1][0]['idw'] == str(2):
    route = connect_shortpaths(paths[path[0]-1][1])
elif path[1][0]['idw'] == str(3):
    route1 = connect_shortpaths(paths[path[0]-1][1])
    route2 = connect_shortpaths(paths[path[0]-2][1])
    route.extend(route2)
    route.extend(route1)
elif path[1][0]['idw'] == str(4):
    route1 = connect_shortpaths(paths[path[0]-1][1])
    route2 = connect_shortpaths(paths[path[0]-2][1])
    route3 = connect_shortpaths(paths[path[0]-3][1])
    route.extend(route3)
    route.extend(route2)
    route.extend(route1)

paths[path[0]][0]['pathtillnow'] = route
return paths

def strassenGang(path):
    counter = 0
    nodes = []
    for node in path:
        ending = node[3:]
        if ending == '_S':
            counter = counter + 1
            nodes.append(node)
    return nodes

def pathStats(graph, stops, path, position):
    pos = path[position]
    target = path[-1]
    stats = []
    crossings = []
    for node in graph.nodes():
        if node[0] == 'C' and node[-1] == 'S':
            crossings.append(node)

```

```

if position == 0:
    return ''
if position == len(path)-1:
    return ''
alternatives = graph.neighbors(pos)
if len(alternatives) == 3:
    alternatives.append('X')
for alt in alternatives:
    if alt == 'X':
        stats.append([pos,alt,0,0,0,0,0,0,0,0,0])
        break
    if isShop(alt) == False:
        possible = 1
    ind = path.index(pos)
    if ind == len(path) - 2:
        if alt == target:
            possible = 1
            chosen = 1
            tar = 1
        else:
            possible = 1
            chosen = 0
    try:
        if alt == path[ind+1]:
            chosen = 1
    except IndexError:
        chosen = 0
shortest = nx.shortest_path(graph, alt, target)
distance = path_stats(graph, shortest, 'distancenext')
distance = distance + path_stats(graph, shortest, 'distanceh')
cd = []
for c in crossings:
    s = nx.shortest_path(graph, alt,c)
    d = path_stats(graph, s, 'distancenext')
    d = d + path_stats(graph, s, 'distanceh')
    cd.append(d)
cd.sort()

```

```

        crossdistance = cd[0]
        tillnow = path[:ind]
        if alt in tillnow:
            been = 1
        if alt[3:] == '_S' and alt[0] == 'C':
            cross = 1
        if alt[3:] == '_S':
            street = 1
        if pos[3:] <> alt[3:]:
            turn = 1
        stats.append([pos,alt,possible,chosen,distance,crossdistance,been,cross,street])
    return stats

def pathaltPath(graph, stops, path):
    stats = []
    for node in enumerate(path):
        stats.append(pathStats(graph,stops,path,node[0]))
    return stats

def pathaltPathCsv(graph,stops,micropath):
    lines = []
    line = ''
    for node in micropath:
        for stats in node:
            for s in stats:
                line = line + str(s) + ','
            lines.append(line)
        line = ''
    return lines

def pathaltCsv(graph,stops,paths):
    alttitle = 'id,fgz,strdazwischen,'
    microtitle = 'pos,alt,possible,chosen,distance,crossdistance,been,cross,street,'
    title = alttitle + microtitle
    datei = open('pathalternatives_micro.csv','w')
    datei.write(title+'\n')
    for path in paths:

```

```

s = connect_shortpaths(path[1])
micro = pathaltPath(graph,stops,s)
microcsv = pathaltPathCsv(graph,stops,micro)
for a in microcsv:
    if a == '':
        continue
    id = path[0]['id']
    print id
    fgz = path[0]['fgz']
    strdazwischen = path[0]['querung']
    altline = str(id)+','+str(fgz)+','+str(strdazwischen)+', '
    line = altline+a+'\n'
    datei.write(line)
datei.close()

def split(node):
    name = node[:3]
    if len(node) == 5:
        ending = node[4:]
    else:
        ending = '0'
    return name,ending

def read_sy(stops, name):
    for a in stops:
        if a['sid'] == name:
            return int(a['y'])

def read_other(stops, name, field):
    for a in stops:
        if a['sid'] == name:
            return a[field]

def y(stops, name1, name2):
    sy1 = read_sy(stops, name1)
    sy2 = read_sy(stops, name2)
    if sy1 == sy2:

```

```

        return sy1
    elif sy1 < sy2:
        return sy1
    else:
        return sy2

def x(stops, ending1, ending2):
    l = 'L'
    s = 'S'
    r = 'R'
    o = 'O'
    possible = [[l,s,75], [s,r,250], [o,l,0], [r,o,500], [l,l,75], [s,s,250], [r,r,425]]
    for a in possible:
        if a[0] == ending1 and a[1] == ending2 or a[1] == ending1 and a[0] == ending2:
            return a[2]

def xy(stops, node1, node2):
    name1, ending1 = split(node1)
    name2, ending2 = split(node2)
    xx = x(stops, ending1, ending2)
    yy = y(stops, name1, name2)
    return xx,yy

def side(ending1, ending2):
    if ending1 == 'O' and ending2 == 'R' or ending1 == 'R' and ending2 == 'O':
        side = 'l'
    elif ending2 == 'O' and ending1 == 'L' or ending1 == 'O' and ending2 == 'L':
        side = 'r'
    else:
        side = 'duck'
    return side

def d(stops, node1, node2):
    name1, ending1 = split(node1)
    name2, ending2 = split(node2)
    sy1 = read_sy(stops, name1)
    sy2 = read_sy(stops, name2)

```

```

direction = ''
s = side(ending1,ending2)
if sy1 == sy2 and s == 'r':
    direction = 'r'
elif sy1 == sy2 and s == 'l':
    direction = 'l'
elif sy1 <> sy2 and ending1 == 'R' and ending2 == 'R':
    direction = 'u'
elif sy1 <> sy2 and ending1 == 'L' and ending2 == 'L':
    direction = 'u'
elif sy1 <> sy2 and ending1 == 'S' and ending2 == 'S':
    direction = 'u'
elif sy1 == sy2 and ending1 == ending2:
    direction = 'u'
elif sy1 == sy2 and ending1 <> ending2:
    direction = 'r'
else:
    print node1,node2
return direction

def horlength(node1, node2):
    name1, ending1 = split(node1)
    name2, ending2 = split(node2)
    s = side(ending1,ending2)
    if s in ['l','r']:
        l = 75
    else:
        l = 175
    return l

def coordinates(stops, node1, node2):
    x,y = xy(stops, node1, node2)
    nodedirection = d(stops, node1, node2)
    return x,y,nodedirection

def draw_circle(svg,x,y):
    return svg.circle(center=(x,y), r=15)

```

```

def draw_line(svg,x1,y1,d, width, l):
    if d == 'u':
        x2 = x1
        y2 = y1 + 75
    elif d == 'l':
        x2 = x1 - l
        y2 = y1
    elif d == 'r':
        x2 = x1 + l
        y2 = y1
    l = svg.line(start = (x1,y1), end=(x2,y2),stroke_width = width, stroke = "black")
    return l

def draw_text(svg, text, x, y):
    return svg.text(text, insert=(x,y))

def text_properties(stops, node1, node2):
    x = 0
    y = 0
    text = ''
    show = False
    name1, ending1 = split(node1)
    name2, ending2 = split(node2)
    x,y = xy(stops, node1, node2)
    s = side(ending1,ending2)
    if s in ['l','r']:
        show = True
    if ending1 == '0':
        text = read_other(stops, name1, 'name')
    else:
        text = read_other(stops, name2, 'name')

    return show,x,y,text

def circles(svg,stops,edges):
    for a in edges:

```

```

    x,y = xy(stops, a[0],a[1])
    c = draw_circle(svg,x,y*75)
    svg.add(c)

def lines(svg, stops,edges):
    for a in edges:
        x,y,d = coordinates(stops, a[0], a[1])
        length = horlength(a[0], a[1])
        width = int(a[2]['count'])
        l = draw_line(svg, x,y*75,d,width,length)
        svg.add(l)

def names(svg, stops, edges):
    for a in edges:
        show,x,y,text = text_properties(stops, a[0], a[1])
        if show == True:
            d = draw_text(svg, text,x,y*75)
            svg.add(d)
        else:
            pass

def draw(svg,stops,edges):
    lines(svg,stops,edges)
    svg.save()

# Initialisation
stops = stops_loader('stops.csv')
graph = graph_from_stops(stops)
paths = paths_loader('routes.csv', graph)

# Attributes
## Distances
stop_attributes_to_edges(graph, stops, 'distancenext', 'v')
stop_attributes_to_edges(graph, stops, 'distanceh', 'h')
## path calculations
paths = pathTillNow(paths)

```