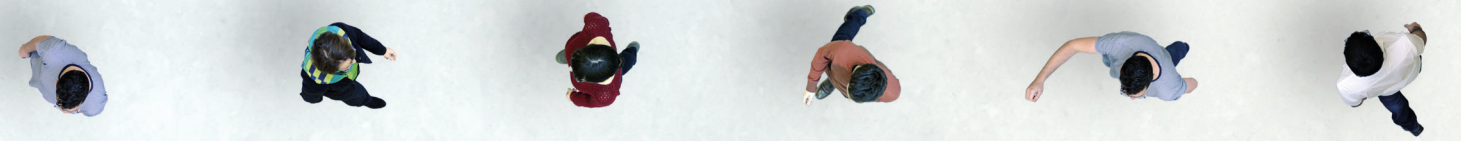
Routenwahlverhalten von Fußgängern



Untersuchungen zum physiologisch und soziologisch motivierten Verhalten von Fußgängern bei Routenwahlentscheidungen

Vorlaufforschungsprojekt Routenwahlverhalten von Fußgängern

Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm
Fakultäten Architektur und Bauingenieurwesen
Kesslerplatz 12
90489 Nürnberg

TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
GEORG SIMON OHM

Impressum

Herausgeber:
Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Ingrid Burgstaller
Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Gunnar Tausch
Cand. M.A., B.A. Jennifer Botzki

Fakultät Architektur,
Bahnhofstraße 90, 90402 Nürnberg
Tel. 0911 5880 2100

Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke

Fakultät Bauingenieurwesen,
Nuremberg Campus Of Technology
Intelligente Verkehrsplanung,
Kesslerplatz 12, 90489 Nürnberg
Tel. 0911 5880 1418

Studentische Hilfskräfte:

Cand. M.A., B.A. Kai Gebhardt
Cand. M.A., B.A. Sophie Hellmann
Cand. M.A., B.A. Victoria Konuk
Cand. M.A., B.A. Sven Vorliczky
Cand. B.Eng. Stefan Harrer

Nürnberg, im Dezember 2016

TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
GEORG SIMON OHM

Redaktion:
Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Ingrid Burgstaller
Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Gunnar Tausch
Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke
Cand. M.A., B.A. Jennifer Botzki

Beratung:
M.Eng. Patrick Schwenteck
Dipl.-Ing. (FH) Michael Pfisterer
Dipl.-Ing. (FH) Katharina Martin
M.Sc. Dipl.-Ing. Christian Schwander
Marion Weißmann

Layout:
Cand. M.A., B.A. Kai Gebhardt

Druck:
Wir machen Druck, Backnang
Auflage 50 Exemplare

Inhalt

1	Einleitung		4
2	Allgemeine Fußgängerforschung		6
	2.1	Probleme und Lösungsinstrumente einer verbesserten Situation	10
	2.2	Allgemeine Studien	24
	2.3	Problematik im Fußgängerverkehr anhand des Wegebeispiels „Bahnhofstraße 90 – Mensa Kesslerplatz“	30
	2.4	Mögliche Fragestellungen	36
3	Spezifische Fußgängerforschung		38
	3.1	Maßstabsebenen	40
	3.2	Spezifische Studien	44
	3.3	Parameter und Algorithmen der Routenwahl	50
	3.4	Modelle zur Abbildung des Fußgängers	54
	3.5	Vergleich der Software zur Modellierung des Fußgängers	60
4	Vergleich von Space Syntax und PTV Visum		62
	4.1	Erläuterung von Space Syntax	64
	4.2	Erläuterung von PTV Visum	70
	4.3	Anwendungsvergleich beider Programme	72

5 Studie zum Softwarevergleich von Space Syntax und PTV Visum 74

5.1 Analyse orthogonaler und ringsymmetrischer Strukturen 76
5.2 Möglichkeiten der Fußgängerzählung 92
5.3 Fußgängerzählung Bärenschanze 94
5.4 Vergleich von Fußgängerzählung in Bärenschanze und Space Syntax 118

6 Abstract „Connections and Barriers: The Merging of Nuremberg and Fürth“ 120

7 Fazit 122

8 Bibliographie 124

9 Danksagungen 134

1 Einleitung

Obwohl der Mensch bereits seit Millionen von Jahren ausschließlich und seit ca. 2000 Jahren beinahe ausschließlich zu Fuß unterwegs ist, spielt diese Art der Mobilität in der herrschenden Stadt- und Verkehrsforschung eine eher untergeordnete Rolle. Die Anteile des Fußgängerverkehrs im Personenverkehr werden systematisch deutlich zu gering eingeschätzt. Obwohl wissenschaftlich erwiesen ist, dass das Zufußgehen das physische und psychische Wohlergehen fördert, wird in unserer von motorisierten Verkehrssystemen geprägten Welt das Zufußgehen offensichtlich als eine anachronistische Art der Fortbewegung gesehen und findet daher mit einigen wenigen Ausnahmen kaum Beachtung in der Bauleitplanung. „Fußgänger sind wie Schafe, die kann man überall hinscheuchen, und sie machen nicht mal, Mäh“ so der Promenadologe Bertram Weisshaar in der Süddeutschen Zeitung vom 5./6. November 2016. Nach wie vor werden bis heute neue Baugebiete in erster Linie nach den Anforderungen des Autoverkehrs (Ausstattung und Zugänglichkeit von Abstellplätzen für Pkws, Flüssigkeit des Kfz-Verkehrs u.v.m.), jedoch ohne die spezifische Berücksichtigung der Anforderungen der Fußgänger geplant. Obwohl Fußgänger aufgrund ihrer physiologischen Grenzen gegenüber Steigungen und Umwegen besonders empfindlich sind, rückt nach wie vor die Sicherstellung der Flüssigkeit des Kfz-Verkehrs in den Fokus aller Planungsbemühungen.

Ziel des Projektes ist daher mitunter die Erarbeitung von Grundlagen im Bereich der Fußgängerforschung, insbesondere die Sammlung bisheriger, interdisziplinärer Forschungsergebnisse, sowie das Erarbeiten von Parametern mit Einfluss auf das Routenwahlverhalten.

Wichtige Ansätze zur Erforschung des Fußgängerverkehrs finden sich interessanterweise nicht in den Verkehrs- und Ingenieurwissenschaften sondern im interdisziplinären Bereich zwischen Soziologie und Architektur. Der britische Wissenschaftler Bill Hillier entwickelte zusammen mit Julienne Hanson bereits 1986 mit Hilfe der Graphentheorie Space Syntax einen Algorithmus zur Beschreibung der abstrakten morphologischen Wirkung von Räumen in einer Stadt. Die Art und Weise wie der öffentliche Raum geformt und miteinander verbunden und vernetzt ist, gibt hierbei Rückschlüsse auf die Benutzungsintensitäten durch die Bewohner und Besucher auf ihren unzähligen Wegen von A nach B in der Stadt, dies haben tausende von Studien mit Hilfe der Space-Syntax-Methode auf aller Welt eindrucksvoll dokumentiert. Das Programm depthmapX wurde an der Bartlett School of Architecture von Hillier und Hanson und deren Team über die letzten 40 Jahre mit dem grundlegenden Gedanken, dass Raumzusammenhänge graphisch und mathematisch bewertet werden können, entwickelt.

Ein anderer, diesmal physikalischer Ansatz zur Beschreibung des Fußgängerverhaltens geht auf den Physiker Dirk Helbig zurück, dem es gelang, das kurzfristig-reaktive Fußgängerverhalten zu simulieren. Sein unter dem Namen „Social Force“ bekanntes Modell ist jedoch nicht in der Lage, makroskopische Routenwahl-Entscheidungssituationen zu modellieren. Die Nachbildung dieser makroskopischen Situationen in der Routenwahl von motorisierten Verkehrsteilnehmern ist mit der seit Jahren auf dem Markt befindlichen Software PTV Visum des Karlsruher Softwareunternehmens PTV möglich. Wie die Forschungen von Hillier bereits zeigen, ist jedoch das Entscheidungsverhalten von Fußgänger um ein Vielfaches komplexer als das Entscheidungsverhalten der Nutzer motorisierter Verkehrssysteme, da zum einen die Entscheidungsfreiräume des Fußgängers als Simulationsobjekt größer sind und zum anderen eine viel größere Anzahl von Entscheidungsparametern auf das Routenwahlverhalten wirken.

Abb. 1: Knoflacher, *Langsame Evolution zum Menschen – rasche Degeneration*

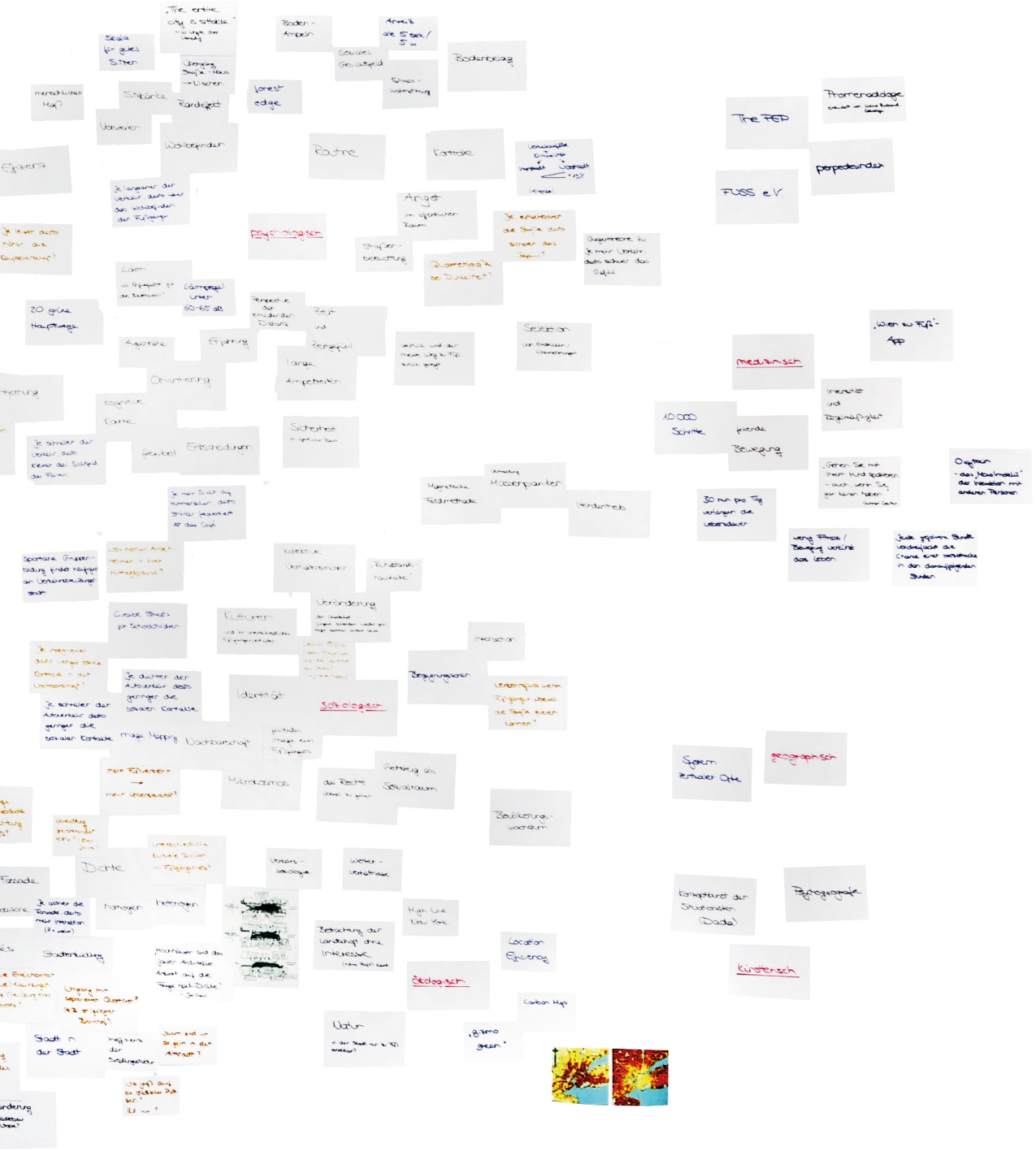
Anhand einer ausführlichen Literaturrecherche wird so die bisherige Fußgängerforschung über Verkehrsplanung und Städtebau hinaus in gesellschaftwissenschaftliche Disziplinen wie Psychologie oder Soziologie sowie in Teilbereichen von Ökonomie, Technik und Mathematik näher untersucht. Ziel ist das Erlangen eines umfassenden Blickes auf den Fußgänger mithilfe bereits entwickelter Forschungsergebnissen aber auch die Sammlung möglicher Instrumente zur Verbesserung der Situation des Fußgängers im Verkehr. Neben den Space Syntax und PTV Visum zugrunde liegenden Algorithmen wurden bislang nur wenige Versuche unternommen, die Routenwahlentscheidungen des Fußgängers auf seiner eigenen Maßstabsebene abzubilden. Beide Algorithmen arbeiten mit unterschiedlichen mathematischen Ansätzen. Zum besseren Verständnis des Modellverhaltens wurden in einem Exkurs zunächst die Modellaussagen auf Basis von standardisierten Wegenetzstrukturen einander gegenübergestellt. Zur Anwendung kamen einerseits ein orthogonale Netzstruktur sowie eine Radialring-Netzstruktur, die beide durch die Herausnahme einzelner Netzkanten variiert wurden.

2 Allgemeine Fußgängerforschung

Zu Beginn wurden möglichst viele der in der Literatur vorhandenen Erkenntnisse und Forschungsansätze zum Fußgängerverhalten mit Hilfe eines Clusters strukturiert und geordnet. Mit Hilfe des Clusters konnte auch die inhaltliche und methodische Nähe unterschiedlicher Ansätze aus den Einzeldisziplinen verdeutlicht werden. Hierzu zählen neben der Verkehrsplanung, Architektur und Stadtplanung auch gesellschaftwissenschaftliche Disziplinen wie Psychologie oder Soziologie sowie Teilbereiche von Ökonomie, Technik und Mathematik. Die große Menge an Forschungsansätzen aus unterschiedlichsten Disziplinen zeigte, dass sich das eingangs befürchtete wissenschaftliche Desinteresse auf Grund eines fehlenden offensichtlichen wirtschaftlichen Nutzens (Burckhardt et al. 2011, S. 273) von Fußgängerforschung nicht bewahrheitet hat. So wurde und wird in den unterschiedlichen Disziplinen mit jeweils eigenen Schwerpunkten und Methodiken geforscht. Während sich die Fußgängerforschung in einigen Bereichen wie der Technik oder Informatik zur Entwicklung von digitalen Fußgängermodellen erst in den letzten Jahren deutlich und verstärkt entwickelt hat, belegen psychologische und soziologische Studien schon seit Jahrzehnten die Probleme und Potentiale des Fußgängers. Als “Verkehrsteilnehmer zweiter Klasse” (Risser 2002, S.7) wurde der Fußgänger bisher jedoch, ausgenommen einiger Ausnahmen wie Jan Gehl, Architekt und Stadtplaner oder Hermann Knoflacher, Verkehrsplaner, nur begrenzt interdisziplinär betrachtet. Hierbei muss erwähnt werden, dass sich einige Disziplinen oder Teildisziplinen, beispielsweise die Medizin oder die Informatik im Gegensatz zu Architektur und Verkehrsplanung fast ausschließlich innerhalb ihrer eigenen Disziplin bewegen. Dies erschwert jedoch den Einblick in den aktuellen Forschungsstand der Fußgängerforschung.

Dennoch konnte mit Hilfe des Clusters ein Forschungsfeld entdeckt werden, welcher sich im Schnittpunkt von Architektur und Verkehrsplanung, Informatik, Ökonomie und Technik befindet. Zunächst sollen jedoch die Möglichkeiten einer verbesserten Situation für Fußgänger im Allgemeinen sowie Studien und mögliche Fragestellungen in den einzelnen Disziplinen näher erläutert werden.

8 Abb. 2: Eigene Darstellung, *Cluster Fußgängerforschung*

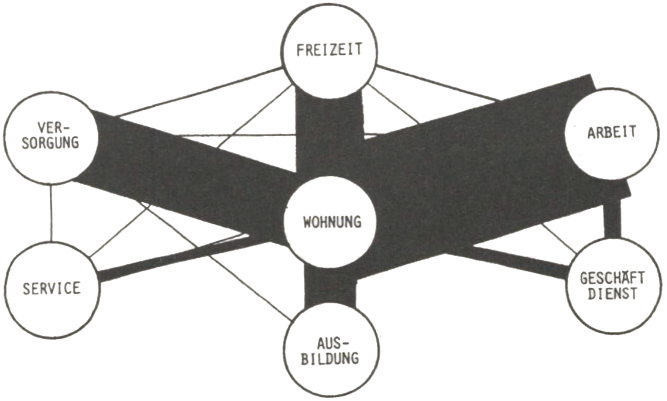

Psychologisch
Sozialökologisch
Ökologisch
Medizinisch
Geographisch
Künstlerisch
Psychogeografie
FUSS e.V
Fahrradstadt
Boden-Arten
Bodenbelag
Wahrnehmung
Angst
Sicherheit
Orientierung
Erfahrung
Kartierung
Veränderung
Interaktion
Beteiligung
Nutzung
Nutzungsmix
Dichte
Verdichtung
Stadtentwicklung
Stadt in der Stadt
Natur
Location Efficiency
Carbon Map
Bevölkerungswachstum
Konzentration der Stadtorte (Dodo)
Sperrstunde
Fassade
Landschaft
Mischung
Trennung
Zeit
Raum
Licht
Lärm
Farbe
Material
Oberfläche
Wetter
Klima
Temperatur
Luftfeuchtigkeit
Niederschlag
Wind
Sonne
Schatten
Geruch
Geräusch
Tag
Nacht
Jahreszeiten
Frühling
Sommer
Herbst
Winter
Bewegung
Gehen
Laufen
Radfahren
Fahren
Parken
Barrierefreiheit
Kinder
Alte Menschen
Behinderte
Hunde
Tiere
Pflanzen
Bäume
Wasser
Licht
Schatten
Farbe
Material
Oberfläche
Struktur
Muster
Rhythmus
Proportion
Maßstab
Orientierung
Wahrnehmung
Erfahrung
Bewegung
Zeit
Raum
Stadt
Land
Dorf
Metropole
Megacity
Slum
Favela
Gated Community
Shopping Mall
Einkaufszentrum
Supermarkt
Tante-Emma-Laden
Kiosk
Restaurant
Café
Bar
Kneipe
Club
Disco
Theater
Kino
Museum
Galerie
Bibliothek
Schule
Universität
Krankenhaus
Apotheke
Arzt
Polizei
Feuerwehr
Rettungsdienst
Müllabfuhr
Straßenreinigung
Winterdienst
Straßenbeleuchtung
Ampel
Zebrastreifen
Fußgängerzone
Radweg
Busspur
Tram
U-Bahn
S-Bahn
Bahnhof
Flughafen
Hafen
Brücke
Tunnel
Parkhaus
Tiefgarage
Carsharing
Fahrradverleih
Taxi
Bus
Lkw
Motorrad
Roller
Fahrrad
Auto
Verkehr
Stau
Unfall
Lärm
Abgase
Feinstaub
Ozon
Smog
Klimawandel
Erderwärmung
Treibhauseffekt
Ozonloch
Regen
Schnee
Hagel
Gewitter
Sturm
Orkan
Tornado
Hochwasser
Dürre
Waldbrand
Erdbeben
Vulkan
Tsunami
Lawine
Erdrutsch
Meteorit
Asteroid
Komet
Planet
Stern
Sonne
Mond
Sonnensystem
Galaxie
Universum
Urknall
Schwarzes Loch
Weißes Loch
Wurmloch
Zeitreise
Parallelwelt
Multiverum
Quantenphysik
Relativitätstheorie
Gravitation
Elektromagnetismus
Kernkraft
Atombombe
Radioaktivität
Strahlung
Röntgen
Ultraschall
Infrarot
Ultraviolett
Mikrowelle
Radiowelle
Fernsehen
Radio
Internet
Computer
Smartphone
Tablet
Laptop
Desktop
Server
Cloud
Datenbank
Programmierung
Software
Hardware
Betriebssystem
Linux
Windows
Mac OS
Android
iOS
Open Source
Freeware
Shareware
Malware
Virus
Trojaner
Wurm
Spyware
Adware
Phishing
Hacker
Cracker
Script Kiddie
Black Hat
White Hat
Grey Hat
Penetrationstest
Firewall
Verschlüsselung
Kryptografie
Steganografie
Blockchain
Bitcoin
Ethereum
Litecoin
Dogecoin
Ripple
Monero
Zcash
Dash
Tor
I2P
Freenet
Darknet
Deep Web
Surface Web
Clearnet
Intranet
Extranet
Proxy
VPN
DNS
IP-Adresse
MAC-Adresse
Router
Switch
Modem
Netzwerkkarte
Kabel
WLAN
Bluetooth
NFC
RFID
Barcode
QR-Code
Scanner
Drucker
Plotter
Monitor
Tastatur
Maus
Touchscreen
Stylus
Grafiktablett
Webcam
Mikrofon
Lautsprecher
Kopfhörer
Headset
Soundkarte
Grafikkarte
Prozessor
Arbeitsspeicher
Festplatte
SSD
USB-Stick
SD-Karte
CD
DVD
Blu-ray
Diskette
Magnetband
Lochkarte
Abakus
Rechenschieber
Taschenrechner
Computer
Roboter
Künstliche Intelligenz
Maschinelles Lernen
Neuronale Netze
Deep Learning
Big Data
Data Mining
Data Science
Statistik
Wahrscheinlichkeit
Mathematik
Geometrie
Algebra
Analysis
Differentialrechnung
Integralrechnung
Vektor
Matrix
Tensor
Quaternion
Komplexe Zahl
Imaginäre Zahl
Reelle Zahl
Rationale Zahl
Irrationale Zahl
Transzendente Zahl
Algebraische Zahl
Natürliche Zahl
Ganze Zahl
Gebrochene Zahl
Dezimalzahl
Binärzahl
Hexadezimalzahl
Oktalzahl
Dualzahl
Primzahl
Fibonacci-Zahl
Goldener Schnitt
Pi
Euler'sche Zahl
Null
Unendlich
Infinitesimal
Grenzwert
Stetigkeit
Differenzierbarkeit
Integrierbarkeit
Konvergenz
Divergenz
Reihe
Folge
Funktion
Gleichung
Ungleichung
Lösung
Beweis
Axiom
Satz
Lemma
Korollar
Hypothese
These
Antithese
Synthese
Dialektik
Logik
Philosophie
Ethik
Moral
Religion
Spiritualität
Esoterik
Okkultismus
Magie
Alchemie
Astrologie
Numerologie
Tarot
I Ching
Runen
Geomantie
Feng Shui
Chakra
Aura
Meridian
Akupunktur
Akupressur
Reflexzonenmassage
Shiatsu
Ayurveda
Homöopathie
Naturheilkunde
Kräuterkunde
Botanik
Zoologie
Biologie
Chemie
Physik
Astronomie
Geologie
Meteorologie
Ozeanografie
Geografie
Kartografie
Vermessung
Navigation
GPS
Kompass
Sextant
Astrolabium
Globus
Atlas
Landkarte
Stadtplan
Wanderkarte
Seekarte
Himmelskarte
Sternkarte
Mondkarte
Planetenkarte
Galaxienkarte
Universumskarte
Multiversumskarte
Quantenkarte
Relativitätskarte
Gravitationskarte
Elektromagnetismuskarte
Kernkraftkarte
Atombombenkarte
Radioaktivitätskarte
Strahlungskarte
Röntgenkarte
Ultraschallkarte
Infrarotkarte
Ultraviolettkarte
Mikrowellenkarte
Radiowellenkarte
Fernsehkarte
Radiokarte
Internetkarte
Computerkarte
Smartphonekarte
Tablet-Karte
Laptop-Karte
Desktop-Karte
Servers-Karte
Cloud-Karte
Datenbankkarte
Programmierkarte
Softwarekarte
Hardwarekarte
Betriebssystemkarte
Linux-Karte
Windows-Karte
Mac OS-Karte
Android-Karte
iOS-Karte
Open Source-Karte
Freeware-Karte
Shareware-Karte
Malware-Karte
Virus-Karte
Trojaner-Karte
Wurm-Karte
Spyware-Karte
Adware-Karte
Phishing-Karte
Hacker-Karte
Cracker-Karte
Script Kiddie-Karte
Black Hat-Karte
White Hat-Karte
Grey Hat-Karte
Penetrationstest-Karte
Firewall-Karte
Verschlüsselung-Karte
Kryptografie-Karte
Steganografie-Karte
Blockchain-Karte
Bitcoin-Karte
Ethereum-Karte
Litecoin-Karte
Dogecoin-Karte
Ripple-Karte
Monero-Karte
Zcash-Karte
Dash-Karte
Tor-Karte
I2P-Karte
Freenet-Karte
Darknet-Karte
Deep Web-Karte
Surface Web-Karte
Clearnet-Karte
Intranet-Karte
Extranet-Karte
Proxy-Karte
VPN-Karte
DNS-Karte
IP-Adresse-Karte
MAC-Adresse-Karte
Router-Karte
Switch-Karte
Modem-Karte
Netzwerkkarte-Karte
Kabel-Karte
WLAN-Karte
Bluetooth-Karte
NFC-Karte
RFID-Karte
Barcode-Karte
QR-Code-Karte
Scanner-Karte
Drucker-Karte
Plotter-Karte
Monitor-Karte
Tastatur-Karte
Maus-Karte
Touchscreen-Karte
Stylus-Karte
Grafiktablett-Karte
Webcam-Karte
Mikrofon-Karte
Lautsprecher-Karte
Kopfhörer-Karte
Headset-Karte
Soundkarte-Karte
Grafikkarte-Karte
Prozessor-Karte
Arbeitsspeicher-Karte
Festplatte-Karte
SSD-Karte
USB-Stick-Karte
SD-Karte-Karte
CD-Karte
DVD-Karte
Blu-ray-Karte
Diskette-Karte
Magnetband-Karte
Lochkarte-Karte
Abakus-Karte
Rechenschieber-Karte
Taschenrechner-Karte
Computer-Karte
Roboter-Karte
Künstliche Intelligenz-Karte
Maschinelles Lernen-Karte
Neuronale Netze-Karte
Deep Learning-Karte
Big Data-Karte
Data Mining-Karte
Data Science-Karte
Statistik-Karte
Wahrscheinlichkeit-Karte
Mathematik-Karte
Geometrie-Karte
Algebra-Karte
Analysis-Karte
Differentialrechnung-Karte
Integralrechnung-Karte
Vektor-Karte
Matrix-Karte
Tensor-Karte
Quaternion-Karte
Komplexe Zahl-Karte
Imaginäre Zahl-Karte
Reelle Zahl-Karte
Rationale Zahl-Karte
Irrationale Zahl-Karte
Transzendente Zahl-Karte
Algebraische Zahl-Karte
Natürliche Zahl-Karte
Ganze Zahl-Karte
Gebrochene Zahl-Karte
Dezimalzahl-Karte
Binärzahl-Karte
Hexadezimalzahl-Karte
Oktalzahl-Karte
Dualzahl-Karte
Primzahl-Karte
Fibonacci-Zahl-Karte
Goldener Schnitt-Karte
Pi-Karte
Euler'sche Zahl-Karte
Null-Karte
Unendlich-Karte
Infinitesimal-Karte
Grenzwert-Karte
Stetigkeit-Karte
Differenzierbarkeit-Karte
Integrierbarkeit-Karte
Konvergenz-Karte
Divergenz-Karte
Reihe-Karte
Folge-Karte
Funktion-Karte
Gleichung-Karte
Ungleichung-Karte
Lösung-Karte
Beweis-Karte
Axiom-Karte
Satz-Karte
Lemma-Karte
Korollar-Karte
Hypothese-Karte
These-Karte
Antithese-Karte
Synthese-Karte
Dialektik-Karte
Logik-Karte
Philosophie-Karte
Ethik-Karte
Moral-Karte
Religion-Karte
Spiritualität-Karte
Esoterik-Karte
Okkultismus-Karte
Magie-Karte
Alchemie-Karte
Astrologie-Karte
Numerologie-Karte
Tarot-Karte
I Ching-Karte
Runen-Karte
Geomantie-Karte
Feng Shui-Karte
Chakra-Karte
Aura-Karte
Meridian-Karte
Akupunktur-Karte
Akupressur-Karte
Reflexzonenmassage-Karte
Shiatsu-Karte
Ayurveda-Karte
Homöopathie-Karte
Naturheilkunde-Karte
Kräuterkunde-Karte
Botanik-Karte
Zoologie-Karte
Biologie-Karte
Chemie-Karte
Physik-Karte
Astronomie-Karte
Geologie-Karte
Meteorologie-Karte
Ozeanografie-Karte
Geografie-Karte
Kartografie-Karte
Vermessung-Karte
Navigation-Karte
GPS-Karte
Kompass-Karte
Sextant-Karte
Astrolabium-Karte
Globus-Karte
Atlas-Karte

2.1 Probleme und Lösungsinstrumente einer verbesserten Situation

Um die vielfältigen Möglichkeiten einer verbesserten Situation für den Fußgängern näher aufzeigen zu können, müssen zuerst die unterschiedlichen Arten von Situationen sowie ihre Probleme geklärt werden. So wird hinsichtlich der Entscheidungsfindung allgemein zwischen der längerfristigen und der spontanen Wahl unterschieden: Während als längerfristig angelegte Wahl der eigene Wohnstandort oder auf Dauer angelegte Wege wie der Arbeitsweg gelten, handelt es sich bei der spontanen Wahl um Orte "mit nur schwacher dauerhafter Bindung" wie Freizeiteinrichtungen oder Einkaufsgelegenheiten, die "eine ebenso spontane Verkehrsteilnahme" nach sich ziehen. (Schmitz 2001, S 189 in: Schwedes und Rammler 2012, S. 19) In der Verkehrswissenschaft wird dieser Aspekt auch unter den Begriffen imperative oder fakultative Ortsveränderungen beschrieben.

Als schwächste Verkehrsteilnehmergruppe sieht der Fußgänger sich jedoch in beiden Situationen mit vielfältigen Problemen konfrontiert. War er geschichtlich gesehen im Mittelalter in der Mitte der Straße verortet, während sich Tiere und Wägen an den Seiten bewegten, verdrängte die Pflasterung der Straßen ihn nach und nach an die Ränder. (vgl. Anderson 1986, S. 250) Der zunehmende Verkehr führte im Folgenden zu verstärkten Sicherheitsproblemen, vor Allem für Kinder und ältere Menschen. Des Weiteren bedingen sich die Verkehrsflüsse der unterschiedlichen Verkehrsmittel, sodass Abhängigkeiten entstehen, welche sich negativ auf den Fußgänger auswirken können. Weitere Problembereiche stellen der Bewegungskomfort des Fußgängers wie beispielsweise der Belagszustand oder fehlendes Verständnis und Rücksichtnahme des Autofahrers dar. Hier wird eine Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmer im Umgang mit den zu Fuß Gehenden notwendig. Zuletzt führen auch ästhetische beziehungsweise psychologische Aspekte wie Lärm oder schlechte Luft zu einer beeinträchtigten Interaktion im Verkehr. (vgl. Risser 2002, S. 28–29)

Die Lösungsansätze diesbezüglich sind vielfältig und werden im Folgenden, gegliedert in einzelne Disziplinen, näher erläutert (siehe Tabelle). Um Mobilität in Zukunft nachhaltiger zu gestalten, geht die Verkehrswissenschaft heute von einer dreistuftigen Strategie aus: "Die erste Stufe ist die Vermeidung von Verkehr durch die Gestaltung der Raumstruktur. Die zweite Stufe ist die Verlagerung des Verkehrs auf effizientere und umweltverträglichere Verkehrsträger. Erst die dritte Stufe umfasst die umweltverträglichere Gestaltung bisheriger Verkehrstechnologien." (Moore und Kuhnert 2011, S. 74) Diese Strategie zeigt die Bedeutung der Architektur im Bereich des Verkehrswesens. Dennoch werden im Folgenden viele Argumente angeführt, welche der dritten Stufe angehören mögen. Begründet werden kann dies durch die zunehmende Komplexität im Hinblick auf eine



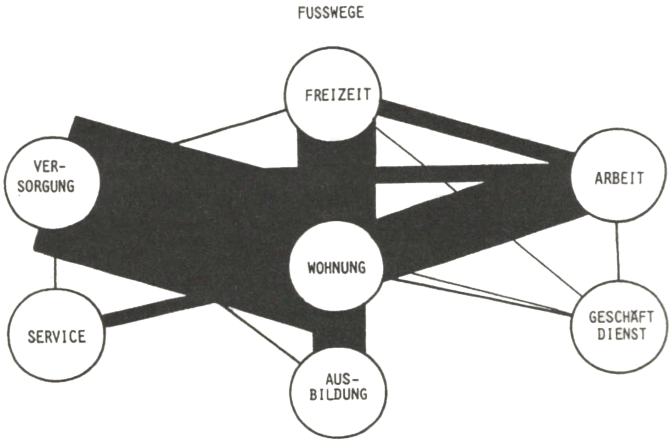


Abb. 3: Knoflacher, *Übersicht über die Verteilung der Verkehrszwecke*

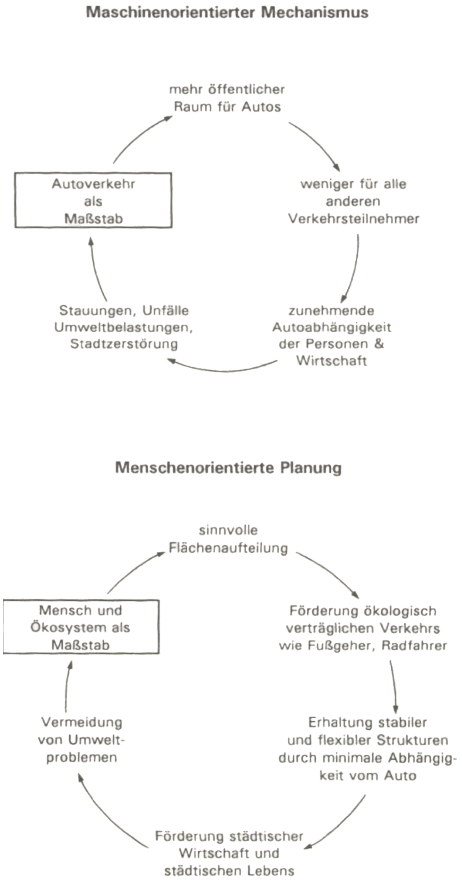


Abb. 4: Knoflacher, *Vergleich maschinenorientierter Mechanismus – menschenorientierte Planung*

Argumentation mit Einbezug architektonischer Entwurfsprozesse.

Zunächst würde die Schaffung eines durchgängigen Fußgängerverkehrsnetzes durch das Schließen bestehender Lücken zu einer wesentlichen Verbesserung für den Fußgänger führen. Die Nürnberger Innenstadt kann hier als Vorbild genannt werden: 71 bis 80 Prozent des Staus lösten sich auf, als die Altstadt Nürnberg 1972-1988 in vier Schritten nur noch für Fußgänger zugänglich wurde: 1972-73 Fleischbrücke und Museumsbrücke, 1972-73 Karolinenstraße und Kaiserstraße, 1982 Bankgasse und Adlerstraße, 1988 Rathausplatz. (Newman und Kenworthy 2015, S. 148) Weiter gehört neben der Infrastruktur auch eine Verbesserung der Ampelanlagen dazu, welche in unterschiedlichen Studien meinst als einer der Hauptgründe als Auslöser von Unzufriedenheit bei den Fußgängern genannt wurden. (vgl. Risser 2002, S. 50) Eine Möglichkeit könnte hierbei in der Verkürzung der Wartezeit liegen, aber auch eine Zeitanzeige kann gegen die (gerechtfertigte) Ungeduld des Fußgängers helfen. Weiteres Ziel für eine verbesserte Situation für den Fußgängers muss die Gewährleistung einer Zugänglichkeit von Verkehrsbereichen für alle Teilnehmer im Personenverkehr sein, eingeschlossen Kinder und ältere Menschen. Für Letztere sind oftmals schon kleinere Höhenunterschiede im Belag ein unüberwindbares Hindernis. Auch eine Reduzierung der Verkehrsgeschwindigkeit des fahrenden Verkehrs kann zu einem verbesserten Wohlbefinden bei den Fußgängern führen. Hermann Knoflacher spricht hierbei – im Gegensatz zu der Stadt der kurzen Wege, wie sie im letzten Jahrhundert oftmals propagiert wurde – von der Stadt der geringen Geschwindigkeiten (vgl. Knoflacher 1996, S. 54) Studien haben gezeigt, dass Fußgänger sich bei einer Geschwindigkeit des motorisierten Verkehrs von 30 km/h am Wohlsten fühlen. Dennoch wurden die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten innerorts in Deutschland ständig erhöht. 1930 galt vergleichsweise noch ein Tempolimit von 30 km/h innerorts.

Auch für den interdisziplinär denkenden Verkehrsplaner Jan Gehl bedeutet langsamer Verkehr eine lebendige Stadt. (vgl. Gehl 2015a, S. 73) Im Zusammenhang mit der Verlangsamung des fahrenden Verkehrs kann zuletzt auch die Reduzierung der Straßenbreite dazu führen, dass der Fußgänger sich einer geringeren Gefahr ausgesetzt sehen und daher die Straße leichter und ohne Verkehrsampel überqueren könnte. Ohne den Verkehr zu beeinträchtigen kann sein Handeln so nicht nur bezüglich der Wegewahl und des Ziels spontaner werden, sondern auch hinsichtlich der Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern im Straßenverkehr. Viele Planer und Politiker werfen an dieser Stelle ein, dass ein erhöhtes Verkehrsaufkommen erst durch die Verbreiterung von Straßen normalisiert werden könne. Studien von Staus an Baustellen

NÜRNBERG

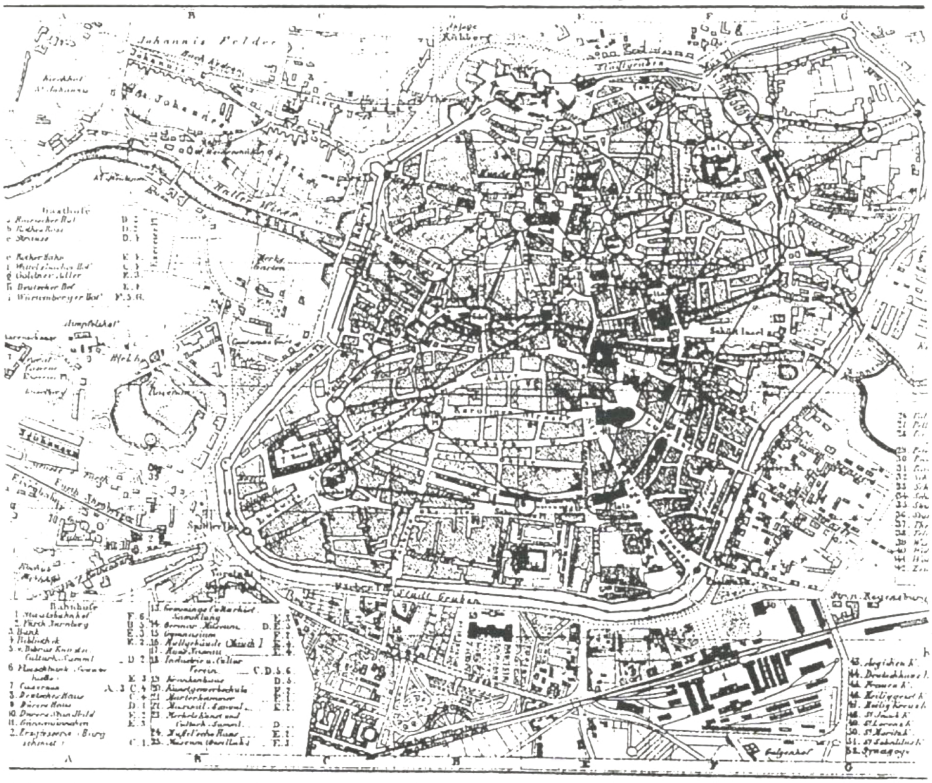


Abb. 47: Nürnberg weist ebenso wie die übrigen untersuchten „historisch gewachsenen Städte" diese gesunde Struktur gekennzeichnet von Plätzen und Gassen auf – mittlere Entfernung: 176 m.

zeigen jedoch, dass der anfängliche Stau sich nach einigen Tagen auflöst und sich das Verkehrssystem reguliert, indem die Autofahrer dieser Stelle ausweichen. (vgl. Schwartz 2015, S. 13)

Ein sehr zeitgemäßes Problem stellt auch das von Stadt zu Stadt jeweils unterschiedliche Konzept hinsichtlich der Parkplatzsituation dar. Droesser und Schirm bemängeln hierbei, auf dem Gehsteig oder vor der Kreuzungsbreite von fünf Metern parkende Autos seien längst zur Normalität geworden (vgl. Droesser und Schirm 2005, S. 54–55). Dass der ruhende Verkehr so zum Problem für den Fußgänger wird, weil sowohl der Weg als auch der Sichtbezug über den Straßenraum versperrt ist, wird verdrängt. Das Entfernen der Parkplätze am Straßenrand würde daher zu einem für den Fußgänger übersichtlicherem Straßenraum führen. Während sich in den 90er Jahren nach der Utopie der autogerechten Stadt für die Umsetzung einer stärkeren und feineren Gliederung der Straße (vgl. Anderson 1986, S. 144) eingesetzt wurde, deuten aktuelle Tendenzen auf die Gleichberechtigung der unterschiedlichen Akteure im Straßenraum hin. Die Argumentation Andersons wie auch des Architekten Oscar Newmans sah damals vor, durch die Einsetzung klarer Grenzen und Hierarchien in der Stadtplanung "die tatsächliche und gefühlte Sicherheit zu forcieren." (vgl. Gehl 2015b, S. 123) Dem gegenüber argumentiert man heute, dass bei Projekten wie "Shared Space" das gestärkte Sicherheitsgefühl durch die Sensibilisierung der des motorisierten Verkehres in Bezug auf den Fußgänger erreicht wird.

Als nächstes sollen nun städtebauliche Möglichkeiten betrachtet werden, um eine verbesserte Situation des Fußgängers im Straßenverkehr zu erreichen. Das sogenannte „Kopenhagener Modell" kann städtebaulich als Vorbild dienen: ein geringes Verkehrsaufkommen in den Seitenstraßen von 15-20 km/h sowie ein durchgängiges Radwegenetz mit den Radfahrspuren an den Straßenrändern hat sich so gut bewährt, dass es nun auch auf andere Städte angewandt werden soll. (vgl. Gehl 2015b, S. 213) Wie eben angesprochen wäre auch die Reduzierung der Parkplätze im städtischen Bereich eine erhebliche Verbesserung, da der Fußgänger durch den Wegfall der Hindernisse einen Sichtbezug zur anderen Straßenseite herstellen und sich so orientieren kann. Massive Geländer, Straßenschilder und Autos erschweren die Orientierung und weisen offensiv darauf hin, dass der Fußgänger gerade in seiner Bewegung eingeschränkt wird. (vgl. Gehl 2015b, S. 174) Diese Sichtachsen sind wichtig, da der Mensch einen Raum nur benutzt, wenn er ihn auch sehen kann. (vgl. Gehl 2015a, S. 93) Auch die Minimierung von versiegelter Fläche zugunsten eines vergrößerten Baumbestandes kann zur Verbesserung des Wasserkreislaufes und somit zur Verbesserung der Lebensqualität führen. Durch überlappende Funktionen,

vor Allem im Erdgeschoss, sowie einer guten Ausleuchtung der Straße kann der öffentliche Raum stärker belebt werden. Dies gilt nicht nur für die Stadt, Ziel muss auch die Stärkung regionaler Ortschaften sein. Knoflacher spricht davon, die Infrastruktur wirke "wie eine Hardware, das Verhalten als Software." (vgl. Knoflacher 1996, S. 38). Versorgungseinrichtungen, Kultur- und Freizeitstätten (Kino, Einkaufszentrum, Parks, etc..) seien jedoch teilweise ohne Kfz nicht erreichbar. (vgl. Risser 2002, S. 80) Auch Jan Gehl plädiert daher auf die Schaffung von erreichbaren Orten der Kommunikation in der Stadt, auf eine städtebauliche Entwicklung nach menschlichem Maß. (vgl. Gehl 2015b, S. 18–19)

Im späteren Verlauf sollen anhand einer Untersuchung des Weges von der Architekturfaktultät in der Bahnhofstraße 90 zur Mensa am Kesslerplatz die städtebaulichen Problematiken am konkreten Beispiel erläutert werden. Steht der Fußgänger an der Ampel,

 Abb. 6: Bode et al., *Am Auto führen viele Wege vorbei – Die zentralverriegelte Persönlichkeit*

Abb. 7: Bode et. al, *Am Auto führen viele Wege vorbei – Anstiftung zum Aufhören*

muss zwischen zwei ungeduldig abgewarteten Rotphasen auch noch Rücksicht auf die Straßenbahn genommen werden. Eine Studie belegt beispielsweise, dass der Fußgänger im Schnitt 40 Sekunden an der Ampel und 20 Sekunden im sonstigen Verkehr wartet, bis er sich anschließend gefahrvoll verhält. (National Association of City Transportation Officials 2013, S. 111) Dieses Wegebeispiel zeigt, welche städtebaulichen Gefahren und Einschränkungen und in welch hoher Anzahl sie dem Fußgänger im Verkehr auf einer beliebig ausgewählten Route begegnen. Dass durch diese Schwierigkeiten ein gewisser Unmut beim Fußgänger aufkommen kann, ist hinsichtlich dessen verständlich.

Weiterhin befinden sich mögliche architektonische Verbesserungen im Bereich Materialität. Sowohl die Fassadengestaltung als auch die Gestaltung des Bodenbelags haben einen bedeutenden Einfluss auf das Wohlbefinden des Fußgängers. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Randzone, also der Übergang des öffentlichen hin zum privaten Bereich. (Zoller 2014, S. 258) Eine transparente Erdgeschosszone bietet nach psychologischer Sichtweise eher Anreize als die Schließung des Erdgeschosses ohne jegliche Möglichkeit der Kommunikation für den Fußgänger, wie es oft in Wohnquartieren der Fall ist. Eine weitere Möglichkeit der Verbesserung des öffentlichen Raumes stellt die Installation von Sitzgelegenheiten dar. William H. Whyte erklärt im Film "The Social Life of Small Urban Spaces" über Venedig: "The entire city is sittable." (William H. Whyte über Venedig im Film The Social Life of Small Urban Spaces). Erst die Bespielung des öffentlichen Raumes, beispielsweise durch Sitzgelegenheiten, führt also zur Belebung der Straße.

Überdies kann auch unter psychologischer Betrachtung des Fußgängers die Steigerung positiver Reize durch Materialität, Aussicht oder Vegetation ein verstärktes Wohlbefinden auslösen. (vgl. Gehl 2015b, S. 48) Eine Studie von Gehl Architects in den Jahren 2004, 2007 und 2008 ergab beispielsweise, dass der Lärmpegel in der Hauptstraße Buranos und Venedigs 63 bzw. 52 dB betrug, während er in London, Sydney und New York dagegen bei 72-75 dB lag. (Gehl 2015b, S. 179) Diese Studien dienen zwar in erster Hinsicht der wissenschaftlichen Untersuchung des Fußgängers, doch auch das Schaffen eines Bewusstseins für den Fußgänger als Verkehrsteilnehmer ist unter soziologischer Betrachtung wichtig: „Eine wirklich verlorene Zeit ist diejenige, deren Vergehen man bewusst als solche wahrgenommen hat. Nicht durch die Flucht vor der Zeit kann man ihr entgehen, sondern durch aufmerksames und bewusstes Erleben der Geschehnisse." (Knoflacher 1996, S. 67) Weiterhin ist es wichtig zu wissen, dass die Wahrnehmung beziehungsweise das Soziale Gesichtsfeld ganz anders als im motorisierten Verkehr aus-

sich unterhalten

hinein- und hinausgehen

an Wänden entlanglaufen

entlang Erdgeschossfassaden stehen

Pause machen

in Eingangstüren stehen

Einkaufen gehen

Schlange stehen

in Schaufenster schauen

auf Fensterbänken sitzen

auf Stufen sitzen

hinein- und hinausschauen

Abb. 8: Gehl, *Übergänge – Wo Gebäude und Stadt sich treffen*

geprägt ist. Die Wahrnehmungsgrenze liegt bei etwa 100 Metern, erst auf eine Entfernung von 25 Metern kann der Fußgänger andere Personen oder deren Gesichtszüge erkennen. (Gehl 2015b, S. 50–51) Bewusstes Gehen, und das damit einhergehende bewusste Erleben der Geschehnisse kann dazu führen, dass der Mensch durch die Einschätzung seiner Situation im Verkehr dem Fußgänger in Zukunft mehr Beachtung schenkt. Dies gilt auch, wenn er anschließend am motorisierten Verkehr teilnimmt – das Bewusste Erleben hätte weiterhin zur Folge, dass auch dieser Verkehrsteilnehmer den Fußgänger bewusst erfasst und somit verstärkt Rücksicht nimmt.

In medizinischer Hinsicht fördert Gehen die Gesundheit beziehungsweise gilt physische Inaktivität als allgemeiner Risikofaktor, was in unzähligen Studien bewiesen wurde. (Risser, 2002) Eine Erhöhung des Baumbestandes in der Stadt und die damit einhergehende Minimierung der versiegelten Fläche steigert nicht nur die Lebensqualität des Stadtbewohners, sondern auch die Luftqualität und verbessert die Wirkung des wahrgenommenen Stadtraumes. Auch durch die Umsetzung autofreier Zonen in Teilbereichen der Stadt könnte der CO2-Haushalt der Stadt verbessert und die Ölressourcen geschont werden. Speck weist hier auf den sogenannten "Gizmo Green Effect" hin: "A solar-heatet house in the suburbs is still a house in the suburbs." (Speck, 2012, S. 56) Schon die Standortwahl ist also ausschlaggebend für die Energiebilanz eines Haushaltes.

Im Folgenden sollen nun die politischen Maßnahmen zur verbesserten Situation des Fußgängers führen. Eine Betrachtung der Straßenverkehrsordnung zeigt zuerst, dass diese hauptsächlich auf den motorisierten Verkehr ausgelegt ist: §76 Abs. 5 besagt, dass die Fußgänger die Fahrbahn in angemessener Eile überqueren müssen. Außerhalb von Schutzwegen müssen sie den kürzesten Weg wählen. Hierbei dürfen sie den Fahrzeugverkehr nicht behindern. (Risser 2002, S. 78) Auch eine Änderung der Bauordnung hinsichtlich einer Verbreiterung des Gehweges wäre eine deutliche Verbesserung des Wohlempfindens, da die momentane Breite weder für Fußgänger mit Tragetaschen noch für Kinderwägen ausgelegt sind. Knoflacher fordert hier sogar eine "Änderung der Garagen- und Bauordnung mit zwingender Vorschreibung von Äquidistanz zwischen allen Aktivitäten des Menschen einerseits, sowie Haltestelle und Parkplatz andererseits." (Knoflacher 1996, S. 228) Auch marktwirtschaftliche Prinzipien wie die Erhöhung der Kosten für Parkplätze können dazu führen, dass Stadtbewohner bewusster die Entscheidung für oder gegen die Haltung eines PKWs treffen. Reutter und Reutter gehen hierbei noch einen Schritt weiter und fordern die Förderung von Ruhestandshaushalte ohne Auto, um einen Ansporn in der Bevölkerung zu erreichen. Allgemein muss jedoch die

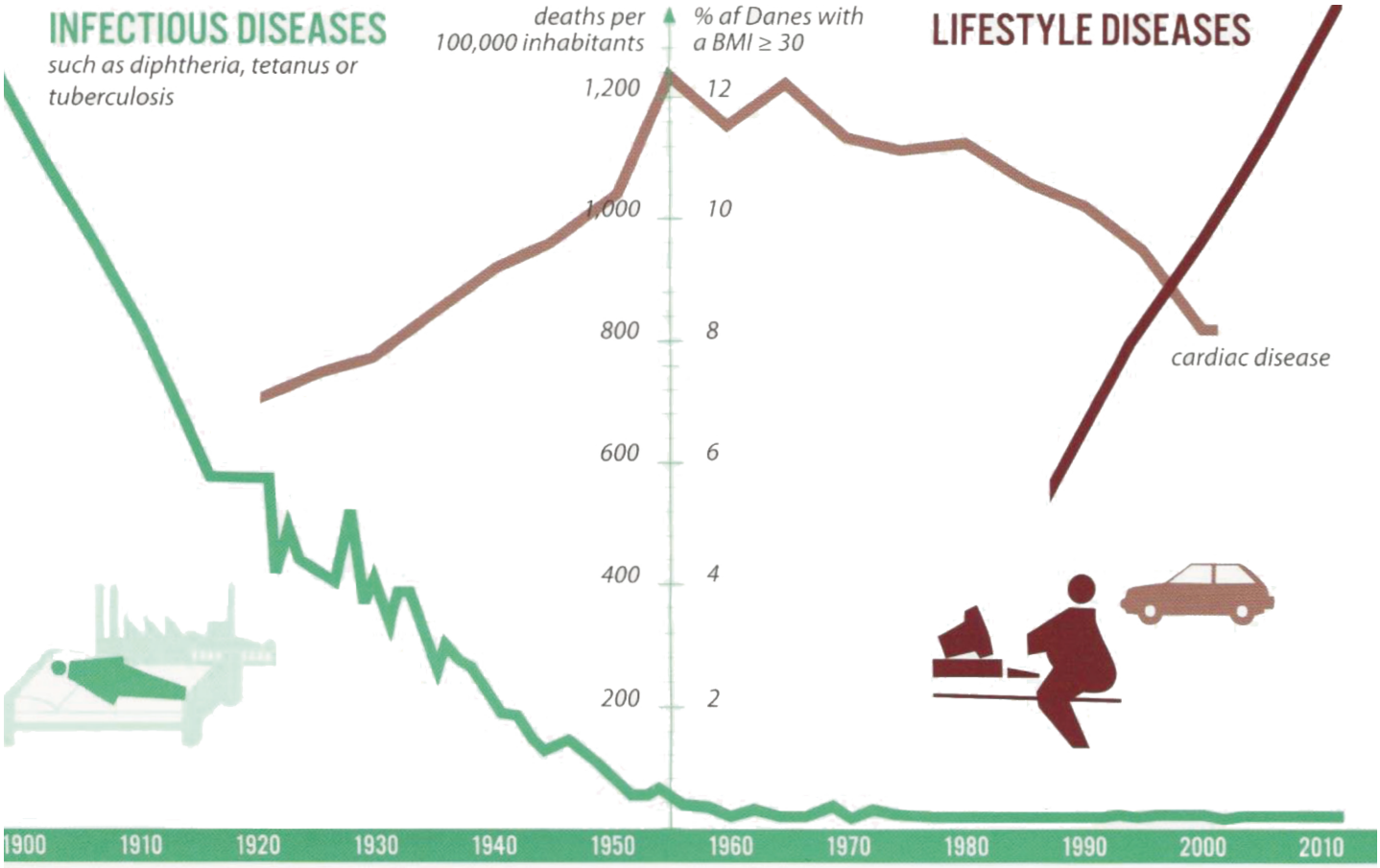


Abb. 9: Gehl, *Lifestyle Diseases*

Etablierung der bewussten Wahrnehmung des Fußgängers in der Politik als größten Interessenpunkt behandelt werden. Die Sensibilisierung der Akteure für das Thema des Fußgängers, sowohl jene mit politischer Entscheidungsmacht, also auch Akteure der bereits genannten Disziplinen, kann möglicherweise die größten Auswirkungen auf das Verhalten und Bewusstsein der Bevölkerung haben.

Zuletzt soll auf die ökonomischen Möglichkeiten eingegangen werden. Neben der vollkommen unterschätzten Kaufkraft des Fußgängers, welche in einer Studie bei 44% statt der von Einzelhändlern angenommenen 25% lag, würde eine Belebung der Straße die Anzahl spontaner Einkäufe erhöhen und dadurch die Kaufkraft weiter steigern. (Sustrans, 2003, S. 4) Folglich steigt durch die Aufwertung des Viertels auch der Preis für Wohnraum. Während in Amerika der Einsatz des sogenannten "Walk Scores" zur Unterstützung bei der Standortwahl schon zur Normalität geworden ist, hat sich diese Marktidee bisher noch nicht in Deutschland oder Europa etabliert. Doch auch marktwirtschaftliche Prinzipien wie die Einführung von Kosten zur Nutzung von Parkplätzen im innerstädtischen Bereich würden dazu führen, dass stärker über die Wahl des Verkehrsmittels nachgedacht werden würde. (Knoflacher 1996, S. 228)

Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Disziplinen fällt auf, dass es beinahe in jedem erdenklichen Bereich individuelle Möglichkeiten der Verbesserung der Situation des Fußgängers gibt. Während einige Vorschläge nach ihrer Umsetzung schon zu einer kurzfristigen Verbesserung führen würden, können Ziele wie das Schärfen des Bewusstseins für den Fußgänger nur langfristig verfolgt werden. Dennoch muss nochmals auf die Dringlichkeit einer Verbesserung hingewiesen werden. Die extreme Dominanz des Autoverkehrs hat mittlerweile schon dazu geführt, dass der Fußgängers die Behinderungen im Verkehr für gegeben und unveränderbar hinnimmt. Dies gilt es zu ändern, sodass das zu Fuß Gehen in Zukunft nicht mehr als Bewegungsmittel zweiter Klasse angesehen wird.

Abb. 10: AGFK Bayern (nach Sustrans), *Von Einzelhändlern geschätzte (in Klammern) und tatsächliche Verkehrsmittelwahl der Einzelhandelskunden in Graz*

2.2 Allgemeine Studien

Architektur

Thema	Erläuterung
Öffnung der Erdgeschosszone	Auflage der Stadt Melbourne, gemäß derer 60 % der Erdgeschosszone offen beziehungsweise einladend wirken sollen (durch Ladenzeilen etc.) (Gehl 2015b, S. 175)
Dauergrün	Projekt der Stadt Graz, bei dem die Fußgängerampel dauergrün anzeigt, sodass dieser unter Beachtung der anderen Verkehrsteilnehmer die Straße sofort überqueren kann, ohne Warten zu müssen. (Schwab 2010, S. 100)
Verweilmöglichkeiten	Studie „Public Spaces for a Changing Public Life“, gemäß derer in zum Verweilen einladenden Aufenthaltsorten zehn- bis hin zu dreißigmal mehr Aktivität gemessen wird als in Durchgangsräumen. (Gehl 2015b, S. 91)
	Studie von John Lyle im Tivoli Park Kopenhagen, gemäß derer die Bänke im Park entlang des Hauptweges mit gutem Ausblick auf Bereiche mit reger Aktivität am meisten benutzt werden. (Städte für Menschen, Gehl, 2015, S. 23)
	Folgestudie von Jan Gehl, gemäß derer die Bänke mit Blick auf besonders belebte Fußgängerbereiche eher genutzt werden als jene, die einen Ausblick auf die Grünfläche eines Platzes bieten. (Städte für Menschen, Gehl, 2015, S. 23)
	Parameter für eine geeignete Sitzmöglichkeit nach Gehl ein geringer Lärmpegel, angenehmes Mikroklima, eine Platzierung an Randzonen, keine Luftverschmutzung sowie, als wichtigsten Parameter, eine gute Aussicht.(Städte für Menschen, Gehl, 2015, S. 164)
Fassadengestaltung	Studie “Close Encounters with Buildings” von Jan Gehl 2003, je aktiver die Fassade einer Straße, desto mehr interagiert der Fußgänger (7 Mal mehr). (Gehl 2015b, S. 99)
Entfernung	Studie von Hermann Knoflacher bezüglich der Entfernung von Plätzen in der Altstadt, gemäß derer Städte mit einer Platzentfernung von durchschnittlich über 220m als weniger schön empfunden werden. (Nürnberg 176m, München 295m, Venedig 220m) (Knoflacher 1996, S. 163–172)
Änderung städtischer Probleme	Studie der Stadt Kopenhagen bezüglich Problemen der Stadt. Es zeigte sich, dass eines der gravierendsten Probleme in den Verkehrsstaus auf Radwegen liegt. Als Reaktion machte der Stadtrat die Verbreiterung der Radfahrbahn in den verkehrsreichsten Straßen zur Auflage. (Gehl 2015b, S. 216)
Landmarks	Studie bezüglich unterschiedlicher Stadtteile und deren markantesten Gebäuden (Maps in Minds. Downs, Roger M., S. 79)

Tab. 1-6: Eigene Darstellung, *Übersicht Allgemeiner Studien zur Fußgängerforschung*

Soziologie

Thema	Erläuterung
Randeffekt	Studie des Soziologen Derk de Jonge, gemäß derer bevorzugte Zonen für einen Stop sich an den Rändern eines Waldes, von Plätzen etc. befinden.
	Folgestudie von Edwart T. Hall, gemäß derer ein Platz nahe einer Fassade dem Einzelnen oder der Gruppe hilft, die Distanz zu anderen zu bewahren. (Hall, 1966, The Hidden Dimension, in: Gehl 2015a, S. 145)
	Folgestudie von William H. Whyte im Film „The Social Life of Small Urban Places", gemäß derer sich Menschen beinahe ausschließlich am Rand eines Platzes unterhalten. (Whyte, 1980, The Social Life of Small Urban Places)
Verkehr – Soziale Kontakte	Studie „Liveable Streets" von Donald Appleyard, 1981, je dichter der Verkehr, desto geringer die sozialen Kontakte in der Nachbarschaft. (Bild!)
	Folgestudie "Liveable Streets for Schoolchildren" von Bruce Appleyard, 2005. Untersuchung der Wahrnehmung der Nachbarschaft bei Neun- bis Zehnjährigen mithilfe von Befragungen beziehungsweise „cognitive maps". (Street Smart, Schwartz, S. 106)
Spielverhalten von Kindern	Studie zum Spielverhalten von Kindern in Wohngegenden gemäß derer sich Kinder primär dort aufhalten, wo am meisten passiert oder passieren könnte, das heißt auf der Straße, auf Parkplätzen und in der Nähe von Hauseingängen eher als auf den dafür vorgesehenen Spielplätzen. (Krier, Leon: Houses, Palaces, Cities. Architectural Design Profile 54, Architectural Design 7/8, 1984, in: Gehl 2015a, S. 21)
Gruppenbildung	Studie gemäß derer sich spontane Gruppen öfter an Straßenkreuzungen bilden. (Verkehrsdynamik, Helbing, 1997)
Verhaltensänderung bei fremder Umgebung	Studie von Karl von Frisch, gemäß derer eine Biene nach dem Flug in einem drei bis vier Meter langen, dunklen Rohr im späteren Schwänzeltanz angibt, sie sei 80 Meter weit geflogen (Zur Harmonie von Stadt u. Verkehr, Knoflacher, S. 126)
Zusammenhang Verkehrsunfälle und Kriminalität	Studie von Alan During in Amerika (Seattle, Portland, Vancouver, British Columbia), gemäß derer der Zusammenhang von Verkehrsunfällen und Kriminalität in Vorstadt und Innenstadt untersucht wurden. Es zeigte sich, dass die Rate in der Vorstadt bis zu 19 Prozent höher lag, als in der Innenstadt. (Walkable City, Speck, S. 46-47)
Warten an der Ampel	Studie der National Association of City Transportation Officials, 2013, gemäß derer der Fußgänger 40 Sekunden an der Ampel bzw 20 Sekunden im sonstigen Verkehr wartet, bevor er sich risikohaft verhält. National Association of City Transportation Officials 2013, S. 111

Psychologisch

Thema	Erläuterung
Wahrnehmung, Reizverhalten	Physiologische Studie mit Probanden in kahlen Räumen ohne Stimulation, gemäß derer die Sinnesorgane alle 4-5 Sekunden einen Anreiz benötigen. Das entspricht, städtebaulich gesehen, einem erdgeschossigen Geschäft mit fünf bis sechs Metern Breite bei einer Schrittgeschwindigkeit von 80 Sekunden pro 100 Meter. (Städte für Menschen., Gehl, S. 95)
Aufmerksamkeit	Studie eines Forschungsteams der Königlich Dänischen Akademie der Wissenschaften und Künste, 1969, gemäß derer auf der Stroget in Kopenhagen untersucht wurde, wo Fußgänger stehen bleiben und was sie dabei sehen wollen. So bleiben Menschen selten vor Banken, Büros oder Schaufenstern mit Büromöbel oder Lockenwicklern stehen, sondern vor Zeitungskiosken, Fotoausstellungen, Plakaten vor Filmtheatern, Kleidergeschäften, Spielwarenläden sowie vor menschlichen Aktivitäten in der Straße (Künstler, Musiker,
Entfernung	Eine noch akzeptable Entfernung eines Zieles sind für die meisten Fußgänger 400-500m. (Bostadens Grannskab. Statens Planverk, Report 24. Stockholm 1972 in: Gehl 2015a, S. 133)
Entfernung, Zeitempfinden	Je länger der Fußweg zu einer Haltestelle, desto überproportional länger wird die Zeit zum Gehen eingeschätzt (Knoflacher 1996, S. 126–127)
Cognitive Mapping	Der Fußgänger entwickelt beim Gehen eine „Kognitive Karte“, mithilfe derer er sich orientiert. (Downs und Stea 1977, S. 6 in: Kuhnert 2007, S. 59)
Einfluss von Gestaltung	Studie gemäß derer die Gestaltung der Umgebung(ohne Autos, dh. Parks und Fußgängerzonen) das Verhalten des Fußgängers beeinflusst. Je Attraktivität die Umgebung desto mehr verringert sich der Widerstand gegen Fußwege (bis zu 70%). (Knoflacher 1996, S. 133–134)
Zusammenhang Verkehrsgeschwindigkeit und Wohlbefinden	Studie in Malmö mithilfe von Fokusgruppeninterviews bezüglich des Zusammenhangs von Verkehrsgeschwindigkeit und Wohlbefinden. Es zeigte sich, dass das Wohlbefinden steigt, je geringer die Verkehrsgeschwindigkeit ist. Der Grad der empfundenen Belastung war daher bei allen Messungen in Tempo-30-Zonen niedriger als bei Tempo-50-Zonen. (Gut zu Fuß., Risser, S. 36)
Lärmempfinden	Studie von Gehl Architects, 2004-2008, gemäß derer der Lärmpegel an unterschiedlichen Orten gemessen wurde. In Burano, Venedig, betrug der Lärmpegel in der Hauptstraße 63 dB bzw 52 dB in der Nebenstraße, in London, Sydney und New York betrug der Pegel dagegen 72-75 dB. Ein Lärmpegel von unter 60-65 dB gilt als angenehm. (Gehl 2015b, S. 179)
Sichtfeld des Autofahrers	Studie “Street Environment, Driving Speed and Field of Vision” von Bartmann, 1991. Je schneller der Verkehr, desto kleiner das Sichtfeld des Fahrers. (Urban Street Design Guide, Nacto)
Sichtfeld im Café	Studie von Jan Gehl und Lars Gemzoe, 2004, in Kopenhagen. Je mehr Sicht auf das Stadtgeschehen, desto stärker frequentiert das Café. (Gehl 2015b, S. 40)

Tab. 1-6: Eigene Darstellung, *Übersicht Allgemeiner Studien zur Fußgängerforschung*

Medizinisch

Thema	Erläuterung
Unfallrisiko	Studie des HUK-Verbandes, 1981, gemäß deren das Unfallrisiko für Fußgänger in Straßen, die einseitig verparkt sind, auf der verparkten Seite etwa 3-4 mal höher ist als auf der unverparkten Seite. (Zur Harmonie von Stadt u. Verkehr, Knoflacher, S. 122)
	Studie von Lars Ekman, TU Lund, Schweden, gemäß derer das Queren eines Zebrastreifens unfallgefährlicher ist, als abseits davon. (Gut zu Fuß., Risser, S. 39)
Gesundheitsrisiko	Deutsche Studie, gemäß derer jede gefahrene Stunde die Chance einer Herzattacke in den darauffolgenden Stunden verdreifacht. (in weiterführender Literatur: Newman, Beatley and Boyer, S. 117, in: Speck 2012, S. 48)
	Studie „Harvard Alumni Health Study" der Harvard Alumni, 1916-93, 30 Minuten tägliches Gehen vermindert das Risiko von Herzversagen um bis zu 40%, an Diabetetes Typ 2 zu erkranken um 60% und das Risiko eines Schlaganfalles um ein Drittel. (Schwartz 2015, S. 94–95)
Sicherheit	Die Wahrscheinlichkeit mit einem PKW am Arbeitsweg zu verunglücken ist 20 Mal höher als bei der Fahrt mit Öffentlichen Verkehrsmitteln. Die Wahrscheinlichkeit zu Fuß zu verunglücken ist 25 Mal höher, das höchste Risiko tragen einspurige Fahrzeuglenker (Radfahrerinnen: 170-faches Risiko, Motorrad/MopedlenkerInnen 400-faches Unfallrisiko). (Schwab 2010, S. 139)

Ökonomisch

Thema	Erläuterung
Walk Score	Walk Score ist ein Unternehmen, das einen Index zur Begehbarkeit von Straßen für Immobiliensuchende online gestellt hat und gilt in Amerika als weit verbreitet. (Speck 2012, S. 27)
Kaufkraft	Studie von Sustrans, gemäß der die Kaufkraft von Fußgängern von Einzelhändlern stark unterschätzt wird. (Sustrans (Bild!))

Ökologisch

Thema	Erläuterung
Verkehrsentwicklung	Projekt „20 grüne Hauptwege“, Berlin, 2004. Entwicklung eines Wegenetzes, das Bürger aus verschiedenen Siedlungen Naherholungsgebiete ohne Verkehrsbelästigung erreichen lässt.
Klimaziel	Klimaziel der UN ist es bis 2050 80 Prozent des CO2-Ausstoßes zu reduzieren. (Newman und Kenworthy 2015, S. 69)
Energieverbrauch – Dichte	Studie „Location Efficiency and Building Type - Boiling it Down to BTUs“ von Jonathan Rose, 2011. Je dichter die Stadt, desto weniger Energieverbrauch pro Haushalt. (Walkable City, Speck, S. 56)
Carbon Map	Studie des Center for Neigbourhood Technology, 2009. Statt auf der Karte den CO2-Verbrauch pro Quadratkilometer anzuzeigen, veränderte Scott Bernstein die Karte in CO2-Verbrauch pro Haushalt. (Speck 2012, S. 51–52 (Bild!))

Tab. 1-6: Eigene Darstellung, *Übersicht Allgemeiner Studien zur Fußgängerforschung*

2.3 Problematik im Fußgängerverkehr anhand des Wegebeispiels „Bahnhofstraße 90 – Mensa Kesslerplatz“

Im Rahmen eines Vortrages für die Vortragsreihe “Verkehr und Mobilität” der Fakultät Bauingenieurwesen (Fachbereich Verkehrsingenieurwesen) wurde anhand des Wegebeispiels von der Bahnhofstraße 90 zur Mensa am Kesslerplatz in Nürnberg die Situation und Problematiken des Fußgängers im alltäglichen Verkehr betrachtet. Es sollte mit dem einfachen Beispiel eines Weges, den viele Studenten des Südcampus möglicherweise täglich zurücklegen, die Schwierigkeiten eines Weges mit bereits relativ kurzer Luftlinie dargestellt werden.

Angefangen am südlichen roten Punkt, zeigt bereits die Vogelperspektive, dass ein strenges Orientieren an der Luftlinie nicht möglich ist. Der Fußgänger muss durch die Topografie der Pegnitz dem Autoverkehr folgen - auch, weil es auf Höhe der Wöhrder Wiese für Fußgänger auf einer Strecke von etwa 300 Metern keine Brücke zur Überquerung der Pegnitz gibt. Der Fußgänger wird also auf der Bahnhofstraße das Gebäude verlassen, die Straße überqueren und nördlich Richtung Wöhrder Talübergang abbiegen. Nach Erreichen der Wassertorstraße wird der Fußgänger links in Richtung Prinzregentenufer einbiegen und muss an dieser Stelle nochmals die Straße überqueren.

Die folgenden Bilder sind in einem zeitlichen Rahmen von nur etwa fünf bis zehn Minuten fotografiert worden und verdeutlichen die Schwierigkeiten, denen der Fußgänger im Alltag begegnen muss.

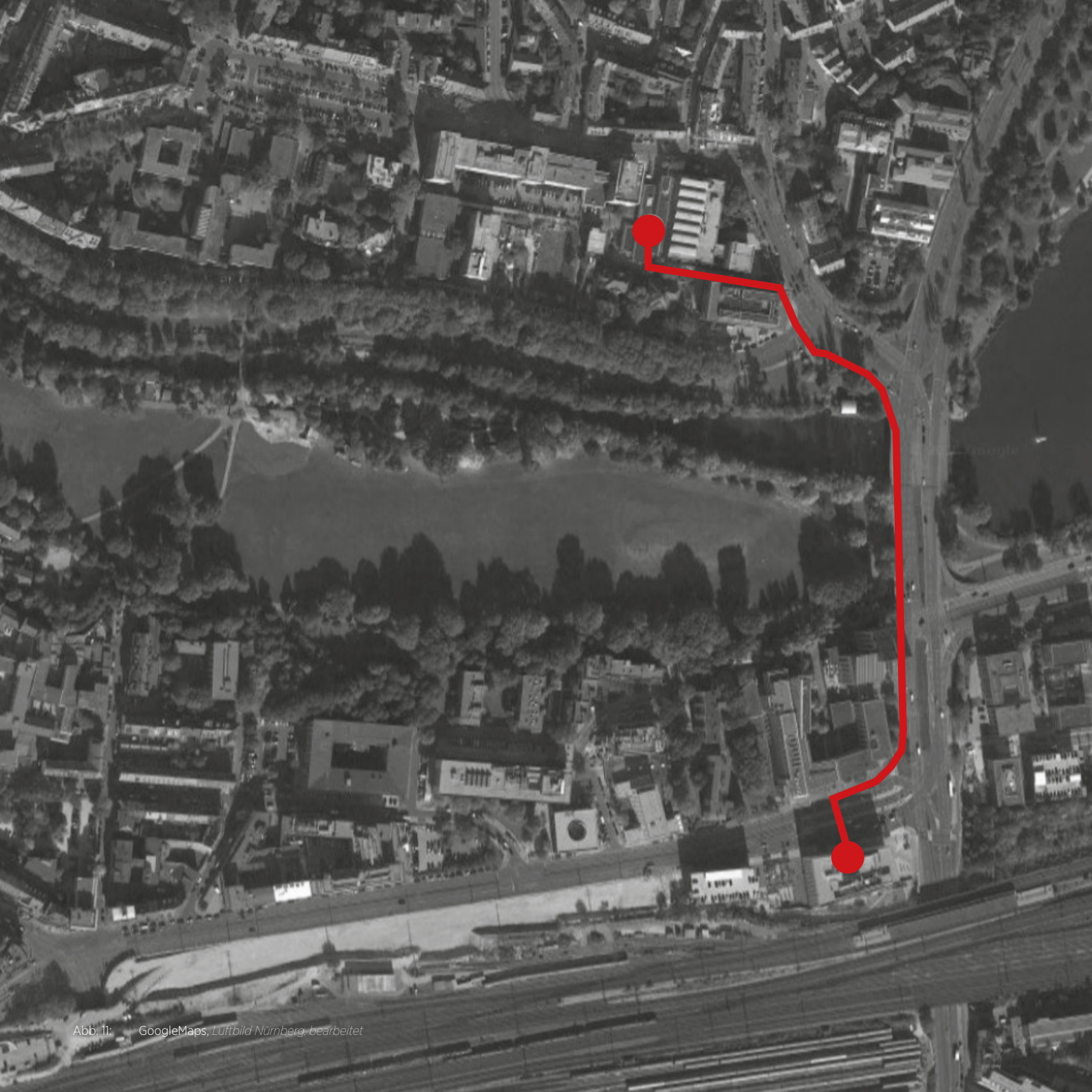


Abb. 11: GoogleMaps, *Luftbild Nürnberg, bearbeitet*

Zunächst verlässt der Fußgänger das Gebäude der sozialwissenschaftlichen und Architektur-Fakultät in Richtung Norden und befindet sich auf der Bahnhofsstraße.

Er kann jedoch keinen Blickbezug zur anderen Seite der Straße aufnehmen, weil die Betonelemente der erst vor einigen Jahren gebauten Straßenbahnhaltestelle als große Barriere wirken und sowohl die Sicht als auch die Zugänglichkeit verhindern. Der Fußgänger ist daher gezwungen, die Ampel zu benutzen.

Begibt man sich zur Ampel, kann man möglicherweise einen Lieferwagen vorfinden, der genau die Fläche im Straßenverkehr benutzt, welche eigentlich für den Fußgänger vorgesehen ist. Das hat allerdings nicht nur ein Verlust an Fußgängerfläche zur Folge, es verhindert wie im Foto zuvor auch den Sichtbezug sowohl zu Fußgängern hinter dem Auto als auch zu vorbeifahrenden Auto und birgt daher zusätzlich ein gewisses Gefahrenpotential. Der Fahrer fühlte sich sofort ertappt und fragte, ob ihm nun Strafzettel drohe.

Hat man es bis zur Ampel geschafft, kann es eine gefühlte Ewigkeit dauern, bis sie auf Grün springt. Dem Fußgänger wird deutlich, dass an dieser Stelle drei Barrieren auf ihn warten: zuerst eine Ampel, dann die Überquerung der Straßenbahnschienen und als dritte Barriere nochmals eine Ampel.

Abb. 12-15: Eigene Darstellung, *Fußweg Bahnhofstraße 90 – Mensa Kesslerplatz*

Es dauerte nicht lange, bis die Ungeduld der Mit-Wartenden Überhand nahm und sie die Straße trotz der roten Ampel überquerte.

Eine Studie belegt, dass es an der Ampel im Schnitt 40 Sekunden, im sonstigen Verkehr nur 20 Sekunden dauert, bis der Fußgänger sich risikohaft verhält. (Urban street design guide, S. 111) Bei vielen liegt diese Grenze jedoch um einiges niedriger, was den Frustrationsgrad an der Ampel nur noch stärker hervorhebt.

Auch die zweite Ampel wird von der jungen Frau ignoriert. Zwar blickte sie nach rechts und links um sich gegen kommende Autos abzusichern, doch das Nicht-Anhalten zeigt den Willen, den Bewegungsfluss nicht unterbrechen zu wollen. Während der Autofahrer nur ein einziges Mal anhalten muss, wird die Bewegung des Fußgängers bereits an einer einzigen Kreuzung bis zu drei mal unterbrochen. Hier zeigt sich die Dominanz des Autofahrers im Straßenverkehr besonders.

Biegt der Fußgänger nun in Richtung des Wöhrder Talübergangs ab, scheint es - vermeintlich - nur einen weiteren Weg zu geben. Die städtebauliche Ausformulierung wie der Belagswechsel, die plötzliche Nähe zum Hotel oder das fehlende Hinweisschild führen dazu, dass der linke Fußgängerweg Richtung Wöhrder Wiese sehr viel privater wirkt, als der Weg entlang der Straße. Auch auf Grund des fehlenden Sichtbezugs zur Wöhrder Wiese würden Personen ohne Ortskenntnis diesen Weg wohl eher nicht wählen.

Hat man sich zwangsläufig für den Weg über den Talübergang entschieden, verengt sich plötzlich der Weg. Das Foto zeigt deutlich: selbst bei einer einzigen entgegenkommenden Person wird es schwierig, auszuweichen. Die Gefahr für den Fußgänger, die Straße betreten zu müssen, potenziert sich dabei noch bei entgegenkommenden Gruppen oder Eltern mit Kinderwagen.

Steht man auf dem Talübergang und möchte vielleicht einen Blick auf den Wöhrder See werfen, so scheint dieses Vorhaben schier unmöglich - die Straße ist an dieser Stelle siebenspurig und damit eine unüberwindbare Barriere. Es bleibt auf eine Ampel in der Nähe zu hoffen - leider ist die Nächste etwa 100 Meter vom derzeitigen Standpunkt entfernt, spontane Entscheidungen sind unmöglich.

Abb. 16-21: Eigene Darstellung, *Fußweg Bahnhofstraße 90 – Mensa Kesslerplatz*

Am Prinzregentenufer angekommen, wartet nochmals eine Kreuzung mit zwei Ampeln auf den Fußgänger, die es zu überwinden gilt. Hier gibt es jedoch im Gegensatz zu der Kreuzung in der Bahnhofstraße keine Taster, die dem Fußgänger einen baldmöglichen Wechsel der Ampelschaltung anzeigen könnten. Schließlich kann er jedoch auf den Campus in Richtung Mensa einbiegen und den Straßenverkehr verlassen.

Zuletzt führt der Anlieferungsweg des Campus den Fußgänger zur Mensa. Positiv ist hier allerdings der Sichtbezug, so kann die Mensa an dieser Stelle schon von weitem als Ziel erkannt werden. Aufgrund der alltäglichen Barrieren war der Weg für den Fußgänger jedoch nur wenig erholend - und dieser Weg eines Studenten von etwa 450 Metern stellt nur einen Beispielweg von vielen in der Stadt dar.

2.4 Mögliche Fragestellungen

In der Beschäftigung mit dem Thema des Fußgängers haben sich bereits einige Fragestellungen ergeben, die man nun näher untersuchen könnte. Sie reichen von wirtschaftlichen Fragen nach mehr Kaufkraft über die Gestaltung des öffentlichen Raumes und dessen psychologischer Einfluss bis hin zu spezifischen Fragen zu den Programmen Space Syntax oder PTV Visum, welche später näher behandelt werden sollen.

Führt eine erhöhte Taktung im Nahverkehr zu mehr „Schlendern“ und damit zu mehr Kaufkraft?

Welche Frequenz benötigen Attractors wie Shoppingzentren?

Können die Fußgängerrouten von Google Maps verbessert werden?

Je einsehbarer eine Straße, desto mehr Kaufkraftdurch den Fußgänger?

Je leiser eine Straße, desto mehr Kaufkraft durch den Fußgänger?

Fühlt man sich in Quartieren mit abwechselnd langen und kurzen Straßen/Sichtachsen wohler?

Welche Fixpunkte sucht sich der Mensch auf seiner Route?

Ist die Stadt oder das System Verkehr ein System der Selbsterhaltung (Autopoiesis)?

Welche Wirkung haben Hauseingänge oder öffentliche Gebäude auf das Fußgängernetz oder die Wahrnehmung des Fußgängers?

Wie lassen sich freistehende Mehrfamilienhäuser sinnvoll verdichten?

Gilt, je integrierter eine Straße desto weniger soziale Kontakte in der Nachbarschaft?

Führen mehr Fußgänger zu mehr Lebensqualität für die Stadt?

Wie sollte man mit separierten Gebieten, z.B. stillgelegten Bahnhöfen, aus Sicht des Fußgängers umgehen?

Hat die Erreichbarkeit (negative) Auswirkungen auf die Entwicklung eines Stadtgebietes?

Wie bildet man ein Quartiers im Radius des Fußgängers?

Können grundsätzliche Gesetzmäßigkeiten für Fußgänger in der Stadtplanung entwickelt werden?

„Zerschneiden“ die größeren Verkehrsachsen die Stadt in Quartiere?

Besitzt der Schienenverkehr eine begrenzende oder verbindende Wirkung?

Welche verkehrsplanerischen Folgen haben Satellitenquartiere?

Führen lange Sichtachsen zu visueller Ermüdung?

Was machen Arbeitnehmer in ihrer Mittagspause? Braucht bestimmte Zielgruppe mehr Aufenthaltsqualität?

Welchen Einfluss haben Ereignisse zu Fuß auf die Identität des Ortes?

Wie wäre der Verkehrsfluss, sollten Fußgänger überall die Straße queren können?

Gilt, je einsehbarer die Straße, desto größer ist das Sicherheitsgefühl beim Fußgänger?

Ist ein dichteres Fußgängernetz ein Vorteil für den Einzelhandel (und damit ein Nachteil für Shoppingmalls)?

Wie lassen sich verkehrstechnische und städtebauliche Ziel für Nürnberg formulieren?

Bedeutet eine integrierte Straße in Space Syntax einen Verkehrsstau in derselben Straße in PTV Visum?

Wann und wo kreuzen Passanten die Straße?

Dient eine Straße eher als Einkaufsstraße, je gefasster sie an ihren Rändern ist?

Lässt sich ein Zusammenhang zwischen dem Fußgängervolumen einer Straße und anderen Parameter finden? (Länge, Dichte etc..)

Unterscheidet sich das Bewegungsverhalten von Fußgängern bei unterschiedlichen Stadtstrukturen? Oder gibt es kulturelle Unterschiede?

3 Spezifische Fußgängerforschung

Nach der Betrachtung des Fußgängers im weitgefassteren Rahmen, das heißt unter interdisziplinärer Betrachtung, wird im Folgenden spezifischer auf die Fußgängerforschung im Feld der Architektur und des Verkehrswesens eingegangen.

Nach der Erläuterung der unterschiedlichen, zur Untersuchung der Stadt relevanten Maßstabsebenen, wird anschließend näher auf den aktuellen Forschungsstand und die Themen bereits vergangener Studien eingegangen. Weiterhin werden die die Routenwahl beeinflussenden Parameter und in Einzelfällen auch die entsprechenden Algorithmen aufgezeigt. Bei der Suche nach Modellen zur Simulation des Fußgängers zeigte sich, dass hierbei vor Allem in den letzten drei Jahrzehnten intensiv geforscht wurde, was mitunter durch die steigende Rechnerleistung begründet werden kann. Hierbei ist zwischen A) Modellen zur makroskopischen Simulation (Abbildung der Routenwahl), sowie B) Modellen zur mikroskopische Simulation (Abbildung der Interaktionen von Fußgängern in einem Strom) und C) Sozio-morphologischen Beschreibungsmodellen (Abbildung der visuellen Integrations- und Auswahlwahrscheinlichkeit von Netzelementen in einem Stadtraum) zu unterscheiden.

Abschließend erfolgt eine Auflistung unterschiedlicher Software, die sich mit der Modellierung des Fußgängers in der Stadt oder in Evakuierungssituationen beschäftigen. Der Vergleich von Space Syntax, führendes Programm für Architekten und Stadtforscher zur Untersuchung der sozialmorphologischen Zusammenhänge, und PTV Visum, ebenso eines des führenden Programme für Verkehrsplaner zur makroskopischen Modellierung des Fußgängerverkehrs, zeigt sehr gut zwei vollkommen unterschiedliche Methoden und Betrachtungsweisen für das gleiche Forschungsobjekt.

3.1 Maßstabsebenen

Die nachfolgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Maßstabsebenen, zwischen denen bei der Betrachtung des Fußgängers im Kontext der Stadt differenziert werden muss. Auf Grund bisheriger Forschungen kann die Verkehrsplanung im Gegensatz zum Fachbereich der Architektur eine sehr viel höhere Anzahl an unterschiedlichen Modellansätzen für den Fußgängerverkehr aufweisen. So kann zwischen Modellen zur Abbildung der Routenwahl (makroskopisch) und Modellen zur Abbildung der Interaktionen zwischen Fußgängern in einem Fußgängerstrom (mikroskopisch) unterschieden werden. Bei den letztgenannten mikroskopischen Modellansätze sind widerum analytische Ansätze und diskrete Modellansätze zu unterscheiden. Analytische Ansätze basieren einerseits auf der Analogie von Fußgängerströmen und Flüssigkeitsströmen (hydrodynamische oder fluiddynamische Modelle), andererseits auf einer entsprechenden Analogie zu Bewegungen von Molekülen in Gasen (gaskinetische Modelle). Die gebräuchlichsten Modellformen für die Simulation von Fußgängerbewegungen sind jedoch diskrete Modellansätze, da in ihnen die individuelle Dynamik jedes Fußgängers, bestehend aus verschiedenen Komponenten und Faktoren, genau betrachtet wird. (Roth, 2011, S. 43-44) Zu Letzteren zählt das von Helbing und Molnar 1995 als Weiterentwicklung zur magnetischen Feldmethode eingeführte Social-Force-Modell. Dabei werden die Wechselwirkungen von Fußgängern sowie deren Wunschgeschwindigkeiten und Gehrichtungen aufbauend auf der Newton-Dynamik durch Kräftekomponenten beschrieben, wodurch unterschiedliche Phänomene der Fußgängerbewegung wie gegenseitiges Ausweichen oder die Anziehungskraft bestimmter Punkte wie Schaufenster berücksichtigt werden. Während es für hohe Dichten geeignet ist, kann es allerdings bei Engstellen zu einer Oszillation der Personen kommen, weshalb das Social-Force-Modell speziell bei PTV Vissim durch andere Modellansätze erweitert wurde. Eine weitere Möglichkeit für die Simulation des Fußgängers auf mikroskopischer Ebene stellt das Modell des zellulären Automaten dar. Hierbei muss zwischen stochastischen, also zufallsgesteuerten, und deterministischen Automaten unterschieden werden. Zuletzt versuchen agentenbasierte Modelle individuellen Charaktere mikroskopisch abzubilden, in denen der Fußgänger seine Aktivitäten in einer für ihn optimalen Weise abarbeitet. Auf der analytischen Ebene gibt es einerseits sich an Flüssigkeitsströmen orientierende Modelle wie das Netzwerkflussdiagramm von Burkard et al (1993), andererseits Kontinuumsmodelle von Treuille et al (2006) sowie strömungsbasierte bzw. gaskinetische Modelle. Zwischen den mikroskopischen und den makroskopischen Modellen liegend, zählt Space Syntax zu einer Mischform. Als Methode, die die Beziehung zwischen menschlicher Aktivität und gebautem Raum untersucht, kann der Schwerpunkt jedoch je nach Analysemethode sowohl auf einer mikroskopischen als auch auf der makroskopischen Ebene liegen.

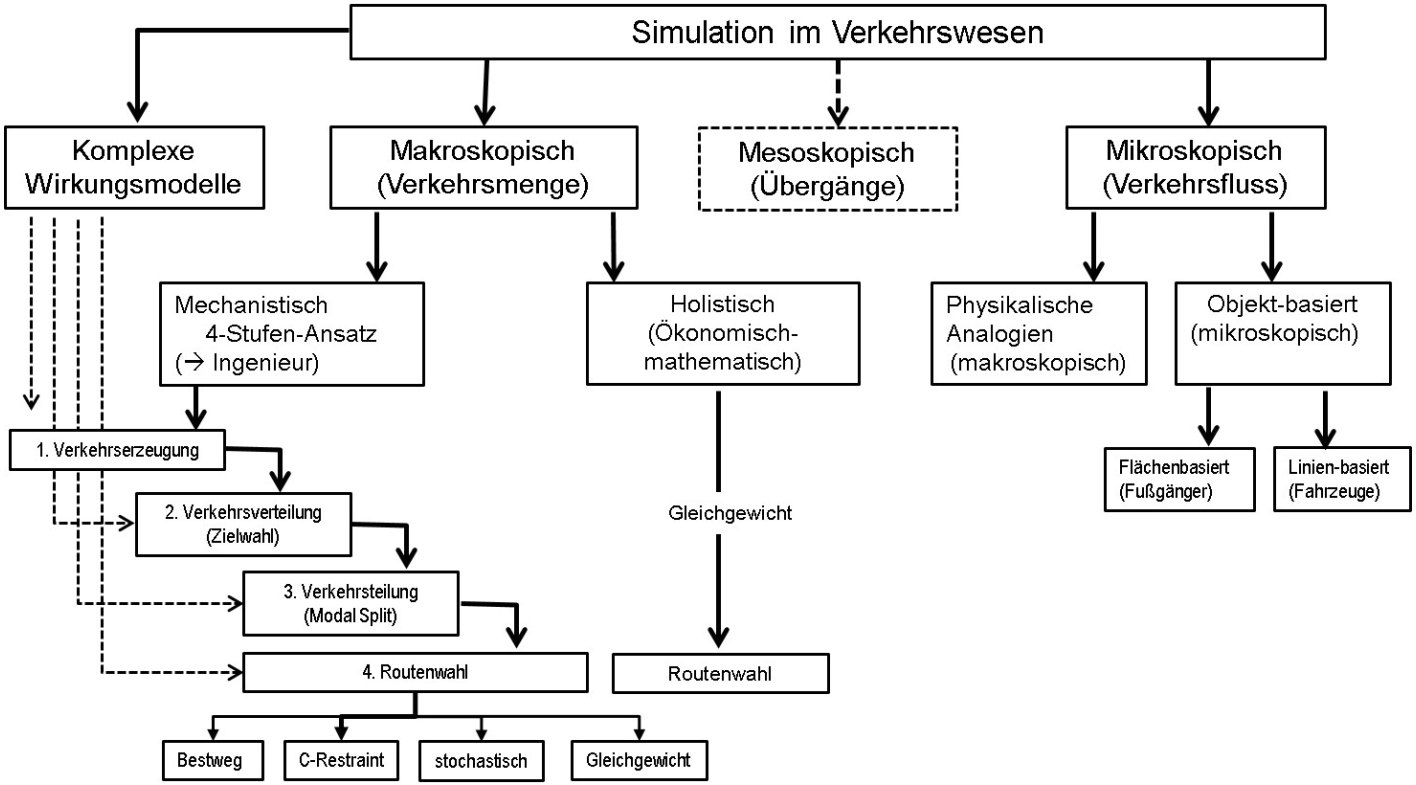


Abb. 22: Kipke, *Verkehrsmodellbildung und -simulation*

Maßstabsebene	Kategorien	Beispielmodell	Anmerkung
diskret	Social Force Model (Kräftemodell)	Helbing, Molnar (1995)	nicht für Engstellen geeignet (Personen oszillieren) geeignet für hohe Dichten auf Differentialgleichungen beruhend
	zelluläre Automaten	Blue et al. (1997)	zufallsgesteuert oder deterministisch nur lokale Einflüsse modellierbar alle Fußgänger unterliegen den selben Regeln
	Agentenbasierte Modelle / Verhaltensmodelle	zB. Hoogendoorn, Bovy (2004)	individuelle Charaktere Fußgänger arbeitet seine Aktivitäten in einer für ihn optimalen Weise ab wird zur Simulation von öffentlichen Einrichtungen verwendet
analytisch	Netzwerkflussmodelle	Burkard et al (1993)	Optimierung des Quickest Flow Problem
	Kontinuumsmodelle	Treuille et al (2006)	
	Strömungsbasierte/Gaskinetische Modelle		

Tab. 7: Eigene Darstellung, *Übersicht Maßstabsebenen*

3.2 Spezifische Studien

Während der Recherche nach spezifischen Studien im Bereich der Architektur und des Verkehrswesens zeigte sich, dass beide Disziplinen vor sehr ähnlich gelagerten Fragestellungen stehen und bislang kaum ein tiefgehender fachlicher Austausch stattfand. Auch die meisten Forschungsanätze im Rahmen der computergestützten Simulation waren größtenteils wenig interdisziplinär, ausgerichtet, so dass ein systematischer Vergleich bislang fehlte.

Lediglich die Dissertation „Methoden zur Abbildung menschlichen Navigationsverhaltens bei der Modellierung von Fußgängerströmen" von Angelika Kneidl (Kneidl, 2013) nutzt viele der vorangegangenen Studien zur Routenwahl und versucht anschließend selbst, das Wegefindungsverhalten durch Wegefindungsalgorithmen mit agentenbasierten Ansätzen zu verbessern.

Während im Verkehrswesen ähnliche Aspekte zur Findung von Parametern für die Abbildung der Routenwahl und deren Umsetzung in Algorithmen unternommen werden, behandeln die Entwickler von Space Syntax eher raumsoziologische Aspekte auf einer beschreibenden Ebene. Auf dem 10. Space Syntax Symposium 2015 in London stellten die Referenten ihren aktuellen Forschungsstand im eigenen Land dar. So beschäftigt sich Frederico de Holanda, Vertreter von Brasilien, mit der Benutzung von Twitter (Twitter locational data) zur Darstellung von Bewegungsnetzwerken sowie mit nächtlichen Bewegungen in Städten. Laura Vaughan aus London untersucht die angesprochenen sozialmorphologischen Zusammenhänge zwischen sozialer Ungleichheit und Raum und den Zusammenhang zwischen Kriminalität und Raum. Ein weiteres wichtiges Thema stellt außerdem die Rückverfolgung und Begründung von Migrantenströmen dar. Akkelies van Nes, Vertreterin von Delft, arbeitet an der Verbesserung der Kombination von dephtmapX, der Software von Space Syntax, und GIS, das räumliche Daten zur Verfügung stellt. Auch Young Ook Kim, Vertreter von Seoul, fragte im weiteren Verlauf des Symposiums nach dem nächsten methodologischen Schritt nach der Etablierung von QGIS. Laut Akkelies van Nes soll nun die weltweite Datensammlung sowie die Schnittstelle zwischen der Forschung und der Anwendung verbessert werden. Sie verdeutlicht, dass ein wichtiges Ziel ihrer Forschung die Entwicklung eines Verständnisses bei den Verkehrsplanern sei, welche Auswirkungen das Straßennetzwerk auf räumliche und gesellschaftliche Zusammenhänge haben kann. Weiterhin berichtet Ayse Sema Kubat aus Istanbul von der Entwicklung eines 3-D-Modells zur Darstellung von Topografie und von Forschungen zur Evakuierung bei Erdbebensituationen. Im Hinblick auf aktuelle Problematiken fordert sie die Etablierung von Space Syntax bei realen Projekten. Margarita Greene aus Santiago beschäftigt sich aktuell in ihren Forschungen mit dem Wachstum

von Städten und den damit einhergehenden Strukturveränderungen.

Weitere wichtige Space-Syntax Forschungen sind im Folgenden benannt, beispielsweise die Studie zu Beziehung von Form und Bewegung („Form-Movement-Relationship“) von Choi und Koch, oder Programmierungen des kürzesten Weges mit den Parametern Geometrie und Zeit mithilfe von Grashopper, entwickelt von Nourian und Van der Hoefen in Delft. Es wir deutlich, dass sehr viele der vorgestellten Ansätze und Ergebnisse der soziomorphologischen Stadtraum- und Fußgängerforschung unmittelbar in die agentenbasierte Abbildung der Entscheidungswahl von Fußgängern einfließen könnte und eine bessere Koordinierung der gegenseitigen Forschungsergebnisse einen hohen wissenschaftlichen Nutzen verspricht.

Thema	Autor	Erläuterung
"Studies Toward an Ecological Model of the Urban Environment"	Stanford Anderson	sehr ähnlich zu Space Syntax, Messung von Fußgängerströmen und Zeichnen von Achsen (lediglich die computergestützte Analyse fehlt
"Why are Buildings known? Form, Visibility, Use"	Donald Appleyard, 1969	Befragung unterschiedlicher Stadtteile nach den markantesten Gebäuden der Stadt (Maps in Minds. Downs, Roger M., S. 79
Spielverhalten von Kindern in Wohngegenden		Kinder halten sich primär dort auf, wo am meisten passiert oder passieren könnte (Leben zwischen Häusern., Gehl, S. 21)
Zusammenhang von Sitzmöglichkeiten und Sichtbarkeit	John Lyle	im Tivoli Park Kopenhagen, die meistbenutzten Bänke im Park stehen entlang des Hauptweges mit gutem Ausblick auf Bereiche mit reger Aktivität (Leben zwischen Häusern., Gehl, S. 21)
Folgestudie	Jan Gehl	Bänke mit Blick auf besonders belebte Fußgängerbereiche werden eher genutzt als jene, die einen Ausblick auf die Grünfläche eines Platzes bieten (Leben zwischen Häusern., Gehl, S. 23)
Aufmerksamkeit von Fußgängern	Königl. Dänische Akademie, 1969	Studie auf der Stroget (Einkaufsstraße) in Kopenhagen, Menschen bleiben selten vor Banken, Büros oder Schaufenstern mit Büromöbel oder Lockenwicklern stehen, sondern vor Zeitungskiosken, Fotoausstellungen, Plakaten vor Filmtheatern, Kleidergeschäften sowie Spielwarenläden sowie vor menschlichen Aktivitäten in der Straße (Künstler, Musiker, Kinder beim Spiel) (Leben zwischen Häusern., Gehl, S. 24)
Überqueren einer verkersstarken Straße zu einer Bushaltestelle	Ola Fagelmann, TU Lund, Schweden	Fußgängerüberweg mit 50m Umweg: 83%, direkt über die Straße: 10%, Unterführung mit zwei Treppen: 7% (Leben zwischen Häusern., Gehl, S. 133)
Sichtbarkeit	Jan Gehl, Lars Gemzoe, 2004	Studie in Kopenhagen, Je mehr Sicht auf das Stadtgeschehen, desto stärker frequentiert das Café (Leben zwischen Häusern., Gehl, S. 40)
Wahrnehmung, Reizverhalten		Physiologische Studie mit Probanden in kahlen Räumen ohne Stimulation: Die Sinnesorgane benötigen alle 4-5 Sekunden einen Anreiz, das entspricht einem Geschäft mit 5-6 m Breite bei einer Schrittgeschwindigkeit von 80 sek pro 100 m (Städte für Menschen., Gehl, S. 91)

Tab. 8-12: Eigene Darstellung, *Übersicht Spezifischer Studien zur Fußgängerforschung*

Thema	Autor	Erläuterung
	Jan Gehl, 1999	Skala mit vier Punkten: geringer Lärmpegel, angenehmes Mikroklima, Platzierung an Randzonen, gute Aussicht (am Wichtigsten) (Städte für Menschen., Gehl, S. 164)
Randeffekt	William H. Whyte	Film: The Social Life of Small Urban Places, Nachweis des Randeffekts, Menschen unterhalten sich beinahe ausschließlich am Rand eines Platzes (The Social Life of Small Urban Places, Whyte)
Gruppenbildung an Straßenkreuzungen	Dirk Helbing	Spontane Gruppenbildung findet öfter an Straßenkreuzungen statt (Verkehrsdynamik, Helbing)
Navigationsverhalten	Angelika Kneidl	Personen neigen dazu, so geradlinig wie mgölich in Richtung ihres Ziels zu gehen (Methoden zur Abbildung mensch. Navigationsverhaltens, Kneidl, S. 90)
Unfallrisiko	HUK-Verband	Unfallrisiko für Fußgänger in Straßen, die einseitig verparkt sind, auf der verparkten Seite etwa 3-4 mal höher als auf der unverparkten Seite (Zur Harmonie von Stadt u. Verkehr, Knoflacher, S. 122)
Verhaltensänderung in ungewohnter Umgebung	Karl, Frisch	Bienenforschung, Biene gibt nach Flug in 3-4m langem Rohr im Schwänzeltanz an, sie sei 80m geflogen (Zur Harmonie von Stadt u. Verkehr, Knoflacher, S. 126)
Zeitgefühl		Die Attraktivität der Umgebung (ohne Autos, zb. Im Park) verringert den Widerstand, zu Fuß zu gehen um über 70% 8Zur Harmonie von Stadt u. Verkehr, Knoflacher, S. 133)
Entfernung von Plätzen zueinander		Städte mit einer Platzentfernung von durchschnittlich über 220m werden als weniger schön empfunden (Nürnbeg 176, München 295, Venedig 220) (Zur Harmonie von Stadt u. Verkehr, Knoflacher, S. 163)
Zusammenhang Verkehrsgeschwindigkeit und Wohlbefinden		Malmö, Fokusgruppeninterview, Je geringer die Verkehrsgeschwindigkeit desto höher das Wohlbefinden. Der Grad der empfundenen Belastung war bei allen Messungen in Tempo-30-Zonen niedriger als bei 50 km/h (Gut zu Fuß., Risser, S. 36)
Unfallrisiko	Lars Ekman, TU Lund, Schweden	Das Queren eines Zebrastreifens ist unfallgefährlicher als abseits davon (Gut zu Fuß., Risser, S. 39)
Harvard Alumni Health Study	Harvard Alumni, 1916-1993	Untersuchung des Zusammenhangs von Herzbeschwerden und Aktivität bzw Inaktivität des Körpers, 30 min Gehen verlängert die Lebensdauer (Street Smart, Schwartz, S. 95)

Thema	Autor	Erläuterung
Cooper Center Longitudinal Study	Cooper Center	Untersuchung des Zusammenhangs von Genmustern und biologischen Charakteristika (Street Smart, Schwartz, S. 95)
Liveable Streets for Schoolchildren	Ben Appleyard	Wahrnehmung der Nachbarschaft bei 9- und 10-Jährigen (Street Smart, Schwartz, S. 106)
Zusammenhang Verkehrsunfälle und Kriminalität	Alan During	Verkehrsunfälle + Kriminalität wurde im Zusammenhang von Vorstadt und Innenstadt untersucht Ergebnis: Rate in der Vorstadt bis zu 19 Prozent höher (Walkable City, Speck, S. 46)
Location Efficiency and Building Type - Boiling it Down to BTUs 2011		Je dichter die Stadt desto weniger Energieverbrauch pro Haushalt (Walkable City, Speck, S. 56)
Routenwahl	Golledge (1995), Conroy (2001)	Menschen bevorzugen Wege ohne große Richtungswechsel (14 Methoden zur Abbildung S. 98)
Routenwahl	Tolman (1948), Montello (1991)	Routen mit wenigen Richtungswechseln werden als kürzer eingeschätzt (14 Methoden zur Abbildung S. 98)
Routenwahl	Hillier	Menschen wählen den Weg mit der längsten Sichtlinie (14 Methoden zur Abbildung S. 98)
Navigationsverhalten	Tom, Denis, 2003	Landmarks unterstützen bei der Wegbeschreibung besser als Straßennamen (14 Methoden zur Abbildung S. 99)
Kaufkraft		Die Kaufkraft von Fußgängern wird unterschätzt
Grundstückpreise		Je besser die Sraße desto höher der Preis für Wohnraum
Wohlbefinden		Je langsamer der Verkehr, desto höher das Wohlbefinden
Wahrnehmung / Reiz		Anreiz alle 5 sek bzw 5 m
Verkehrsunfälle + Kriminalität	Alan Durning	Im Zusammenhang sind beide Faktoren bis zu 19 % höher in der Vorstadt als in der Innenstadt (Amerika) (Walkable City, Speck, S. 46)

Tab. 8-11: Eigene Darstellung, *Übersicht Spezifischer Studien zur Fußgängerforschung*

Thema	Autor	Erläuterung
20 grüne Hauptwege	Berlin, 2004	Entwicklung eines Wegenetzes, das Bürger aus verschiedenen Siedlungen Naherholungsgebiete ohne Verkehrsbelästigung erreichen lässt
Lärmpegel unter 60-65 dB	Gehl, 2004-2008	Studie an unterschiedlichen Orten, Burano 63 dB, London, New York: 72-75 dB (Städte für Menschen., Gehl, S. 179)
Sichtfeld Autofahrer	Bartmann 1991	Je schneller der Verkehr, desto kleiner das Sichtfeld des Fahrers, "Street Environment, Driving Speed and Field of Vision“ (Urban Street Design Guide, Nacto, S.)
Sichtfeld in Cafe	Gehl, Gemzoe, 2004	Je mehr Sicht auf Mitmenschen, desto stärker frequentiert ist das Café (Städte für Menschen., Gehl, S. 40)
"Liveable Streets for Schoolchildren"	Bruce Appleyard, 2005	Studie zu kindgerechten Straßen mithilfe von Befragungen bzw "collective cognitive maps"
"Liveable Streets"	Donald Appleyard, 1981	Je dichter der Verkehr, desto geringer die sozialen Kontakte in der Nachbarschaft
Autoverkehr und Gesundheit		deutsche Studie, jede gefahrene Stunde verdreifacht die Chance einer Herzattacke in den darauffolgenden Stunden (Walkable City, Speck, S. 48)
"Location Efficiency and Building Type"	Jonathan Rose, 2011	Je städtischer die Umgebung, desto weniger Energieverbrauch (Walkable City, Speck, S. 56)
"Close Encounters with Buildings"	Gehl, 2003	Je aktiver die Fassade, desto mehr Interaktion
"Public Spaces for a Changing Public Life"	Gehl	Je mehr Möglichkeit zum Verweilen, desto mehr Aktivität
"Street Guidelines for Healthy Neighborhoods"	Dan Burden, 1999	Reduzierung der Straßenbreite
Wardrop Equilibrium	John Glen, 1952	früher oder später suchen sich alle Reisenden den (unter Betrachtung aller Verkehrsmittel) kürzesten Weg
Pedestrian-Based and Card-Based Shopping Centres	Akkelies Van Nes, Delft, 2003	Untersuchung von Ringstraßen in Oslo und Eindhoven

3.3 Parameter und Algorithmen der Routenwahl

Das Entscheidungsverhalten von Fußgängern ist um ein vielfaches komplexer als das Entscheidungsverhalten der Nutzer motorisierter Verkehrssysteme, da zum einen die Entscheidungsfreiräume als auch die auf die Entscheidung einwirkenden Parameter größer sind. Während für den Autofahrer oftmals die schnellste Route zugleich die effizienteste Route ist, muss das nicht sofort auch für die Wegefindung des Fußgängers gelten. Wegefindung (engl. wayfinding) ist dabei der Prozess, einen Weg oder eine Route zwischen einem Start und einem Ziel zu finden und zu verfolgen. Es ist eine beabsichtigte, gerichtete und motivierte Aktivität. (Kneidl 2013, S. 87) Dabei kann dieser Prozess von sogenanntem Schlendern während eines Einkaufsbummels oder von einem Spaziergang ohne gerichtetes Ziel unterschieden werden.

Neben dem Faktor der Länge, also des kürzesten Weges, spielt auch die Dauer eine wichtige Rolle. Studien haben bewiesen, dass der Mensch bei der Routenwahl stets versucht, so wenige Abbiegungen wie nötig und damit so lange Wege geradeaus wie möglich zu gehen. Dies kann durch den SALL-Algorithmus von Golledge (1995) dargestellt werden, jedoch unter der Bedingung, dass die modellierten Personen ortskundig sind. Bei Ortsfremden funktioniert der Algorithmus Probabilistic Choice ähnlich wie das Prinzip des Ameisenalgorithmus - eine Person folgt der vorherigen Person. Ein weiterer Entscheidungsfaktor ist die Orientierung an der Lufltinie. Auch hier kann zwischen dem Heuristic Path von Hart et al. (1968) für ortskundige Personen und dem Greedy Heuristic Path für ortsfremde Personen unterschieden werden. Landmarks können durch Quelle-Ziel-Relationen bei Modellbildungen vor Allem zur Modellierung von Evakuierungssituationen mit einbezogen werden. Für die Darstellung des kürzesten Weges, einer der wichtigsten Faktoren vor Allem für den motorisierten Verkehr, gibt es sehr viele unterschiedliche Algorithmen mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten in den einzelnen Modellen. Sie sind in der folgenden Tabelle einzeln aufgeführt. Die Interaktion wird beispielsweise im Sozialen-Kräfte-Modell von Dirk Helbing dargestellt, sowie als Clear Path Algorithmus oder mit der Discrete Element Method von Langston et al. (2006), die auf der Newtonschen Mechanik beruht und psychologische Kräfte einzubeziehen versucht.

Eines wichtiges Feld der Routenwahl kann jedoch (noch) nicht in Algorithmen übersetzt werden kann´: Psychologische Entscheidungsparameter. Dazu gehören neben Witterung, Untergrund und Steigungsverhalten im Stadtraum auch das Gefühl von Wohlbefinden oder Sicherheit sowie visuelle Reize und Sichtbehinderungen durch Barrieren wie beispielsweise parkende Autos. Sowohl für die Wegefindung als auch für die Routenwahl ohne Bestimmungsort muss es das Ziel sein, diese Parameter in Zukunft mit in Modelle einbeziehen zu können.

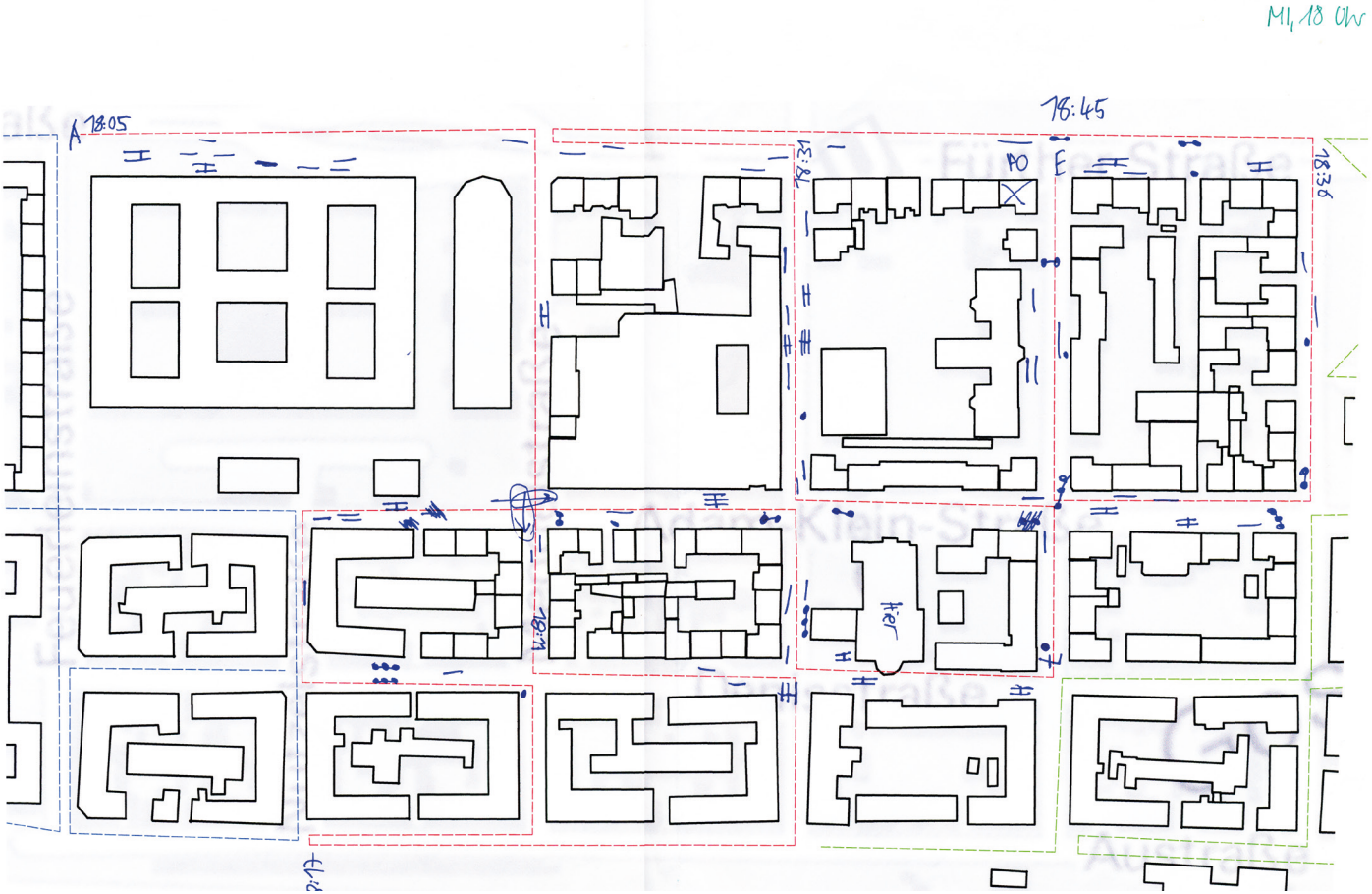


Abb. 23: Eigene Darstellung, *Handzettel Fußgängerzählung – Nürnberg Bärenschanze*

Parameter der Routenwahl	Algorithmen	Erklärung
schnellster Weg / Dauer	Fastest Path (Dijkstra, 1959)	schnellster Weg, ortskundig
		Minimierung von Reisezeit (Hughes, 2000)
Richtungswechsel, lange Wege geradeaus	SALL (Straight and Long Legs), Golledge (1995)	lange Strecken geradeaus, ortskundig
	Probabilistic Choice	anderen Personen folgend, ortsfremd, Prinzip Ameisenalgorithmus, wie Active-Walker-Modell
Luftlinie	Heuristic Path (Hart et al., 1968), A*-Algorithmus	wenig Abweichung von der Zielrichtung, ortskundig
Luftlinie	Greedy Heuristic Path	wenig Abweichung von der Zielrichtung, ortsfremd
landmarks / Zwischenziele	Quelle-Ziel-Relationen	bei Evakuierung verwendet
kürzester Weg / Länge	Shortest Path	kürzester Weg
	Warshall-Floyd-Algorithmus	kürzester Weg + Belastung Fußgänger
	Free-Flow	stochastisch verteilte Geschwindigkeit
	Fast-Marching-Methode	bei zellulären Automaten, Wellenalgorithmus
	Platter Lift Algorithmus(Sterlin et al., 2010)	ähnlich zu Voronoi Algorithmus, Fußgänger hängen sich wie bei Schlepplift an die Kante des Voronoi-Diagramms mit variierendem Abstand
	Sichtbarkeitsgraph (Arikan et al., 2001)	vorberechnete kürzeste Wegekarte, Neuberechnung wenn Agenten im Weg
	Plane Sweep Algorithmus	nimmt konvexe Eckpunkte von Polygongen als Graphknoten und findet alle möglichen Kanten
Interaktion/Personendichte	ClearPath	zur Kollisionsvermeidung
	Boltzmann Transport Gleichung (Henderson, 1974)	
	Discrete Element Method (Langston et al., 2006)	Newtonsche Mechanik, , psychologische Kräfte, Antriebsimpuls, Antriebskraft

Tab. 13-14: Eigene Darstellung, *Übersicht der Parameter zur Routenwahl*

Parameter der Routenwahl	Algorithmen	Erklärung
Ortskundig/Ortsfremd		
Witterung		
Steigung		
Untergrund		
Sicherheitsgefühl		
Wohlbefinden		Minimierung von Unbehagen (Treuille et al, 2006)
visuelle Reize		
Barrieren		zb. Auch Bordstein, erhöht den Energieaufwand

3.4 Modelle zur Abbildung des Fußgängers

Im Folgenden sollen die unterschiedlichen Modelle zur Abbildung des Fußgängers aufgeführt werden. Wie bereits erwähnt, kann zwischen stochastischen, deterministischen, gaskinetischen beziehungsweise fluiddynamischen und reinen Routenwahlmodellen unterschieden werden. Die Masterarbeit von Dieter Roth zum Fußgängerverhalten in der Verkehrsplanung gibt hierbei einen guten Überblick über die unterschiedlichen Modellvarianten und ist daher eine der Hauptquellen für die folgende Aufzählung.

Beginnend mit den stochastischen Modellen war eines der Grundlagenmodelle das Random Walk Modell von Karl Pearsons von 1905, in dem der Fußgänger durch Zufallsbewegung und die Parameter „Richtung" und „Geschwindigkeit" simuliert wird. Darauf aufbauend arbeitet das Random Waypoint Modell mit Pausen bzw. Intervallen, während das Random Direction Modell wiederum auf das Random Waypoint Modell aufbaut, jedoch eine gleichbleibende Dichte durch spezielle Behandlung der Raumkanten erreicht. Als Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion an Warteschlangen arbeitet auch das Warteschlangenmodell von Erlang von 1909 mit Intervallen und jeweils unterschiedlichen Bedienraten an der Kasse. Wichtig sind des Weiteren die stochastischen zellulären Automaten, entwickelt 1940 von Stanislav Ulam. Sie können mit Hilfe eines Zellnetzes und unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren auch kurzfristige Entscheidungen des Fußgängers nachbilden. Deterministische Modelle behandeln die eindeutige Festlegung von Ereignissen durch Vorbedingungen. Das Optimal-Velocity-Modell von Bando et al. von 1994 ist zwar für den motorisierten Verkehr entstanden, wurde jedoch von Sugiyama 2002 auch für den Fußgängerverkehr weiterentwickelt. Dabei laufen Fußgänger in einer vorgegebenen Hauptbewegungsrichtung, sodass bei einem Aufeinandertreffen Aussagen über die Interaktion von Fußgängern getroffen werden können. Während das Magnetische Feldmodell von 1993 Fluchtsituationen in Gebäuden simuliert, ermöglicht das Active Walker Modell die Simulation in einer relativ unbebauten Landschaft. Es rechnet das sogenannte Ground Potential mit in den Parameter des kürzesten Weges ein, sodass der Fußgänger bereits gebildete Trampelpfade bevorzugt. Das Minimal Route Cost Modell wurde 2004 von Hoggedorn entwickelt und simuliert das vorausschauende Verhalten hinsichtlich Hindernissen und Interaktionen eines Fußgängers, und berechnet anschließend den effizientesten Weg.

Im Gegensatz zu den stochastischen zellulären Automaten liegt das deterministische Automatenmodell seinen Schwerpunkt auf die Evakuierung im Brandfall. Es arbeitet auch mit dem zellulären Übertritt der Fußgänger, legt seinen Hauptaugenmerk allerdings auf die Routenwahl. Auch das bereits mehrfach erwähnte Social-Force-Mo-

dell von Helbing et al. von 1995 zählt zu den deterministischen Modellen. Es arbeitet wie die Magnetische Feldmethode, wurde jedoch durch Kräftekomponenten erweitert, sodass Verhaltensänderungen bzw. Richtungswechsel durch das soziale Kräfteverhalten begründet werden können. Die Boltzmannsche Gastheorie von 1964 versteht den Fußgänger als „Fußgängergas" und untersucht dessen Dichtevariationen. Boltzmann hat dabei erkannt, dass bei der Modellierung des Fußgängers actio nicht gleich reactio bedeutet, d.h. die eingehenden Kräfte nicht gleichmäßig an die übrigen Personen weitergegeben werden.

Zuletzt werden die Routenwahl-Modelle näher erläutert. Das Soziale-Kräfte-Modell von Helbing kann durch den individuellen Schwerpunkt sowohl zu den deterministischen Modellen als auch zu den Routenwahlmodellen gezählt werden. Das Multinomial-Logit-Modell bezieht als weiteres Routenwahlmodell neben der Lage auch das Preisniveau, Warenangebot sowie Haltestellen und Parkplätze und dient der Schätzung von Gruppenzugehörigkeiten sowie der Ermittlung von Wegebelastungen und der Akzeptanz von Geschäften. Zuletzt verrechnet der Warshall-Floyd-Algorithmus von 1962 die kürzesten Verbindungen zwischen einzelnen Knoten eines Netzes mit der Belastung durch den Fußgänger.

Die in der folgenden Tabelle aufgelistete Sammlung an Simulationsansätzen soll lediglich einen ersten Einblick in die grundlegenden Modelle der Fußgängersimulation geben.

Stochastische Modelle

Name	Entwicklung	Funktion	Parameter	Problem	Quelle
Random Walk Modell	Karl Pearsons, 1905	Zufallsbewegung	Richtung, Geschwindigkeit		02 Masterarbeit Roth
Random Waypoint Modell	Johnson, Maltz	Zufallsbewegung mit Pausen	Richtung, Geschwindigkeit, Intervalle	Strecken im Mittelpunkt stärker frequentiert	02 Masterarbeit Roth
Random Direction Modell		wie Random Waypoint Modell, mit gleichbleibender Dichte durch spezielle Behandlung des Randes	Richtung, Ankunftsrate		02 Masterarbeit Roth
Warteschlangen modell	Agner Krarup Erlang, 1909	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion an Warteschlangen	Intervalle Bedienrate		02 Masterarbeit Roth
	Markov-Modell	Teil des Warteschlangenmodells, Änderungen der Personenzahlen/ Verweildauer			Helbing 1997, S. 17
Discrete Choice Modell	Kelvin Lancaster, 1971	Selbstorganisation von Gruppendynamik, eig aus Ökonomie, Segmentierung der Bewegungsrichtung/ des Blickradius	bisher kein Algorithmus vorhanden	bisher keine Untersuchung	02 Masterarbeit Roth
Stochastische zelluläre Automaten	Stanislav Ulam, 1940	Nachbildung kurzfristiger Entscheidungen	Zelle frei/besetzt, Gewichtungsfaktoren, Matrix des statischen Potentials		02 Masterarbeit Roth

Tab. 15-18: Eigene Darstellung, *Übersicht der Modelle zur Abbildung des Fußgängers*

Routenwahl-Modelle

Name	Entwicklung	Funktion	Parameter	Problem	Quelle
Multinomial-Logit-Modell	keine Angaben	dient zur Schätzung von Gruppenzugehörigkeiten, Belastung von Wegen sowie die Akzeptanz von Geschäften zu ermitteln	Lage, Preisniveau, Warenangebot, Parkplätze, Haltestellen		Helbing, D.: Verkehrsdynamik S. 17
Soziales Kräfte-Modell	Helbing, Molnar 1995	Gründe für Verhaltensänderungen/ Richtungswechseln durch soziale Kräfte	Gesamteinwirkung mit Stärke, Direktheit, Anzahl	Überarbeitung von Johansson 2007	Helbing, D.: Verkehrsdynamik S. 29
Warshall-Floyd-Algorithmus	Warshall, Floyd, 1962	verrechnet die kürzesten Verbindungen zwischen einzelnen Knoten eines Netzes und die Belastung durch Fußgänger	kürzester Weg, Belastung Fußgänger		Helbing, D.: Verkehrsdynamik S. 52

Gaskinetische und fluiddynamische Modelle

Name	Entwicklung	Funktion	Parameter	Problem	Quelle
Boltzmannsche Gastheorie	Boltzmann, 1964	"Fußgängergas" und dessen Dichtevariationen	Viskosität, Reynolds-Zahl, Kudsen-Zahl, Machzahl	actio = nicht reactio, Größen wie Druck/ Temperatur können n. übertragen werden, anistropes Fußgängerverhalten: Fußgänger reagieren auf Geschehnisse hinter ihnen wesentlich schwächer	Helbing, D.: Verkehrsdynamik S. 18
Centrifugal Force Model	Yu et al., 2005				

Deterministische Modelle

Name	Entwicklung	Funktion	Parameter	Problem	Quelle
Optimal-Velocity-Modell	Bando, Hasebe, 1994	für motorisierten Verkehr	Geschwindigkeit, Abstand zum Vordermann, Bewegungsgleichung		02 Masterarbeit Roth
Optimal-Velocity-Modell verb.	Sugiyama, 2002	Fußgängersimulation mit einer vorgegebenen Hauptbewegungsrichtung, kann Aussagen über Interaktion von sich begegneten Fußgängern treffen		modellinterne Orientierungs-komponente fehlt, keine freie Richtungswahl	02 Masterarbeit Roth
Gravitationsmodell	Jan Tinbergen, 1962 Isaac Newton, 1687	beschreibt Bewegung zwischen zwei Gebieten stärker die Anzahl der Interaktion		nur für einfache Simulationen	02 Masterarbeit Roth
Magnetisches Feldmodell	Okazaki, Matsushita, 1993	beruht auf Newton Dynamik, bei Fluchtsituation		keine dynamische Entwicklung , keine gegen-läufigen Ströme, auf zwei Pole beschränkt	02 Masterarbeit Roth
Active Walker Modell	Lam, Pochy	Landschaft wird aktualisiert, Fußgänger bevorzugen gebildete Pfade	Ground Potential, kürzester Weg	schwer in be-bauten Gebieten	02 Masterarbeit Roth
Minimales Umwegesystem	J. Keltsch, 1996	aufbauend auf Active Walker, kleinere Umwege des Fußgängers, Trampelpfade			
Minimal Route Cost Modell	Hoggedorn, 2004	vorausschauendes Verhalten des Fußgängers, weicht Hindernissen aus	Geschwindigkeit, Anzahl an Interaktion, Hindernisse, kürzester Weg	auch nicht ersichtliche Hindernisse werden berück-sichtigt, sehr leistungsintensiv	02 Masterarbeit Roth

Deterministische Modelle

Name	Entwicklung	Funktion	Parameter	Problem	Quelle
Deterministische zelluläre Automaten	Blue & Adler	Hauptaugenmerk Routenwahl, zellulärer Übertritt		nur ein vorgegebenes Ziel	02 Masterarbeit Roth
	Yang Lizhong	Automatenmodell für Evakuierung im Brandfall	Position-Gefahren-Faktor, Brand-Gefahr-Faktor		
	Djikstra, Jessurun, Timmerman	Fußgängerbewegung in Einkaufszentren	Einteilung in vier Stufen		
Social Force Modell	Helbing, Molnar, 1995	wie magnetische Feldmethode, jedoch mit weiteren Kräftekomponenten - Verhaltensänderungen/ Richtungswechsel durch soziale Kräfte begründbar, wie Fußgänger oder Schaufenster	Interaktionsstärke, Reichweite der Abstoßung, Distanz zwischen Fußgängern, Formfaktor		Helbing, 1997, S. 20-36
Nagel Schreckenberg Modell	Nagel, Schreckenberg, 1992	Verkehrsdichte, Staubildung	Geschwindigkeit, Bremsen, Beschleunigen, Abstand		Wikipedia Verkehrsmodelle
Cell Transmission Modell	Carlos Daganzo, 1994	Optimierung der grünen Welle, Lichtsignalsteuerung			Wikipedia Verkehrsmodelle
Centrifugal Force Model	Christian Huygens, 1669	Geht von einer Eigenkraft des Passanten aus			

3.5 Vergleich der Software zur Modellierung des Fußgängers

Mit der steigenden Rechnerleistung konnten vor Allem in den letzten Jahrzehnten Simulationsmodelle mit unterschiedlichen Schwerpunkten entwickelt werden. Eine große Relevanz für diese Entwicklungsarbeit besitzen hierbei Space Syntax von Bill Hillier und Julienne Hanson von 1980 sowie das Programm PTV Visum der PTV Group. Beide Ansätze umfassen eine stadträumliche Betrachtung, wobei die netzbezogenen Eingangsgrößen jedoch unterschiedlich weiterverwendet werden. Während Space Syntax auf einem raum- bzw. netzanalytischen ungewichteten Ansatz beruht, dessen Ergebnis beschreibend informiert, basiert der verkehrsplanerische Ansatz von PTV-Visum auf der Abbildung von Entscheidungsprozessen von Verkehrsteilnehmern auf der Basis eines vorgegebenen Raums bzw. Wegenetzes.

Weitere Software zur mikroskopischen Betrachtung, in denen städtische Szenarien modelliert werden können, sind PERS von TRL Software, Anylogic oder SimWalk. Für Fluchtwegsituationen in Gebäuden können maßgeblich die Programme MassMotion von Oasys/Arup von 2005 und Legion von 1999 sowie Pedestrian Dynamics von InControl Simulation Solution genannt werden. Weitere Programme zur mikroskopischen, stadträumlichen Betrachtung sind SIDRA von Akcelic & Associaltes Pty Ltd., Quadstone Paramics, SUMO von DLR und MAINSIM von Jörg Dallmeyer. Auf mesoskopischer Ebene ist WALKALYTICS von Ernst Basler & Partner eine Software für gewerbliche Nutzer, die auf der Suche nach dem besten Standort für ihr Gewerbe sind. Zuletzt arbeitet auf städträumlicher, makroskopischer Ebene neben PTV Visum auch EMME von Inro Consultants, CUBE von Citilabs und ARRB TRAFFIC der ARRB Group an der Simulation des Fußgängers.

Durch die folgende Tabelle wird deutlich, dass sich der Großteil der bereits entwickelten Software an Verkehrsplaner richtet, stadträumliche Betrachtungen können jedoch auch für Architekten interessant sein, weshalb über den Einbezug der Nutzergruppe des Architekten oder Stadtplaners dringend nachgedacht werden sollte. Weiterhin dominieren die mikroskopischen Modelle, was möglicherweise durch die gesteigerte Komplexität und einer Vielzahl an Parametern bei der Simulation des Fußgängers in der Stadt begründet werden kann .

Mikroskopisch

Name	Hersteller	Funktionsgruppe	Funktion	Jahr	Land
VISSIM	PTV Group	Verkehrsplaner	Szenarien	1992	Karlsruhe, Deutschland
VISWALK	PTV Group	Verkehrsplaner	Szenarien	1992	Karlsruhe, Deutschland
PERS	TRL Software	Verkehrsplaner	Szenarien	2001	London, England
ANYLOGIC	AnyLogic	Verkehrssimulation	Szenarien	2000	Deutschland
SIMWALK	SimWalk	Verkehrssimulation	Szenarien	2003	Schweiz
PEDESTRIAN DYNAMICS	InControl Simulation Solution	Verkehrssimulation	Szenarien, Fluchtweg	1989	Deutschland, Niederlande
MASSMOTION	Oasys / Arup	Verkehrssimulation	Fluchtweg	2005	England
LEGION	Legion	Verkehrssimulation	Fluchtweg	1999	England
SIDRA	Akcelik & Associates Pty Ltd	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung	1984	Australien
QUADSTONE PARAMICS	Quadstone Paramics	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung	1990	England
SUMO	DLR	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung	2001	Berlin, Deutschland
MAINSIM	Jörg Dallmeyer	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung	2013	Frankfurt, Deutschland

Mesoskopisch

Name	Hersteller	Funktionsgruppe	Funktion	Jahr	Land
SIMWALK	SimWalk	Verkehrssimulation	Szenarien	2003	Schweiz
PEDESTRIAN DYNAMICS	InControl Simulation Solution	Verkehrssimulation	Szenarien, Fluchtweg	1989	Deutschland, Niederlande
SPACE SYNTAX	Bill Hillier, Julienne Hanson	Architekten	stadträumliche Betrachtung	1980	London, England
WALKALYTICS	Ernst Basler & Partner	Gewerbe	Suche nach bestem Standort	2012	Zürich, Schweiz

Mesoskopisch

Name	Hersteller	Funktionsgruppe	Funktion	Jahr	Land
VISUM	PTV Group	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung	1992	Karlsruhe, Deutschland
EMME	Inro Consultans	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung	<1984	Montreal, Kanada
CUBE	Citilabs	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung	<1990	Kalifornien, USA
ARRB TRAFFIC	ARRB Group	Verkehrsplaner	stadträumliche Betrachtung		Australien, USA

Tab. 19: Eigene Darstellung, *Vergleich der Software zur Modellierung des Fußgängers*

4 Vergleich von Space Syntax und PTV Visum

Nach der Auflistung der unterschiedlichen Modellierungsmöglichkeiten des Fußgängers soll nun näher auf die mikroskopische und mesoskopische Betrachtung der Stadt mithilfe von Space Syntax und PTV Visum eingegangen werden.

Zunächst sollen Erläuterungen zum jeweiligen Programm einen Überblick über dessen Ziele und Möglichkeiten verschaffen. Grundsätzlicher Unterschied ist beispielsweise die Orientierung zu unterschiedlichen Zielgruppen hin. Während sich PTV Visum an Stadtplaner und an die Modellierung komplexer, realer Verkehrsnetze richtet, versucht der Architekt mit Space Syntax ein Verständnis für die Stadt, oftmals hinsichtlich soziologischer Aspekte, zu entwickeln. Anschließend soll kurz auf das grundsätzliche Vorgehen und den Nutzen von Space Syntax und PTV Visum eingegangen werden. Zuletzt erfolgt ein Anwendungsvergleich, der die markanten Unterschiede beider Programme sowohl in der Sprache als auch in der Vorgehensweise herausstellen soll.

4.1 Erläuterung von Space Syntax

Space Syntax ist eine Methode, welche die Beziehung zwischen menschlicher Aktivität und gebautem Raum untersucht, beschreibt und darstellt. Im Rahmen einer Forschungsarbeit über geplante Siedlungen in London beschäftigten sich Bill Hillier und Julienne Hanson in den 1970er Jahren an der Barlett School of Architecture mit dieser Thematik und entwickelten dabei die Space Syntax Methode. (Rose, Schwander 2008, S.32)

Diese Analysemethode basiert auf zwei unterschiedlichen Ideen: Der Raum beeinflusst menschliche Handlungen hinsichtlich Bewegung, Interaktion mit anderen Menschen oder der Betrachtung von Objekten im Raum. Bewegung ist im Wesentlichen linear, Interaktion erfordert einen konvexen Raum und von jedem Punkt des Raumes sehen wir ein anders geformtes Sichtfeld. Städte sind genau nach diesen Eigenschaften aufgebaut, Straßen als lineare Elemente, Plätze als konvexe Freiflächen und von jedem Punkt aus hat man ein anderes Sichtfeld. Auf dieser Grundlage kann man den städtischen Raum erforschen warum er so ist, wie er ist. (Abb. 21)

Die zweite Idee umfasst die Beschreibung des menschlichen Raumes nicht als Eigenschaften einzelner Räume, sondern als eine Wechselbeziehung zwischen mehreren Orten, welche das räumliche Layout bilden. Kein Raum hat ein statisches Aussehen, da jeder Raum von verschiedenen Blickpunkten anders innerhalb des Layouts aussieht. In der Abbildung sind zwei Graphen zu sehen, wobei jeder Kreis (node) einen Raum und jede Linie (edge) eine Tür darstellt. Obwohl beide Graphen unterschiedlich gezeichnet sind, stellen sie jedoch dasselbe dar. Zudem kann aus diesen Graphen der Grad an Integration-Segregation über die Distanz gemessen werden. Je integrierter ein Kreis ist, desto besser erreichbar ist er auch zu allen anderen Kreisen. (Abb.22)

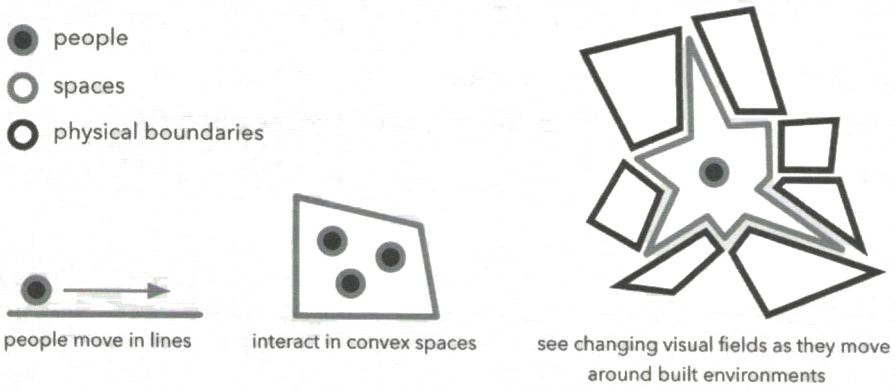


Abb. 24: Paliou et al., *Space is intrinsic to human activity, not a background to it*

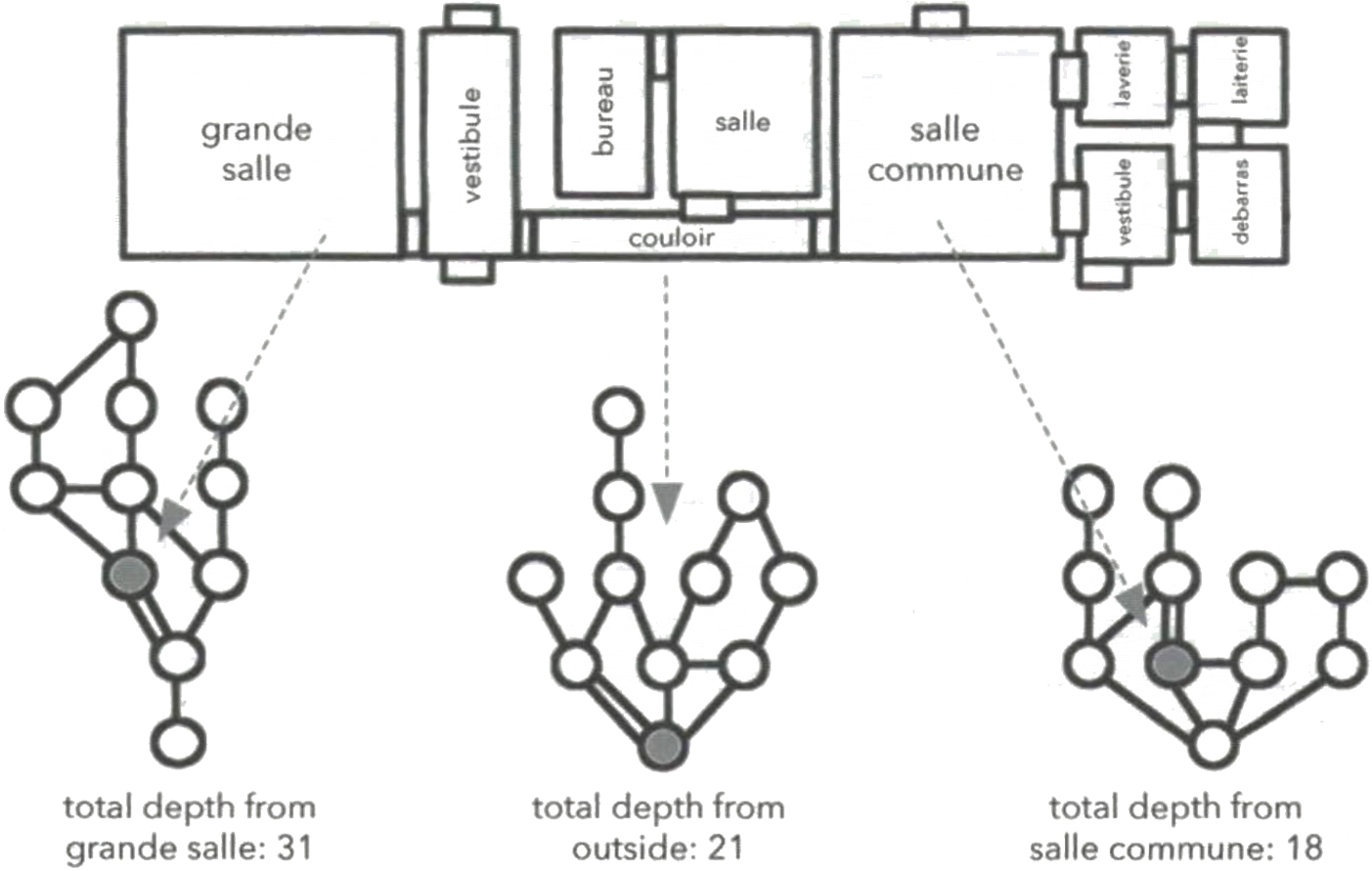


Abb. 25: Paliou t al., *Space types in the graph of a French farmhouse*

Der objektive Analyseansatz bewertet den Raum und dessen Konfiguration im Gesamtbild des Modells, unabhängig von Tektonik, Materialität oder Textur. Die Werte unterschiedlicher räumlicher Verknüpfungen bieten das Potential für einen Nachweis von Zusammenhängen im sozialen Bereich, wie beispielsweise die Fußgängeraktivität, der Immobilienwert oder das Sicherheitsgefühl. (Rose, Schwander 2008, S.32)

Der abstrahierte Raum als Modell für die Analyse kann als axiale Raumkomponente im urbanen Bewegungsraum erfolgen. Gleichzeitig ist die Untersuchung auch im konvexen Raum innerhalb von Gebäuden oder im öffentlichen Raum mit lokalem Schwerpunkt möglich. (Rose, Schwander 2008, S.32f) Dieser Schwerpunkt wird auf die Bewertung des öffentlichen Raums in Form von axialen Zusammenhängen gelegt, da hier der städtische Zusammenhang aussagekräftiger ist und die lineare Abstraktion urbane Bewegungsmuster darstellt.

Grundsätzlich wird zwischen drei Analysemethoden in einem städtischen Strukturmodell unterschieden: Integration, Choice und Log Choice. Integration stellt die Zentralität dar, indem die topologische Entfernung jedes Segments zu allen anderen oder innerhalb eines festgelegten Radius gemessen wird. Je kleiner der Radius (R) gewählt wird, desto deutlicher zeigen sich relative Erreichbarkeiten in lokalen Zentren (Bspw. entspricht R800, 800m, das sind etwa zehn Minuten Fußweg). Kleinere Zentren innerhalb eines Stadtgefüges sind für große Städte ein wichtiges Strukturmerkmal und zeigen die Vernetzung und Konzentration von Aktivitäten außerhalb des Stadtkerns. Choice bildet dagegen das Durchgangspotential einer Verbindung ab. In der Analyse wird die Häufigkeit, mit der ein Segment Teil des günstigsten Weges zwischen allen möglichen Wegstrecken ist, dargestellt. Inwiefern Stadtteilzentren zu erreichen sind, zeigt beispielsweise eine Choice-Berechnung mit dem Radius 2000 in der lokalen Erreichbarkeit. Die Berechnung der globale Erreichbarkeit (Rn) lässt das Potential einer Strecke als Hauptstraße für den Durchgangsverkehr erkennen. Bei der Log Choice Analyse wird der Radius der betrachteten Segmente durch einen Logarithmus verfeinert, um die wichtigsten übergeordneten Verbindungen deutlicher darzustellen. (Rose, Schwander 2008, S.34)

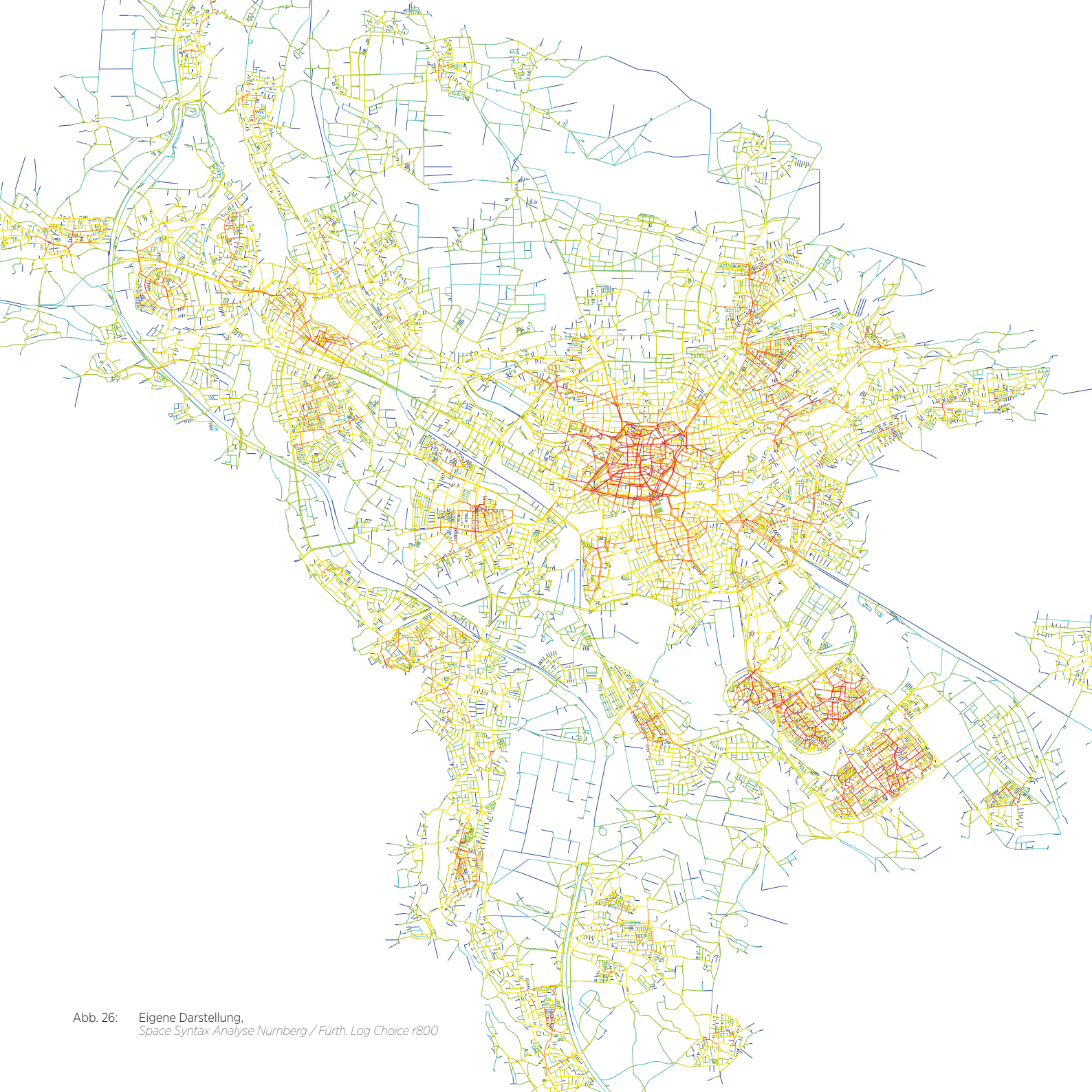


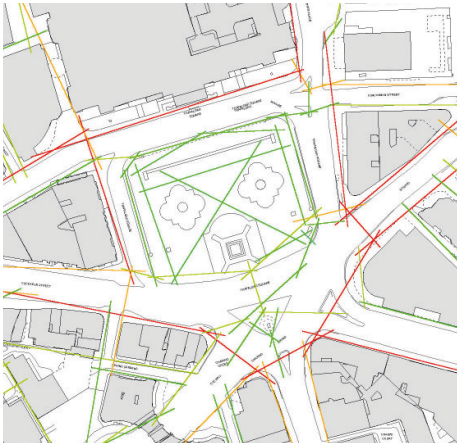
Abb. 26: Eigene Darstellung,
Space Syntax Analyse Nürnberg / Fürth, Log Choice r800

Space Syntax am Beispiel Trafalgar Square, London

Der Trafalger Square liegt mitten im Herzen Londons und gilt als dessen größter, öffentlicher Platz. 1996 wurde vom Westminster City Council und der Greater London Authority ein Masterplan für das Gebiet in Auftrag gegeben, um den als unsicher, vom Verkehr dominiert empfundenen Ort zu verbessern. Space Syntax Ltd. erstelle daraufhin eine erste Analyse der Fußgängeraktivitätsmuster, welche zwei Probleme des Platzes aufzeigte. Zum einen vermieden Londoner das Zentrum des Trafalgar Square, zum anderen fanden Touristen den Weg zwischen Trafalgar Square und Parlament Square nicht. Durch diese Erkenntnisse wurde Norman Fosters Wettbewerbsbeitrag untermauert, den sie schließlich für sich gewinnen konnten. Anhand intensiver Studien zum Fußgängerverhalten wurde ein Bewegungsmodell für den kompletten Masterplanbereich entwickelt, wodurch eine Problemfindung mit anschließenden Lösungsansätzen schnell möglich war. Der neue Entwurf beinhaltete eine große, neue Treppe zum Trafalgar Square, einen abgetrennten Fußgängerbereich und die Wiedervereinigung des Parlament Square in den umgebenden öffentlichen Raum. Die Vorschläge übertrafen in der anschließenden Umsetzung sogar noch die Prognosen von Space Syntax Ltd.

Die Anzahl der Fußgänger nahm um ein Vielfaches zu, der Platz wurde zu einem lebhaften Treffpunkt unter Einheimischen und Touristen.

Ziel ist es, Space Syntax als Entwurfswerkzeug zu etablieren. Neben dem Trafalgar Square gibt es eine Reihe von Projekten, welche durch die Hilfe der Netzwerkanalysemethode umgesetzt wurden. Anfangs wird der Ist-Zustand analysiert und anschließend auf dessen Grundlage ein Konzept entworfen, welches durch Testen weiterentwickelt und verbessert werden kann. Dennoch ist eine Überprüfung der Werte in der Realität zwingend nötig, da Space Syntax eine objektive Analysenmethode darstellt und besondere Magnete wie öffentliche Einrichtungen, Museen, Lokalitäten u.v.m. nicht berücksichtigt werden können.



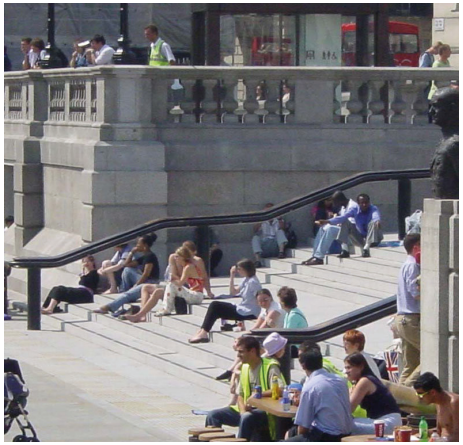


Abb. 27/28: Space Syntax Ltd.,
Trafalgar Square – Neu errichtete Treppe

Abb. 29/30: Space Syntax Ltd.,
Trafalgar Square – Oben: vor - Unten: nach dem Umbau

4.2 Erläuterung von PTV Visum

Die Software PTV Visum wird von der PTV Group AG mit Sitz in Karlsruhe entwickelt und vertrieben. Sie dient zur makroskopischen Modellierung der Verkehrsnachfrage. Dabei werden alle Verkehrsteilnehmer sowie ihre Interaktionen unter einander abgebildet. Mit Hilfe der Simulationssoftware können Verkehrsnetze abgebildet und die darauf zu erwartenden Verkehrsströme prognostiziert werden. Darüber hinaus ermöglicht sie die Angebotsplanung im öffentlichen Nahverkehr.

Input-Variablen für die Simulationen sind Straßen-, Wege- und Schienennetze, die direkt modelliert oder aus verschiedenen Quellen importiert werden können. Auf Basis deren findet eine multimodale Berechnung der Verkehrsnachfrage sowie die Umlegung mittels eines Widerstandsmodells auf die zur Verfügung stehenden Routen statt. In der ÖPNV-Angebotsplanung können Liniennetze betrieblich und hinsichtlich der Angebotsqualität optimiert und Kosten-Nutzen-Analysen durchgeführt werden. Jedes Modell besteht hierzu aus einem Wegenetz mit Strecken und Knotenpunkten. Jedem Knotenpunkt wird anschließend ein Bezirk zugeordnet. In der Realität wäre dies beispielsweise ein Wohnblock in der Stadt. Als Ziel wurde eine Verteilungsmatrix angesetzt, welche den Verkehr gleichmäßig unter den Bezirken aufteilt. Hierzu verkehren zwischen allen Bezirken als Ausgangs- und Zielpunkte untereinander gleiche Verkehrsmengen. Zwischen Quelle und Ziel erstellt die Software mittels der implementierten Algorithmen die Umlegung der Verkehrsströme. Dazu werden auf jeder möglichen Verbindung zwischen dem Quellpunkt der Verkehrsteilnehmer und ihrem Ziel die Summen der Widerstände aus den Strecken und Knoten gebildet. Diese Widerstände zeigen sich im realen Verkehrsnetz durch Verzögerungen an Lichtsignalanlagen oder durch die erreichbaren Geschwindigkeiten. Je weniger Widerstände ein möglicher Weg bietet, desto wahrscheinlicher wird seine Nutzung. Die kumulierte Darstellung der Verkehrsteilnehmer aus allen Relationen, die einen bestimmten Streckenabschnitt zwischen zwei Knoten nutzen, wird im Ergebnis als Vergleich zur Modellierung in Space Syntax herangezogen. Für zukünftige Forschungen ist die Anwendung auf komplexe, reale Verkehrsnetze vorgesehen.

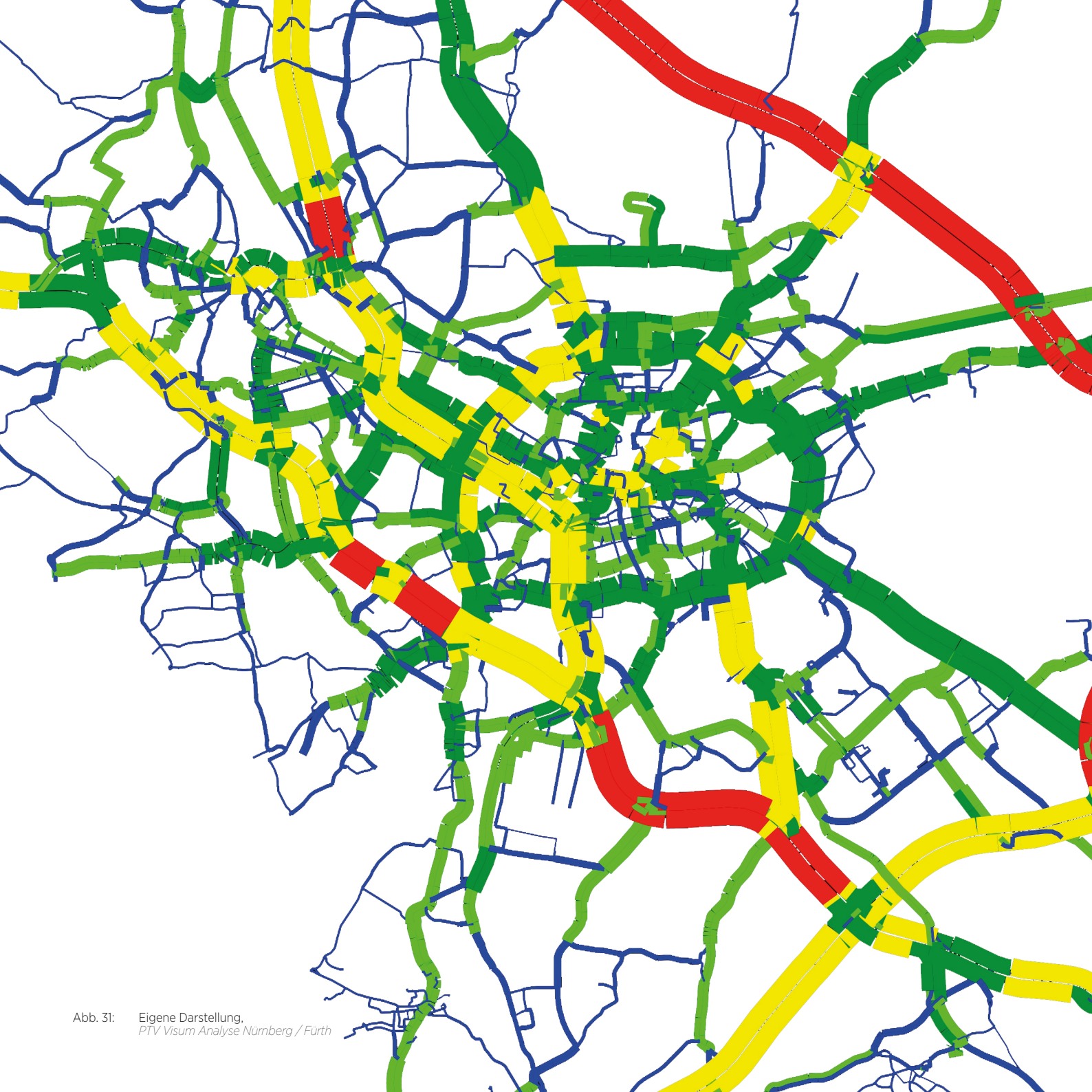


Abb. 31: Eigene Darstellung,
PTV Visum Analyse Nürnberg / Fürth

4.3 Anwendungsvergleich beider Programme

Der Vergleich der beiden Programme depthmapX und PTV Visum zeigt je nach Netzmorphologie größere oder nur geringe Abweichungen in den spezifischen Aussagen zur Integration bzw. Nutzung von Netzelementen. Anwendungsbezogene oder sprachliche Differenzen können jedoch zu Missverständnissen führen.

Vergleichbar sind beide Programme vor Allem durch die ähnlichen Maßstabsebenen. So kann depthmapX der mesoskopischen Betrachtung zugeordnet werden, wohingegen PTV Visum sich als mesoskopisch/mikroskopisches Modell versteht.

Doch bereits in der Dateneinspeisung ergeben sich grundsätzliche Unterschiede. Während dephmapX mit dem Import von DXF-Dateien arbeitet, können bei PTV Visum die Straßenachsen entweder durch Überzeichnen einer Luftbildvorlage oder durch den Import von Daten aus Excel-Tabellen eingearbeitet werden. Zusätzlich benötigt Visum Angaben zu Bevölkerungsgrößen, die es an den Knotenpunkten zu bestimmen gilt. Das wiederum stellt den größten Unterschied dar - obwohl beide Programme in der Einspeisung mit Linien arbeiten, wird in der Analyse in depthmapX von Achsen gesprochen, während das vorherrschende Objekt in PTV Visum der Knotenpunkt ist. Anschließend sollte in depthmapX die gewünschte Karte im jeweiligen Radius festgelegt werden. In Visum wird andererseits durch das Anlegen von Bezirken und Schwerpunkten, Anbindungen und Umlegungen der Verkehr angelegt. Ziel ist dabei das Aufzeigen möglicher Probleme im bestehenden Verkehr oder der Test eines neues Entwurfes.

Auch depthmapX kann zur Untersuchung von studentischen Entwürfen verwendet werden und dient für Prognosen zur Entwicklung von Stadtteilen oder ganzen Städten. Des Weiteren kann in depthmapX die Stadt auch hinsichtlich soziologischer Aspekte untersucht werden.

In der Ausgabe der Analysegrafik werden die Achsen in depthmapX durch das Programm einem Farbspektrum zugeordnet, das von blau für „wenig integriert“ bis rot für „stark integriert“ reicht. Auch in PTV Visum sind Farbabstufungen möglich, doch meist wird hinsichtlich der Kapazität einer Straße zwischen dünnen und breiten Linien unterschieden. In der Nachbearbeitung können die Zahlenangaben bei PTV Visum durch funktionelle Änderungen wie den Bezirken jedoch noch fein justiert werden, während bei depthmapX lediglich noch eine Veränderung des Farbspektrums möglich ist.

Die beiden Programme sollen nun anhand orthogonaler und ringsymmetrischer Strukturen, zunächst unter Einbezug des kompletten Rasters, anschließend unter Herauslöschen einzelner Segmente, auf ihr jeweils individuelles Softwareverhalten getestet werden. Dies soll Aufschluss auf mögliche Unterschiede in den verwendeten Algorithmen geben und damit auf Schwerpunkte in den Parametern der Routenwahl hinweisen. Weiter werden die unterschiedlichen Möglichkeiten einer Bestandsaufnahme des Ortes, also die Methoden von Fußgängerzählungen, näher erläutert.

Abschließend wird mithilfe der „Static Snapshot Methode“ der Stadtteil Gostenhof, genauer der Bereich Bärenschanze, näher analysiert, die Daten dieser Fußgängerzählung mit der Analyse des Stadtteils in Space Syntax verglichen und Unterschiede herausgestellt.

5.1 Analyse orthogonaler und ringsymmetrischer Strukturen

Inwieweit stimmen die beiden Programme in ihrer prozentualen Umlegung auf einzelne Streckenabschnitte überein? Inwiefern unterscheiden sie sich? Dieser Fragestellung wird nach der theoretischen Gegenüberstellung der Software im Folgenden nachgegangen. Grundlage dieser Studie bilden ein orthogonales System, ebenso wie ein ringsymmetrisches Netz. Die Untersuchung wird bewusst auf einfache Systeme reduziert, um die Unterschiede deutlich herausarbeiten zu können. Jede typisierte Netzstruktur und deren Varianten werden in dephtmapX, das Programm für die Anwendung der Space Syntax Methode, und PTV Visum analysiert und deren errechnete Werte aufgelistet. 100% entspricht dabei der Summe aller mit dem jeweiligen Programm ermittelten Kennwerte der Segmente bzw. Strecken. Durch diese Normierung können die beiden unterschiedlichen Kennwerte miteinander vergleichbar gemacht werden.

Da in der Studie das Durchgangspotential jedes Segments im globalen Kontext von Interesse ist, kam die metrische Choice-Berechnung in depthmapX zum Einsatz. Im Gegensatz zur winkelbasierten Choice-Berechnung, welche die notwendigen Winkeländerungen mit einbezieht, wird das Durchgangspotential bei der metrischen Analyse durch die Streckendistanz errechnet, welche eine deutlich höhere Übereinstimmung mit PTV Visum zeigt. Bei PTV Visum stellte sich durch Testen verschiedener Umlegungen der stochstische Logit-Ansatz als besonders günstig und mit Space Syntax vergleichbar heraus. Hierbei wird die Streckenbelastung auf Grundlage des optimalen Weges ermittelt, die einzelnen Routen jedoch zusätzlich subjektiv bewertet. (PTV Group 2012, S. 373)

Zunächst wurden die Strukturen bestimmt und in ein CAD-Programm übertragen. Es folgt der Import in depthmapX. Durch das Auswählen der metric Choice-Analyse und den globalen Radius berechnet das Programm das Durchgangspotenzial aller Segmente. Die Werte werden in Spektralfarben differenziert dargestellt.

Für PTV Visum wurde eine in Excel generierte Netzstruktur importiert. Es folgte die Festlegung des Verkehrs und das Setzen der Bezirke, welche sich an allen Knotenpunkten befinden. Die Bezirksanbindungen beziehen sich dabei anteilig auf den gesamten Quell-/Zielverkehr. Der Widerstand wurde auf allen Strecken auf 0 gesetzt. Das Ergebnis der stochastischen Umlegung wurde zunächst durch Zahlen dargestellt. Durch Nachjustieren der Grafik in PTV Visum wurden die Werte anschließend durch manuell festgelegte Farben unterschieden.

In den jeweils ersten beiden Darstellungen sind die Streckenbelastungen für PTV Visum und depthmapX in Prozent gegenüber gestellt. Daraus ergibt sich in der folgenden Zeichnung die Differenzen dieser Werte, welche anschließend graphisch veranschaulicht sind.

Das orthogonale System – Störungsfreies System

Das orthogonale System basiert auf einem Schachbrettmuster mit je fünf Quadraten in x- und y- Richtung und mit einer Abmessungen von 500x500m. Im störungsfreien Raster schwankt die Belegung der Segmente zwischen 0,83% und 2,95%. Die Streckenbelastung ist an den Außenkanten am geringsten und steigert sich Richtung Mitte. Die Ecksegmente sind identisch besetzt, wohingegen die Werte von depthmapX im Zentrum um bis zu 0,25% erhöht sind. Die Daten unterhalb des Mittelwerts sind nahezu kongruent, darüber entfernen sie sich zunehmend voneinander, weisen jedoch stets die gleiche Tendenz auf. Wie aus der Gegenüberstellung zu entnehmen, besitzen die Werte der mittleren Achsen, horizontal sowie vertikal, eine deutlich höhere Abweichung im Vergleich zu den äußeren Achsen. Insgesamt ist allerdings eine große Übereinstimmung in der prozentualen Verteilung festzustellen.

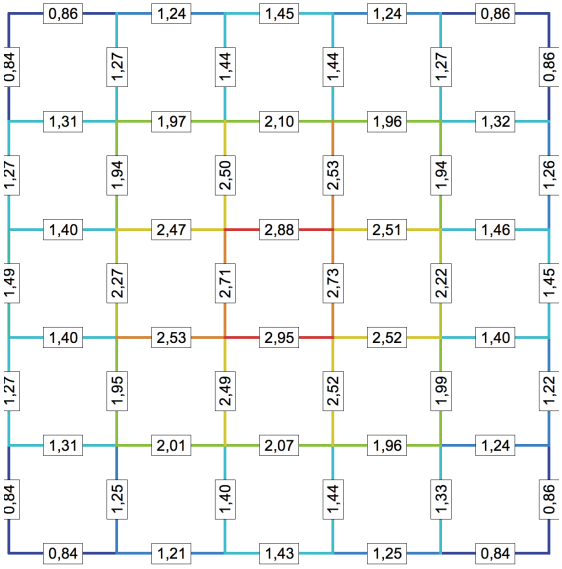


Abb. 32: Eigene Darstellung,
depthmapX, Segment Map, Metric Choice

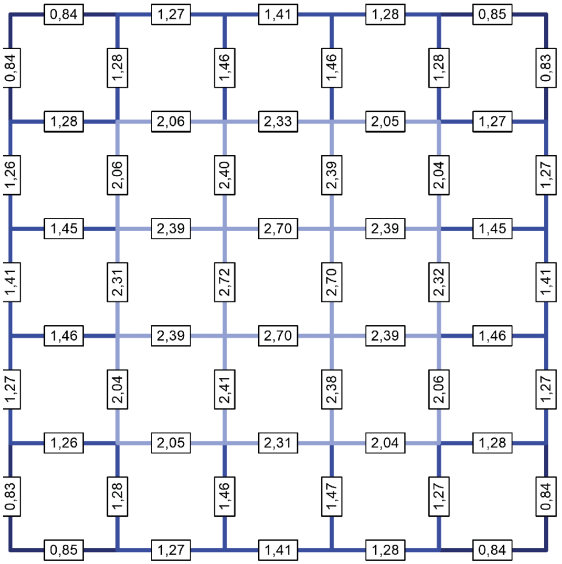


Abb. 33: Eigene Darstellung,
PTV Visum, Stochastische Umlegung

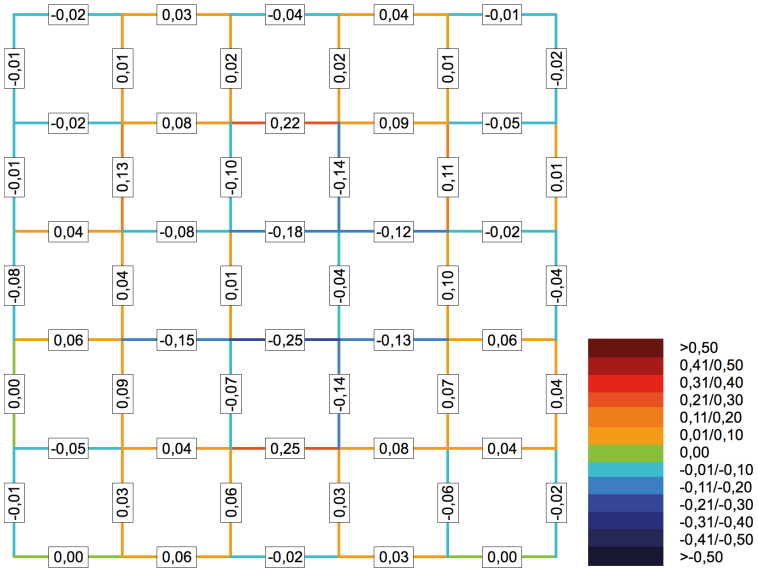


Abb. 34: Eigene Darstellung,
Differenz, PTV Visum – depthmapX

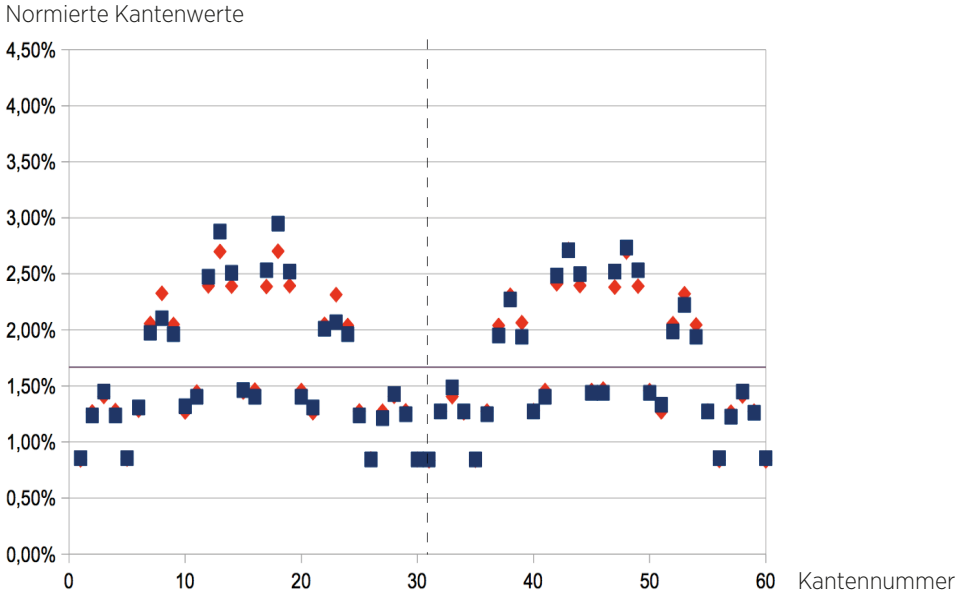


Abb. 35: Eigene Darstellung,
Gegenüberstellung der Kantenwerte, blau depthmapX – rot PTV Visum

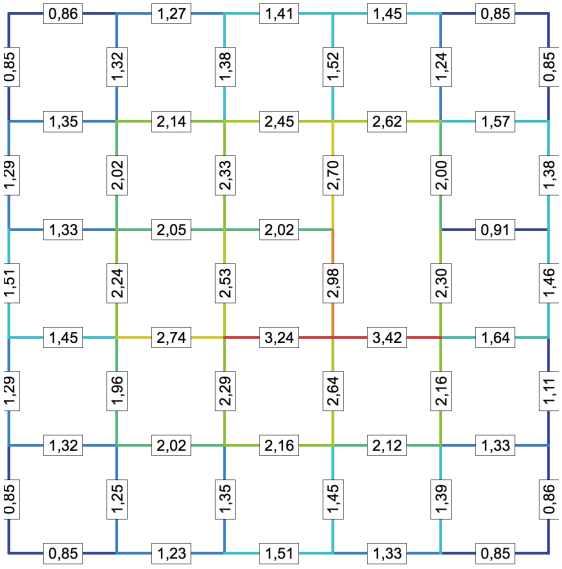


Abb. 36: Eigene Darstellung,
depthmapX, Segment Map, Metric Choice

Das othogonale System – Eine Störung im System

Im nächsten Schritt wurde ein zufällig ausgewähltes Segment aus dem Netz entfernt. Dadurch verlagert sich der Schwerpunkt vom Zentrum hin zur Lücke. Nun sind die höchsten Werte direkt an der Störung zu verzeichnen. Das Netz schwankt zwischen einer Streckenbelastung von 0,81% und 3,42%. Der Rand gestaltet sich ähnlich wie im störungsfreien Raster nahezu identisch, allerdings sind hier deutlich mehr Abweichungen oberhalb des Mittelwerts festzustellen. In der Positionierung der höchsten und der niedrigsten Belastung stimmen PTV Visum und depthmapX dennoch überein.

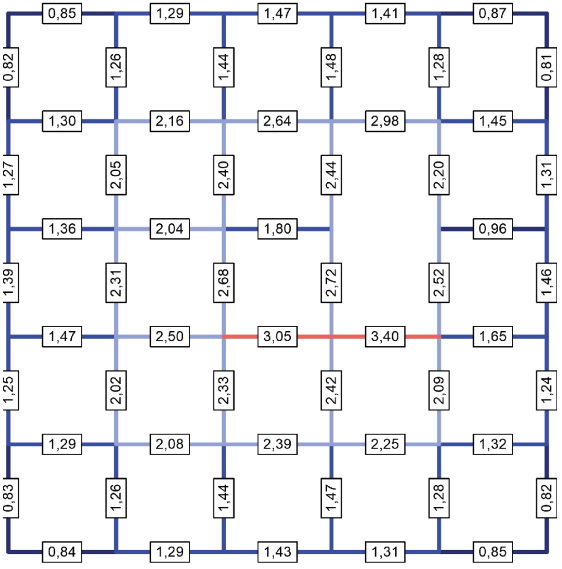


Abb. 37: Eigene Darstellung,
PTV Visum, Stochastische Umlegung

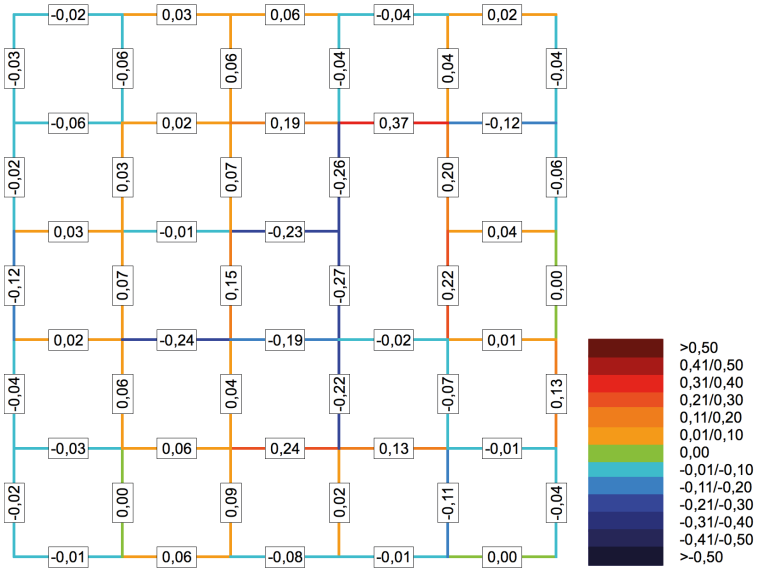


Abb. 38: Eigene Darstellung,
Differenz, PTV Visum – depthmapX

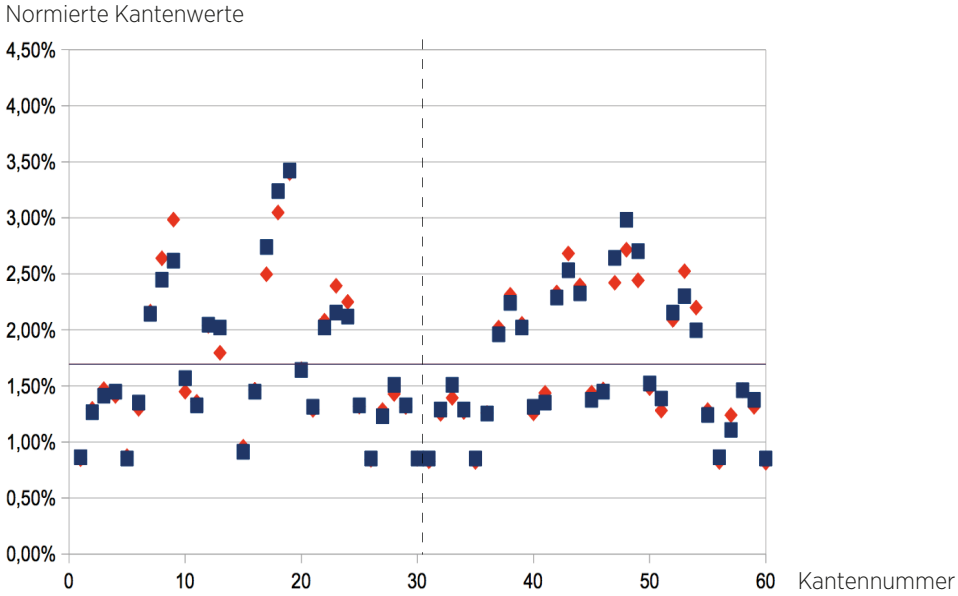


Abb. 39: Eigene Darstellung,
Gegenüberstellung der Kantenwerte, blau depthmapX – rot PTV Visum

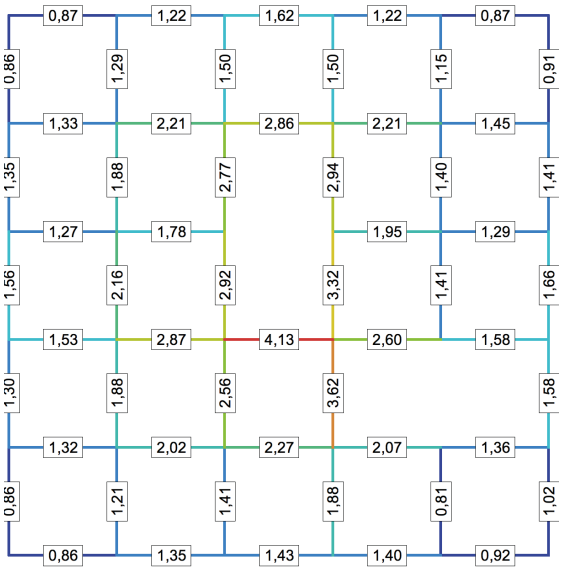


Abb. 40: Eigene Darstellung,
depthmapX, Segment Map, Metric Choice

Das axiale System – Zwei Störungen im System

Im Anschluss wurden nun zwei Strecken aus dem System herausgenommen. Die berechneten Prozente schwanken zwischen 0,82% und 4,13%. Die Tendenz der Daten geht in die gleiche Richtung und auch die Extremwerte sind auf den identischen Strecken verteilt. Der Rand wird von den niedrigen Werte besetzt, welche sich nach innen Richtung Zentrum steigern. Die höchsten Abweichungen von maximal 0,45% befinden sich direkt an den Störungen. Die horizontalen Achsen weisen im Vergleich zu den vertikalen Achsen eine nahezu identische Abweichung auf.

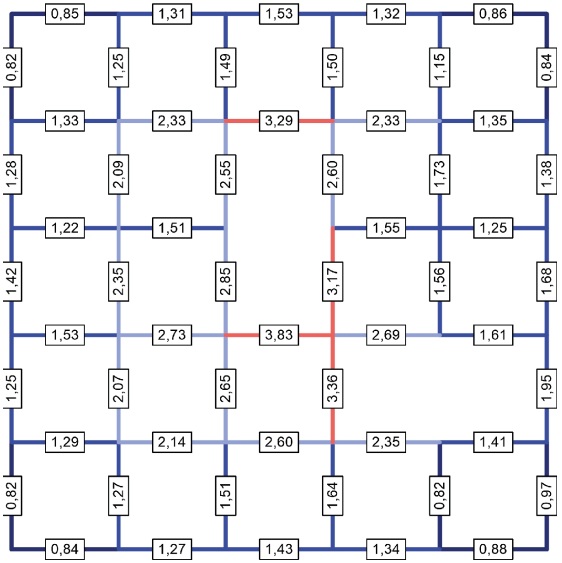


Abb. 41: Eigene Darstellung,
PTV Visum, Stochastische Umlegung

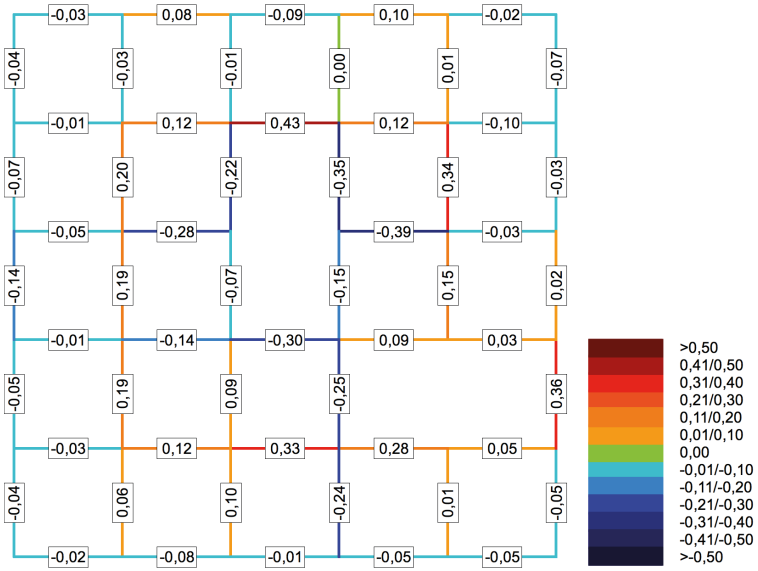


Abb. 42: Eigene Darstellung,
Differenz, PTV Visum – depthmapX

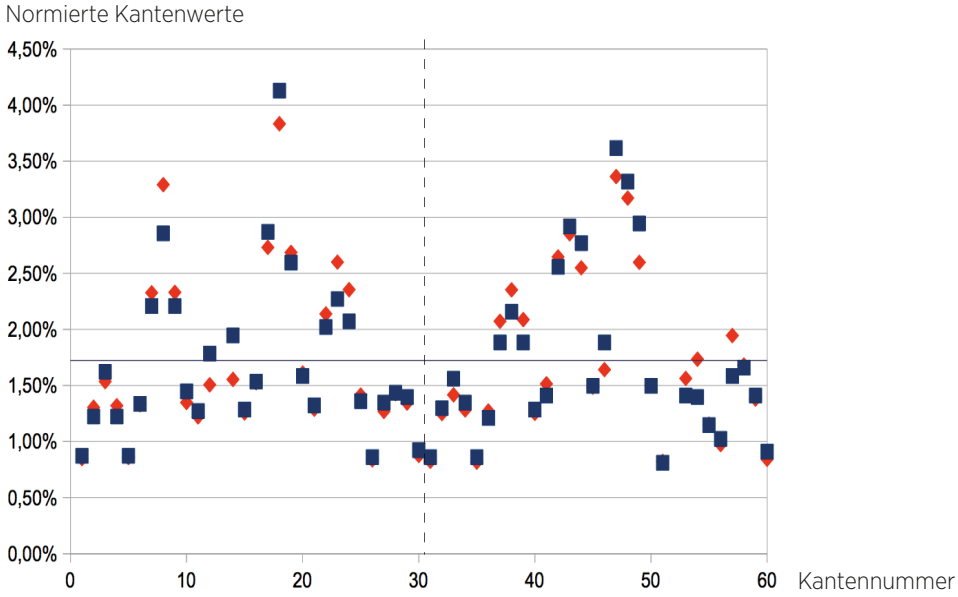


Abb. 43: Eigene Darstellung,
Gegenüberstellung der Kantenwerte, blau depthmapX – rot PTV Visum

Das ringsymmetrische System – Störungsfreies System

Das ringsymmetrische System besteht aus vier ineinander liegenden Achtecken, welche sich nach innen verjüngen. Zudem sind die Eckpunkte mit diagonalen Achsen verbunden. Die Struktur hat eine Abmessung von 400x400m. Im störungsfreien, ringsymmetrischen System weisen die Kernwerte große Differenzen auf. DepthmapX schwankt zwischen 0,81% und 3,73%, wohingegen PTV Visum eine deutlich größere Spannweiten von 0,12% bis 4,63% aufweist. Obwohl die Tendenzen dennoch ähnlich sind, sind die Werte von PTV Visum besonders in den Ringen extremer. In beiden Programmen ist der äußerste Ring mit den niedrigen Prozentanteilen und der kleinste Ring mit den höchsten Werten belegt. In den Diagonalen ist eine vergleichsweise geringe Varianz und die Übereinstimmung der Programme ist deutlich erhöht. Insgesamt sind im ringsymmetrischen System, im Gegensatz zum axialem System, deutlich mehr Abweichungen zwischen den beiden Programmen zu verzeichnen.

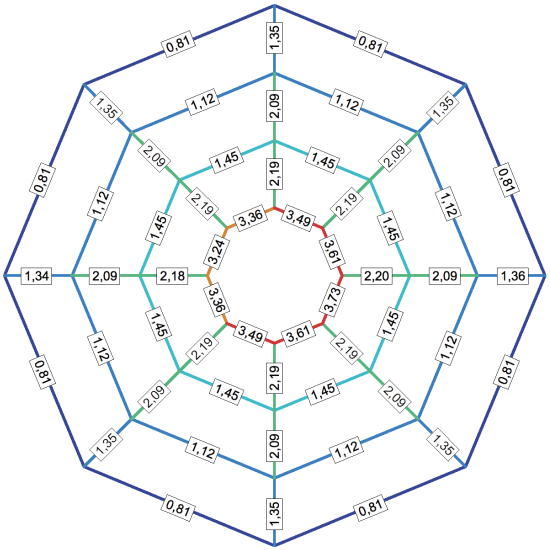


Abb. 44: Eigene Darstellung,
depthmapX, Segment Map, Metric Choice

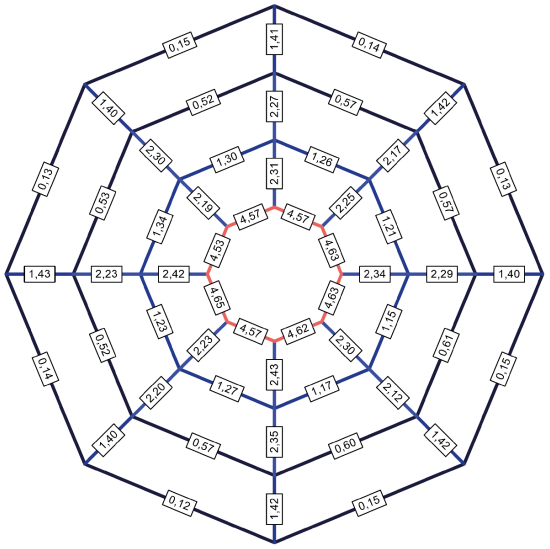


Abb. 45: Eigene Darstellung,
PTV Visum, Stochastische Umlegung

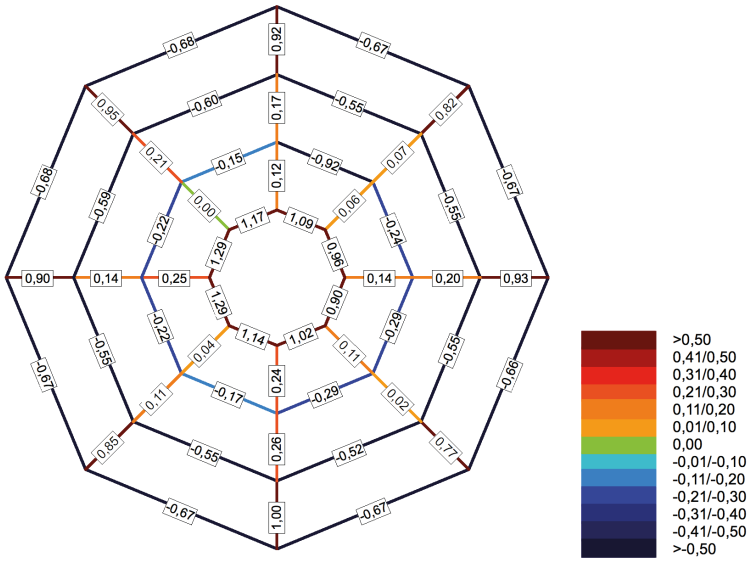


Abb. 46: Eigene Darstellung,
Differenz, PTV Visum – depthmapX

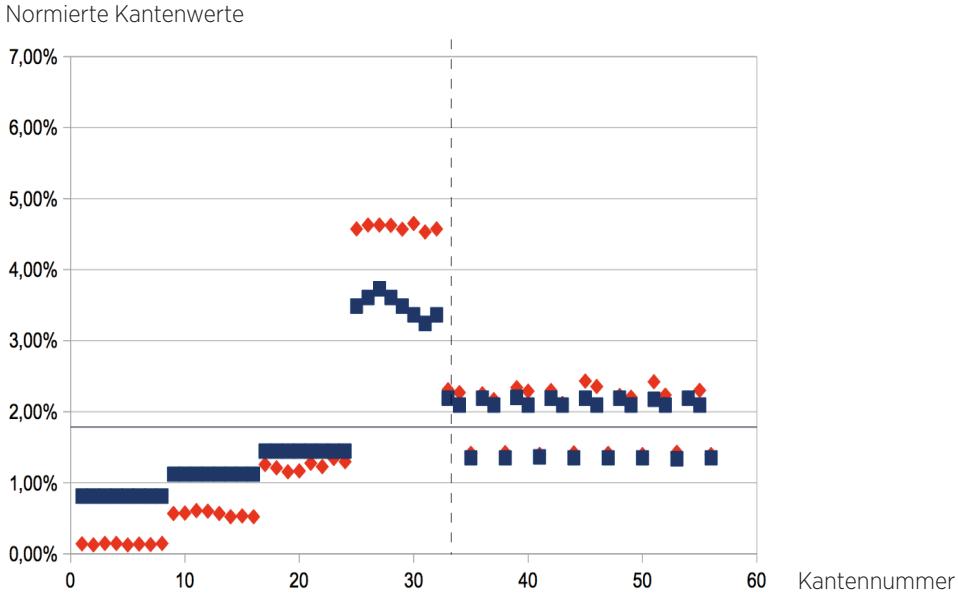


Abb. 47: Eigene Darstellung,
Gegenüberstellung der Kantenwerte, blau depthmapX – rot PTV Visum

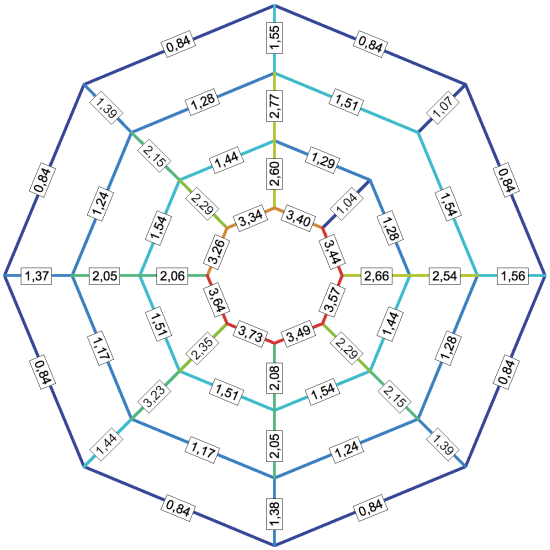


Abb. 48: Eigene Darstellung,
depthmapX, Segment Map, Metric Choice

Das ringsymmetrische System – Eine Störung im System

Im zweiten Schritt wird ebenso wie im orthogonalem System ein Segment entfernt um herauszufinden, wie die Programme auf derartige Störungen reagieren. Hier ist die Gegenüberstellung der Kantenwerte nahezu identisch zum störungsfreiem ringsymmetrischen System. Die beiden Programme reagieren nur geringfügig auf die Änderung des Netzes. Die kleinere Varianz in den Diagonalen im Vergleich zu den Ringen ist auffällig. DepthmapX zeichnet die Diagonalen extremer ab, wohingegen die Ringe bei PTV Visum deutlich hervorgehoben werden. Auch sind die Werte von PTV Visum insgesamt deutlich unruhiger.

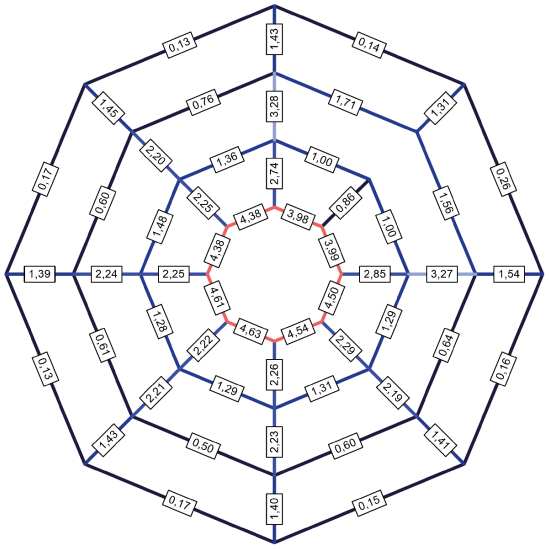


Abb. 49: Eigene Darstellung, *PTV Visum, Stochastische Umlegung*

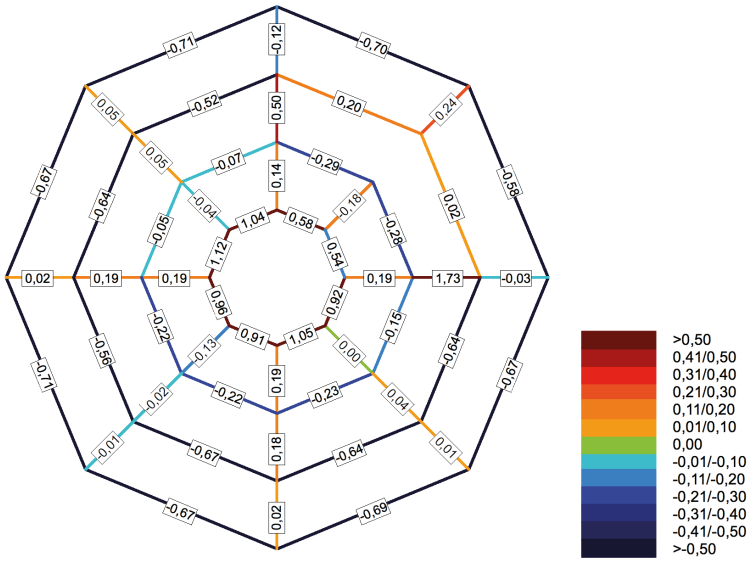


Abb. 50: Eigene Darstellung,
Differenz, PTV Visum – depthmapX

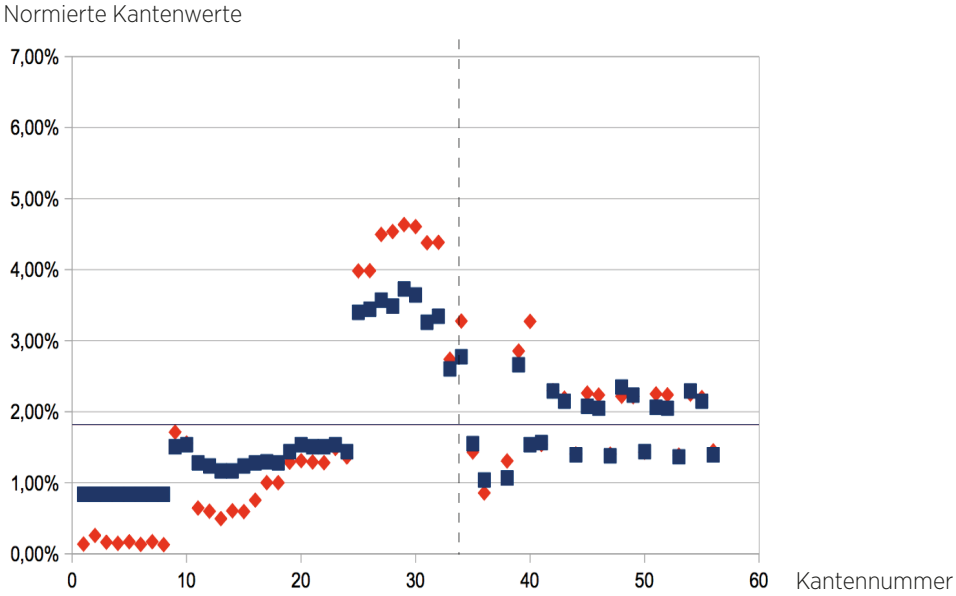


Abb. 51: Eigene Darstellung,
Gegenüberstellung der Kantenwerte, blau depthmapX – rot PTV Visum

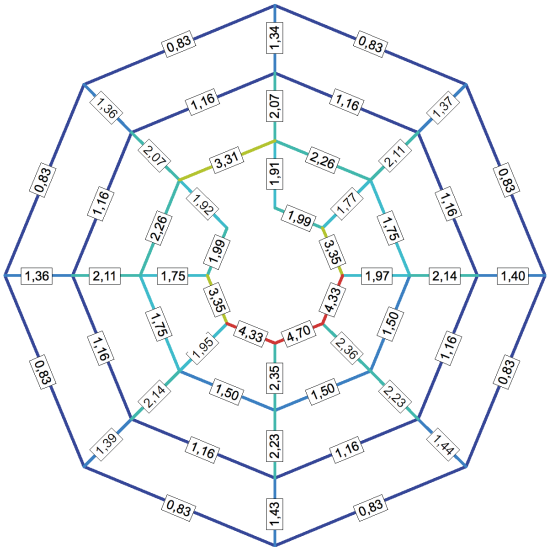


Abb. 52: Eigene Darstellung,
depthmapX, Segment Map, Metric Choice

Das ringsymmetrische System – Zwei Störungen im System

Zum Abschluss wird ein Segment aus dem kleinsten Ring entfernt. Hier wird eine Änderung des Systems deutlich. Die angrenzenden Strecken werden in beiden Programmen mit deutlich kleineren Prozentanteilen als in den übrigen fünf Abschnitten belegt. Diese Veränderung hat auch Auswirkungen auf die Streuung. Die Daten von DepthmapX begrenzen sich auf den Bereich zwischen 0,83% und 4,70%, wohingegen sich die Werte von PTV Visum zwischen 0,14% und 6,83% bewegen. Der kleinste Ring sticht durch die extremen PTV Visum-Daten hervor, was in der Gegenüberstellung der Kantenwerte deutlich wird. In den Diagonalen ist eine relativ geringe Varianz festzustellen.

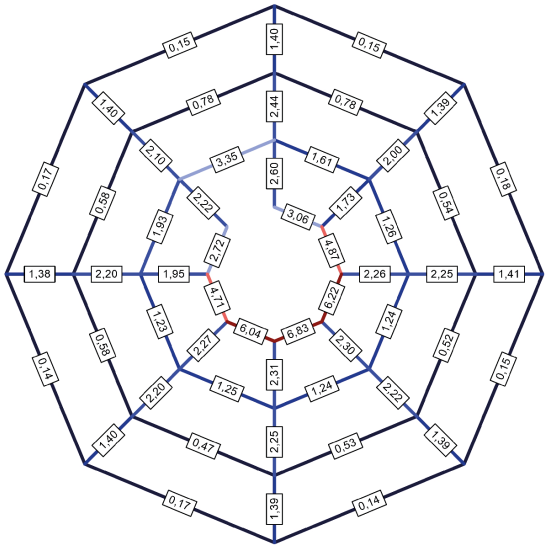


Abb. 53: Eigene Darstellung, *PTV Visum, Stochastische Umlegung*

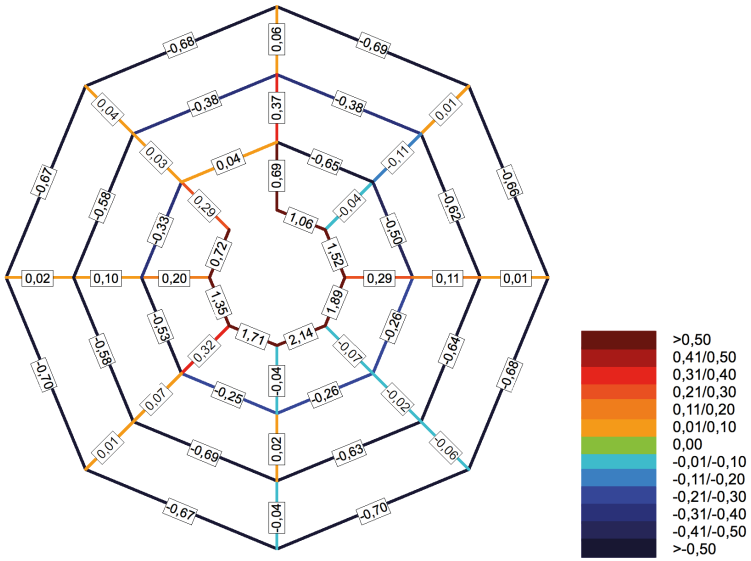


Abb. 54: Eigene Darstellung,
Differenz, PTV Visum – depthmapX

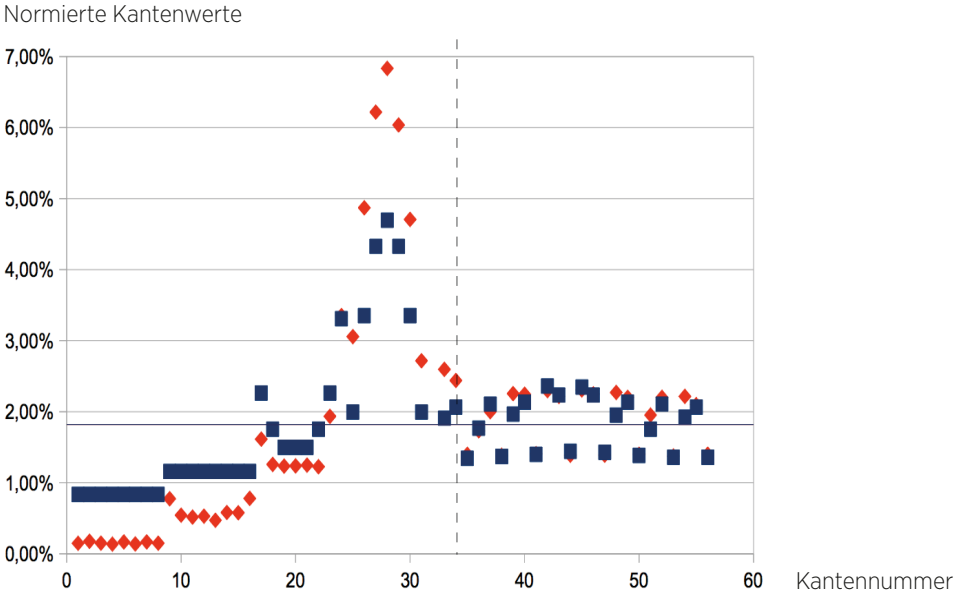


Abb. 55: Eigene Darstellung,
Gegenüberstellung der Kantenwerte, blau depthmapX – rot PTV Visum

Vergleich aller Werte

Nach dem Vergleich von jeweils drei orthogonalen und drei ringsymmetrischen Systemen wurden abschließend alle erfassten Kennwerte der beiden Netzarten erfasst, um so eine größere Grundgesamtheit zu erhalten. Auf eine Normierung wurde hierbei verzichtet, so dass sich die tatsächlich ermittelten Kennwerte gegenüberstehen, getrennt in das orthogonale und das ringsymmetrische System. In den Grafiken werden die Werte von Space Syntax auf der X-Achse dargestellt, der Y-Achse werden die Werte von PTV Visum zugeteilt. Mittels der linearen Regressionskurve wird der direkte Zusammenhang dieser Daten dargestellt.

PTV Visum errechnet im Umlegungsmodus Werte bis zu 30.000, was auf die Vorgabe von 1000 Ortsveränderungen in jeder Herkunft-Ziel Beziehung zurückzuführen ist. Die Daten von depthmapX hingegen sind nur zwischen 0 und 350 verteilt. R^2 liegt in beiden Fällen bei 95%, was auf eine gute Modellanpassung deutet. So können die unabhängigen Variablen die Varianz der abhängigen erklären. Die Werte im orthogonalem Netz sind relativ gering gestreut, was bereits die vorangegangen Analysen prognostiziert hatten. In der ringsymmetrischen Auswertung sind die Werte deutlich unruhiger und extremer verteilt.

Interessant wäre im Fall einer näheren Betrachtung der Programme eine Untersuchung hinsichtlich der winkelbasierten Choice-Berechnung in Space Syntax und der entsprechenden Umlegung in PTV Visum sinnvoll.

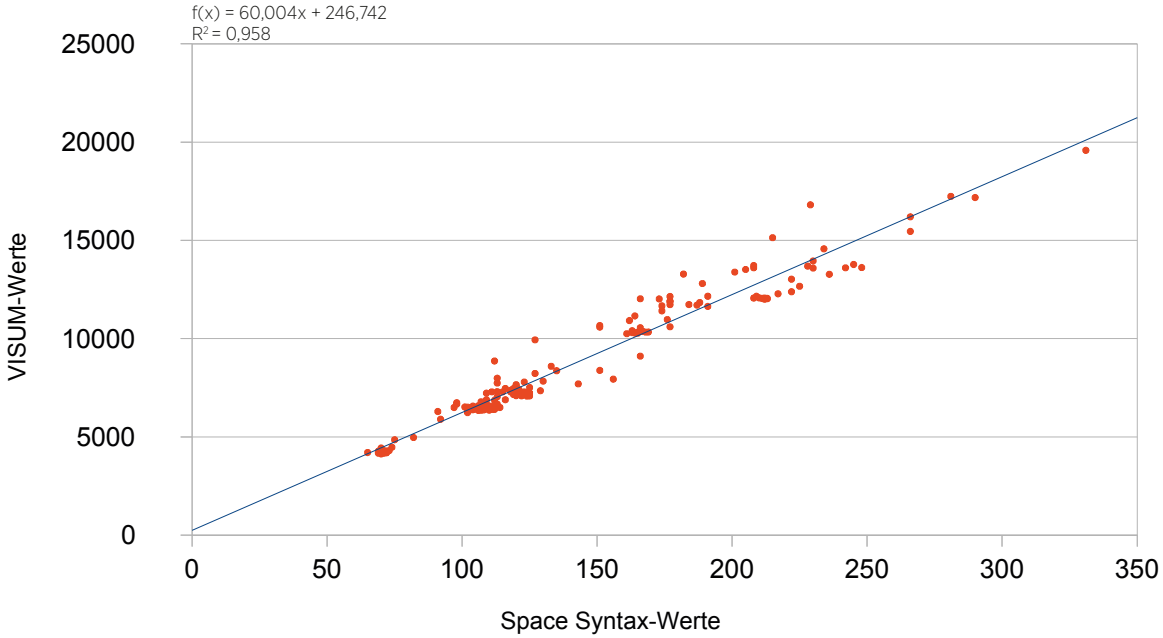


Abb. 56: Eigene Darstellung,
Zusammenhang aller orthogonalen Werte, depthmapX – PTV Visum

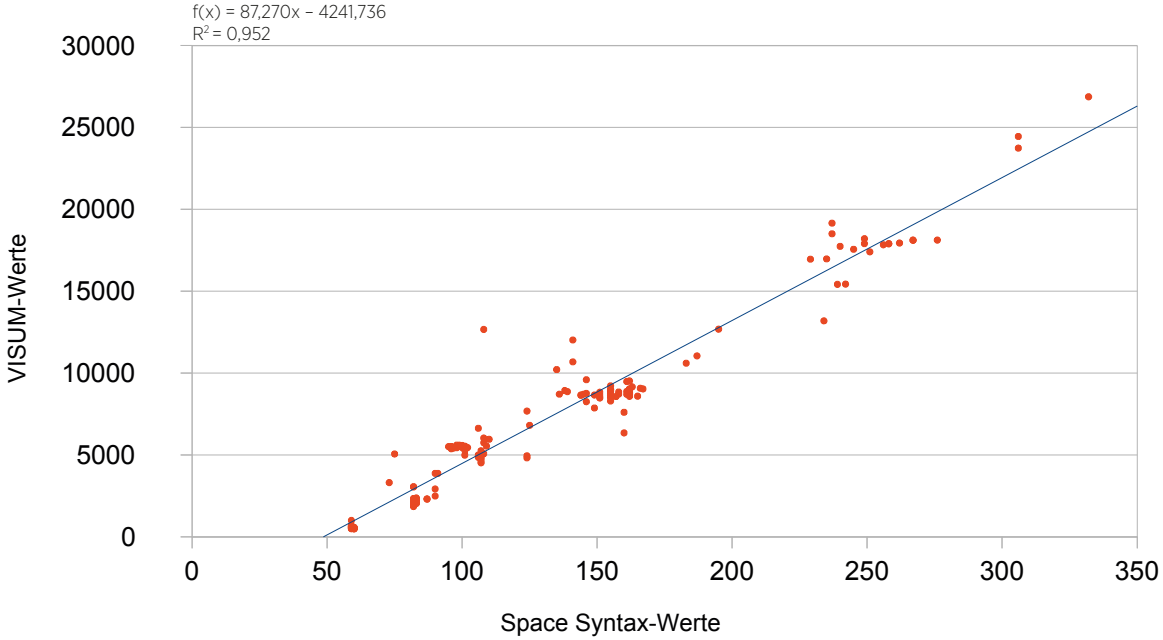


Abb. 57: Eigene Darstellung,
Zusammenhang aller ringsymmetrischen Werte, depthmapX – PTV Visum

5.2 Möglichkeiten der Fußgängerzählung

Um den Softwarevergleich von PTV Visum und Space Syntax nicht nur an festgelegten Strukturen sondern auch am städtischen Raum zu testen, sollen anhand einer Fußgängerzählung im Stadtteil Bärenschanze in Nürnberg Vergleichsdaten gesammelt werden. Um die richtige Zählungsart zu wählen, sollen im Folgenden erst einmal alle Möglichkeiten der Fußgängerzählung aufgelistet werden. (Vaughan 2001)

Die sogenannte „Gate Methode“ ist für die Zählung von bewegten Personen oder Fahrzeugen gedacht. Dabei wird eine Ebene im rechten Winkel zum Verlauf der Straße gezogen. Anschließend werden alle Personen oder Fahrzeuge, die durch die Ebene beziehungsweise das „gate“ gehen, gezählt. Normalerweise reicht hierbei eine Zähldauer von zweieinhalb oder fünf Minuten, je nach Personen- oder Fahrzeugdichte in der Straße, aus. Um ein besseres Ergebnis zu erzielen, sollten dabei allerdings so viele Straßenzüge eines Quartiers wie möglich betrachtet werden. Zusätzlich kann zwischen Männern, Frauen und Kindern, Touristen und Einheimischen unterschieden werden.

Die „Static Snapshot Methode“ ist eher für großmaßstäbliche Umgebungen (Maßstab 1:50) gedacht und eignet sich daher besonders für Innenräume. Es können sowohl stationäre Aufenthalte wie bewegte Personen aufgezeichnet werden. Zunächst sollte eine Route entwickelt werden, die den aufzuzeichnenden Raum komplett abdeckt. Der Beobachter geht diese Route anschließend von Raum zu Raum ab und erstellt gedankliche Schnappschüsse der vorgefundenen Räume. Wichtig ist, dass dabei nur die sich auf den Schnappschüssen befindlichen Personen in den Plan eingetragen werden. Bewegte Personen die später in den gezählten Raum laufen dürfen nicht mitgezählt werden. Zusätzlich kann wieder zwischen gehender und stehender Person, Geschlecht oder Berufsgruppe unterschieden werden. Der Vorteil dieser Methode im Vergleich zur Gate Methode ist das Zählen von stehenden Personen oder Fahrzeugen, während jedoch Bereiche mit höherem Verkehrsaufkommen nur sehr ungenau mit der Snapshot Methode gezählt werden können.

Die Methode „Movement Traces“ wird meist in Verbindung mit der Snapshot Methode genutzt, um die genaue Spur jeder Person im Raum wiederzugeben und ist daher entweder für Innenräume oder öffentliche Plätze mit überschaubarem Raum gedacht. Der Beobachter steht drei, vier oder fünf Minuten im Raum und versucht, die Bewegungen der Personen so gut wie möglich in den Plan einzuzeichnen.

Zuletzt zeichnet die „Directional Splits Methode“ wiederum nur sich bewegende Personen oder Fahrzeuge auf. Ziel ist eine absolute oder prozentuale Anzahl an sich an

einer Kreuzung aufteilenden Personen. Der Beobachter steht dabei in einer Straße mit Blick auf die Kreuzung und zählt die Personen, die an ihm vorbei in Richtung der Kreuzung gehen. Anschließend werden die Personen nach ihrer jeweiligen, weiteren Richtung (Beispielsweise in A, B und C) eingeteilt. Zusätzlich kann die Gate Methode helfen, die in Richtung des Beobachters laufenden Personen zu zählen. Anschließend kann die Directional Splits Methode in den anderen abzweigenden Straßen wiederholt werden, um ein genaueres Ergebnis zu erzielen.

5.3 Fußgängerzählung Bärenschanze

Um die Vergleichbarkeit der zwei Analysemethoden Space Syntax und PTV Visum prüfen und evaluieren zu können, mussten reale Zahlen durch Fußgängerzählungen ermittelt werden.

Dazu wurden im Nürnberger Stadtteil Gostenhof, genauer der Bereich Bärenschanze, an einem normalen Wochentag, in diesem Fall Mittwoch, um jeweils 9.00 Uhr, 12.00 Uhr, 15.00 Uhr, 18.00 Uhr und 21.00 Uhr, sowie an einem Freitagabend um 21.00 Uhr Fußgängerzählungen durchgeführt. Das stadtnahe Viertel Bärenschanze wurde ausgewählt, da ihm ein orthogonales Raster zu Grunde liegt und, wie zuvor erläutert, die Analysewerkzeuge Space Sytnax und PTV Visum in Stadtgebieten mit Strukturen dieser Art ähnliche Resultate ergeben. Bärenschanze wird im Norden durch eine vielbefahrene Stadtstraße begrenzt, im Süden durch ein Gelände der Deutschen Bahn. Das Viertel ist von Ost nach West circa 1.000 m lang und in der anderen Richtung nur etwa 300 m breit und somit gut zu Fuß zu durchqueren.

Zu den Uhrzeiten 9.00 Uhr, 12.00 Uhr und 15.00 Uhr haben Teams von zwei Personen die drei Routen nacheinander begangen und die Anzahl der Fußgänger aufgenommen, in dem eine Person den Straßenraum durchgehend filmte und die andere die Fußgänger in einen Lageplan händisch eintrug. Hierbei wurde zwischen gehenden und stehenden Fußgängern unterschieden. Gehende Personen wurden als Strich in die entsprechende Richtung eingezeichnet, stehende Personen als Punkt. Als Zusatzinformation wurden sich unterhaltende Menschen markiert, in dem Striche beziehungsweise Punkte durch einen weiteren Querstrich verbunden wurden. Es wurden dabei nur die Personen betrachtet, die sich gleichzeitig mit dem Forschungsteam in einem Straßenabschnitt aufgehalten haben, dem Team entgegen kamen, mit ihm auf etwa einer Höhe in gleicher Richtung mitliefen oder den Straßenabschnitt querten.

Auch um 18.00 Uhr und 21.00 Uhr. wurde dieser Vorgang wiederholt. Bedingt aber durch die schlechten Sichtverhältnisse zu diesen Uhrzeiten wurde auf das Filmen verzichtet. So haben einzelne Personen die jeweiligen Routen zeitgleich begangen und die Anzahl und Art der Fußgänger aufgenommen.

Im Anschluss an die Zählungen in Bärenschanze wurden die analog erfassten Ergebnisse digitalisiert und ausgewertet.

Das Filmmaterial dokumentiert hauptsächlich die durchgeführten Zählungen, es besteht aber durchaus auch die Möglichkeit, dieses noch zu weiteren Analysen zu verwenden. Interessant wäre hier zum Beispiel die Bestimmung des Verhältnisses von weiblichen und männlichen Fußgängern oder der Altersspiegel.

Abb. 58: GoogleMaps, *Luftbild Nürnberg bearbeitet*

Versuchsaufbau

In der Grafik rechts befindet sich der Lageplan des Zählungsgebietes in Nürnberg Bärenschanze.

Das Gebiet wurde in drei Routen eingeteilt, die zusammen durch jede öffentliche Straße führen und je in etwa 30-35 Minuten bei zügigen Schritt abgelaufen werden können. So wurde erreicht, dass auf dem Weg durch den gesamten Stadtteil möglichst wenige Straßen doppelt begangen werden.

Wenn es sich doch nicht vermeiden ließ einen Straßenabschnitt doppelt zu begehen, wurden die Fußgänger jedoch nur einmal aufgenommen.

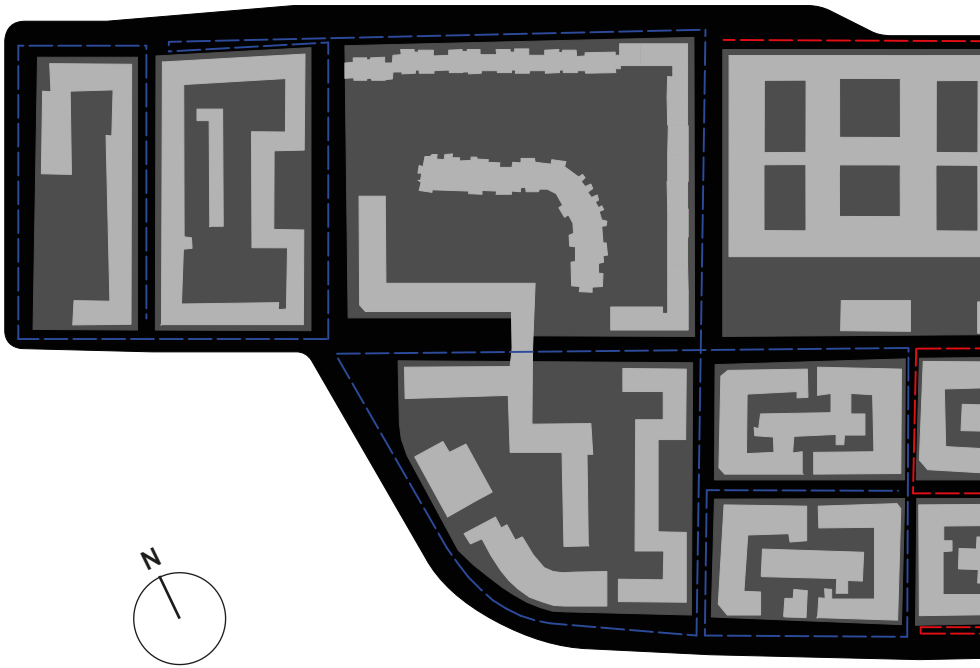
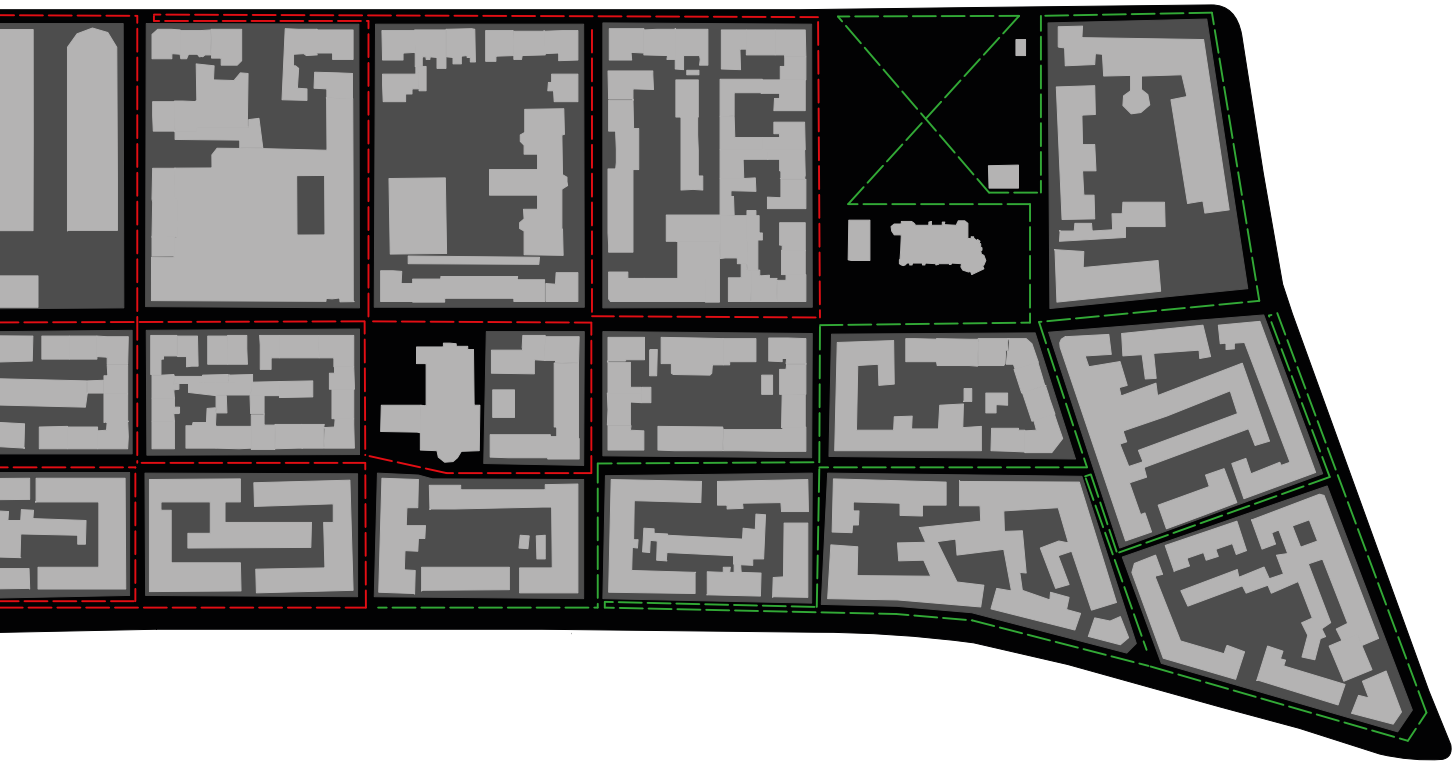


Abb. 59: Eigene Darstellung, *Versuchsaufbau*



Zählung Mittwoch, 9.00 Uhr

Am Mittwoch, den 2. November 2016, wurde um 09.00 Uhr die erste Zählung durchgeführt. Es nieselte leicht und hatte circa 5°C.

Es waren vergleichsweise wenige Fußgänger auf den Straßen. Außerdem wurden kaum Gespräche geführt. Die Fürther Straße war am belebtesten, was damit zusammenhängt, dass sich dort die Aufgänge zur U-Bahn befinden. Ansonsten waren die Straßen vereinzelt, aber sehr ausgeglichen von Fußgänger frequentiert.

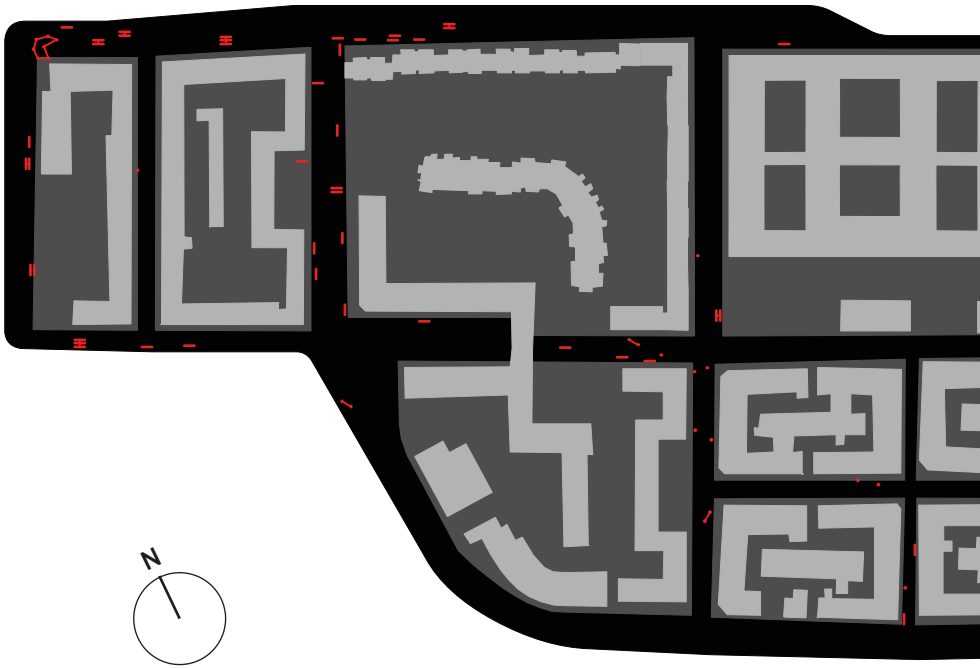
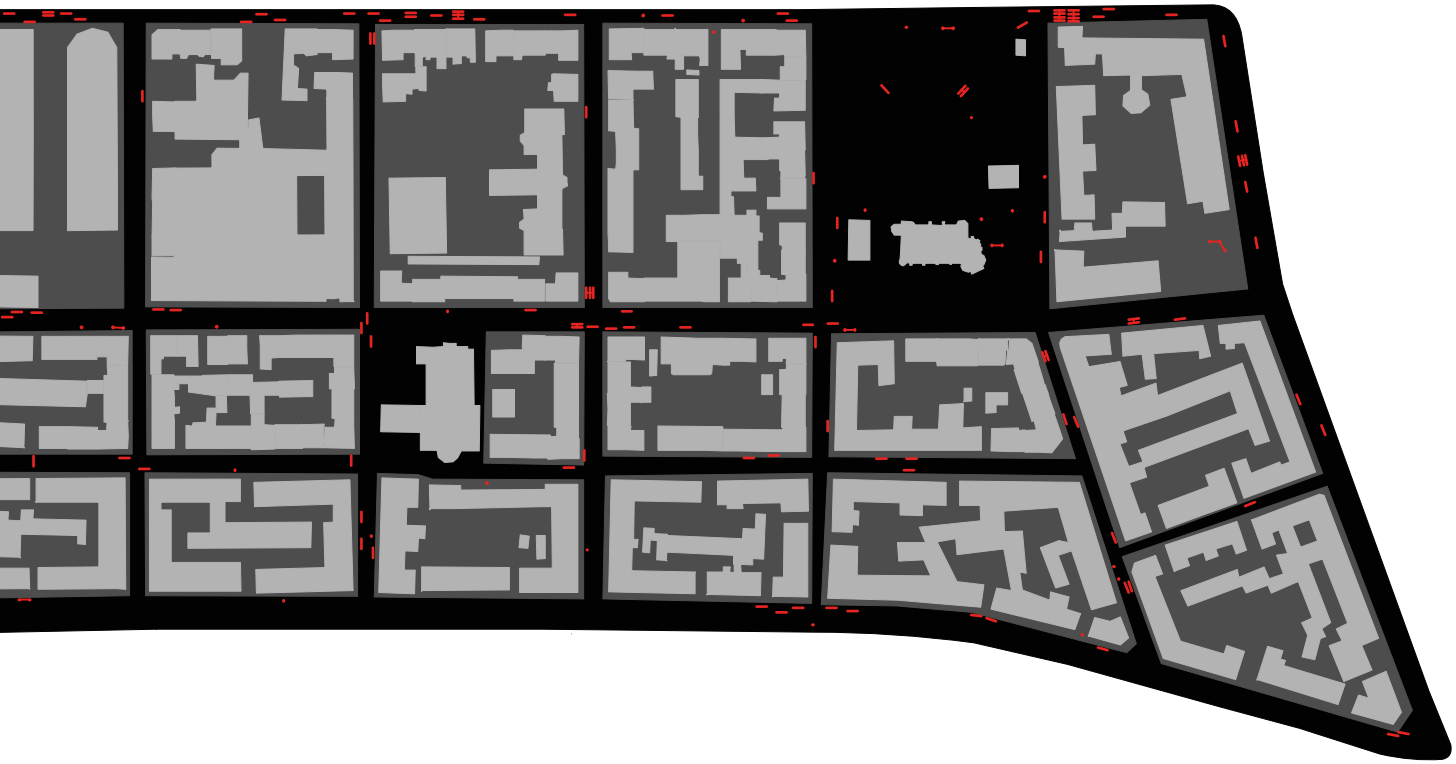


Abb. 60: Eigene Darstellung, *Zählung Mittwoch, 9.00 Uhr*



Zählung Mittwoch, 12.00 Uhr

Am selben Tag um 12.00 Uhr hatte es noch immer circa 5°C, dafür war es trocken.

Die Straßen waren um diese Uhrzeit deutlich belebter als zur Morgenstunde, was sich höchstwahrscheinlich durch die Mittagspause begründen lässt. Zudem waren einige kleinere Gruppen von Fußgängern unterwegs, die sich zum Großteil auch unterhalten haben.

Der Bereich rund um die DATEV, ein großer Arbeitgeber in der Umgebung, war auch erkennbar frequentierter, als noch zuvor oder auch zu anderen Uhrzeiten.

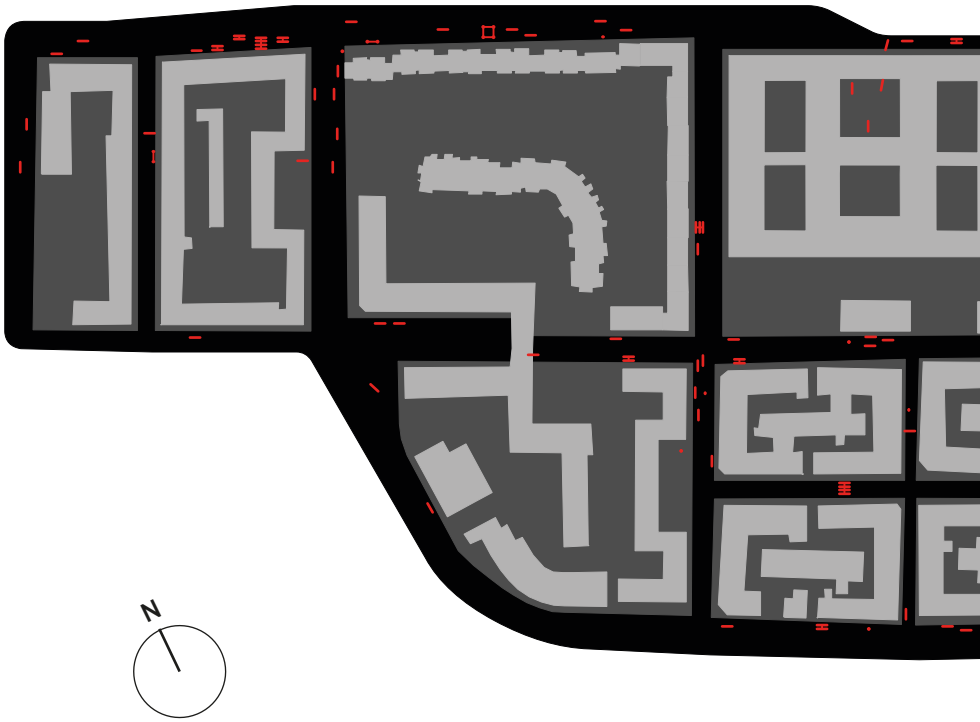
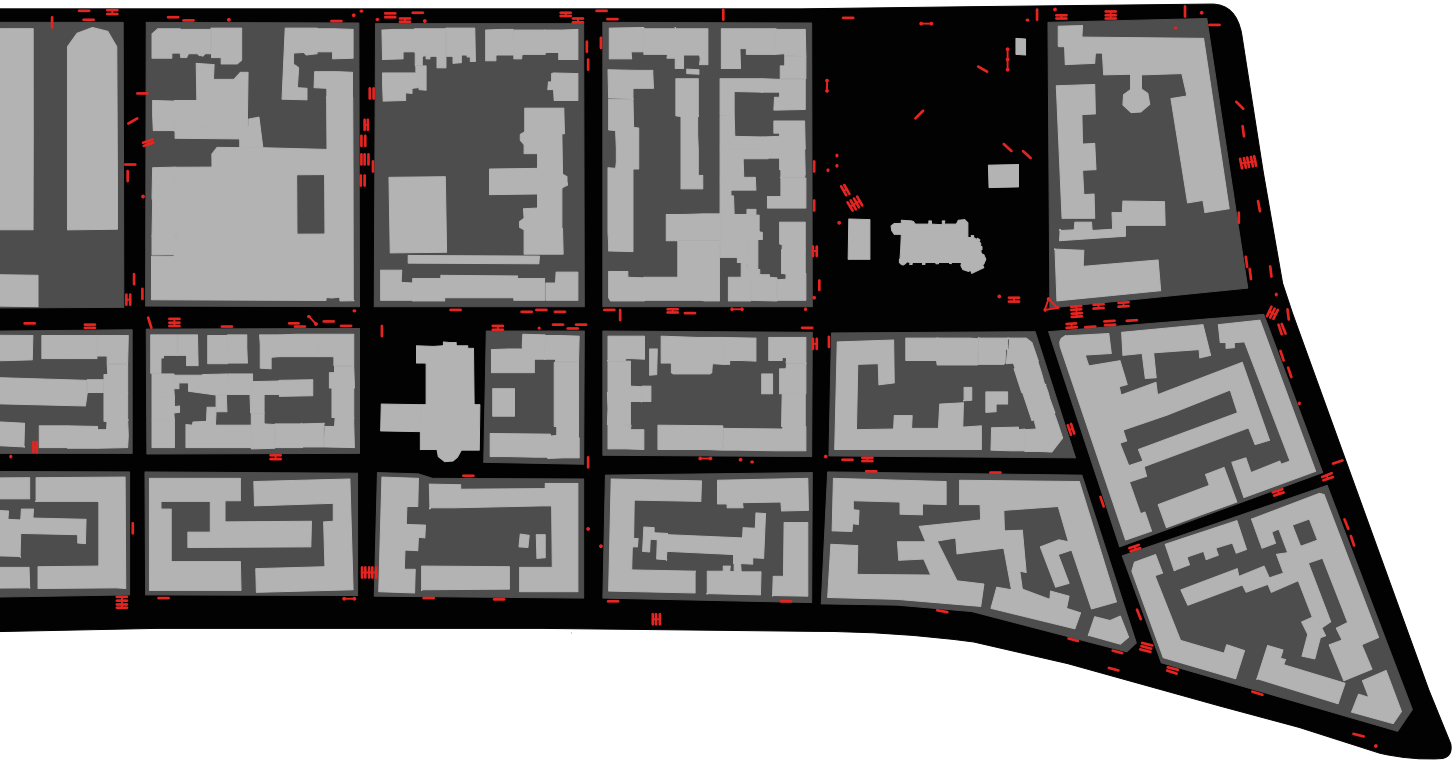


Abb. 61: Eigene Darstellung, *Zählung Mittwoch, 12.00 Uhr*



Zählung Mittwoch, 15.00 Uhr

Drei Stunden später, um 15.00 Uhr, sind die Temperaturen zwar auf 7°C gestiegen, allerdings setzten Regenschauer ein.

Auch zu dieser Stunde waren einige Fußgänger auf den Straßen unterwegs. Insbesondere im Park konnte man viele Fußgänger zählen, darunter Spaziergänger und Hundebesitzer. In der Austraße, zum Bahnareal hin, sowie in der Denisstraße, der zweiten südlich gelegene Parallelstraße ist es wiederum relativ ruhig.

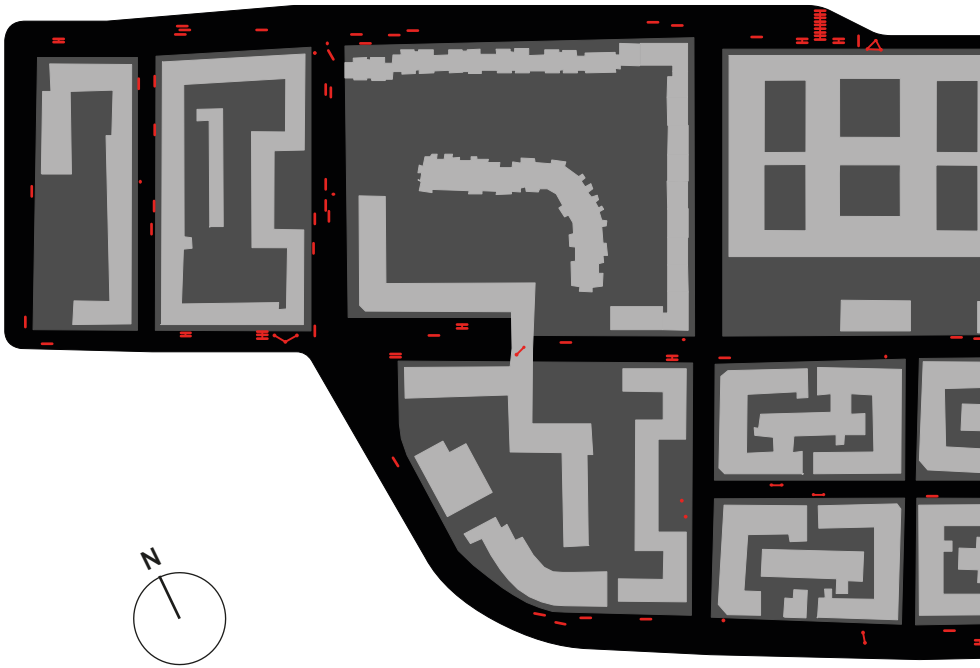
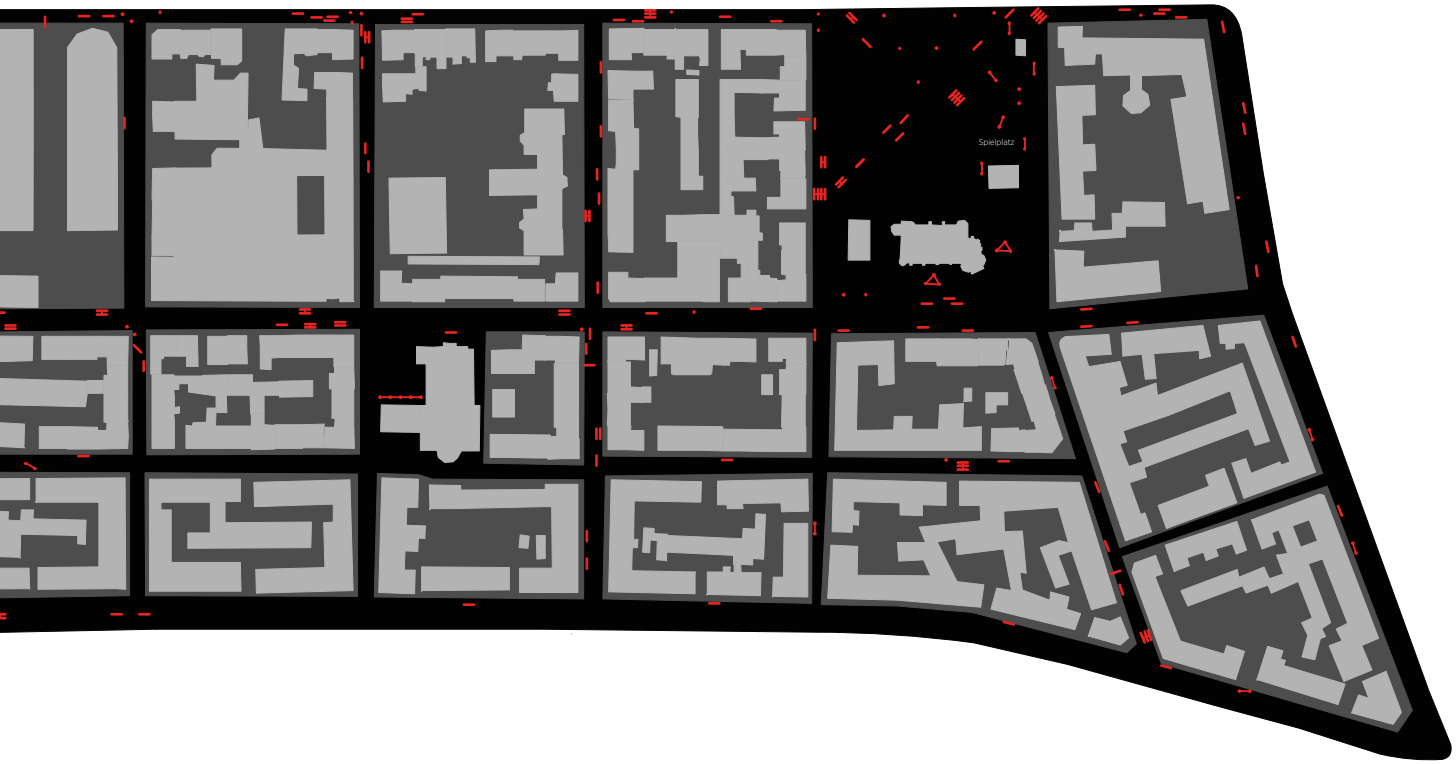


Abb. 62: Eigene Darstellung, *Zählung Mittwoch, 15.00 Uhr*


Spielplatz

Zählung Mittwoch, 18.00 Uhr

Um 18.00 Uhr wiederum war es bei gleicher Temperatur wieder weitestgehend trocken.

Es waren ähnlich viele Fußgänger auf den Straßen, wie um 15.00 Uhr, nur waren diese diesmal anders über das Zählungsgebiet verteilt.

Der Park war um diese Uhrzeit kaum besucht, was daran liegt, dass er nicht beleuchtet ist. Ansonsten war der Fußgängerverkehr im gesamten Stadtteil sehr homogen verteilt. Nur in der Austraße, zum Bahnareal hin, war es relativ ruhig.

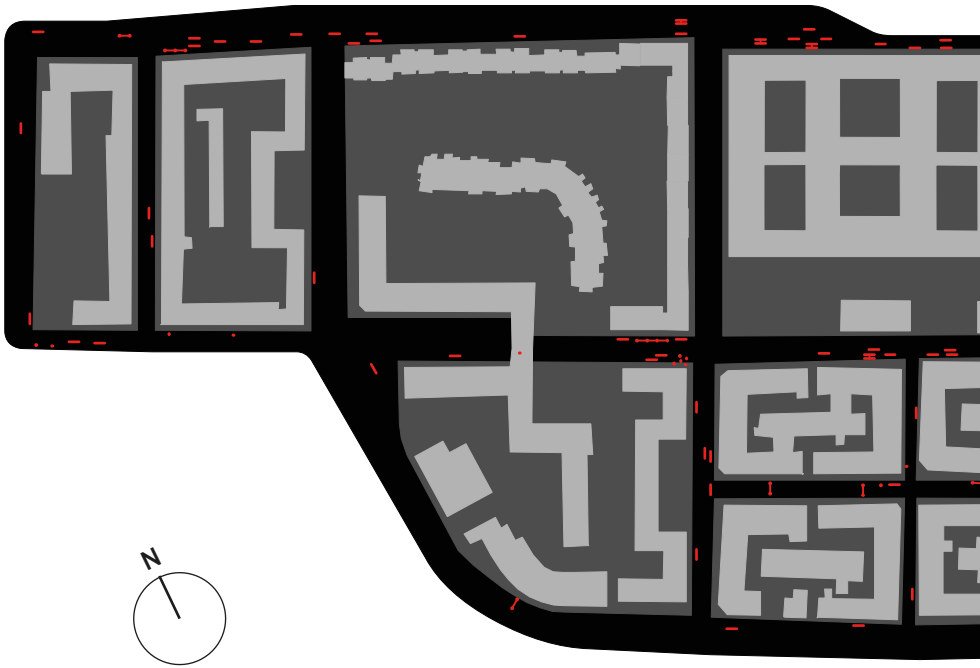
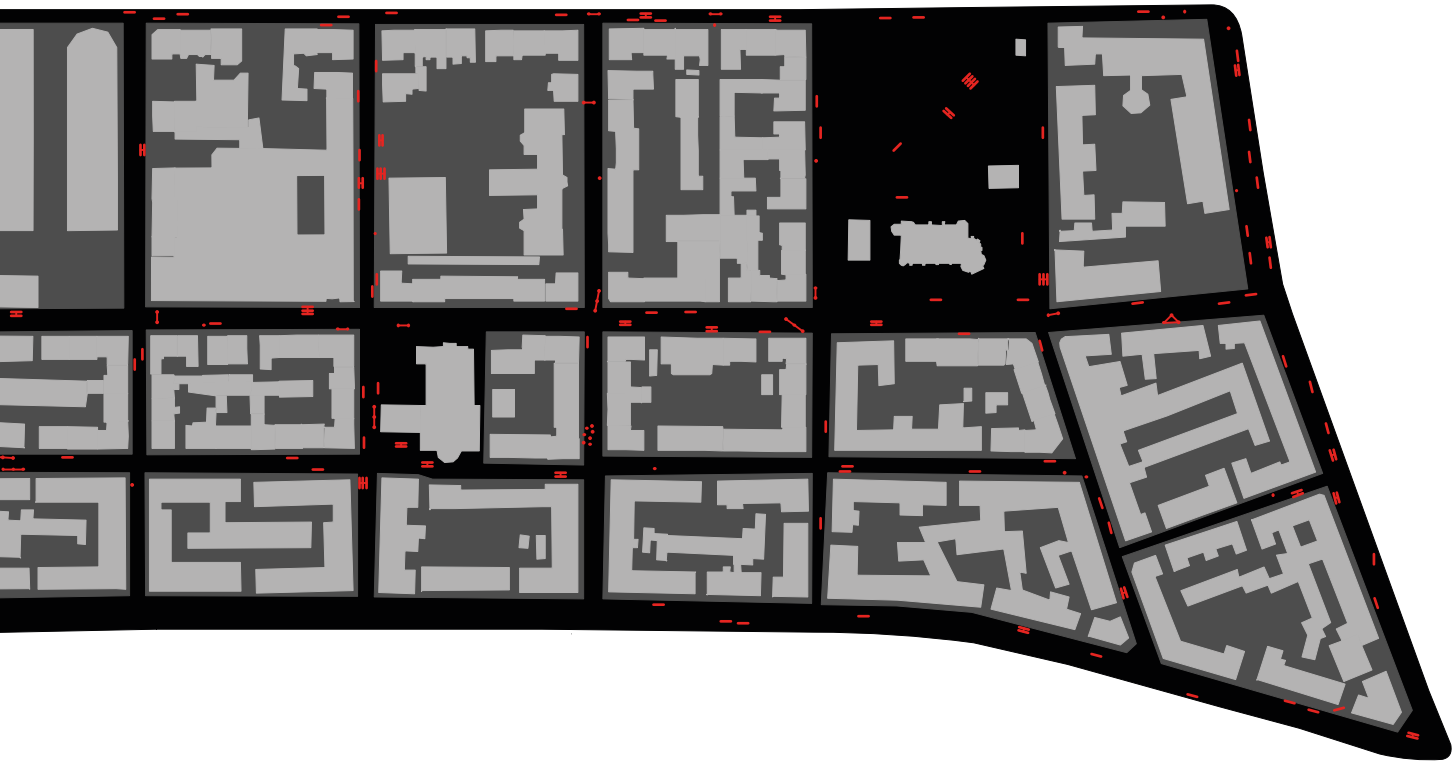


Abb. 63: Eigene Darstellung, *Zählung Mittwoch, 18.00 Uhr*



Zählung Mittwoch, 21.00 Uhr

Am Mittwochabend um 21.00 Uhr war es trocken und mit 8°C vergleichsweise mild.

Zu dieser Stunde waren die Straßen kaum belebt. Verglichen mit 15.00 Uhr und 18.00 Uhr war nur etwa ein Drittel der Fußgänger auf den Straßen unterwegs.

Auch die Fürther Straße war um diese Uhrzeit weitestgehend leer. In manchen Straßenabschnitten waren sogar gar keine Fußgänger anzutreffen. Auch Unterhaltungen wurden kaum geführt.

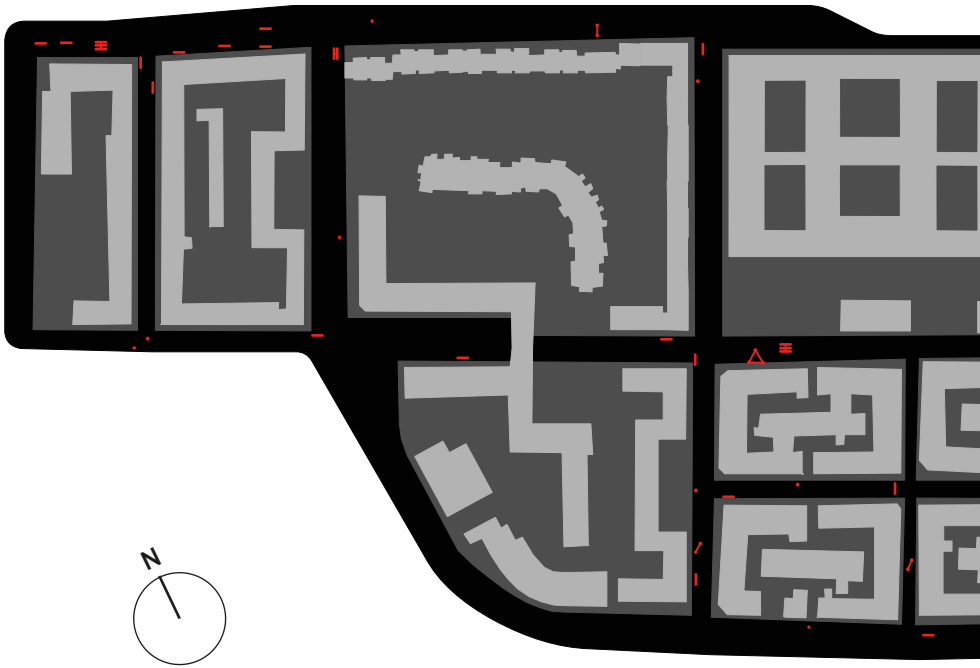


Abb. 64: Eigene Darstellung, *Zählung Mittwoch, 21.00 Uhr*

Zählung Freitag, 21.00 Uhr

Eine weiter Fußgängerzählung wurde am 14.10.16, einem Freitag, um 21.00 Uhr durchgeführt, um auch das Nachtleben mit zu berücksichtigen. Es hatte circa 10°C und die Straßen waren trocken.

Im Verhältnis zum Mittwochabend waren die Straßen sehr belebt. Vor allem im westlichen Teil von Bärenschanze hat man viele Fußgänger angetroffen, etwa in der Fürther Straße, in der Kernstraße und rund um den Park.

In der Müllnerstraße und der Volprechtstraße waren äußerst viele Fußgänger vor zwei Bars auf der Straße versammelt.

Im gesamten Zählungsgebiet waren viele Grüppchen unterwegs, wovon viele ins Gespräch vertieft waren.

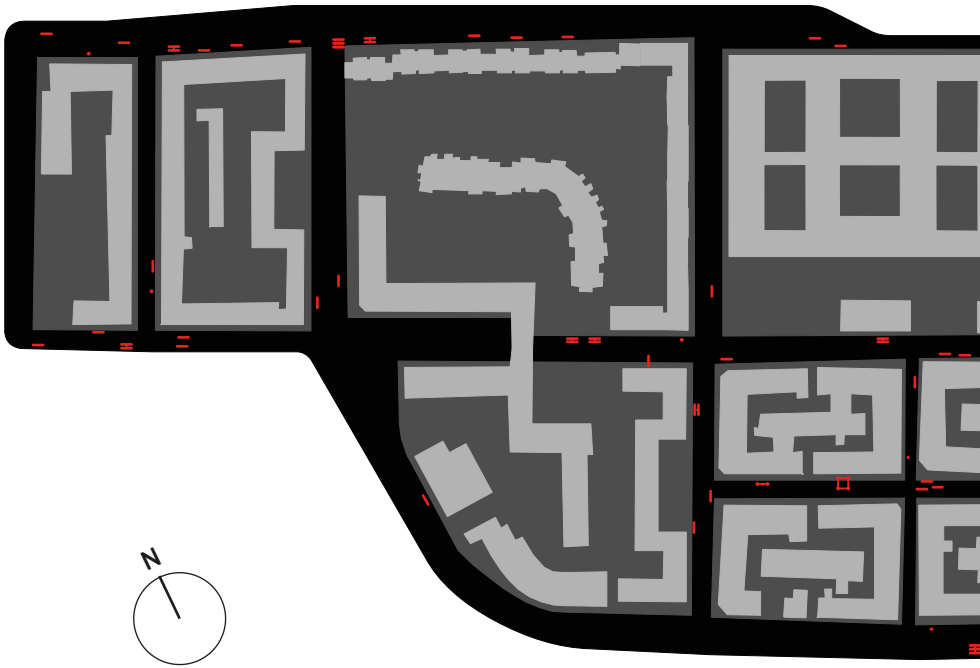
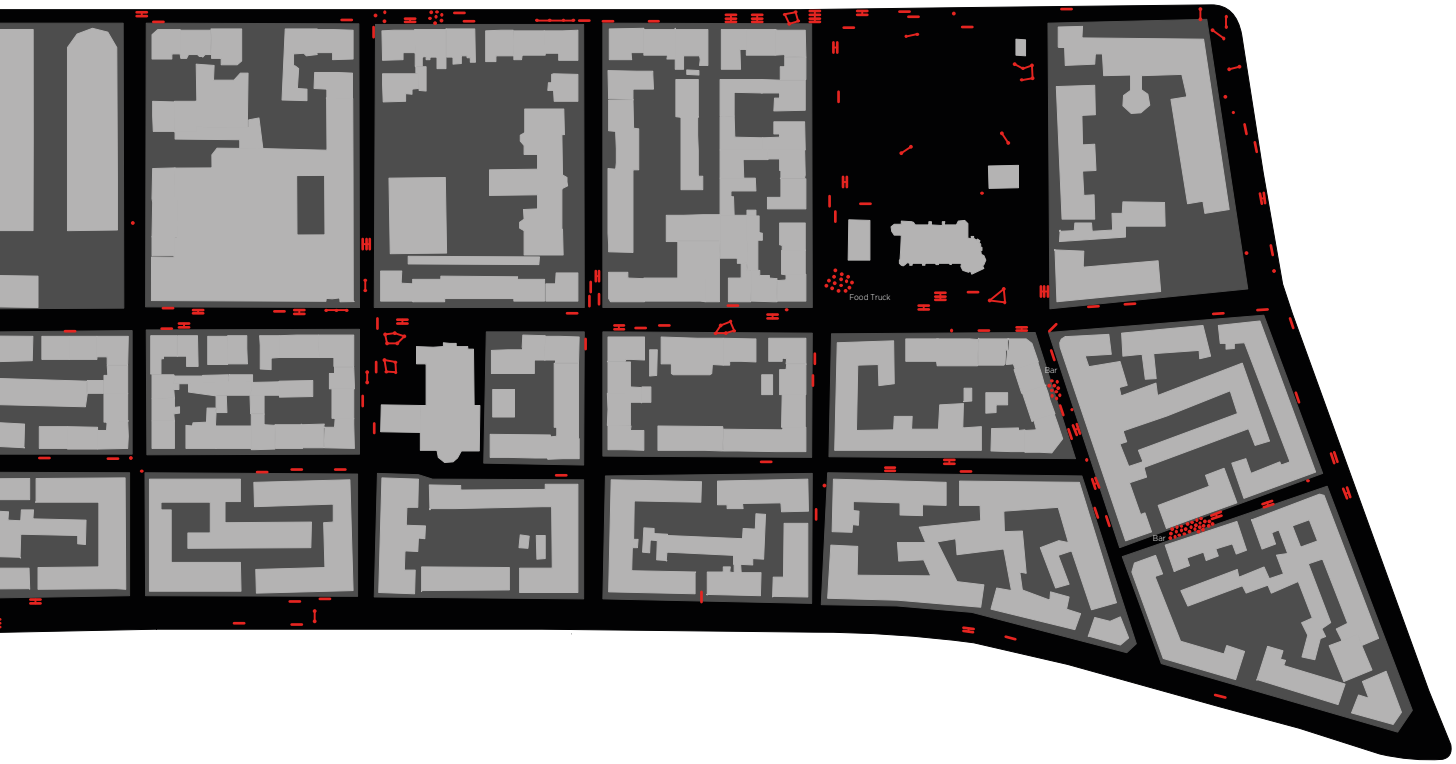


Abb. 65: Eigene Darstellung, *Zählung Freitag, 21.00 Uhr*


Food Truck
Bar
Bar

Überlagerung der Zählungen

In nebenstehender Grafik sind die Ergebnisse aller Zählungen am Mittwoch, den 02.11.16, überlagert. Interessant ist dabei, dass die Verteilung der Fußgänger in diesem Gebiet sehr homogen ist. Die Fürther Straße im Norden, als große Stadtstraße, sowie die Kernstraße, die den Abschluss des Gebietes im Osten darstellt, sind überdurchschnittlich stark frequentiert. Weniger stark ist die Frequentierung in der Austraße, im Süden des Zählungsgebietes, da dort das Bahngelände südlich anschließt. Einige Fußgänger sind auch im Park anzutreffen, jedoch kann man erkennen, dass der Großteil den Park nur durchquert und sich dort nicht länger aufhält.

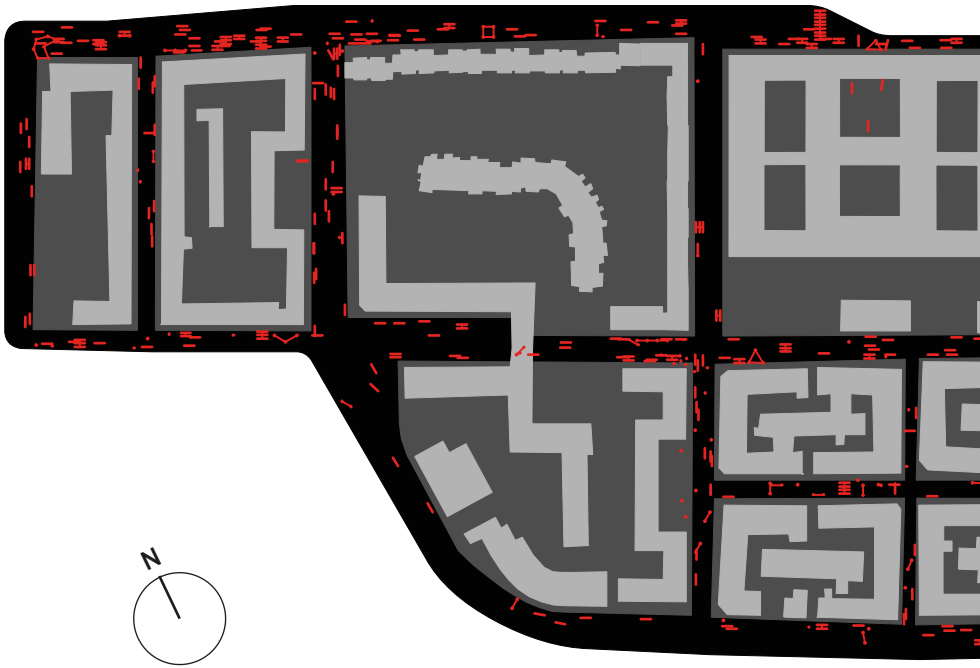
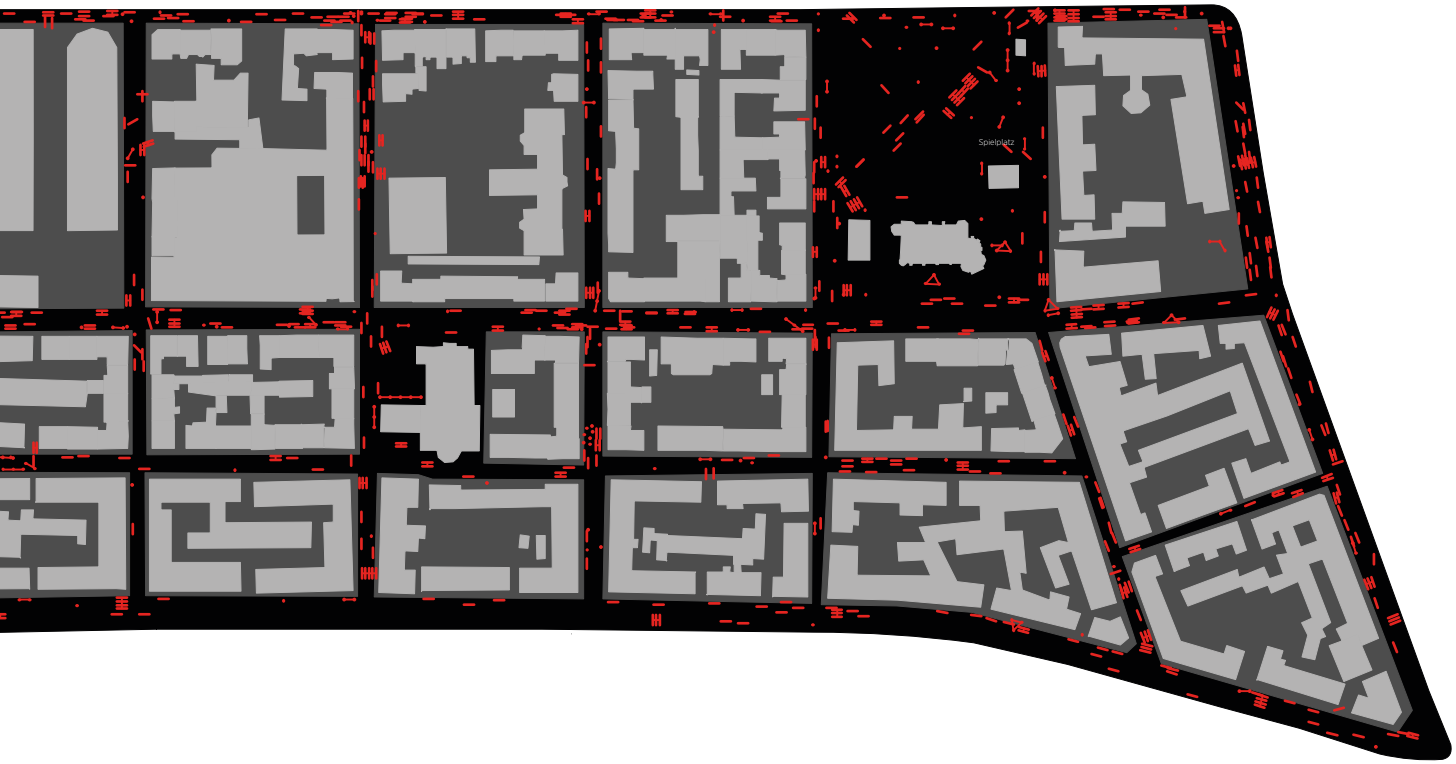


Abb. 66: Eigene Darstellung, *Überlagerung der Zählungen*


Spielplatz

Auswertung – Gesamter Zählungsbereich

Anschließend an die Zählungen wurden die Daten verglichen. Die Diagramme zeigen dabei die Auswertung der Zählungen im gesamten Stadtteil Bärenschanze. Hierbei ist zu bedenken, dass diese Zahlen nur erste Tendenzen für den Stadtteil Bärenschanze darstellen, da für ein genaueres Ergebnis die Zählungen im Folgenden mehrfach wiederholt werden müssten.

Zum einen wurde die Anzahl der Fußgänger zu den verschiedenen Uhrzeiten verglichen. Hier lässt sich eine Spitze um die Mittagszeit erkennen, sowie ein deutliches Tief an Fußgängern am Mittwochabend.

Danach wurde die Anzahl der redenden Fußgänger ermittelt und diese ins Verhältnis zu den „Nicht-Redenden“ gesetzt. Dabei fällt auf, dass die Werte hier sehr ausgeglichen sind, nur um 9.00 Uhr ist das Verhältnis der redenden Fußgänger geringer.

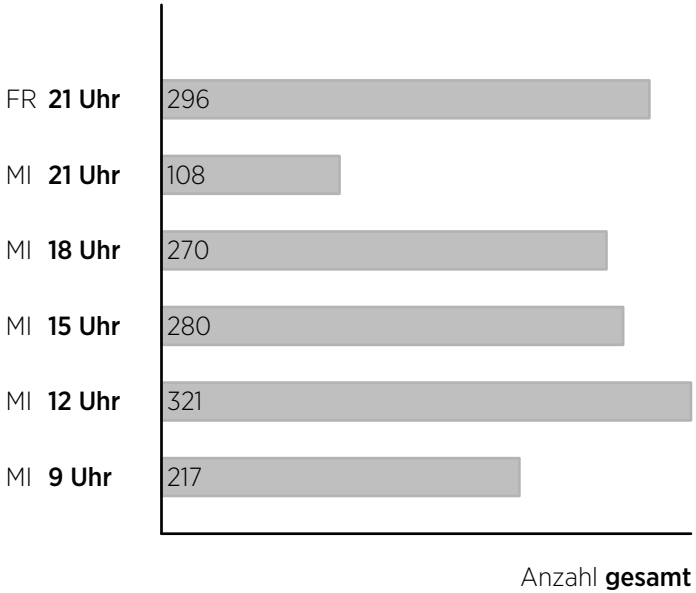
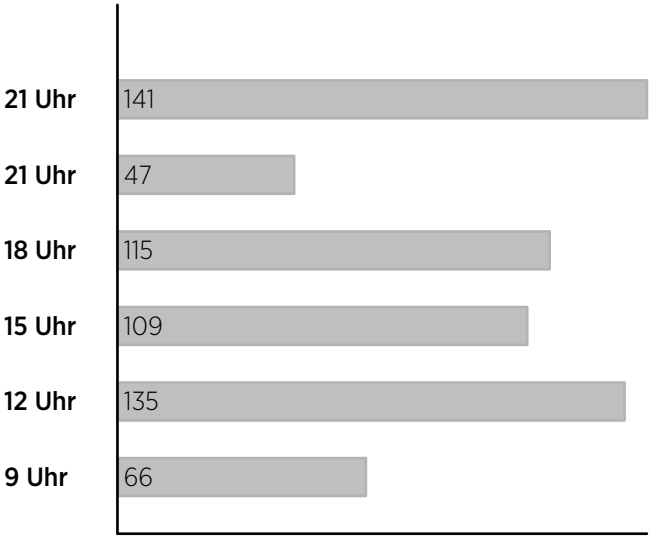
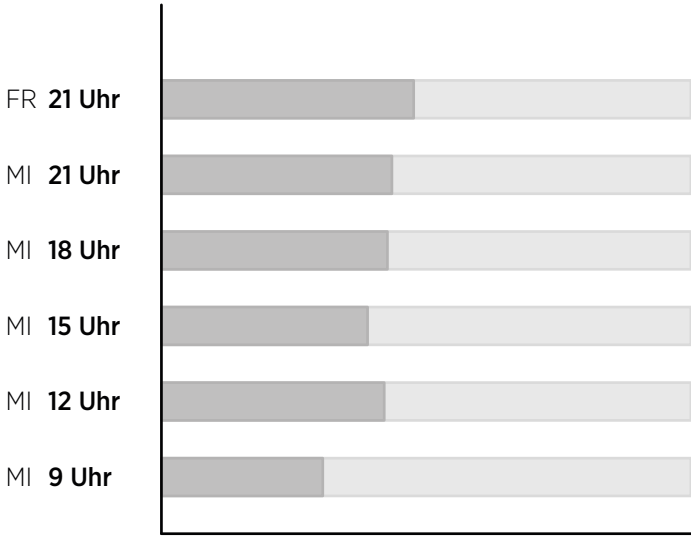


Abb. 67: Eigene Darstellung,
Auswertung gesamter Zählungsbereich



Anzahl **redend**



Verhältnis **redend / nicht redend**

Auswertung – Park

Außerdem wurden zwei besondere Orte in dem Stadtteil, nämlich der Park und zwei „Bar-Straßen“, gesondert betrachtet und deren Frequentierung zu den verschiedenen Zeiten verglichen.

Im ersten Diagramm wird die Anzahl der Fußgänger, die sich zu den jeweiligen Uhrzeiten im Park aufhalten, gezeigt. Man erkennt, dass er am Abend eines normalen Wochentages kaum genutzt wird. Stark frequentiert ist der Park jedoch um 15.00 Uhr.

Beim Verhältnis der redenden zu den „nicht-redenden“ Fußgängern im Park fällt auf, dass am Mittwoch um 12.00 Uhr und an einem Freitagabend um 21.00 Uhr besonders viele Menschen miteinander reden. Am Mittwoch um 9.00 Uhr und um 21.00 Uhr allerdings werden kaum Gespräche geführt.

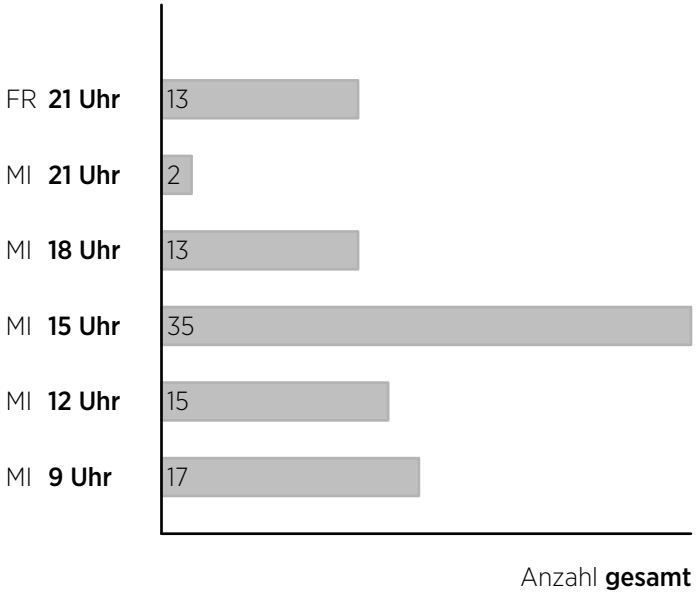
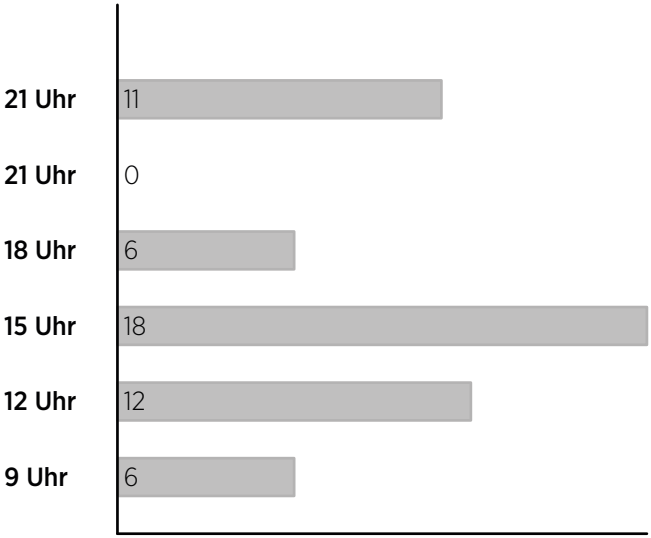
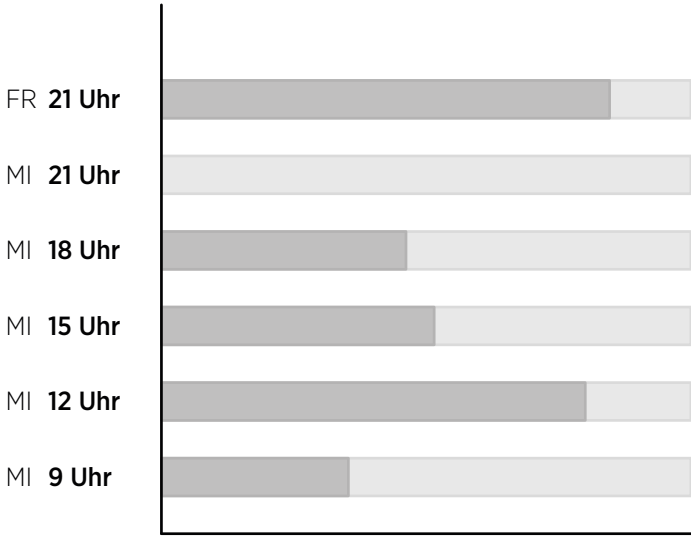


Abb. 68: Eigene Darstellung, *Auswertung Park*



Anzahl **redend**



Verhältnis **redend / nicht redend**

Auswertung – „Bar-Straßen“

Die zwei „Bar-Straßen“, die Müllnerstraße und die Volprechtstraße, wurden getrennt betrachtet, da sie an einem Freitagabend ein komplett anderes Bild aufzeigen, wie an einem normalen Wochentag. Das liegt vor allem daran, dass es dort zwei Bars gibt, die wie temporäre Magnete wirken und viele Fußgänger anziehen.

Die Anzahl der Fußgänger zu den jeweiligen Uhrzeiten variiert in den „Bar-Straßen“ von durchschnittlich 6 Fußgängern am Mittwoch bis zu 54 Fußgängern am Freitagabend.

Das Diagramm zum Verhältnis der redenden zu den „nicht-redenden“ Fußgänger in den „Bar-Straßen“ ähnelt dem des Parks sehr. Am Freitagabend, sowie am Mittwoch um 12.00 Uhr werden verhältnismäßig viele Gespräche geführt, während zu den anderen Uhrzeiten weniger miteinander gesprochen wird.

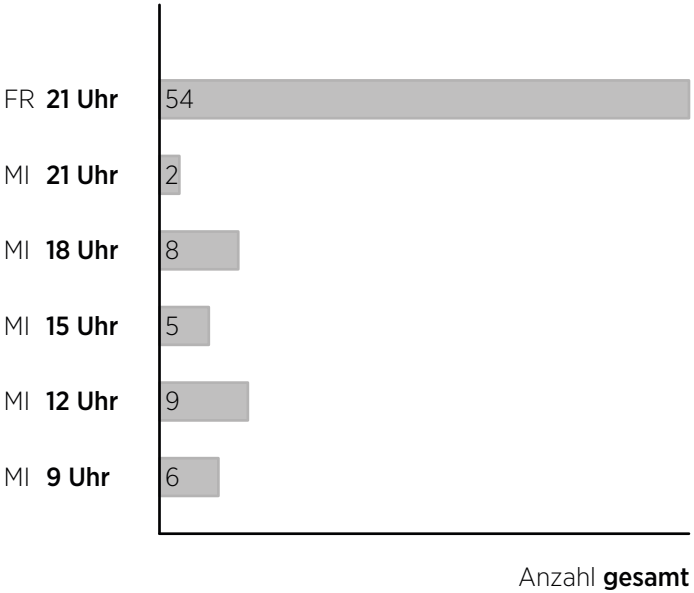
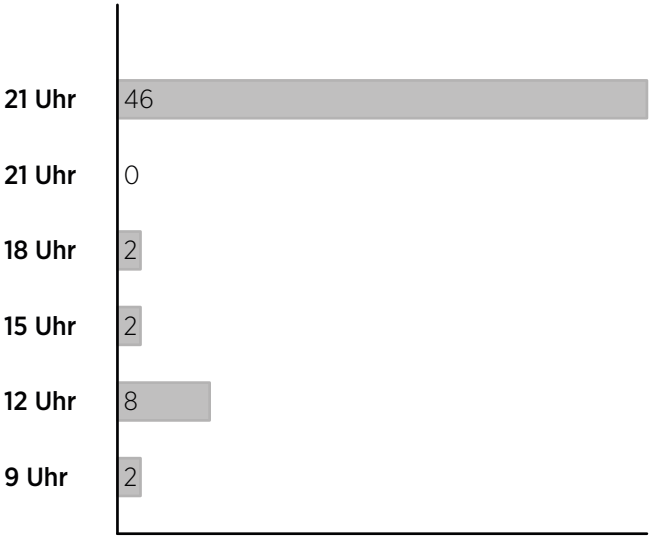
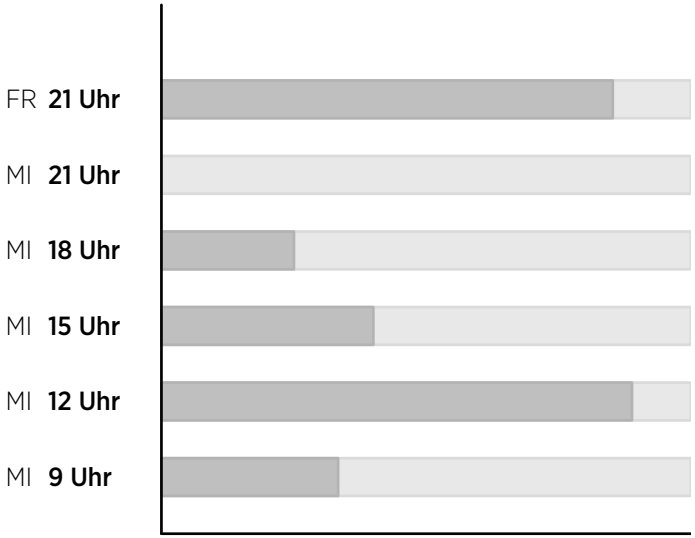


Abb. 69: Eigene Darstellung, *Auswertung „Bar-Straßen“*



Anzahl **redend**



Verhältnis **redend / nicht redend**

5.4 Vergleich von Fußgängerzählung in Bärenschanze und Space Syntax

Die rechts stehenden Grafiken stellen die Belastung des Straßennetzes in Nürnberg Bärenschanze dar. Die obere Darstellung ist ein Auszug aus dem gesamten Straßennetz Nürnbergs, das in Space Syntax mit der Log Choice Methode und dem Fußgängerradius von 800m analysiert wurde. Die untere Grafik zeigt die Auswertung der vorgenommenen Zählungen am Mittwoch, den 02.11.2016. Die gerahmten Zahlen geben an, wie viele Fußgänger sich prozentual im jeweiligen Straßenabschnitt befunden haben, wenn man davon ausgeht, dass der gesamte Ausschnitt 100 Prozent ergeben.

Dabei sind einige Unterschiede zwischen der Space Syntax Analyse und der tatsächlichen Zählung zu erkennen, was unter Anderem daran liegt, dass bei der Space Syntax Grafik das gesamte Netz Nürnbergs, während bei der Fußgängerzählung eben dieser Ausschnitt gesondert und unabhängig vom restlichen Straßennetz betrachtet wurde. Für eine genaueren Vergleich beider Analysemethoden des Stadtteils Gostenhof/Bärenschanze müsste jedoch eine umfangreichere Zählung mit vielen Wiederholungen an den jeweiligen Zeiten gemacht werden. (Vaughan 2001)

Zudem bewertet Space Syntax nur das Netz der Straßen und verfügt über keinerlei weitere Information, wie zum Beispiel über die Breite von Straßen, Nutzungen und mögliche Attraktoren in der Bebauung, die mehr oder weniger Fußgängerverkehr anziehen. In der Realität spielen diese Faktoren aber natürlich eine wichtige Rolle. So sind einige Straßen, wie die Fürther Straße oder die Kernstraße, welche mit Läden oder U-Bahn-Aufgängen versehen sind, in der Grafik rechts unten rot oder orange - also stärker frequentiert, während sie in der Space Syntax Analyse oben gelb oder grün, also weniger integriert sind.

Interessant wäre in der weiteren Forschung die Zählung mit der Analyse von PTV Visum zu vergleichen, da bei PTV Visum das Setzen von Schwerpunkten möglich ist und so wahrscheinlich ein realistischeres Bild entstehen würde.

Abb. 70: Eigene Darstellung,
Space Syntax Analyse für den Großraum Nürnberg / Fürth, Ausschnitt Bärenschanze

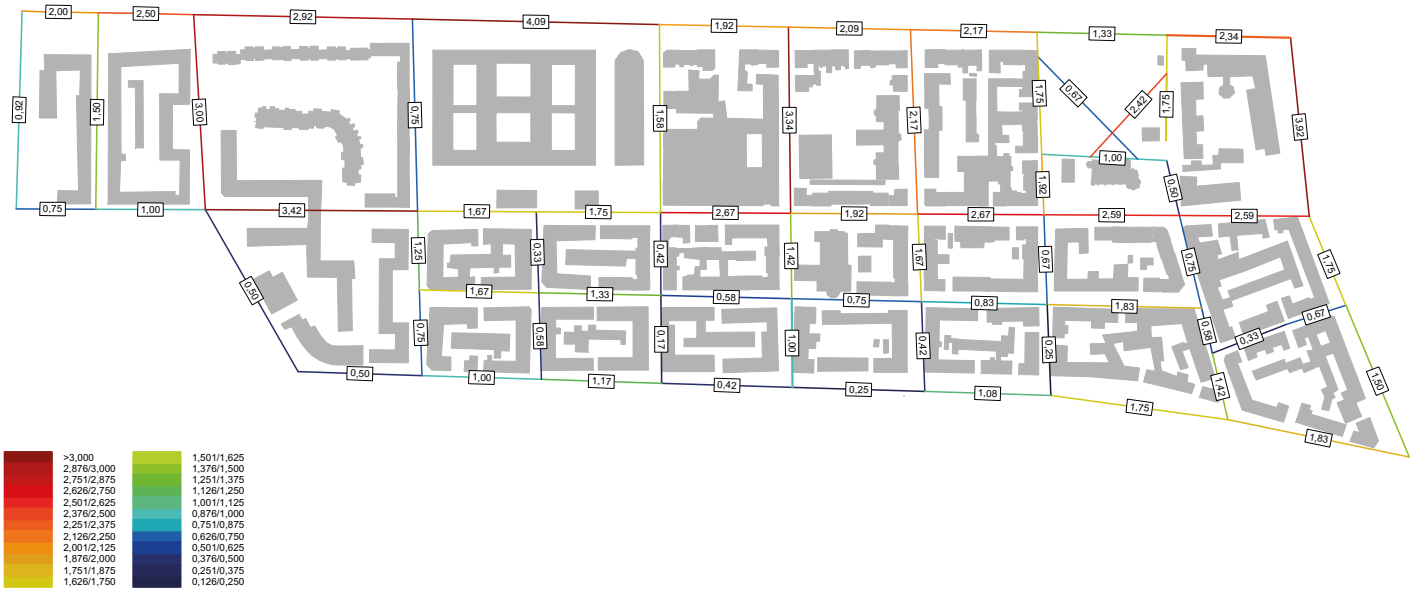


Abb. 71: Eigene Darstellung,
Auswertung Fußgängerzählung, Umlegung in prozentuale Anteile zum Gesamtnetz

6 Abstract „Connections and Barriers: The Merging of Nuremberg and Fürth“

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde für das Space Syntax Symposium 2017 in Lissabon ein Abstract bezüglich der langjährigen Erforschung des Gebietes Nürnberg - Fürth mithilfe von Space Syntax eingereicht. Die Ergebnisse dieser Forschung an der Technischen Hochschule Nürnberg sollen nun in ihrer Gesamtheit in Lissabon auch den internationalen Space Syntax-Fachkreisen präsentiert werden.

Since the start of industrialization the region joining Nuremberg and Fürth has been the site of urban transformation. Germany's first railroad was built there in 1835. Later, in the post-1945 era, firms such as AEG and Quelle built large plants in the area. By the beginning of the 21st century, though, the region's industrial chapter had come to a close. Today, in the place that AEG and Quelle once stood are immense vacant grounds populated by giant buildings, some designated as historic landmarks. For years now, officials have been in search of a feasible urban renewal plan for these industrial wastelands. One scenario currently being considered is the erection of a regional university and research center on the former AEG grounds.

In the following paper we investigate the opportunities and risks of urban development in view of the region's postindustrial structural change. We examine the historical developments since industrialization by cre-

ating axial maps for different periods. Based on this analysis, we develop a morphological survey focused on three issues:

1. The triple ribbon-like layout of the region between Nuremberg and Fürth: delineated by the Frankenschnellweg highway, the railroad line, Fürther Straße, the Pegnitz River, and the Pegnitz wetlands, the region's characteristic spatial configuration raises questions of how to traverse and link the bordering areas to the northeast and southwest.

2. The jumps in scale between existing buildings and between access channels: the vast industrial grounds stand in stark contrast to the single family homes and to the surrounding urban blocks.

3. The opportunities and risks of creating a new university and research center in the region.

Our analysis shows that the region's triple "ribbon" structure is not without challenges. The main corridor between Nuremberg and Fürth, Fürther Straße, has global and local importance, but despite a subway line has the character of a highway, posing significant problems for pedestrians and cyclists. Moreover, without ties to the surrounding region, it cannot urbanize the neighboring districts. In the medium and long term, successful urban development can only be expected if essential improvements are made to the region's access channels. If they are not, the planned university center stands to become a space without urbanity, unable to advance the development of neighboring city districts.

7 Fazit

Sowohl in kultureller als auch in wirtschaftlicher Hinsicht kann dem Fußgänger im Kontext der Stadt besondere Bedeutung zugesprochen werden. Ziel des Projektes war mitunter die Erarbeitung von Grundlagen im Bereich der Fußgängerforschung, insbesondere die Sammlung bisheriger, interdisziplinärer Forschungsergebnisse, sowie das Erarbeiten von Parametern mit Einfluss auf das Routenwahlverhalten. Weiterhin wurden die Programme Space Syntax zur stadtmorphologischen Untersuchung und PTV Visum zur Fußgängersimulation in der Verkehrsplanung mithilfe einfacher axialer und radialer Raster einem Vergleich unterzogen und mögliche Unterschiede herausgearbeitet. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen anschließend als Basis für Folgeprojekte dienen.

Anhand einer ausführlichen Literaturrecherche wurde die bisherige Fußgängerforschung über Verkehrsplanung und Städtebau hinaus in Disziplinen wie Psychologie oder Soziologie sowie in Teilbereichen von Ökonomie, Technik und Mathematik näher untersucht. Ziel war das Erlangen eines umfassenden Blickes auf den Fußgänger mithilfe bereits entwickelter Forschungsergebnissen und die Darstellung möglicher Verbesserungen für die Situation des Fußgängers im Verkehr.

Unter Betrachtung bereits ausgearbeiteter Fußgängermodelle wurden anschließend in Reflexion zu Parametern des Routenwahlverhaltens mögliche Defizite ermittelt. Neben Space Syntax und PTV Visum wurden bisher nur wenige Versuche unternommen, den Fußgänger auf der Maßstabsebene der Stadt realitätsgetreu zu simulieren. Daher galt es, beide Programme mithilfe einfacher orthogonaler beziehungsweise radialer Raster einem Vergleich zu unterziehen, um Vor- und Nachteile herauszustellen, um mögliche fehlende Parameter der Fußgängerroutenwahl ermitteln zu können.

Die geleisteten Untersuchungen und Ergebnisse im Rahmen der Vorlaufforschung dienen nun als Grundlage für weitere Forschungen. Zunächst sollen die während des Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse im Rahmen der bereits mehrjährigen studentischen Erforschung des Raumes Nürnberg-Fürth mit Space Syntax auf dem nächsten Space Syntax Symposium 2017 vorgestellt werden. Ein Abstract hierzu wurde bereits eingereicht und angenommen. Der Forschungsbereich Space Syntax ist dabei mittlerweile so groß geworden, dass sogar die Rechnerleistungen zur Berechnung der Grafiken des Großraums Nürnberg-Fürth kaum mehr ausreichen.

Grundsätzlich soll das Ziel weiterer Forschungen die Verbesserung und Anerkennung des Fußgängers als

Verkehrsteilnehmer durch nachhaltige städtebauliche Förderung, sowie die Erweiterung des Forschungsfeldes des Fußgängers sein. Dies kann auf kommunaler oder Bundesebene geschehen, doch auch Zusammenarbeiten mit Space Syntax Limited oder PTV Group zur wechselseitigen Verbesserung der Fußgängersimulationsprogramme wäre vorstellbar.

Weiterhin wurde durch die Vorlaufforschung die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen der Fakultät Architektur und dem Nuremberg Campus Of Technology (NCT) - Intelligente Verkehrsplanung, gestärkt. In enger wechselseitiger Abstimmung wurde die Strategie, welche zu den bisherigen Ergebnissen führte, gemeinsam festgelegt. Eine Weiterführung dieser Zusammenarbeit in einem weiteren Forschungsantrag wäre sehr erstrebenswert. Interesse zeigte sich im Verlauf der Forschung auch an den Fakultäten Betriebswirtschaft und Sozialwissenschaften, sowie nach einer Themenvorstellung im Rahmen der Vortragsreihe „Verkehr und Mobilität“ auch hinsichtlich von Forschungsvorhaben, die den ÖPNV betreffen.

8 Bibliographie

Literaturverzeichnis

Anderson, Stanford (Hg.) (1986): *On streets.* 1. MIT Pr. paperback ed. Cambridge Mass. u.a.: MIT Press.

Biedermann, Daniel; Kielar, Peter; Handel, Oliver: *Betrachtung der Modellierung und Simulaton von Fußgängern im Kontext verschiedener Skalen.*

Bosselmann, Peter (1991): *Sun, Wind and Pedestrian Comfort: A Study of Toronto's Central Area*. Toronto: City of Toronto, Planning & Development Department

Burckhardt, Lucius; Ritter, Markus; Schmitz, Martin (Hg.) (2011): *Warum ist Landschaft schön? Die Spaziergangswissenschaft.* 3. Aufl. Berlin: Schmitz.

CABE (2007): *Paved with gold. The real value of good street design.* London: Commission for Architecture and the Buit Environment.

Downs, Roger M.; Stea, David (1977): *Maps in minds. Reflections on cognitive mapping.* New York: Harper & Row (Harper & Row series in geography).

Droesser, Gerhard; Schirm, Stephan (Hg.) (2005): *Kreuzungen. Ethische Probleme der modernen Stadt.* Frankfurt am Main: Lang (Moderne - Kulturen - Relationen, 6).

Frick, Dieter (2011): *Theorie des Städtebaus. Zur baulich-räumlichen Organisation von Stadt.* 3., veränd. Aufl. Tübingen: Wasmuth.

Gehl, Jan (2015): *Leben zwischen Häusern.* 2. Aufl., Fassung folgt der überarb. engl. Neuaufl. von 2010. Berlin.

Gehl, Jan (2015): *Städte für Menschen.* 2. Auflage. Berlin: Jovis.

Helbing, Dirk (1997): *Verkehrsdynamik. Neue physikalische Modellierungskonzepte ; mit 6 Tabellen.* Berlin: Springer.

Hillier, Bill (1996): *Space is the machine. A configurational theory of architecture.* Cambridge: Cambridge

Univ. Press.

Hillier, Bill; Hanson, Julienne (1989): *The social logic of space.* Repr. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Höcker, Mario (2010): *Modellierung und Simulation von Fußgängerverkehr. Entwicklung mathematischer Ansätze für Soziale Kräfte und Navigationsgraphen.* Univ., Diss.--Hannover, 2010. Aachen: Shaker (Berichte aus der Bauinformatik).

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

Kneidl, Angelika (2013): *Methoden zur Abbildung menschlichen Navigationsverhaltens bei der Modellierung von Fußgängerströmen.* Dissertation. Technische Universität, München. Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation.

Knoflacher, Hermann (1996): *Zur Harmonie von Stadt und Verkehr. Freiheit vom Zwang zum Autofahren.* 2., verb. und erw. Aufl. Wien: Böhlau.

Kuhnert, Nikolaus (Hg.) (2007): *Situativer Urbanismus. Zu einer beiläufigen Form des Sozialen.* Aachen: Arch+ (Archplus, 40.2007/08,H. 183).

Lynch, Kevin (2001): *Good city form.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Moore, Elke aus dem; Kuhnert, Nikolaus (Hg.) (2011): *Post-oil city. The history of the city's future : [an exhibition by the Institut für Auslandsbeziehungen e.V. (ifa, Institute for Foreign Cultural Relations), Stuttgart, in cooperation with ARCH+, Zeitschrift für Architektur und Städtebau].* Institut für Auslandsbeziehungen; Exhibition "Post-Oil City"; Ausstellung "Post-Oil City - die Stadt nach dem Öl". Aachen: Arch+-Verl.

National Association of City Transportation Officials (2013): *Urban street design guide.* Washington: Island Press.

Newman, Peter; Kenworthy, Jeffrey R. (2015): *The end of automobile dependence. How cities are moving beyond car-based planning.* Washington, DC: Island Press.

PTV Group (2012): *VISUM 12.5 Grundlagen*. Berlin: epubli

Reutter, Oscar; Reutter, Ulrike (1996): *Autofreies Leben in der Stadt. Autofreie Stadtquartiere im Bestand.* Univ., Diss.--Dortmund, 1995. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur (Verkehr spezial, 2).

Risser, Ralf (2002): *Gut zu Fuß. Fußgänger als Verkehrsteilnehmer zweiter Klasse.* Wien: Mandelbaum.

Roth, Dieter (2011): Masterthesis Internationales Bauwesen. *Das Fußgängerverhalten in der Verkehrsplanung. Ein Vergleich von empirischer mit theoretischen Ergebnissen mit Unterstützung der Simulationssoftware "VISSIM".*

Schaber, Carsten: *Space Syntax als Werkzeug zur Analyse des Stadtraums und menschlicher Fortbewegung im öffentlichen Raum unter besonderer Berücksichtigung schienengebundener Verkehrsysteme. Das Beispiel des Leipziger City-Tunnels.* Online verfügbar unter https://e-pub.uni-weimar.de/.../SCHABER+2007+-+Space+Syntax+als+Werkzeug.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Schwab, Dieter (2010): *FußgängerInnenseminar 2009 - Fußgängerverkehr aber sicher! [Schlußbericht].* Wien: Bundesmin. f. Verkehr Innovation u. Techn (Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen, 201).

Schwartz, Samuel I. (2015): *Street Smart. The Rise of Cities and the Fall of Cars.* New York: PublicAffairs.

Schwedes, Oliver; Rammler, Stephan (2012): *Mobile Cities. Dynamiken weltweiter Stadt- und Verkehrsentwicklung.* 2., erg. und überarb. Neuaufl. Berlin: Lit (Mobilität und Gesellschaft, 2).

Shoup, Donald C. (2005): *The high cost of free parking.* Chicago, Ill.: Planners Press.

Speck, Jeff (2012): *Walkable city. How downtown can save America, one step at a time.* 1. ed. New York, NY: Farrar Straus and Giroux.

Zoller, Doris (2014): *Herausforderung Erdgeschoss. Ground floor interface.* Berlin: Jovis.

Internetquellen

AGFK Bayern (2016): *WirtschaftsRad. Mit Radverkehr dreht sich was im Handel.* Online verfügbar unter http://www.agfk-bayern.de/download/oeffentlicher_bereich/agfk_bayern_veröffentlichungen/wirtschaftsrad/AGFK-WirtschaftsRad_Broschüre-Endfassung_NEU.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Appleyard, Donald (1969): *Why buildings are known.* Online verfügbar unter http://eab.sagepub.com/content/1/2/131.full.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Archdaily (2015): *7 Rules for Designing Safer Cities.* Online verfügbar unter http://www.archdaily.com/771150/7-rules-for-designing-safer-cities (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Argin, Gorsev; Ozbil, Ayse (2015): *Walking to school: The effects of street network configuration and urban design qualities on route selection behaviour of elementary school students.* Online verfügbar unter http://www.sss10.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2015/07/SSS10_Proceedings_118.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

arrb group (2013): *Overview of the four-step transport demand model.* Online verfügbar unter https://www.youtube.com/watch?v=h2rxC-0rZLU (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Berghauser Pont, Meta; Marcus, Lars (2010): *What can typology explain that configuration can not? 10. International Space Syntax Symposium, London.* Online verfügbar unter http://www.sss10.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2015/07/SSS10_Proceedings_043.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Biedermann, Daniel; Kielar, Peter; Handel, Oliver (2014): *Betrachtung der Modellierung und Simulation von Fußgängern im Kontext verschiedener Skalen.* Technische Hochschule München. Online verfügbar unter www.cms.bgu.tum.de/publications/2014_Biedermann_FBI.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Boden, M.; Treiber, M. (2009): *Nutzergleichgewicht oder Systemoptimum - Die systemoptimale Verkehrsumlegung in makroskopischen Verkehrsnetzen,* 22. Verkehrswissenschaftliche Tage, Technische Universität Dresden. Online verfügbar unter https://tu-dresden.de/Members/maik.boden/Papers/VWT2009_Treiber_Boden.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

BR Bayern 2 (2012): *Auf Schritt und Tritt. Erkenntnisse aus der Fußgängerforschung.* Online verfügbar unter http://www.br.de/radio/bayern2/wissen/iq-wissenschaft-und-forschung/gesellschaft/fussgaenger-for-

schung100.html (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Choi, Eunyoung; Koch, Daniel (2015): *Movement and the connectivity of streets: A closer look at route distribution and predestrian density. 10. International Space Syntax Symposium, London.* Online verfügbar unter http://www.sss10.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2015/07/SSS10_Proceedings_065.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Department of Traffic Planning and Engineering, University of Lund, Sweden (1999): *Walcyng. Hot to enhance WALking and CYcliNG instead of shorter car trips and do make these modes safer.* Online verfügbar unter: http://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/docs/walcyng.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

DLR Institute of Transportation Systems (2001): *SUMO - Simulation of Urban MObility.* Online verfügbar unter http://www.dlr.de/ts/en/desktopdefault.aspx/tabid-9883/16931_read-41000/ (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Friedrich, Markus (2005): *Verfahren zur dynamischen Verkehrsumlegung - ein methodischer Überblick.* Online verfügbar unter http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/publication/downloads/200503_Fr_DynUmlg-SVT.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Gehl, Jan (2010): *Cycling as Part of Urban Living. Vortrag.* Online verfügbar unter http://www.ncc-ccn.gc.ca/sites/default/files/pubs/Cycling-as-Part-of-Urban-Living-Jan-Gehl-Presentation-Oct-2010_0.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Gehl, Jan; Kaefer, Lotte Johansen; Reigstad, Solvejg (2006): *Close encounters with buildings.* Online verfügbar unter http://www.gsa.gov/graphics/pbs/JanGehl_UrbanDesign_article.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Gil, Jorge; Stutz, Chris; Chiaradia, Alain (2007) *Confeego: tool set for spatial configuration studies. 6. International Space Syntax Symposium, Istanbul, Türkei.* Online verfügbar unter https://www.academia.edu/454887/Confeego_Tool_Set_for_Spatial_Configuration_Studies (zuletzt geprüft am 07.11.2016)

Jacobs, Jane: *Jane's Walk*. Online verfügbar unter http://janeswalk.org (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Jonathan Rose Companies (2011): *Location Efficiency and Housing Type. Boiling it Down to BTUs.* Online verfügbar unter https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/location_efficiency_btu.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Keltsch, Joachim (1996): *Selbstorganisation von Wegen durch „Active Walkers".* Online verfügbar unter https://www.sg.ethz.ch/users/fschweitzer/until2005/download/Schweitzer%20-%201996%20-%20Selbstorganisation%20von%20Wege-%20und%20Transportsystemen.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Kneidl, Angelika (2013): *Methoden zur Abbildung menschlichen Navigationsverhaltens bei der Modellierung von Fußgängerströmen.* Dissertation. Eingereicht an der Technischen Universität München. Online verfügbar unter https://mediatum.ub.tum.de/doc/1131501/1131501.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Mobilologisch! (1980): *Zeitschrift für Ökologie, Politik & Bewegung*. Online verfügbar unter http://www.mobilogisch.de (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Mobilologisch! (1980): *Zeitschrift für Ökologie, Politik & Bewegung. Fußverkehrskonzepte, die zum Gehen motivieren*. Online verfügbar unter http://www.mobilogisch.de/41-ml/artikel/221-fussverkehrskonzepte-in-staedten.html (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Monteiro, Circe; Cavalcanti, Rafaella (2015): *Spatial profiles of urban segments: Assessing place vulnerability to crime.* 10. International Space Syntax Symposium, London. Online verfügbar unter http://www.sss10.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2015/07/SSS10_Proceedings_136.pdf (zuletzt geprüft am 07.11.2016)

Oasys (2016): *Mass Motion 7.0.* Online verfügbar unter http://www.bimnet.co.uk/documents/BIMnet%20-%20MassMotion.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Nourian, Pirouz; Van der Hoeven, Franklin; Rezvani, Samaneh; Sariylidiz, Sevil (2015) *Easiest paths for walking and cycling: Combining syntactic and geographic analyses in studying walking and cycling mobility.* 10. International Space Syntax Symposium, London. Online verfügbar unter http://www.sss10.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2015/07/SSS10_Proceedings_078.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Park, Hoon-Tae (2015): *The spatio-temporal routine of pedestrian movements in large cities: The case of Seoul.* 10. International Space Syntax Symposium, London. Online verfügbar unter http://www.sss10.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2015/07/SSS10_Proceedings_083.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Raford, Noah (2003): *Looking both ways: Space Syntax for pedestrian exposure forecasting and collision risk analysis.* 4. International Space Syntax Symposium London. Online verfügbar unter http://www.spacesyntax.net/symposia-archive/SSS4/abstracts/51_Raford_abstract.pdf (zuletzt geprüft am 07.11.2016)

Ratti, Carlo; Richens, Paul (2004): *Raster analysis of urban form.* Online verfügbar unter http://senseable.mit.edu/papers/pdf/20040301_Ratti_Richens_RasterAnalysis_EnvironmentPlanning.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Rose, Anna; Schwander, Christian; Czerkauer, Claudia; Davidel, Raluca (2008): *Space Matters – Regelbasiertes Entwerfen: Pattern, Graphentheorie* In: ARCH+ Zeitschrift für Architektur und Städtebau, 189. Online verfügbar unter http://www.archplus.net/home/archiv/artikel/46,2923,1,0.html (zuletzt aufgerufen am 04.12.2016)

Rose, Anna; Schwander, Christian (2011): *City Scans - Die räumliche Syntax Berlins.* In: ARCH+ Zeitschrift für Architektur und Städtebau, 201/202. Online verfügbar unter http://www.archplus.net/home/archiv/artikel/46,3582,1,0.html (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Space Syntax: *Trafalgar Square.* Online verfügbar unter http://www.spacesyntax.com/project/trafalgar-square/ (zuletzt aufgerufen am 04.12.2016)

Sustrans (2006): *Shoppers and how they travel.* Online verfügbar unter http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/Shoppers-and-how-they-travel.pdf (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Süddeutsche Zeitung (2016): *Augsburg führt Bodenampeln für Handynutzer ein.* Online verfügbar unter http://www.sueddeutsche.de/bayern/verkehrssicherheit-augsburg-fuehrt-boden-ampeln-fuer-handynutzer-ein-1.2958002

Süddeutsche Zeitung (2016): *Der Weg zur Erkenntnis* Online verfügbar unter: http://www.sueddeutsche.

de/leben/sinn-und-unsinn-der-weg-zur-erkenntnis-1.3231624

The Guardian (2016): https://www.theguardian.com/cities/2016/jun/01/new-york-city-ban-cars-gridlock-sam-schwartz-manhattan

Unece: *The PEP. Transport, Health and Environment Pan-European Programm.* Online verfügbar unter http://www.unece.org/thepep/en/welcome.html (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Umrisse (2016): *Zeitschrift für Baukultur. Die Mobilitätspyramide. Aktive Mobilität als erste von drei Säulen der Verkehrspolitik.* Online verfügbar unter http://www.umrisse.de/Archiv/umrisse_2016_01.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Van Nes, Akkelies (2003): *A configurative approach to understand pedestrian-based and car-based shopping centres: Configurative studies on Oslo and Eindhoven.* 4. International Space Syntax Symposium London. Online verfügbar unter http://www.spacesyntax.net/symposia-archive/SSS4/fullpapers/78Van-Nespaper.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.11.2016)

Vaughan, Laura; (2001): *Space Syntax Oversvation Manual.* Online verfügbar unter https://www.jiscmail.ac.uk/cgi-bin/webadmin?A3=ind1201&L=SPACESYNTAX&E=base64&P=2388104&B=--_004_0FFB-2C7363F57B49876C02340A6CF5900104E93CAMSPRD0104MB123_&T=application%2Fpdf;%20name=%22Observation_manual.PDF.pdf%22&N=Observation_manual.PDF.pdf&attachment=q&XSS=3observation_manual (zuletzt aufgerufen am 28.11.2016)

Weltgesundheitsorganisation (2016): S*trategie der Europäischen Region der WHO zur Bewegungsförderung.* Online verfügbar unter http://www.euro.who.int/de/about-us/governance/regional-committee-for-europe/past-sessions/65th-session/documentation/working-documents/eurrc659-physical-activity-strategy-for-the-who-european-region-20162025 (zuletzt aufgerufen am 04.11.2016)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Knoflacher, Hermann. *Langsame Evolution zum Menschen – rasche Degeneration*. In *Zur Harmonie von Stadt und Verkehr – Freiheit vom Zwang zum Autofahren, S. 119.* Wien/Köln/Weimar: BöhlauWien, 1996.

Abb. 3: Knoflacher, Hermann. *Übersicht über die Verteilung der Verkehrszwecke.* In *Fußgeher- und Fahrradverkehr – Planungsprinzipien, S. 75*. Wien/Köln/Weimar: BöhlauWien, 1995. (Aus *Hautzinger, H. und Kessel, P.,* 1977)

Abb. 4: Knoflacher, Hermann. *Vergleich maschinenorientierter Mechanismus – menschenorientierte Planung.* In *Fußgeher- und Fahrradverkehr – Planungsprinzipien, S. 21*. Wien/Köln/Weimar: BöhlauWien, 1995.

Abb. 5: Knoflacher, Hermann. *Entdeckungen formaler Strukturen in „unorganisch gewachsenen Siedlungen".* In *Fußgeher- und Fahrradverkehr – Planungsprinzipien, S. 171*. Wien/Köln/Weimar: BöhlauWien, 1995.

Abb. 6/7: Bode, Peter M./ Hamberger, Sylvia/Zägnl, Wolfgang *Am Auto führen viele Wege vorbei* In *Alptraum Auto – Eine hundertjährige Erfindung und ihre Folgen,* S. 112.f München: Raben, 1986.

Abb. 8: Gehl, Jan. *Übergänge – Wo Gebäude und Stadt sich treffen.* In *Städte für Menschen, S. 94*. Berlin: Jovis, 2015.

Abb. 9: Gehl, Jan/Svarre, Birgitte. *Lifestyle Diseases.* In *How to Study Publice Life... Methods in Urban Design, S. 46*. Washington/Covelo/London: Island Press, 2013.

Abb. 10: AGFK Bayern, nach Sustrans. *on Einzelhändlern geschätzte (in Klammern) und tatsächliche Verkehrsmittelwahl der Einzelhandelskunden in Graz.* In „WirtschaftsRad", Online verfügbar unter: http://www.agfk-bayern.de/dokumente.html

Abb. 11: GoogleMaps. *Luftbild Nürnberg Wöhrder Talübergang, bearbeiter*. Online verfügbar unter: https://www.google.de/maps/@49.4505356,11.0946309,828m/data=!3m1!1e3. (aufgerufen am 03.12.2016)

Abb. 22: Kipke, Harald. *Verkehrsmodellbildung und -Simulation.* Nürnberg: Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

Abb. 24: Paliou, Eleftheria/Lieberwirth, Undine/Polla, Silvia. *Space is intrinsic to human activity, not a background to it.* In *Spatial Analysis and Social Spaces – Interdisciplinary Approaches to the Interpretation of prehistoric and historic Built Environments, S. 20*. Berlin/Boston: De Gruyter, 2014.

Abb. 25: Paliou, Eleftheria/Lieberwirth, Undine/Polla, Silvia. *Space types in the graph of a French farmhouse.* In *Spatial Analysis and Social Spaces – Interdisciplinary Approaches to the Interpretation of prehistoric and historic Built Environments, S. 25*. Berlin/Boston: De Gruyter, 2014. (Aus *Hiller*. 1987)

Abb. 27-30: Tim Stonor, *Space Syntax: Trafalgar Square.* Online verfügbar unter http://www.spacesyntax.com/project/trafalgar-square/ (zuletzt aufgerufen am 04.12.2016)

Abb. 58: GoogleMaps. *Luftbild Nürnberg Bärenschanze, bearbeitet*. Online verfügbar unter: https://www.google.de/maps/@49.4514999,11.0503478,751m/data=!3m1!1e3 (aufgerufen am 03.12.2016)

9 Danksagungen

Abschließend kann gesagt werden, dass die Möglichkeit der vorlaufenden Projektförderung über TH-Mittel als Starthilfe für neue, eigenfinanzierte aFuE-Projekte einen idealen Nährboden für die Freiheit der Forschung in Kombination mit Lehrforschung bietet. Wir danken dem Ausschuss ZWTT für die Wahl unseres Projektes.

Ganz besonderer Dank gebührt Jennifer Botzki, Studentin im Masterstudium Architektur. Ohne ihren klaren, analytischen Verstand, ihre organisatorischen Fähigkeiten und ihre intellektuelle Begabung wäre eine Sortierung unserer Gedanken mit Wurzeln in der Architektur, dem Städtebau und dem Verkehrswissenschaften nicht möglich gewesen. Danke auch an Sophie Hellmann, Kai Gebhardt, Victoria Konuk und Sven Vorliczky, alles Studierende Im Masterstudium Architektur sowie an Stefan Harrer, Student im Bachelorstudium Bauingenieurswesen.

Nicht zuletzt möchten wir Studierende uns bei den Initiatoren dieser Vorlaufforschung, Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Ingrid Burgstaller, Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke und Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Gunnar Tausch, bedanken. Ihr habt uns im Rahmen dieses Projektes die Möglichkeit gegeben, unser gesammeltes Wissen aus vorangegangenen Lehrveranstaltungen zu stärken und zu vertiefen.

Ferner möchten wir uns bei Patrick Schwenteck, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verkehrswesen für seine tatkräftige Unterstützung und als Ansprechpartner für alle Fragen rund um PTV Visum, Michael Pfisterer für die stetige konstruktive Beratung auf dem Bereich der digitalen Medien und bei Marion Weißmann für ihren unermüdlichen Einsatz in Sachen Organisation bedanken.

Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Ingrid Burgstaller
Fakultät Architektur, Technische Hochschule Nürnberg

Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Gunnar Tausch
Fakultät Architektur, Technische Hochschule Nürnberg

Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke
Fakultät Bauingenieurwesen, Technische Hochschule Nürnberg

Cand. M.A., B.A. Kai Gebhardt
Fakultät Architektur, Technische Hochschule Nürnberg

Cand. M.A., B.A. Jennifer Botzki
Fakultät Architektur, Technische Hochschule Nürnberg

Cand. B.Eng. Stefan Harrer
Fakultät Bauingenieurwesen, Technische Hochschule Nürnberg

Cand. M.A., B.A. Sophie Hellmann
Fakultät Architektur, Technische Hochschule Nürnberg

Cand. M.A., B.A. Victoria Konuk
Fakultät Architektur, Technische Hochschule Nürnberg

Cand. M.A., B.A. Sven Vorliczky
Fakultät Architektur, Technische Hochschule Nürnberg

Impressum

Herausgeber:
Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Ingrid Burgstaller
Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Gunnar Tausch
Cand. M.A., B.A. Jennifer Botzki

Fakultät Architektur,
Bahnhofstraße 90, 90402 Nürnberg
Tel. 0911 5880 2100

Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke

Fakultät Bauingenieurwesen,
Nueremberg Campus Of Technology
Intelligente Verkehrsplanung,
Kesslerplatz 12, 90489 Nürnberg
Tel. 0911 5880 1418

Studentische Hilfskräfte:

Cand. M.A., B.A. Kai Gebhardt
Cand. M.A., B.A. Sophie Hellmann
Cand. M.A., B.A. Victoria Konuk
Cand. M.A., B.A. Sven Vorliczky
Cand. B.Eng. Stefan Harrer

Nürnberg, im Dezember 2016

TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
GEORG SIMON OHM

Redaktion:
Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Ingrid Burgstaller
Prof. M.Sc. Dipl.-Ing. Gunnar Tausch
Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke
Cand. M.A., B.A. Jennifer Botzki

Beratung:
M.Eng. Patrick Schwenteck
Dipl.-Ing. (FH) Michael Pfisterer
Dipl.-Ing. (FH) Katharina Martin
M.Sc. Dipl.-Ing. Christian Schwander
Marion Weißmann

Layout:
Cand. M.A., B.A. Kai Gebhardt

Druck:
Wir machen Druck, Backnang
Auflage 50 Exemplare