

# Nachhaltiger Konsum in Berlin

Raumbezogene Analyse und Visualisierung des nachhaltigen Konsums in Berlin anhand ausgewählter Indikatoren.

Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte (748446)

Betreuer: Prof. Dr. Jürgen Schweikart

Vorgelegt im Masterstudiengang Geodäsie und Kartographie

der Beuth Hochschule für Technik Berlin

in Kooperation mit der Technischen Universität Berlin



Berlin, April 2009

## Vorwort

Diese Arbeit entstand im Fachbereich III an der Beuth Hochschule für Technik Berlin in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Technik und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin.

Mein besonderer Dank gilt daher an dieser Stelle:

Prof. Dr. Jürgen Schweikart, meinem Professor, Dekan und Betreuer, für die Unterstützung beim Anfertigen dieser Master-Thesis.

Dr. Adina Herde, für die Möglichkeit an diesem Projekt der TU Berlin mitzuwirken und die durchweg engagierte und kompetente Zusammenarbeit.

M.Sc. Jonas Pieper und Dipl. Geogr. Ronny Poppschötz den beiden Mitarbeitern der Beuth Hochschule für Technik, die mir Allzeit kompetente Hilfe gewährten und maßgeblich zur inhaltlichen Qualitätssicherung beigetragen haben.

Des Weiteren danke ich:

Oliver Bodenhaupt, der mit seiner unglaublichen Konzentrationsfähigkeit für die grammatische Richtigkeit sorgte und mich mit Kommentaren wie „Satz ist defekt!“ und „Satzbau: leserfeindlich“ zur Überarbeitung antrieb und dabei mit genial komischen Kommentaren jede Korrektur zu einer Freude machte.

Meiner Familie, die mich während meines gesamten Studiums in jeder Hinsicht unterstützt und gefördert hat.

Allen Kollegen von der Beuth Hochschule und der Technischen Universität, für die gute Zusammenarbeit.

## Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Die wörtlich oder inhaltlich den im Literaturverzeichnis aufgeführten Quellen und Hilfsmitteln entnommenen Stellen sind in der Arbeit als Zitat bzw. Paraphrase kenntlich gemacht.

Diese Masterarbeit ist noch nicht veröffentlicht worden. Sie ist somit weder anderen Interessenten zugänglich gemacht, noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

Berlin, 15. April 2009

## Kurzfassung

Im Rahmen eines Projektes der Technischen Universität Berlin sollte erforscht werden, ob bestimmte Lebensereignisse zur Umstellung auf nachhaltige Konsummuster führen. Zu diesem Zweck war es nötig im Rahmen eines Infrastrukturatlas für nachhaltigen Konsum Stadtgebiete zu identifizieren die ein hohes Potenzial für nachhaltigen Konsum aufweisen. Um diesem Ziel gerecht zu werden, wurden Indikatoren diskutiert und ausgewählt, sowie GIS-Analysemethoden entwickelt um das Potenzial zu quantifizieren. Dabei wurden geeignete Methoden und auch ungeeignet identifiziert. Trotz teilweise unzureichender Datengrundlagen konnten zumindest Analysemethoden, die auch auf andere Städte anwendbar sind, entwickelt und angewendet werden um Auswertungsergebnisse zu produzieren, die der Technischen Universität helfen das Projekt durchzuführen. Diese zeigten räumliche Disparitäten auf und ein besonders hohes Potenzial zu nachhaltigem Konsum, das sich in der Innenstadt konzentriert. Es zeigten sich außerdem Möglichkeiten für eine Erweiterung der Indikatorenssets und Analysen.

## Abstract

The Technical University of Berlin launched a project to explore the possible correlation between certain lifetime events and the change of habits towards a more sustainable way of living. In order to realise this project it was necessary to first identify those areas of a city that present a high potential for sustainable consumption, with the help of an infrastructural atlas. Various indicators were discussed and finally selected. GIS methods of analysis were developed to quantify the above mentioned potential. Amongst those methods of analysis were some, which deliver adequate results and those who were regarded as insufficient.

Despite the fact the data base was incomplete, it was possible to develop methods of analysis, which can also be used for other cities and which are able to provide useful results, which in turn will enable the Technical University of Berlin to realise this project. The Analysis showed spatial disparities and an extraordinarily high potential for sustainable consumption especially in the inner city area. In addition to this, possibilities show up to enhance the set of indicators, as well as analysis.

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	I
Ehrenwörtliche Erklärung.....	II
Kurzfassung .....	III
Abstract .....	III
Inhaltsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	X
Abkürzungsverzeichnis.....	XI
1 Einleitung.....	12
1.1 Problemstellung.....	13
1.2 Zielsetzung.....	14
1.3 Methodischer Ansatz und Aufbau der Arbeit.....	14
2 Umgebungsvariablen.....	16
2.1 Nachhaltiger Konsum .....	16
2.2 Das Projekt LifeEvents.....	17
2.3 Die Konsumfelder der Untersuchung .....	18
2.4 Berliner Infrastrukturatlas .....	18
2.5 Raumsegmentierung auf der Ebene der lebensweltlich orientierten Räume.....	19
2.5.1 Bisherige Raumeinheiten und ihre Nachteile .....	19
2.5.2 Lebensweltlich orientierte Räume .....	20
2.5.3 Vorteil der Planungsräume am Beispiel Frankfurter Allee .....	22
3 Indikatorenwahl für die Analysen .....	23
3.1 Indikatoren und Indikatorensysteme .....	23
3.2 Bestehende Nachhaltigkeitsindikatoren.....	24
3.3 Indikatoren: Vorschlag von LifeEvents.....	26
3.4 Diskussion zur Wahl der Indikatoren .....	27
3.4.1 Indikatoren im Konsumfeld Ernährung .....	28
3.4.2 Indikatoren im Konsumfeld Mobilität.....	30
3.5 Zusammenfassung.....	33
4 Methodentheorie der GIS-Analyse .....	35
4.1 Die Fragestellungen .....	36
4.2 Grundsätzliche Analyse- und GIS-Methoden .....	37

4.2.1	Räumliche Beziehung.....	37
4.2.2	Zentroide.....	38
4.3	Frage nach dem Zugang.....	39
4.3.1	Erreichbarkeit und Einzugsbereich.....	39
4.3.1.1	Einzugsbereich .....	39
4.3.1.2	Erreichbarkeit.....	40
4.3.1.3	Differenzierung Erreichbarkeit und Einzugsbereich.....	40
4.3.2	Methoden zur Ermittlung des Einzugsbereiches .....	41
4.3.3	Methoden zur Erreichbarkeit .....	41
4.3.3.1	Methoden auf Basis theoretischer Gesetzmäßigkeiten.....	42
4.3.3.2	Methoden auf Basis von Erfahrungswerten.....	42
4.3.4	Netzwerkanalyse und Isochronen.....	44
4.3.5	Problem der heterogenen Verteilung der Bevölkerung .....	46
4.3.6	Fazit zur Methodik der Frage nach dem Zugang .....	47
4.4	Frage nach der Dichte.....	47
4.4.1	Kontinuierliche Flächen zur Überwindung administrativer Grenzen .....	47
4.4.2	Kernel-Density.....	49
4.4.3	Simple Density .....	51
4.4.4	Abwägung Simple- oder Kernel-Density.....	51
4.4.5	Verbesserung der Dichte durch Eliminierung unbewohnter Bereiche .....	52
4.4.6	Alternative Wege zur Dichteermittlung.....	53
4.4.7	Fazit zur Methodik der Frage nach der Dichte .....	53
4.5	Frage nach dem Anteil.....	53
4.6	Fazit der Analyse-Methoden .....	54
5	Datenvorbereitung und Speicherung .....	55
5.1	Datenbasis.....	55
5.1.1	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg .....	55
5.1.2	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin .....	56
5.1.3	Berliner Verkehrsbetriebe .....	58
5.1.4	Technische Universität Berlin .....	58
5.2	Validität der Daten .....	59
5.2.1	Validität der Straßendaten des Amtes für Statistik .....	59
5.2.2	Validität der ISA-Daten der TU Berlin .....	61
5.2.3	Validität der Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung .....	62
5.3	Aufbereitung der Daten .....	63
5.3.1	Barrierefreie Bahnhöfe (SenStadt) .....	63

5.3.2	Bio-Fachgeschäfte (TU Berlin).....	63
5.3.3	Carsharing-Stationen und Geschwindigkeitsnetz (SenStadt) .....	63
5.3.4	Haltestellen (Bus, Tram, Fähre) und Stationen (S- und U-Bahn) (BVG) .....	64
5.3.5	Blöcke und Blockzentroide (Amt für Statistik) .....	65
5.3.6	Geometrien und Statistiken der Planungsräume (SenStadt) .....	66
5.3.7	Radwege (SenStadt).....	67
5.3.8	Straßennetz (Amt für Statistik) .....	67
5.3.9	Maske unbewohnter Blöcke.....	68
5.4	Projektion .....	68
5.5	Datenspeicherung.....	69
5.5.1	Personal Geodatabase (.mdb) .....	69
5.5.2	File Geodatabase (.gdb).....	70
5.5.3	ArcSDE Geodatabase .....	70
5.5.4	Wahl des Geodatenbanktyps und Begründung .....	70
5.5.5	Struktur und Aufbau der Geodatenbank .....	71
5.6	Metadaten .....	71
5.6.1	Essenzielle Metainformationen und ISO 19115 .....	71
5.6.2	Metadatenkodierung in ArcGIS .....	73
6	Anwendung der Analysen .....	74
6.1	Vorüberlegungen .....	74
6.1.1	Geschwindigkeiten und Regeln im Netzwerk .....	74
6.1.2	Distanzabgrenzungen.....	74
6.1.3	Isochronen und durchschnittliche Erreichbarkeit.....	75
6.1.4	Gewichtung der Bevölkerung .....	75
6.2	Anwendung.....	76
6.2.1	Erreichbarkeit .....	76
6.2.1.1	Isochronen basierte Erreichbarkeit für Bevölkerungsteile .....	76
6.2.1.2	Durchschnittliche Erreichbarkeit .....	80
6.2.2	Dichteanalyse .....	83
6.2.3	Anteilsanalyse .....	85
7	Visualisierung .....	87
7.1	Zielgruppe.....	87
7.2	Kartentyp .....	88
7.3	Klassenbildung .....	88
7.3.1	Klassenbildung Erreichbarkeit (Minuten).....	89
7.3.2	Klassenbildung Erreichbarkeit (Prozent) .....	89

7.3.3	Klassenbildung Dichte .....	90
7.3.4	Klassenbildung Anteil.....	90
7.4	Farben.....	90
7.4.1	Layoutfarben .....	90
7.4.2	Kartenfarben.....	90
7.5	Dekorbalken .....	91
7.6	Inhaltlicher Aufbau.....	91
7.7	Kartenrandangaben.....	93
7.8	Beschriftung .....	94
7.9	Zusatzinformationen.....	94
8	Ergebnisdiskussion.....	95
8.1	Auswertung des Potenzials zu nachhaltigem Konsum.....	95
8.2	Isochronen- kontra Durchschnittserreichbarkeit.....	97
8.3	Einwohnergewichtung.....	98
8.4	Dichte- kontra Erreichbarkeitsanalyse .....	99
8.5	Alternativen zu den Zentroiden.....	99
8.6	Nachteile der Visualisierung.....	100
8.7	Validität der Ergebnisse.....	101
8.8	Betrachtung der Hypothesen und Zielsetzungen .....	102
9	Zusammenfassung, Fazit und Ausblick.....	104
9.1	Zusammenfassung.....	104
9.2	Fazit .....	105
9.3	Ausblick.....	106
	Literaturverzeichnis.....	107
	Anhang.....	111

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	RBS-Räume (JAHN ET AL. 2006, S.5) .....	20
Abb. 2-2:	Lebensweltlich orientierte Räume (LOR) Berlins.....	21
Abb. 2-3:	Planungsräume (farbige Flächen) und Verkehrszellen (schwarze Linien) .....	22
Abb. 3-1:	Einzugsbereich aller ISA-Standorte (rot) und der Bio-Fachgeschäfte (grün) .....	29
Abb. 4-1:	Feature to Point (ESRI 2008) .....	38
Abb. 4-2:	Model der Entstehung eines Einzugsbereiches .....	39
Abb. 4-3:	Modell eines Einzugsbereichs (links) und der Erreichbarkeit (rechts) .....	40
Abb. 4-4:	Entstehung des Einzugsbereichs durch Erreichbarkeit, beeinflusst durch Infrastruktur und Barrieren. ....	41
Abb. 4-5:	Kreismethode.....	43
Abb. 4-6:	Geh-Minuten-Zonen-Methode.....	43
Abb. 4-7:	Thiessen-Polygone.....	44
Abb. 4-8:	Ermittlung eines Einzugsbereichs über eine definierte Strecke auf dem Netzwerk.....	45
Abb. 4-9:	Raum-Zeit-Kegel (nach O'SULLIVAN ET AL. 2000).....	45
Abb. 4-10:	Dichte in Abhängigkeit von der administrative Lage .....	48
Abb. 4-11:	KDE – Dichte als kontinuierliche Rasterfläche.....	50
Abb. 4-12:	Rasterdaten durch Kernel-Density am Beispiel Haltestellen .....	51
Abb. 4-13:	SDE – kontinuierliches Dichteraster.....	51
Abb. 4-14:	Dichteraster aus Simpel- (links) und Kernel-Density (rechts) .....	52
Abb. 5-1:	Basisdatensatz der Blöcke .....	56
Abb. 5-2:	Basisdatensatz des Verkehrsnetzes.....	56
Abb. 5-3:	Carsharing Punkte (links), barrierefreie Bahnhöfe (rechts) .....	57
Abb. 5-4:	Radwegenetz .....	57
Abb. 5-5:	Planungsräume .....	58
Abb. 5-6:	Geschwindigkeitsnetz.....	58
Abb. 5-7:	Ludolfingerplatz, Standortverschiebung (links), Fehlerisochrone (rechts) .....	60
Abb. 5-8:	Visuelle Überprüfung des Ludolfingerplatzes (Google Maps 2008) .....	60
Abb. 5-9:	Lage des Viv-BioFrischeMarktes Schönhauser Allee 10 in Google Earth .....	61
Abb. 5-10:	Bahnhöfe der BVG (grün) und die barrierefreien der SenStadt (rot).....	62
Abb. 5-11:	Straßen- (orange), Tempo- (lila), und Radwegenetz (grün) .....	62
Abb. 5-12:	Standorte der Bus-, Tram- und Fährenhaltestellen nach der Geocodierung.....	64
Abb. 5-13:	Standorte der U- und S-Bahnstationen nach der Geocodierung.....	64
Abb. 5-14:	Zentroid außerhalb des Blocks .....	65
Abb. 5-15:	Block in zwei Planungsräumen (gelb) und defekter Block .....	65

Abb. 5-16:	Summarize (ESRI 2008) .....	66
Abb. 5-17:	Maske für Berlin bestehend aus den bewohnten Flächen .....	68
Abb. 6-1:	Gehminuten der Einzugsbereiche.....	74
Abb. 6-2:	Zusammengefasste Einzugsbereiche (links: generalisiert, rechts: detailliert) ....	77
Abb. 6-3:	Separate Einzugsbereiche (links: generalisiert, rechts: detailliert) .....	77
Abb. 6-4:	282 Isochronen für 94 Standorte .....	78
Abb. 6-5:	Säuberung der 5-Minuten-Isochrone (Links: vorher und Rechts: nachher) .....	79
Abb. 6-6:	Identity-Prozess Ablauf (ESRI 2008) .....	79
Abb. 6-7:	Mitte: Zentroiden (schwarze Punkte), Isochronen (grün, gelb, rot) in den Planungsräumen (grau) .....	79
Abb. 6-8:	Anteil der Einwohner eines Planungsraumes, die ein Bio-Fachgeschäft innerhalb bestimmter 10-Gehminuten erreichen .....	80
Abb. 6-9:	Bereich Torstraße: Bio-Fachgeschäft (grüner Punkt), Blockzentroide (rotes Dreieck), Straßennetz (orange), Routen (rot), Planungsraum- bzw. Bezirksgrenzen (grau bzw. schwarz).....	81
Abb. 6-10:	Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß benötigt .....	82
Abb. 6-11:	Kernel-Density S- und U-Bahn (links) und Bus, Tram und Fähren (rechts).....	83
Abb. 6-12:	Dichtewerte, bewohnte Gebiete .....	84
Abb. 6-13:	Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß zu Bus, Tram oder Fähre benötigt .....	85
Abb. 6-14:	Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß zur S- und U-Bahn benötigt .....	85
Abb. 6-15:	Radwegenetz (Rot) im Gesamtnetz (Orange).....	85
Abb. 6-16:	Intersect-Prozess Ablauf (Quelle: ESRI 2008) .....	85
Abb. 6-17:	Geschwindigkeiten: 30 (Grün), 31-60 (Orange) und über 61km/h (Rot) .....	86
Abb. 6-18:	Anteil an der Gesamtstruktur .....	86
Abb. 7-1:	Erste Sichtebeine (Überblick) .....	92
Abb. 7-2:	Zweite Sichtebeine (Detail, Gesamtheit).....	92
Abb. 7-3:	Dritte Sichtebeine (Detail, gezielte Information) .....	93
Abb. 8-1:	Erreichbarkeit Bus, Tram und Fähre (links) und Bio-Fachgeschäfte (rechts).....	95
Abb. 8-3:	Erreichbarkeit von S- und U-Bahn- (links) und barrierefreien Stationen (rechts).....	96
Abb. 8-2:	Erreichbarkeit von Carsharing-Stationen.....	96
Abb. 8-4:	Anteil der Radwege (links) und der Tempo-30-Straßen (rechts).....	97
Abb. 8-5:	5-Minuten-Isochronen (links) und durchschnittliche Erreichbarkeit (rechts)....	98
Abb. 8-6:	S- und U-Bahn-Erreichbarkeit ungewichtet (links) und einwohnergewichtet (rechts).....	99
Abb. 8-7:	Visualisierung von für den Nutzer nicht plausiblen Ergebnissen .....	100

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	LOR-Raumeinheiten .....	20
Tab. 2-2:	Codierung der LOR am Beispiel des Planungsraums Leopoldplatz.....	21
Tab. 3-1:	Indikatoren der Commission on Sustainable Development (CSD) .....	25
Tab. 3-2:	Indikatoren der Deutsche Umwelthilfe (DUH) .....	25
Tab. 3-3:	Indikatoren der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.....	25
Tab. 3-4:	Vorgeschlagene Indikatoren (Ernährung) und die Verwendeten.....	26
Tab. 3-5:	Vorgeschlagene Indikatoren (Mobilität) und die Verwendeten .....	26
Tab. 3-6:	Ausgewählte Indikatoren für nachhaltigen Konsum .....	33
Tab. 5-1:	Daten vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg.....	55
Tab. 5-2:	Beispiele der statistischen Daten der Einwohner .....	56
Tab. 5-3:	Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.....	57
Tab. 5-4:	Beispiel der BVG-Haltestellendaten 2 .....	58
Tab. 5-5:	Beispiel der BVG-Haltestellendaten .....	58
Tab. 5-6:	Daten vom der Technischen Universität Berlin .....	58
Tab. 5-7:	Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin.....	72
Tab. 6-1:	Durchgeführte Analysen.....	76

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
API	application programming interface
Bhf.	Bahnhof
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
CO <sup>2</sup>	Kohlenstoffdioxid
CSD	Commission on Sustainable Development
DBF	DataBaseFiles
DBMS	Datenbankmanagementsystem
d. h.	das heißt
DHDN	Deutsches Hauptdreiecksnetz
DPSP	Driving Force-Pressure-State-Response
Dr.	Doktor
DUH	Deutsche Umwelthilfe
Ebd.	eben da
ESRI	Environmental Systems Research Institute
e.V.	eingetragener Verein
et al.	et alii
etc.	et cetera
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
FGDB	File Geodatabase
FGDC	Federal Geographic Data Committee
FÖL	Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau Berlin Brandenburg e.V.
GDI	Geodateninfrastruktur
GIS	Geo-Informationssystem(e)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HAFAS	HaCon Fahrplan-Auskunfts-System
IDW	Inverse distance weighting
ISA	Infrastrukturatlas
ISO	International Organization for Standardization
KDE	Kernel-Density-Estimation
LOR	Lebensweltlich orientierte Räume
Min.	Minute(n)
OGC	Open Geospatial Consortium
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PGDB	Personal Geodatabase
PSR	Pressure-State-Response
RBS	Regionales Bezugssystem
S.	Seite
SDE	Simple-Density-Estimation
SenStadt	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
SÖF	Sozial-ökologische Forschung
sog.	sogenannt
Tab.	Tabelle
TU	Technische Universität
u.a.	und andere(m/s)
usw.	und so weiter
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
vgl.	vergleiche
XML	Extensible Markup Language
z. B.	zum Beispiel

## 1 Einleitung

„Bevorzugtes Thema der Umweltpsychologie ist die Abhängigkeit des menschlichen Verhaltens von der physischen Umgebung, die durch Wohnungen, Büros, Schulen, Geschäften und Verkehrsmittel geschaffen wird.“ (BECKER & MÜLLER 2006, S. 4).

Diese Aussage von Werner Kroeber-Riel, einem renommierten deutschen Konsum- und Verhaltensforscher, bringt das Verhalten und das geografisch-räumliche Lebensumfeld, in dem Menschen leben, miteinander in Zusammenhang. Somit hängt auch die Möglichkeit, sein Leben auf nachhaltige Konsummuster umzustellen, vom räumlichen Potenzial ab, das das Lebensumfeld bietet. Auch Dr. Dr. Schäfer schreibt, dass „[...] das individuelle Konsumverhalten in seinen Kontext eingebettet ist und sowohl von der Versorgungsstruktur als auch dem sozialen Umfeld geprägt wird“ (SCHÄFER, S. 12).

Die Presse beispielsweise entdeckte 2004 das Phänomen „Babyboom im Prenzlauer Berg“. In diesem Berliner Stadtteil glaubt man einen Zusammenhang zwischen der überdurchschnittlich hohen Geburtenrate und den bestehenden Möglichkeiten für den Konsum von Bio-Produkten festgestellt zu haben (KÜHL 2004). Ob dabei das Umfeld die „jungen Akademiker-Familien“ (BADENSCHIER 2007) anzieht oder ob diese wiederum die Bioläden und Spielzeuggeschäfte in die „Familienhochburg“ (EBD.) locken, bleibt offen. Jedoch ist dabei vermutlich eher von einer Wechselwirkung auszugehen, die zu einer räumlichen Nähe führt. In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der sozial-ökologischen Forschung finanzierten Forschungsprojekt Lebensereignisse als Gelegenheitsfenster für eine Umstellung auf nachhaltige Konsummuster (Kurztitel: LifeEvents) beschäftigen sich Sozialwissenschaftler der Technischen Universität Berlin (TU) und der Fachhochschule Bielefeld mit der Veränderung der Konsumgewohnheiten durch Lebensereignisse. Ihr Ansatz ist dabei, dass viele Menschen ihr Konsumverhalten grundsätzlich in Richtung Nachhaltigkeit verändern wollen, die weitreichende Veränderung von Routinen aber meist erst durch einen biografischen Umbruch angestoßen wird (HERDE & SCHÄFER 2006). Die Hypothese, dass „die Wirkungen von Lebensereignissen und von Interventionen [...] in den Bevölkerungsgruppen höher sind, die in einem Umfeld mit förderlichen infrastrukturellen und sozialen Bedingungen leben“ (SCHÄFER, S. 22), bedarf jedoch einer raumbezogenen Analyse des Umfeldes.

Die Überprüfung räumlicher Zusammenhänge und die Feststellung des Potenzials für nachhaltigen Konsum in den Feldern Ernährung und Mobilität, wie sie womöglich z. B. in Prenzlauer Berg existieren, bedürfen einer genaueren raumbezogenen Analyse von ganz Berlin

mit Hilfe von Geoinformationssystemen. Die Möglichkeiten, die Geoinformationssysteme für derartige Analysen bieten, sollen mit dieser Arbeit aufgezeigt werden und die Erstellung eines Berliner Infrastrukturatlas für nachhaltigen Konsum unterstützen. Dieser soll die räumlichen Bedingungen für nachhaltigen Konsum in Berlin abbilden.

## 1.1 Problemstellung

Die Mehrzahl von Studien sehen einen Zusammenhang zwischen ökologischem Denken und Bildung (vgl. HERDE 2007, S. 38) jedoch gibt es auch die Meinung, dass vielmehr Lebensstil und Konsummuster miteinander verbunden sind (vgl. MFSuW-NRW 2006, S. 46). Das Projekt untersucht zwar Lebensphasen, nicht Lebensstile, aber letztere scheinen dennoch relevant. So nennt Lange (1997, zitiert in MFSuW-NRW 2006, S. 47) drei Typen: Den kleinbürgerlichen Lebensstil, den hedonistischen und den sozial, politisch und ökologisch orientierten Lebensstil. Letzterer setzt sich aktiv für Hilfsbedürftige ein, ist eher politisch aktiv, legt Wert auf gesundes und umweltbewusstes Leben, gibt viel Geld für Kultur aus und hat eine leichte Tendenz zur besseren Schulbildung (EBD.). Diese Gruppe bevorzugt auch ein bestimmtes Umfeld, dass das Potenzial aufweist, ihre Ansprüche zu befriedigen. Es bestehen individuelle Annahmen über die Möglichkeiten, die bestimmte Stadtteile aufweisen. Die analytische, raumbezogene Feststellung des vorhandenen Potenzials für nachhaltige Konsummuster in den Feldern Ernährung und Mobilität steht in Berlin jedoch noch aus. Das Problem besteht hierbei in der Wahl und Anwendung der Analysemethoden und Indikatoren der einzelnen Felder. Aus einem breiten Spektrum an verfügbaren Analysemöglichkeiten und den vorhandenen Informationen über Indikatoren müssen die zu Anwendung kommenden sorgfältig ausgewählt werden. Daher werden folgende Hypothesen formuliert:

### Hypothese 1

„Geoinformationssysteme mit ihren verschiedenen Analysemöglichkeiten können dazu eingesetzt werden, Potenziale für die Felder nachhaltige Ernährung und nachhaltige Mobilität in Berlin zu quantifizieren.“

### Hypothese 2

„Die Berliner Planungsräume weisen hinsichtlich der Ausstattung in den Konsumfeldern nachhaltige Ernährung und nachhaltige Mobilität Disparitäten auf, die mit unterschiedlichen Analysemethoden unterschiedlich gut aufgezeigt werden können.“

Darüber hinaus müssen die Analysenergebnisse zur Unterstützung der Arbeit des Forschungsprojektes LifeEvents anschaulich und kartographisch visualisiert werden, um dem Ziel der Erstellung eines Berliner Infrastrukturatlases für nachhaltigen Konsum gerecht zu werden.

## 1.2 Zielsetzung

Der theoretische Teil der Master-Thesis spiegelt sich in Hypothese 1 wider. Es soll aufgezeigt werden, dass GIS-Analysen im Anwendungsbereich der Untersuchung des Potenzials für nachhaltigen Konsum sinnvoll und vielseitig eingesetzt werden können und es möglich ist, ein adäquates Modell und eine möglichst realistische Einschätzung des vorhandenen Potenzials in Berlin zu erhalten.

Die kleinräumige Analyse bzw. deren Ergebnisse aus Hypothese 2 dienen dabei jedoch nur der Unterstützung des Teams der Technischen Universität und seiner Untersuchungen im Rahmen des Projekts LifeEvents und der Erstellung des Infrastrukturatlases. Zusätzlich werden folgende Ziele für die Arbeit formuliert:

- 1) Darlegung des Projektes LifeEvents, des Begriffs nachhaltiger Konsum und Erläuterung der Planungsräume als Darstellungsebene des Regionalen Bezugssystems (RBS)
- 2) Indikatorendiskussion und -auswahl für die Demonstration der Analysen zur Ermittlung des Potenzials für die Felder Ernährung und Mobilität im kleinräumigen Maßstab
- 3) Diskussion, Entwicklung und Anwendung von GIS-Methoden zur Ermittlung des Potenzials von nachhaltigem Konsum in Berlin
- 4) Entwicklung eines Ablage- bzw. Speichersystems für die Ergebnisse und Geodaten, um eine unproblematische externe Nutzung durch spätere Bearbeiter zu ermöglichen
- 5) Entwicklung und Anwendung einer adäquaten Darstellung der Ergebnisse in Form einer Kartensammlung für den „Berliner Infrastrukturatlas für nachhaltigen Konsum“

Es ist anzumerken, dass im Vordergrund die Analysemethoden stehen und es nicht Ziel ist, das Potenzial in allen Feldern und Details zu beschreiben, da dies aufgrund der Datenlage und der Fragestellung von LifeEvents nur bedingt möglich ist.

## 1.3 Methodischer Ansatz und Aufbau der Arbeit

In Kapitel Zwei werden die Rahmenbedingungen für die Arbeit dargestellt (Projekt LifeEvents, Definition von nachhaltigem Konsum und Aggregationsebene der Analysen). Die Wahl der Indikatoren wird im dritten Kapitel besprochen. Um eine fundierte Auswahl aus verschiedenen Analyseverfahren zu wählen, die geeignet sind, die Fragestellung zu lösen, bedarf

es einer Betrachtung der relevanten Fachliteratur. Vor einer Anwendung der Methoden muss sichergestellt werden, dass die jeweilige Methode auch mit dem entsprechenden Indikator kompatibel ist und ein aussagekräftiges Ergebnis aufzeigen wird. Daher werden in Kapitel Vier die gewonnenen Erkenntnisse aus der Literaturlarbeit zusammengefasst.

Im fünften Kapitel werden die zur Durchführung der Analysen vorhandenen Datengrundlagen vorgestellt, deren Aufbereitung für die Verarbeitung und das Ablagesystem für die Daten der Master-Thesis vorgestellt. Kapitel Sechs stellt die gewählten Analysemethoden an ausgewählten Beispielanalysen vor. Dabei werden die verwendeten Werkzeuge und die notwendigen Arbeitsschritte erläutert. Die kartographische Visualisierung der Ergebnisse wird in Kapitel Sieben besprochen. Das achte Kapitel geht schließlich auf die Ergebnisse, deren Bewertung sowie deren Bedeutung für die Hypothesen ein. Kapitel 9 beinhaltet die Zusammenfassung, ein Fazit mit den entscheidenden Erkenntnissen der Arbeit und einen Ausblick.

## 2 Umgebungsvariablen

Im Jahr 1972 berechnete der Club of Rome im Bericht Die Grenzen des Wachstums (The Limits to Growth) die Belastbarkeit der Erde<sup>1</sup>. Ein Ergebnis dieser Studie: Wenn sich das Konsum- und Produktionsverhalten der Menschen nicht drastisch verändert, wird dies in eine fatale ökologische Krise führen, die die Menschheit vor den Verlust ihrer natürlichen Lebensgrundlagen stellt (HERDE 2007, S. 28).

Ein Ansatz, diesem Szenario entgegenzuwirken, ist der Übergang zu nachhaltigen Konsummustern. Da die Bedeutung des Begriffs für die Analysen sehr wichtig ist, ist es notwendig, ihn zu definieren. Dazu ist es auch sinnvoll, die beiden Bestandteile des zusammengesetzten Begriffs zu erläutern.

### 2.1 Nachhaltiger Konsum

Der Begriff Nachhaltigkeit stammt ursprünglich aus der deutschen Forstwirtschaft und bedeutete, dass nur genutzt werden sollte, was im gleichen Zeitraum wieder nachwächst. Der Begriff wurde am Anfang des 20. Jahrhunderts in der amerikanischen Forstwirtschaft zu *sustained yield*. Im Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (1987) wurde schließlich Begriff *sustainable use* mit nachhaltig übersetzt (HAUFF 1987).

Die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung definiert „Nachhaltige Entwicklung“ wie folgt: "[...] Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können" (HAUFF 1987, S. 46). Sie beschreibt damit nicht nur eine intergenerative ökologische Gerechtigkeit, sondern beinhaltet auch die Forderung einer ganzheitlichen Verhaltensänderung.

Konsum (lat. *consumere*: verbrauchen) wiederum bezeichnet im Allgemeinen den Verbrauch von Gütern und Dienstleistungen zum Zweck der Befriedigung von Bedürfnissen (VILLANI 2008).

Der Ursprung des Begriffs nachhaltiger Konsum (engl. *sustainable consumption*) geht zurück auf die Agenda 21. Diese wurde im Jahr 1992 als entwicklungs- und umweltpolitisches Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert von 172 Staaten auf der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED) in Rio de Janeiro beschlossen. Unter dem Titel „Veränderung von Konsumgewohnheiten“ wurde gefordert, sich gezielt mit nicht nachhaltigen Produktionsweisen und Konsumgewohnheiten auseinanderzusetzen und eine einzelstaatliche Politik zur Veränderung derselben zu entwickeln (HERDE 2007, S. 29).

<sup>1</sup> <http://www.clubofrome.org/docs/limits.rtf>

In Anlehnung an die Definition des Oslo Symposium on Sustainable Consumption sowie dem Vier-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit kann nach Herde (2007, S. 30) nachhaltiger Konsum definiert werden als die Inanspruchnahme von Waren und Dienstleistungen, die:

- dazu beitragen, den Verbrauch von natürlichen Ressourcen und damit den Energieverbrauch über den gesamten Lebenszyklus reduzieren (ökologische Dimension),
- unabhängig von soziodemografischen Merkmalen wie Bildung, Einkommen, Geschlecht, Herkunft und Wohnumfeld die menschlichen Grundbedürfnisse befriedigen und eine Verbesserung der Lebensqualität bewirken, ohne das Wohlergehen zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen (soziale Dimension),
- ein ausgewogenes Verhältnis zwischen individueller Bedürfnisbefriedigung und Sicherung der Zukunftsfähigkeit gewährleisten (ökonomische Dimension),
- in den Alltag der Konsumenten integrierbar sind (institutionelle Dimension).

## 2.2 Das Projekt LifeEvents

Im März 2008 startete unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Martina Schäfer (TU Berlin) das interdisziplinäre Forschungsprojekt Lebensereignisse als Gelegenheitsfenster für eine Umstellung auf nachhaltige Konsummuster (LifeEvents<sup>2</sup>). Gefördert wird das Projekt im Rahmen der Sozial-ökologischen Forschung (SÖF) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und steht unter der Schirmherrschaft der Berliner Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz.

Das Projekt hat sich zum Ziel gesetzt, theoretische und methodische Erkenntnisse im Bereich des nachhaltigen Konsumverhaltens zu gewinnen.

Da im Projekt davon ausgegangen wird, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Konsumverhalten und der Versorgungsstruktur gibt, soll überprüft werden, ob Personen, die in einem Umfeld wohnen, das gut mit nachhaltigen Ernährungs- bzw. Mobilitätsangeboten ausgestattet ist, nachhaltiger konsumieren als Personen, die in einem weniger gut ausgestatteten Umfeld wohnen.

Dazu wird eine Befragung von 1.600 Neubürger/innen, jungen Eltern und einer Kontrollgruppe ohne Lebensereignis durchgeführt, deren Umfragedaten zum Ernährungs- und Mobilitätsverhalten mit den Daten zu ihrem Wohnumfeld abgeglichen werden. Es wird überprüft, ob es dort Korrelationen gibt. Mit Hilfe eines Indikatorensystems sollen diese Rahmenbe-

<sup>2</sup> Englisch für Lebensereignisse

dingungen ermittelt werden und in Form eines Berliner Infrastrukturatlases für nachhaltigen Konsum (siehe 2.4) verarbeitet werden. Aus der Bündelung der Indikatoren soll dann ablesbar sein, ob die befragten Personen in einem Gebiet leben mit einem guten, mittleren oder schlechten Potenzial zu nachhaltiger Ernährung bzw. Mobilität.

Praxispartnern, die im Bereich des nachhaltigen Konsums tätig sind, darunter Unternehmen des öffentlichen Nahverkehrs, CarSharing-(Unternehmen), ökologisch produzierende und regionale Lebensmittelunternehmen, sowie Umwelt und Verbraucherverbände, soll es ermöglicht werden, mit empirisch erprobten Kampagnenkonzepten ihre Zielgruppen effektiv ansprechen zu können und durch längerfristige Kooperation und Vernetzung Synergien für nachhaltigen Konsum in Berlin zu entfalten.

### 2.3 Die Konsumfelder der Untersuchung

Für die Analyse wurden durch die Technische Universität spezielle Konsumfelder vorgegeben. Da individueller Konsum alle Bereiche des täglichen Lebens umfasst ist es unmöglich, Indikatoren für das gesamte infrastrukturelle Angebot für nachhaltige Lebens- und Konsumstile zu entwickeln. Der Infrastrukturatlas konzentriert sich daher auf die zwei Konsumfelder Mobilität und Ernährung. Grund für die Wahl war, nach Lorek und Spangenberg (2001, S. 25), dass die größten Umweltbelastungen des privaten Konsums in den Bereichen Ernährung und Mobilität verursacht werden, da hier am meisten Energie verbraucht wird. Für LifeEvents war dabei von Bedeutung, dass in diesen Konsumfeldern die Möglichkeit zur Einflussnahme in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung besteht.

### 2.4 Berliner Infrastrukturatlas

Ähnlich wie der Berliner Sozialstrukturatlas der Senatsverwaltung für Gesundheit, Soziales und Verbraucherschutz, der der Berichterstattung der sozialen Lage im räumlichen Zusammenhang dient, soll der Infrastrukturatlas für nachhaltigen Konsum Auskunft über die infrastrukturelle Lage geben. Gleich dem Sozialstrukturatlas soll er Planungsgrundlage für den öffentlichen und nicht-öffentlichen Bereich darstellen (SENGESosV 2004B, S. 4). Während der Sozialstrukturatlas nach Senatorin Knake-Werner (2004, S. 1) die Aufgabe hat, „soziale Differenzen zwischen den Regionen vergleichend zu analysieren und zu beschreiben, um soziale Prozesse in ihrer räumlichen Ausprägung erkennbar zu machen“, soll der Infrastrukturatlas vergleichend analysieren und die infrastrukturellen Disparitäten für nachhaltigen Konsum erkennbar machen. Sollten diese im Verlauf der Analyse gefunden werden, würde dadurch Hypothese 2 dieser Master-Thesis bestätigt werden.

Wie beim Sozialstrukturatlas muss die Darstellung „[...] regional differenzieren und möglichst kleinräumig angelegt sein, um räumlich-soziale Milieus zu beschreiben und ihre Entwicklung darstellen zu können“ (KNAKE-WERNER 2004, S. 1). Darum wurden als Bezugsgrößen die Planungsräume Berlins verwendet (siehe 2.5.1). Diese sollen für verschiedene Indikatoren der zwei Konsumfelder auf das Potenzial für nachhaltigen Konsum untersucht werden. Zuletzt soll ein bereichsübergreifender Index gebildet werden. Durch den Index soll es möglich sein, eine Einteilung der Stadtteilgebiete in die Kategorien gute, mittelmäßig ausgeprägte und schlechte Infrastruktur für nachhaltigen Konsum zu ermöglichen.

## 2.5 Raumsegmentierung auf der Ebene der lebensweltlich orientierten Räume

Bisher wurde für statistische Analysen der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung meist die Raumeinheit der Verkehrszellen als Bezugseinheit verwendet. Innerhalb dieser Master-Thesis wurden jedoch Analysen auf der Ebene der Planungsräume, der kleinsten Einheit der neuen lebensweltlich orientierten Räume (LOR), durchgeführt. Die Planungsräume als Bezugsgrößen wurden von LifeEvents vorgegeben.

### 2.5.1 Bisherige Raumeinheiten und ihre Nachteile

Das Land Berlin besteht aus einer Vielzahl von administrativen Raumeinheiten und Raumgliederungssystematiken. Einige dienen der Verwaltung (z. B. Bezirk), andere nur statistischen Zwecken (z. B. Wahlkreis). Das maschinell geführte Verzeichnis dieser Raumreferenzen des Landes Berlin ist das Regionale Bezugssystem (RBS). Es setzt sich zusammen aus den topografischen Basiselementen Adresse, Block, Straße, Straßenabschnitt, Kreuzung und deren Zuordnung zu den hierarchisch gegliederten allgemeinen Bezugsräumen (von zwölf Bezirken bis 15.200 Wohnblöcken) und den speziellen Bezugsräumen (z. B. zwölf Wahlkreisverbände, 2.501 Stimmbezirke, Meldestellen etc.) (STATLANDBLN 2001).

Das Problem bisheriger Raumeinheiten war, dass deren Grenzen nach Gesichtspunkten gezogen wurden, die meist keinen Zusammenhang zum Sozialraum der Bevölkerung hatten. Bömermann (2006) schreibt: „Als nachteilig wurde von den Nutzern die fehlende kleinräumliche Übereinstimmung zwischen der lebensweltlichen Realität in den Bezirken und den vorhandenen Bezugsräumen des RBS beklagt.“ So wurden beispielsweise die Grenzen der statistischen Gebiete in West-Berlin 1958 nur nach wirtschaftsstatistischen Belangen gezogen, so dass deren Fläche und Siedlungsstruktur meist nur schwer vergleichbar war. Anders die Verkehrszellen, die auch für statistische Vergleiche verwendet und in den 1970er Jahren eingeführt wurden (GEMEINHARDT & OKUWABI 1973). Dort wurden gleiche Flächengrößen, Siedlungsstruktur,

Flächennutzung sowie das Verkehrsaufkommen berücksichtigt, doch eine Sozialraumorientierung als raumorientierter Ansatz fand ämterübergreifend erst seit den 1980er Jahren in der Jugendhilfe statt (BÖMERMANN ET AL. 2006).

### 2.5.2 Lebensweltlich orientierte Räume

Der Berliner Senat versuchte 2004 für Fachplanungen vergeblich, die Räume des RBS - wie Verkehrszellen, Teilverkehrszellen sowie Planungs- bzw. Sozialräume der Jugendhilfeplanung - zu vereinheitlichen. Die soziostrukturellen Daten der Verkehrszellen und statistischen Gebiete, so wurde festgestellt, sind für die lebensweltlich orientierte Fachplanung, z. B. der Jugend-, Gesundheits- und Sozialämter, nicht zweckmäßig. Daher wurde beschlossen, eine neue lebensweltlich orientierte Raumgliederung (LOR) als Teil des RBS zu etablieren (BÖMERMANN ET AL. 2006). Diese soll eine größere Vergleichbarkeit gewährleisten, Umrechnungen der statistischen Daten unnötig machen, eine aufgabengerechte Datenbereitstellung, eindeutige Aussagen sowie Planungen für das

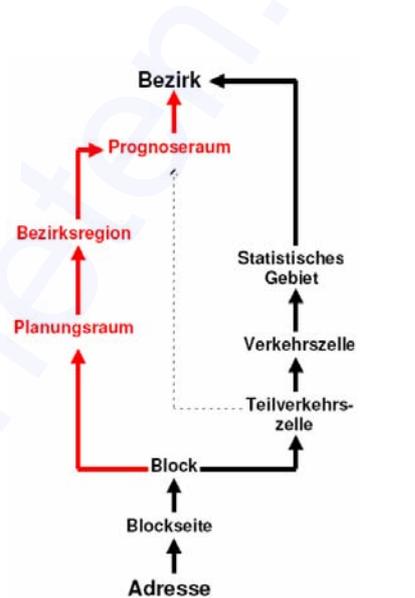


Abb. 2-1: RBS-Räume (JAHN ET AL. 2006, S.5)

Bezirksamt ermöglichen und einer gesamtstädtischen ressortübergreifenden Rahmenstrategie dienen. Nach Böhmermann (2006) waren wesentliche Kriterien für die Raumabgrenzung das Homogenitätsprinzip (z. B. ähnliche Bau-, Sozial- und Milieustruktur), die Barriereorientierung (z. B. Verkehrsstrassen als Raumgrenzen), Vorgabe von Einwohnerunter- und -obergrenzen, Kompatibilität mit Block- und Bezirksgrenzen und Vermeidung von En- oder Exklaven. Tabelle 2-1 zeigt die Gliederung der LOR-Ebenen der Raumhierarchie des RBS nach JAHN (ET AL. 2006).

Tab. 2-1: LOR-Raumeinheiten			
Raumeinheit	Anzahl	Einwohner	Zweck
Prognoserräume	60	je ca. 60.000	kleinräumige Bevölkerungsprognosen
Bezirksregionen	134	je ca. 25.000	ämterübergreifende Verwaltungsorganisation
Planungsräume	447	je ca. 7.500	Analyse und Planung

Prognoserräume lassen sich außerdem aus Teilverkehrszellen bilden, sodass die Verkehrsplanung die Bevölkerungsprognose auch für ihre Zwecke anwenden kann (BÖMERMANN ET AL. 2006).

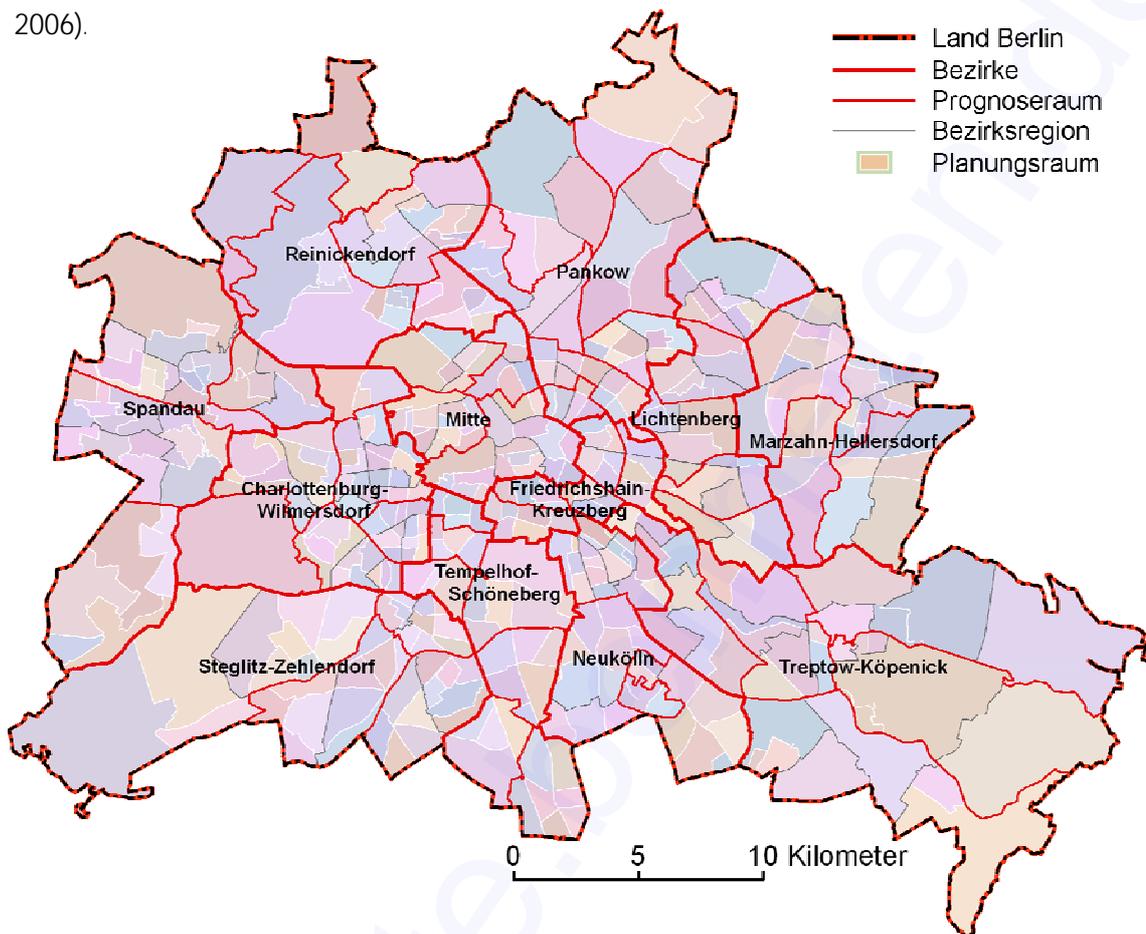


Abb. 2-2: Lebensweltlich orientierte Räume (LOR) Berlins

Die hierarchisch strukturierten Ebenen der LOR werden, je nach Ebene, mit einem bis zu achtstelligen Schlüssel eindeutig identifiziert. Dabei steht das erste Paar Zahlen für den Bezirk, das zweite Zahlenpaar für den Prognoseraum, das dritte Paar steht für die Bezirksregion und das letzte Paar für den Planungsraum. Daraus ergibt sich bspw. für den Planungsraum Leopoldplatz

Tab. 2-2: Codierung der LOR am Beispiel des Planungsraums Leopoldplatz

Schlüssel	Raumeinheit	Beschreibung
01	Bezirk	Mitte
0104	Prognoseraum	Wedding im Bezirk Mitte
010442	Bezirksregion	Wedding Zentrum im Prognoseraum Wedding im Bezirk Mitte
01044203	Planungsraum	Leopoldplatz in der Bezirksregion Wedding Zentrum im Prognoseraum

Somit ergibt sich ein eindeutiges Codierungssystem, das für jeden LOR einen einmaligen Schlüssel aufweist und diesen exakt identifiziert.

### 2.5.3 Vorteil der Planungsräume am Beispiel Frankfurter Allee

Wie eingangs erwähnt werden als Analyseräume nicht Verkehrszellen, sondern Planungsräume verwendet, da das strukturelle Umfeld beim Zuschnitt der lebensweltlich orientierten Räume berücksichtigt wird. Dies ist gerade bei kleinräumigen Analysen, die sich direkt mit dem soziokulturellen Zusammenhängen beschäftigen, von essenzieller Bedeutung.

Der Vorteil des lebensraumorientierten Ansatzes lässt sich am Beispiel der stark befahrenen Frankfurter Allee zwischen S-Bahn-Ring und Bahnhof Lichtenberg aufzeigen.



Abb. 2-3: Planungsräume (farbige Flächen) und Verkehrszellen (schwarze Linien)

Sie bildet nicht nur eine städtebauliche Barriere zwischen den historisch gewachsenen Wohngebieten nördlich und den in den 70er Jahren südlich errichteten Plattenbauten, sondern auch eine eindeutige Grenze zwischen der Sozialstruktur der beiden Teilräume (BÖMERMANN ET AL. 2006). Wie in Abbildung 2-3 ersichtlich, korrespondieren die kleinsten Einheiten der LOR, die Planungsräume (Flächenfarben), mit der Siedlungsstruktur und bilden so auch Kieze ab. Die bisherige Teilung in Verkehrszellen (schwarze Grenzen) jedoch berücksichtigt vor allem infrastrukturelle Gegebenheiten. Durch die Berücksichtigung des Homogenitätsprinzips und der Barriereorientierung sind Planungsräume bestens als Bezugseinheit für die Darstellung des Potenzials für nachhaltigen Konsum geeignet.

### 3 Indikatorenwahl für die Analysen

Um das Potenzial für nachhaltigen Konsum beschreiben zu können war die Wahl von Indikatoren notwendig. Eine fundierte Auswahl jedoch ist nur durch eine genaue Betrachtung dessen, was Indikatoren sind und wie sie im gleichen Kontext bisher ausgewählt wurden, möglich.

#### 3.1 Indikatoren und Indikatorensysteme

Indikatoren, von neulateinisch *indicare* (anzeigen), sind definierte, ausgewählte Kenngrößen. Sie dienen der Beschreibung eines bestimmten, nicht direkt messbaren, meist komplexen Sachverhaltes und können zu einer besseren Bewertung der Qualität einer Situation oder des Zustandes eines Systems beitragen (WALZ ET AL. 1997). Der Indikator an sich steht dabei für das untersuchte Indikandum, d. h. die gesammelten Daten.

Ein Indikatorensystem oder Indikatorenset ist eine zusammenhängende Konzeption, die nicht nur Indikatoren, sondern auch Komponenten wie ihre Gliederung und Systematik, ihren Einfluss und ihre Funktion für die Analyse beinhaltet (DÖRING ET. AL. 2004, S. 97). Indikatorensysteme werden meist unter dem sog. Driving Force-Pressure-State-Response-Ansatz (DPSR) erarbeitet. Es wird dabei von vier Indikatorenkategorien ausgegangen:

1. Driving Force (Verursacher, z. B. Flächen-, Energieverbrauch oder Verkehrsleistungen)
2. Pressure (Belastungen, z. B. Abfallaufkommen, CO<sub>2</sub>-Ausstoß oder rechtliche Regulierungen)
3. State (Umweltzustand, z. B. Gewässergüte oder materieller Wohlstand)
4. Response (Maßnahmen, um der nachteiligen Entwicklung entgegenzuwirken)

Driving Force- und Pressure-Indikatoren können meist zusammengefasst werden, sodass aus dem DPSR- ein PSR-Ansatz wird (UMWELTBUNDESAMT 1998, S. 319; ECOLOG 2008).

Wie bereits im vorhergehenden Kapitel erwähnt, ähneln sich die Funktionen des Sozialstruktur- und des Infrastrukturatlases. Allerdings müssen für eine Einschätzung der infrastrukturellen Situation und damit des Potenzials für nachhaltigen Konsum andere Indikatoren gewählt werden als für eine Sozialraumanalyse. Während es im sozialen Bereich Indikatoren wie den Sozialindex (demografische und medizinische Daten, Bildungsgrad, Arbeitslosenquote etc.) und Statusindex (Anteil der 18-35jährigen, Schulbildung, Alleinerziehende etc.) (SENGESSoZV 2004a, S. 22) gibt, ist die Wahl adäquater Indikatoren für die Messung des Potenzials für nachhaltigem Konsum komplizierter.

Nach KLAUS & ROTHANG (1999) dienen Umwelt-Indikatoren der Beschreibung von Soll- und Ist-Zuständen der Umwelt. Nachhaltigkeitsindikatoren müssten „in enger Anlehnung an umweltpolitische Zielgrößen formuliert werden. Da diese Kenngrößen der Umweltqualität für die Beurteilung der praktischen Umweltpolitik herangezogen werden, ist besondere Vorsicht bei der Auswahl geboten“ (EBD.).

Nach Bossel (1999) und Gallopín (1997) zitiert nach Kletzan (ET AL. 2002, S. 28F.) sollen Nachhaltigkeitsindikatoren folgende Anforderungen erfüllen:

Sie sollen

- Entscheidungsgrundlage für die Politik darstellen
- alle relevanten Belange berücksichtigen
- in einem systematischen Ansatz die Interaktionen zwischen den einzelnen Systemen betrachten
- umfassend und kompakt sein (so wenig wie möglich, aber so viel wie nötig)
- klar definiert, messbar, reproduzierbar, eindeutig und verständlich sein
- die Beurteilung der Nachhaltigkeit der aktuellen Entwicklung und den Vergleich mit alternativen Entwicklungspfaden ermöglichen
- sich auf Daten über das Indikandum beziehen die vorliegen (Datenverfügbarkeit).

Für eine Nutzung in dieser Master-Thesis müssen die Indikatoren darüber hinaus überhaupt durch eine Datenquelle verfügbar sein und einen räumlichen Bezug haben, bzw. adressgenau sein oder einem Planungsraum zugeordnet werden können, da das Ergebnis kartographische Erzeugnisse auf der Ebene der Planungsräume sein wird.

### 3.2 Bestehende Nachhaltigkeitsindikatoren

International wie auch in der Bundesrepublik Deutschland wurden auf kommunaler bzw. regionaler Ebene bereits verschiedene Indikatorensysteme zur Messung von Nachhaltigkeit entwickelt. Diese betrachten u.a. umweltrelevante Konsumtrends und -muster sowie Wechselwirkungen zwischen Konsum und Umwelt. Aufgrund der Komplexität des Themas jedoch sind Indikatoren für nachhaltigen Konsum, je nach Systematik des Indikatorensatzes, auf verschiedene Bereiche verteilt, was bedeutet, dass bisher kein eigenes Indikatorensystem existiert. Als Systeme kommen bspw. folgende Institutionen und eine Auswahl ihrer erarbeiteten Indikatoren in Frage:

Tab. 3-1: Indikatoren der Commission on Sustainable Development<sup>3</sup> (CSD)  
(nach UNITED NATIONS 2003)

- Jährlicher Energieverbrauch eines Landes oder einer Region
- Anteil ressourcenintensiver Branchen an der Industriewertschöpfung
- Nachgewiesene Reserven an fossilen Brennstoffen
- Lebensdauer der nachgewiesenen Energiereserven
- Anteil des Verbrauchs erneuerbarer Energien
- Marktanteil von ökologisch/nachhaltig produzierten Gütern und Dienstleistungen
- Marktanteil von ökologisch/nachhaltig produzierten Lebensmitteln

Tab. 3-2: Indikatoren der Deutsche Umwelthilfe (DUH)  
(nach DUH 2004, S. 6F. und Damaschke (2008))

- Wohlbefinden (DUH 2004, S. 11FF.)
  - Dichte der Fahrradwege
  - Pkw-Dichte
  - Verkehrsunfälle mit Kindern
  - Erschließung mit Bus und Bahn
  - Wohnungsnahe Grundversorgung
- Umweltqualität und Ressourceneffizienz (EBD., S. 54FF.)
  - Bessere Verkehrsmittelauswahl
- Wirtschaftliche Effizienz (EBD, S. 78FF.)
  - Ökologische Landwirtschaft (Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche)

Tab. 3-3: Indikatoren der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung  
12 Nachhaltigkeitsindikatoren für den Bereich Mobilität, von denen sich nach Damaschke (2008) drei auf das infrastrukturelle Angebot beziehen (SENSTADT 2008):

- Tempo-30-Straßen auf ausgewählten Abschnitten des übergeordneten Straßennetzes
- Carsharing-Mobilstationen
- Barrierefreie Bahnhöfe

Bei einer Studie des Umweltbundesamtes (HEILAND ET AL. 2003, DÖRING ET AL. 2004) von 2003 wurden 44 Indikatorensysteme verglichen, und es wurde festgestellt, dass zwar große Unter-

<sup>3</sup> dt. Kommission für nachhaltige Entwicklung

schiede zwischen den Systemen bestehen, grundsätzliche Gemeinsamkeiten jedoch vorhanden sind. So ist eine wesentliche Gemeinsamkeit, dass sich alle am Nachhaltigkeitsverständnis der Agenda 21 und eng verbundenen Texten wie dem Brundtland-Bericht orientieren. Die Anzahl der Indikatoren jedoch variierte dabei stark zwischen zehn und 150, wobei die Indikatorensysteme durchschnittlich mit 20-30 Indikatoren arbeiteten (DÖRING ET. AL. 2004, S. 7). Eine Teilung in die Nachhaltigkeitsbereiche Ökologie, Ökonomie und Soziales ist den meisten Systemen gemein, wobei jedoch ökologische Indikatoren am häufigsten vorkommen (EBD., S. 4f).

### 3.3 Indikatoren: Vorschlag von LifeEvents

LifeEvents schlägt nach intensiver Prüfung in seiner Schwerpunktarbeit „Berliner Infrastrukturatlas nachhaltiger Konsum - Entwicklung eines Indikatorensets für die Bereiche Mobilität, Ernährung und Energie“ folgende Indikatoren vor. Sie sind in Tabelle 3.5 den Indikatoren, die für diese Arbeit ausgewählt wurden, gegenübergestellt:

Tab. 3-4: Vorgeschlagene Indikatoren (Ernährung) und die Verwendeten (nach Damaschke (2008, S. 60))	
Indikatorvorschlag von LifeEvents	Auswahl und Veränderung (E/D = Erreichbarkeit und/oder Dichte)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichte von Naturkostfachgeschäften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E/D von Bio-Fachgeschäften</li> </ul>

Tab. 3-5: Vorgeschlagene Indikatoren (Mobilität) und die Verwendeten (nach Damaschke (2008, S. 60))	
Indikatorenvorschläge von LifeEvents	Gewählte oder veränderte Indikatoren (E/D = Erreichbarkeit und/oder Dichte)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichte der Bus- und Tram-Haltestellen</li> <li>• Dichte der S- und U-Bahnhöfe</li> <li>• <del>Durchschnittliche Taktzeit des ÖPNV</del></li> <li>• Dichte der barrierefreien Bahnhöfe</li> <li>• Dichte der Carsharing-Stationen</li> <li>• <del>Anzahl der Verkehrsunfälle mit Radfahrerbeteiligung</del></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E/D der Bus- und Tram-Haltestellen</li> <li>• E/D der S- und U-Bahnhöfe</li> <li>• E/D der barrierefreien Bahnhöfe</li> <li>• E/D der Carsharing-Stationen</li> <li>• Anteil der Radwege am Straßennetz</li> <li>• Anteil Tempo 30-Straßen am Straßennetz</li> </ul>

### 3.4 Diskussion zur Wahl der Indikatoren

Viele der vom LifeEvents-Projekt vorgeschlagenen Indikatoren wurden übernommen, andere jedoch nicht oder nur verändert. Grund dafür war, dass im Projekt grundsätzlich davon ausgegangen wurde, dass eine Erreichbarkeitsanalyse, also z. B. die Ermittlung der Zahl der Einwohner, die eine ÖPNV-Haltestelle erreichen können, nicht umsetzbar sei und daher besser nur die Dichte, z. B. von Haltestellen, gemessen werden sollte. Dieser Meinung wird widersprochen gemäß Hypothese 1. Moderne GIS-Methoden ermöglichen eine genaue Ermittlung der Einwohnerzahl im Einzugsgebiet, daher besteht für jeden Indikator, für den sich eine Dichteanalyse anbietet, auch die Möglichkeit einer Erreichbarkeitsanalyse. Indikatoren, die nach der absoluten Anzahl von Dingen fragen, wurden ebenfalls eliminiert, da die kartographische Darstellung absoluter Werte in Flächen, bei Darstellung verschiedener Werte über die Helligkeit, immer Intensität und nicht Größe impliziert, was den Betrachter in die Irre führt (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004, S. 51).

Darüber hinaus ermöglicht es die Datengrundlage zur Erarbeitung von GIS-Analysemethoden weitere Indikatoren zu definieren. Diese zusätzlichen Indikatoren wurden meist in Anlehnung an die bereits von anderen Einrichtungen definierten Indikatoren gewählt. Da jeder Indikator auf einem theoretischen Erklärungszusammenhang bzw. Funktionsmodell basiert (BIRKMANN 2004, S. 62), werden im Folgenden Gründe für die Wahl der Indikatoren anhand von Zusammenhängen und mit Hinblick auf das Ziel, GIS-Methoden zur Ermittlung des Potenzials von nachhaltigem Konsum zu entwickeln, erläutert. Die Auswahl der Indikatoren für die Analysen innerhalb dieser Master-Thesis verfolgt also nicht das Ziel, vollständig zu sein oder die einzig sinnvollen Indikatoren für Analysen zu wählen, sondern orientiert sich an der zur Verfügung stehenden Datenbasis und den Zielen dieser Arbeit, um die unter anderem in Kapitel 1.1 formulierte Hypothese 1 zu überprüfen.

Die Indikatoren müssen isoliert berechnet und betrachtet werden, damit eine gewichtete Verschmelzung zu einem Indikator für nachhaltigen Konsum variabel und revidierbar vorgenommen werden kann. Da dieser Schritt eine subjektive Wertung beinhaltet, wäre eine Modifizierung und Änderung der Gewichte im Nachhinein denkbar und könnte mit wenig Aufwand nur erfolgen, wenn die Indikatoren getrennt bearbeitet werden. Zudem bleiben die Schritte zum Ergebnis so transparenter und können leichter nachvollzogen werden. Außerdem können so beobachtete Auffälligkeiten bei den einzelnen Indikatoren dargelegt und separate Schlussfolgerungen gezogen werden so wie Einzelindikatoren separat gewichtet und analysiert werden.

### 3.4.1 Indikatoren im Konsumfeld Ernährung

Nach Herde (2007, 2005) ist der Ernährungssektor mit viel Energieverbrauch, Emissionen und anderen umweltschädlichen Vorgängen verbunden. So werden etwa 40 Prozent der Energie der agrarischen Produktion bei der Herstellung von chemischen Düngern und Pestiziden verbraucht. Der Transport der Lebensmittel aus weit entfernten Produktionsstätten erzeugt wiederum Emissionen (HERDE 2007, S. 96). Daher ist gerade hier ein nachhaltiges Konsummuster erforderlich.

Allerdings sind gerade hier die Datenlage und die Auswahl eines einzelnen Indikators schwierig und eng an die zur Verfügung stehenden ISA-(Infrastrukturatlas)Daten gekoppelt. Daher muss in diesem Zusammenhang vorgegriffen werden auf Kapitel 5. Die TU Berlin hat zur Datengewinnung Standorte von Einrichtungen, hauptsächlich aus dem Bio-Einkaufsführer für Berlin-Brandenburg 2008/2009 der Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau Berlin Brandenburg e.V., geocodieren lassen (ISA-Datensatz). Das wirft die Frage auf, ob alle 760 Einträge relevant sind und als Indikator genutzt werden sollten.

Dazu kann gesagt werden, dass Standorte in sieben Kategorien unterteilt sind. Diese Kategorien sind:

- Bio-Fachgeschäfte
- Eine-Welt-Läden
- Reformhäuser
- Kaiser´s Tengelmann-Filialen mit der Regionalmarke VON HIER
- Öko-Restaurants
- Vegetarisches Restaurants
- Wochenmärkte

Die Standorte sind in ihrer Gesamtheit nahezu über das ganze Stadtgebiet gleich verteilt (siehe Abb. 3-1). Obwohl von der TU alle Kategorien geocodiert wurden und so scheinbar als potenzieller Indikator angesehen werden, wurde für diese Master-Thesis exemplarisch eine Kategorie gewählt, die das Potenzial für nachhaltigen Konsum am besten erfasst.

Es wurde die Kategorie Bio-Fachgeschäfte gewählt, da diese Kriterien erfüllt, die sich für die Anwendung prädestinieren, z. B.:

1. die für die Analyse wichtige räumliche Bindung zum Wohnort, da sie der wohnungsnahen Grundversorgung dienen
2. zur Deckung des täglichen Konsums von Nahrungsmitteln dient
3. es sich um eine permanente Institution handelt, die ihre Lage nicht verändert

4. es sich um eine einzig auf den Vertrieb von Bio-Waren aus ökologisch vertretbarer Erzeugung spezialisierte Einrichtung handelt,
5. privat geführte Geschäfte nur existieren, wenn ihre Produkte Absatz finden und so ihre Existenz mit der Vorliebe der Anwohner für Bio-Produkte korrelieren müsste

Die anderen Indikatoren, bis auf Reformhäuser, weisen immer mindestens eine dieser Eigenschaften nicht auf. So sind die Eine-Welt-Läden auf fair gehandelte und damit sozial gerechte, aber nicht zwingend nachhaltig erzeugte Produkte, spezialisiert, Öko-Restaurants haben aufgrund der Nutzungshäufigkeit nicht zwingend eine räumliche Bindung zum Wohnort, sondern sind besonders scene- und z. B. tourismusabhängig. Andererseits besteht aber eine höhere Wahrscheinlichkeit einer Nutzung bei Nähe zum Wohnort. Vegetarische Restaurants müssen

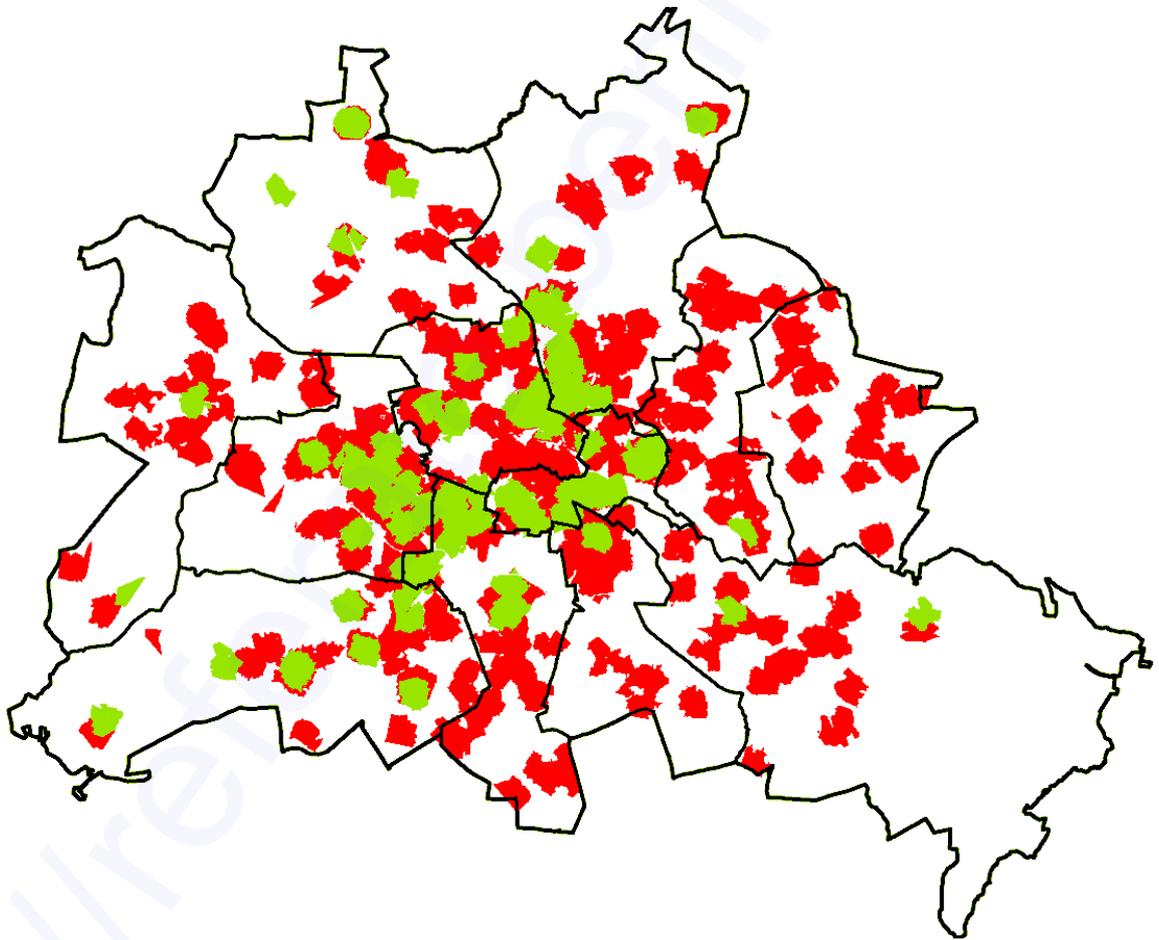


Abb. 3-1: Einzugsbereich aller ISA-Standorte (rot) und der Bio-Fachgeschäfte (grün)

nicht zwingend auch Öko-Restaurants sein, obwohl der Verzicht auf Fleisch grundsätzlich umweltfreundlicher ist, da bei der Fleischproduktion viel CO<sup>2</sup> erzeugt wird. Es wurde aber grundsätzlich unterstellt, dass Restaurants nicht dem täglichen Konsum dienen. Eine Befragung,

durchgeführt von Marplan, Ipsos GmbH, Sinus Sociovision GmbH und ISBA Informatik Service-GmbH aus 2006/07 ergab, dass nur 7 % der 10167 Befragten zwischen 14-64 Jahren mehr als einmal pro Woche ein Restaurant, Café oder eine andere Lokalität nutzen (MAPLAN ET AL. 2007). Auf einem Wochenmarkt kann man zwar für eine Woche vorrätig Lebensmittel kaufen, die durch Arbeitsplätze in der Region, und daher auch mit kurzen Transportwegen, umweltfreundlich und sozialverträglich erzeugt wurden, jedoch sind diese Art Märkte für Konsum nicht jeden Tag verfügbar und auch der ökologische Anbau ist nicht immer zwingend. Reformhäuser erfüllen ebenso die Kriterien, sind aber mit einer Anzahl von 25 im Vergleich zu über 300 Bio-Läden in der Datenbank eher weniger bedeutend für eine Analyse und deren Produkte sind zwar umweltfreundlich z. B. vegetarisch, z.T. in Bioqualität, müssen aber nicht zwingend nachhaltig erzeugt sein. Auch wenn das Angebot von Regionalmarken Regionalität und damit Nachhaltigkeit darstellt, ist Kaiser's Tengelmann auf flächendeckenden Massenkonsum ausgelegt und nicht auf Bioprodukte spezialisiert. Eine Wahl hätte eine in Abhängigkeit zur Einwohnerzahl fast gleichverteilte Abdeckung durch 203 Filialen über das Stadtgebiet zur Folge.

Daher wurde entschieden, den Indikator Dichte oder Erreichbarkeit von Bio-Fachgeschäften in einem Planungsraum zu verwenden.

### 3.4.2 Indikatoren im Konsumfeld Mobilität

#### Dichte oder Erreichbarkeit der Bus- und Tram-Haltestellen

Die Dichte (Anzahl im Planungsraum) und Erreichbarkeit (Menschen in der Nähe) von ÖPNV-Haltestellen ist wichtig für deren Nutzung. Sind Haltestellen in einer akzeptablen Entfernung vorhanden oder deren Dichte hoch und somit der Weg zur nächsten Haltestelle kurz, ist die Hemmschwelle, sie anstelle des eigenen Autos zu nutzen, niedriger. Die bequeme Erreichbarkeit fördert die Nutzung und somit ein nachhaltiges Konsummuster.

Es scheint sinnvoll, S- und U-Bahn sowie Bus- und Tram-Haltestellen getrennt zu betrachten. S- und U-Bahnen verfügen über ein unabhängiges Schienensystem und sind unabhängig von der restlichen Infrastruktur und daher auch meist mit höheren Geschwindigkeiten und kürzerer Taktzeit versehen. Hingegen verwenden Busse immer und Tram häufig denselben Fahrweg wie der Rest der Verkehrsteilnehmer. Dadurch sind sie häufig langsamer und verfügen auch über andere Taktraten als S- und U-Bahn. Teilweise wird bei ihnen auch die Route der Linien stärker nach Tageszeit verändert oder der Betrieb ganz eingestellt (vgl. KILCHENMANN & SCHWARZ-VON RAUMER 1999, S. 79).

Daher wurde entschieden, den Indikator „Dichte oder Erreichbarkeit der Bus- und Tram-Haltestellen“ und „Dichte oder Erreichbarkeit der S- und U-Bahnhöfe“ je Planungsraum zu verwenden.

#### Dichte oder Erreichbarkeit der S- und U-Bahnhöfe

Siehe Dichte oder Erreichbarkeit der Bus- und Tram-Haltestellen

#### Durchschnittliche Taktzeit des ÖPNV (nicht gewählt)

Für eine attraktive und effektive Nutzung des ÖPNV ist eine kurze Taktung notwendig, da so Reise- und Wartezeit für den Nutzer reduziert werden und er damit wahrscheinlicher die öffentlichen Verkehrsmittel als einen eigenen PKW nutzt. Aus Datenerhebungsgründen und um den Umfang dieser Master Thesis nicht ausufern zu lassen wurde entschieden, auf den Indikator „Durchschnittliche Taktzeit des ÖPNV“ in einem Planungsraum verzichtet.

#### Dichte oder Erreichbarkeit von barrierefreien Bahnhöfen

Durch barrierefreien Zugang ist es sowohl Menschen mit Kinderwagen oder Gepäck als auch physisch benachteiligten Personen möglich, den ÖPNV zu nutzen. Chancengleichheit ist ein Ziel nachhaltiger Entwicklung und fördert in diesem Fall die Nutzung umweltschonender Transportmittel im Vergleich zum Individualverkehr. Die „Dichte oder Erreichbarkeit von barrierefreien Bahnhöfen“ innerhalb eines Planungsraumes ist somit wichtiger Indikator.

#### Dichte oder Erreichbarkeit von Carsharing-Stationen

Die Attraktivität von Carsharing-Angeboten steigt mit der Nähe zur eigenen Wohnung und damit der Wille zum Verzicht auf das eigene Auto. Da dies eine Möglichkeit zu nachhaltigerem Konsum darstellt wurde der Indikator „Dichte oder Erreichbarkeit von Carsharing-Stationen“ in einem Planungsraum verwendet.

#### Anteil der Radwege am Straßennetz (neu aufgenommen)

Der Anteil der Straßen, auf denen Radfahrer ihre eigenen Fahrwege benutzen können, erhöht die Attraktivität und besonders die Sicherheit. Durch diese Erhöhung der Sicherheit und des Fahrkomforts ist eine niedrigere Hemmschwelle zur Nutzung und damit zu nachhaltigem Konsum anzunehmen. LifeEvents zog „Länge des Fahrradwegenetzes“ als Indikator in Erwägung, verfolgte diesen Indikator jedoch nicht weiter, weil die Projektmitarbeiter/innen aufgrund unzureichender GIS-Kenntnisse keine Möglichkeit der grafischen Umsetzung sahen. Durch die Radwege-Daten, die von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin bereitgestellt wurden, lässt sich der prozentuale Anteil der Straßen mit Radwegen an den vorhandenen Straßen jedoch ermitteln. Darüber hinaus ist dieser Indikator unter dem Bereich „sozial- und

umweltverträgliche Mobilität“ als „Verhältnis der Gesamtlänge der Fahrradwege zur Länge des Straßennetzes“ der Forschungsstätte der evangelischen Studiengemeinde e.V. genannt (ECOLOG 2008).

Es wurde daher kein Grund gesehen darauf zu verzichten und entschieden den Indikator „Anteil der Radwege am Straßennetz“ zu verwenden.

#### Anteil Tempo 30-Straßen am Straßennetz (neu aufgenommen)

Innerorts gilt in Deutschland eine Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, in Tempo-30-Zonen jedoch nur 30 km/h. Mit der Geschwindigkeit sinken die Lärm- und Luftbelastungen, der Benzinverbrauch sowie das Unfallrisiko für Fußgänger und Fahrradfahrer. Mit der Sicherheit steigen auch die Attraktivität und die Nutzung von Fuß und Rad. Der reduzierte Benzinverbrauch sowie die reduzierte Umweltbelastung durch Lärm und Abgas scheinen ausreichende Argumente für die Relevanz des Indikators zu sein. LifeEvents selbst erstellte im Vorfeld eine Karte mit der maximal pro Planungsraum vorkommenden Höchstgeschwindigkeit je Planungsraum. Dies ist jedoch abermals eine Darstellung absoluter Werte, die zu keiner schlüssigen Aussage führt. So ist theoretisch denkbar, dass es in einem Planungsraum ausschliesslich Tempo-30-Straßen gibt, aber ein kleiner Autobahnabschnitt den Planungsraum schneidet. So würde die existente Höchstgeschwindigkeit im Planungsraum mit der auf der Autobahn zulässigen Geschwindigkeit angegeben werden und ein verzerrtes Bild der Situation vor Ort entstehen.

Damaschke (2008, S. 34) jedoch sieht die Vergleichbarkeit zwischen den Planungsräumen grundsätzlich nicht gegeben, da es in ihnen eine unterschiedliche Zahl von Straßen gibt.

Dies ist jedoch nicht von Bedeutung, da der Vergleich des Anteils der Tempo-30-Zonen in den Planungsräumen im relativierenden Bezug zum jeweiligen Straßennetz erfolgt. Es handelt sich also nicht um den Vergleich absoluter Werte, da sonst auch die unterschiedlichen Einwohnerzahlen der Planungsräume Ausschlusskriterium für nahezu alle Analysen wären.

Ich schließe mich nicht seiner Aussage an: „Außerdem würden gerade die durch Belastungen des Verkehrs geprägten Bereiche von diesem Indikator als positiv bewertet werden“ (EBD., S. 34). Straßen sind Bestandteil von Städten und (noch) unverzichtbar. Tempo-30-Zonen entsprechen dem Nachhaltigkeitsprinzip und sind daher in diesem Sinne besser als Tempo-50-Zonen. Da der Indikator den Anteil der Tempo-30-Straßen misst und ein höherer Wert nachhaltigeren Verkehr beschreibt, wird hier nicht etwas fälschlich positiv bewertet, zumal der Indikator auch wieder von der richtungsweisenden Forschungsstätte der evangelischen Studiengemeinde e.V. als Ergänzungsindikator zum Thema „Mobilitätssteuerung“ als „Anteil der

Tempo-30-Straßen am Netz der Erschließungsstraße“ angeführt wird (EcoLOG 2008). Daher wurde entschieden den Indikator „Anteil Tempo-30-Straßen am Straßennetz“ in einem Planungsraum zu verwenden.

#### Anzahl der Verkehrsunfälle mit Radfahrerbeteiligung (nicht verwendet)

Zwar stehen nach Damaschke durch die Sonderuntersuchung „Radfahrerverkehrsunfälle“<sup>4</sup> straßengenau alle Unfälle mit Radfahrerbeteiligung in Berlin im Jahr 2004 zur Verfügung, jedoch wurde nicht seine Meinung geteilt, dass der Indikator etwas über die Sicherheit von Fahrradfahrern in einem Planungsraum aussagt. Die Anzahl der Unfälle korreliert vielmehr mit der Anzahl der Radfahrer im Planungsraum. Mehr Radfahrer erhöhen die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls mit Radfahrerbeteiligung. Die reine absolute Anzahl ohne relativen Bezug zur einer anderen Größe, beispielsweise der gesamten Fahrradfahrerzahl oder der Länge des Wegnetzes im Planungsraum, macht keine verlässliche Aussage. Auch LifeEvents selbst verzichtet im Vorfeld auf diesen Indikator.

Daher wurde entschieden, den Indikator „Anzahl der Verkehrsunfälle mit Radfahrerbeteiligung“ in einem Planungsraum nicht zu verwenden.

### 3.5 Zusammenfassung

Es wurden für die weitere Analyse folgende Indikatoren gewählt:

Tab. 3-6: Ausgewählte Indikatoren für nachhaltigen Konsum

#### Konsumfeld Ernährung

- Dichte oder Erreichbarkeit von Bio-Fachgeschäften

#### Konsumfeld Mobilität

- Dichte oder Erreichbarkeit der Bus- und Tram-Haltestellen
- Dichte oder Erreichbarkeit der S- und U-Bahnhöfe
- Dichte oder Erreichbarkeit von barrierefreien Bahnhöfe
- Dichte oder Erreichbarkeit von CarSharing-Stationen
- Anteil der Radwege am Straßennetz
- Anteil Tempo-30-Straßen am Straßennetz

Die gewählten Indikatoren erfüllen die Aufgabe der Beschreibung des Potenzials zu nachhaltigem Konsum und zeigen den Ist-Zustand des Systems, die Basis für das Potenzial zu

<sup>4</sup> <http://www.berlin.de/imperia/md/content/polizei/strassenverkehr/unfaelle/statistik/radfahrer2004.pdf>

nachhaltigen Konsum. Dabei können sie räumlich den jeweiligen Verwaltungseinheiten in Form der Planungsräume Berlins zugeordnet werden und liegen größtenteils im Steuerungsbereich der kommunalen Politik. Sie sind daher für diese Entscheidungsträger interessant (BORN & DE HAAN 2002, S. 8).

#### 4 Methodentheorie der GIS-Analyse

Geo-Informationssysteme (GIS) bieten nahezu unerschöpfliche Möglichkeiten für die Beantwortung räumlicher Fragestellungen und das Aufdecken von Zusammenhängen zwischen unterschiedlichsten Beobachtungen. Gerade für administrative Einrichtungen, die das Ziel haben die Nachhaltigkeit zu fördern, ist es interessant, wo es notwendig ist zu fördern und wie viel. Das „Wo“ und „Wie viel“, sowie das dazugehörige „Wer“ interessiert auch besonders die Sozial- und Gesellschaftsforscher, deren Projekt dies ist. Da mit Geo-Informationssystemen räumliche Muster und Phänomene sichtbar gemacht werden können, ist ihr Einsatz für die Beantwortung verschiedenster Ausprägungen des räumlichen „Wo“ und den dazugehörigen „Wie viel“ unerlässlich.

Nach Ralf Bill (1999, S. 4) können mit Geo-Informationssystemen räumliche Daten erfasst, bearbeitet, gespeichert, organisiert, analysiert und visualisiert werden. In GIS werden die Objekte im Raum, bei reiner zweidimensionaler Betrachtung, durch die geometrischen Primitiven Punkt, Linie oder Polygon geometrisch repräsentiert und haben zusätzlich deskriptive Eigenschaften (Attribute).

Die Funktion der Analyse ist zentrales Thema dieses Kapitels. Da Geo-Informationssysteme eine Unmenge von Analysemöglichkeiten und Kombinationen der Analysen bieten, jedoch nicht alle zielführend sind oder das Potenzial für nachhaltigen Konsum beschreiben können, ist es notwendig, die adäquaten Analysemethoden für die verschiedenen Indikatoren zu finden.

Die Aufgabenstellung dieser Master-Thesis ähnelt daher sehr der räumlichen Analyse wie sie beim Geomarketing durchgeführt wird. Dort ist die häufigste Anforderung die räumliche Visualisierung und Analyse betriebswirtschaftlich relevanter Daten, mit dem Ziel einer betriebswirtschaftlichen Verbesserung. Ein Augenmerk liegt dabei auf der räumlichen Lokalisierung von Kunden, potenziellen Kunden bzw. der vorhandenen Kaufkraft. Dabei sollen Entscheidungen von Unternehmen betreffend der Standortsuche, Standort- und Logistikoptimierung und Werbeoptimierung z. B. beim Direktmailing usw. unterstützt werden (Vgl. SCHÜSSLER 2006, STROBL 2005, LEIBERICH 1997).

In gewisser Weise ist das Ziel der Analysen dieser Master-Thesis - außer einem Überblick über die Situation zu erhalten - zwar auch eine Optimierung, nicht betriebswirtschaftlicher Natur, sondern vielmehr in der Gestalt, dass der nachhaltige Konsum der Bürger von Berlin zum Wohle der Umwelt und ihrer eigenen Gesundheit unterstützt werden kann.

Die Qualität der Ergebnisse hängt dabei nicht nur von der Methodik ab, mit der die Daten analysiert werden, sondern auch von der Nachvollziehbarkeit. Ohne Transparenz können Fehler schwerer gefunden werden und Interpretationen falsch sein. Darum werden als Methodendiskussion und für die Erarbeitung der passenden GIS-Methodik an dieser Stelle die in der Literatur dokumentierten theoretischen Ansätze besprochen. Dabei handelt es sich jedoch nur um eine Auswahl, die unter Beachtung der Ziele der Master-Thesis und der Nutzbarkeit für die Software ESRI ArcGIS 9.2 ArcInfo, getroffen wurde. Es sollte allerdings berücksichtigt werden, dass jede analytische Methode nur ein abstraktes, errechnetes Modell der Realität darstellt, diese aber nur näherungsweise in ihrer Komplexität erfassen kann (SCHÜSSLER 2006, S. 49).

#### 4.1 Die Fragestellungen

Wichtig für das Finden einer passenden Analysemethode ist es, sich über die genauen Fragestellungen im Klaren zu sein. Für die bisher gewählten Indikatoren sind nur drei grundsätzliche Fragestellungen zu identifizieren.

1. Wie viel Zeit brauchen, bzw. wie groß ist die Entfernung für Menschen zu einem bestimmten oder nächstliegenden Punkt durchschnittlich in den einzelnen Flächeneinheiten?
2. Wie viele Objekte eines Typs existieren durchschnittlich pro Flächeneinheit?
3. Wie groß ist der durchschnittliche prozentuale Anteil eines bestimmten Objekttyps an allen Objekten in den einzelnen Flächeneinheiten?

Bei den in Kapitel 3 festgestellten Indikatoren gibt es eigentlich nur zwei unterschiedliche Ansätze. Fünf der Indikatoren stellen die Frage nach der Dichte oder Erreichbarkeit und damit eine Zugangsfrage (access), während zwei nach einem Anteil (proportion) fragen.

Ähnlich wie z. B. bei der Untersuchung der Gesundheitsversorgung (PIEPER, 2008) oder im Geomarketing lässt sich sagen, dass bestimmte Einrichtungen nicht für alle gleichermaßen zugänglich sind, da der Nutzungswiderstand für Menschen in verschiedenen Räumen unterschiedlich hoch ist. Bei der Erreichbarkeit spielt die Überwindung des Widerstandes in Form des geografischen Raumes eine Rolle. Dieser Widerstand kann in Entfernung oder Zeit gemessen werden, die zur Überwindung nötig ist (ZEPF ET AL. 1978).

Nach Wilkinson (ET AL. 1998) zitiert in Pieper (2008, S. 21) lassen sich nur zwei Merkmale, die den Zugang zu Einrichtungen beschreiben, mit GIS analysieren: die Erreichbarkeit und die Verteilung. Die Verteilung wird dabei durch die Dichte beschrieben, die wiederum nur eine indirekte Antwort auf die Erreichbarkeit gibt und daher aussageschwächer ist.

Die Erreichbarkeit und besonders die Dichte ist in diesem Fall die in Hypothese 2 angenommene ungleiche Verteilung bestimmter Objekte über die Stadt Berlin, wodurch sich für die Planungsräume unterschiedliche Dichte und Erreichbarkeitswerte erwarten lassen.

#### 4.2 Grundsätzliche Analyse- und GIS-Methoden

Die in diesem Kapitel besprochenen Analysen sind nicht ohne Hilfsmethoden durchführbar. So bedarf es einer Vielzahl kleinerer Analysen und GIS-Methoden, um die Ergebnisse aus dem Analyseprodukt zu extrahieren oder Daten zur Analyse vorzubereiten. Im Folgenden werden diese kurz erläutert.

Zu den grundsätzlichen Analysemethoden gehören die Berechnung der Geometrie von Objekten (Fläche, Umfang, Lage oder Länge) und deren räumliche Zuordnung. Darunter fallen auch Nachbarschaftsbeziehungen zu anderen Objekten z. B. durch Pufferbildung oder Routenfindung zwischen Objekten mittels Netzwerkanalyse. Es können auch interpolierte, kontinuierliche Flächen aus wenigen Punkten zur Schätzung der Werte dazwischen erzeugt werden. Außerdem können Objekte nach gemeinsamen oder unterschiedlichen Kriterien, der räumlichen Lage oder ihren Attributen verschnitten werden.

##### 4.2.1 Räumliche Beziehung

Bei räumlichen Analysen sind oft nicht nur die Eigenschaften der untersuchten Objekte interessant, sondern auch deren Beziehungen zueinander. Dies können thematische oder semantische, räumliche und zeitliche Beziehungen sein. Räumliche Beziehungen können unterschieden werden in topologische Beziehungen, Richtungsbeziehungen und Distanzbeziehungen. Für die Erreichbarkeit ist besonders die Distanzbeziehung interessant (GITTA 2008).

Distanzbeziehungen können auch dazu dienen, für Analysezwecke einzelne Daten aus einem größeren Datensatz auszuwählen. In GIS können Objekte also bezüglich ihrer Lage im Raum und/oder ihrer Attribute selektiert werden. Raumbezogene Selektion konzentriert sich dabei auf die Lage der Objekte und deren Distanz zu einander. Es können dafür nach Schüssler (2006, S. 52) vier Grundfunktionen benannt werden:

- Auswahl von Objekten, die sich vollständig innerhalb eines anderen Objekts befinden
- Auswahl von Objekten, die sich vollständig außerhalb eines anderen Objekts befinden
- Auswahl von Objekten, die sich in einer definierten Nähe eines anderen Objekts befinden
- Auswahl von Objekten, die sich berühren

Eine Selektion über Attribute erfolgt hingegen bspw. anhand von Mengen auf Basis mathematischer Grundregeln oder anderen Regeln wie dem Alphabet. So können nicht nur Wertebereiche selektiert werden, sondern auch Objekte mit einem spezifischen Textattribut.

Selektierte Objekte und ihre Attribute können in einem GIS über deren räumliche Lage verbunden werden (Spatial Join). Dabei können auch numerische Werte der Attribute mathematisch kombiniert werden. Eine Verbindung auf Basis der Attribute heißt hingegen Attribute Join.

#### 4.2.2 Zentroide

Objekte, egal ob Fläche, Raster oder Linie, können alle in ein Punktobjekt parametrisiert werden. Dabei bleiben die Attribute erhalten. Die Lage verändert sich dahin gehend, dass die Koordinaten des entstandenen Punktes sich im Schwerpunkt der ursprünglichen Geometrie befinden. Diesen Punkt nennt man Zentroid, da er sich im Schwerpunktzentrum befindet. Dieser kann auch die

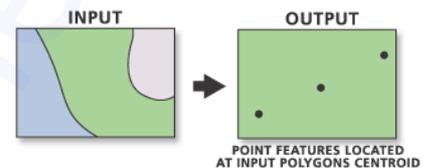


Abb. 4-1: Feature to Point (ESRI 2008)

Eigenschaften mehrerer Objekte zusammenfassen. Ebenso ist es möglich über den Zentroid mehreren Flächen gleichzeitig Attribute zuzuweisen. In ArcGIS wird zum Erzeugen von Zentroiden die Funktion Feature to Point der DataManagement Tools angewendet (siehe Abb. 4-1). Nach Bourke (1988) werden zur Ermittlung des Schwerpunktes eines Polygons folgende Formeln angewendet:

$$C_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (y_i + y_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

$$C_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i + x_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

Bzw. korrigiert durch Dipl. Geogr. Ronny Poppschütz (2009):

$$c_y = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (y_i + y_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A} + \frac{(y_N + y_0) (x_N * y_0 - x_0 y_N)}{6A}$$

$$c_x = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i + x_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A} + \frac{(x_N + x_1) (x_N * y_1 - x_1 y_N)}{6A}$$

### 4.3 Frage nach dem Zugang

Die Frage nach dem Zugang ist eine räumliche. Es wird ein Maß für den Zugang zu bestimmten Orten gesucht. Dieses Maß zu definieren ist eine komplexe Aufgabe mit vielen denkbaren Möglichkeiten und Wegen, die nachfolgend besprochen werden.

#### 4.3.1 Erreichbarkeit und Einzugsbereich

Die Zugangsfrage wird durch die Erreichbarkeit oder mittels der Erreichbarkeit durch die Bestimmung eines Einzugsbereichs beantwortet.

Die Begriffe Erreichbarkeit (accessibility) und Einzugsbereich (catchment area) werden in Texten häufig nicht scharf getrennt, es ist aber von einem definierbaren Bedeutungsunterschied auszugehen, wie er sich auch bei der Verwendung der Begriffe in Legenden zeigt. Daher wurde versucht beide Begriffe zu trennen, und, so weit möglich, getrennt zu behandeln.

##### 4.3.1.1 Einzugsbereich

In der Hydrografie ist ein Einzugsbereich ein durch Wasserscheiden begrenztes Gebiet, das durch einen Fluss entwässert wird (BRUNOTTE ET AL. 2001, S. 294; LESER 1998). Besonders im Geomarketing ist der Einzugsbereich von zentraler Bedeutung und daher meist durch Kunden-Absatz-Gedanken definiert (BARTH & THEIS 1991, S. 56; LEWISON 1991, S.321). Es ist dort ein geografisch abgegrenzter Raum, dessen Einwohner potenzielle Kunden des untersuchten Standorts sind (BIENERT 1996, S. 122). Grundsätzlich aber ist der Einzugsbereich eine natürliche Fläche, da ihr, im Gegensatz zu künstlich festgelegten Grenzen, natürliche Distanzen zu Grunde liegen. Die ideale Kreisform der Fläche wird dabei durch räumliche Einflüsse wie Verkehrswege und Barrieren beeinflusst (BRUNOTTE ET AL. 2001, S. 294). Innerhalb dieser Fläche kann alles ausgezählt werden, Individuen oder die Anzahl anderer Objekte. Die Fläche wird von verschiedenen Faktoren aufgespannt, die sich je nach Gewichtung gegenseitig beeinflussen. Die Wichtigsten sind dabei im Geomarketing Geschäftsmerkmale und Lagemerkmale. Dabei kann die Modellierung eines Einzugsbereichs je nach Wahl der Faktoren nur ansatzweise ein Bild der Realität wiedergeben (Abb. 4-2).

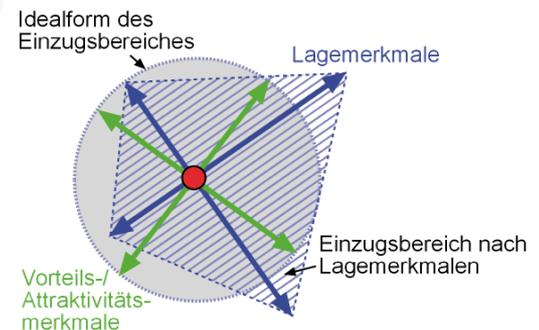


Abb. 4-2: Model der Entstehung eines Einzugsbereiches

#### 4.3.1.2 Erreichbarkeit

Die Erreichbarkeit ist nach Bienert (1996, S. 122) ein Lagemerkmale und daher ein Faktor zur Bestimmung eines Einzugsbereiches. Andere Autoren trennen nicht in Faktoren und Merkmale, sondern geben, wie Miller & Shaw (2001), verschiedene Erreichbarkeiten (accessibilities) an, die mehr als nur räumlich zu verstehen sind. Es wird, neben der räumlich-zeitlichen Erreichbarkeit (space-time accessibility), auch die Attraktivität (attraction-accessibility) und der Vorteil für den Nutzer (user benefit) genannt (MILLER & SHAW 2001, S. 272FF.).

Nach Knox und Marston (2001, S. 639) ist Erreichbarkeit in der Humangeografie „die an einem Ort gegebene Möglichkeit, in Kontakt und Interaktion zu anderen Orten zu treten“. Das Lexikon der Geografie definiert Erreichbarkeit als ein direkt von der Infrastruktur abhängiges Maß für die Lagequalität einer Raumeinheit in Bezug auf Personen- oder Gütertransporte zu anderen Raumeinheiten (BRUNOTTE ET AL. 2001, S. 334).

#### 4.3.1.3 Differenzierung Erreichbarkeit und Einzugsbereich

Nach logischen Schlüssen und Hinweisen in Kilchenmann & Schwarz-von Raumer (1999) werden Einzugsbereiche so definiert, dass sie ausschließlich zur Beantwortung von Fragen nach der Anzahl von Objekten in einer definierten Fläche um ein oder mehrere Zentren verwendet werden. Ihre Aussage geht dabei vom Objekt weg, z. B. „Wie viel X im Umfeld Z von Objekt Y?“.

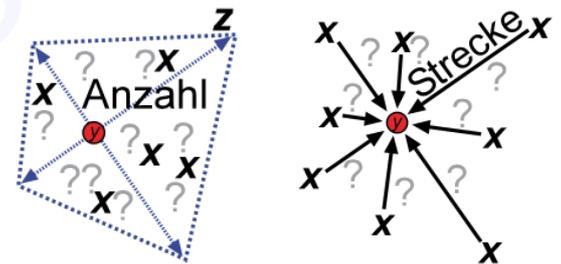


Abb. 4-3: Modell eines Einzugsbereichs (links) und der Erreichbarkeit (rechts)

Wenn man hingegen von Erreichbarkeit spricht, ist eine Distanz bzw. Zeit zwischen einem oder mehreren Objekten gemeint, die eine Qualität für die Verbindung von einem mit dem anderen Ort definiert. In der Aussage geht man dabei zum Objekt hin, z. B. „Wie weit ist es für X bis Objekt Y?“. Hier gibt es nur eine indirekte räumliche Abgrenzung in Form des Untersuchungsbereichs (siehe Abb. 4-3). Die absolute Distanz ist jedoch nach Knox & Marston (2001, S. 44) nicht der einzige Aspekt. Die Konnektivität, da Kontakt und Interaktion von Übertragungs- und Verkehrsnetzen wie Straßen oder Telefonverbindungen abhängen, ist ebenso wichtig. Nicht nur räumliche Faktoren können dabei eine Rolle spielen, sondern auch andere, durch die z. B. ein Weg zum Krankenhaus, aufgrund von Geldmangel, weiter erscheint. Damit wäre Erreichbarkeit ein dehnbare Begriff, der sich, nach Miller und Shaw (2001, S. 272-276), nicht alleine durch die räumliche Entfernung definieren lässt, sondern durch eine Vielzahl von Faktoren, die die praktische Distanz zu einem

Objekt verändern. Damit wiederum ist Erreichbarkeit nach Bienert (1996, S. 122) ein Teil eines Lagemerkmals, das zusammen mit anderen Größen einen Einzugsbereich definieren kann. Da im Falle dieser Arbeit die Menschen und ihre Bewegung im Raum untersucht werden, kommt allein die räumliche Erreichbarkeit in Form der zeitabhängigen Zeit-Distanz-Methode (siehe 4.3.3.2) zum Tragen. Diese jedoch ist ausschließlich von der Infrastruktur (BRUNOTTE ET AL. 2001, S. 334) und räumlichen Einflüssen (EBD., S. 294) abhängig und kann mittels Netzwerkanalyse simuliert werden (siehe 4.3.4). Die Idealform eines Kreises der aufgespannten Fläche kann durch diese Einflüsse verändert werden und daher bedarf die Einzugsbereichsabgrenzung bzw. die Erreichbarkeit einer genaueren Betrachtung (Abb. 4-4).

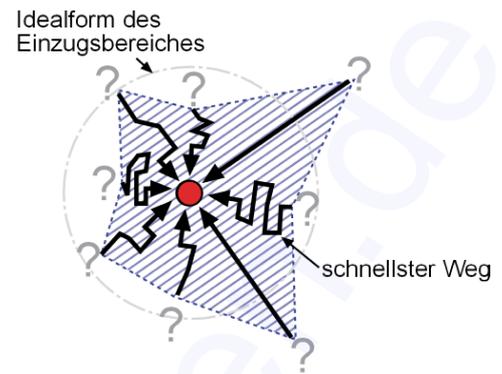


Abb. 4-4: Entstehung des Einzugsbereichs durch Erreichbarkeit, beeinflusst durch Infrastruktur und Barrieren.

#### 4.3.2 Methoden zur Ermittlung des Einzugsbereiches

Da der Einzugsbereich quasi nur die Fläche innerhalb eines nach eigenem Ermessen eingegrenzten Gebietes ist, wurde die Besprechung der Methoden zur Einzugsbereichsabgrenzung und der Erreichbarkeit gebündelt. Nach meiner Auffassung sind die Methoden der Einzugsbereichsabgrenzung lediglich Formen von mal mehr, mal weniger angemessenen oder realistischen Methoden zur Erreichbarkeit eines Standortes.

#### 4.3.3 Methoden zur Erreichbarkeit

Wie zuvor erwähnt wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass jede Abgrenzung des Einzugsbereiches zugleich eine theoretische Annahme über die Erreichbarkeit des betreffenden Standortes beinhaltet.

Die Möglichkeiten eines GIS bei der Erreichbarkeit sind zwar sehr umfangreich, lassen sich jedoch auf eine überschaubare Anzahl von Methoden reduzieren. Eine solche Abgrenzung kann durch verschiedene Methoden durchgeführt werden. So existieren bspw. Methoden auf Basis von theoretischen Gesetzmäßigkeiten, Befragungen bzw. Beobachtungen und Erfahrungswerten (BIENERT 1996, S. 124F.). Methoden auf Basis von Befragungen und Beobachtungen sind jedoch von vorn herein für diese Arbeit nicht sinnvoll. Da das Ziel ein

Modell ist, dass die Erreichbarkeit, nicht eines bestimmten sondern einer Vielzahl von Standorten für eine nicht spezifische Personenmenge modelliert, ist weder eine persönliche Befragung nötig, noch praktikabel.

#### 4.3.3.1 Methoden auf Basis theoretischer Gesetzmäßigkeiten

Theoretische Gesetzmäßigkeiten sind sehr komplex und versuchen anhand statistischer und mathematischer/physikalischer Modelle die Größe des Einzugsbereiches festzulegen. Sie gehen von der Annahme aus, dass mit zunehmender Distanz vom Zielpunkt die Beziehung bzw. die Erreichbarkeit abnimmt (LÖFFLER 1999, S. 45).

Zu nennen sind auch die mathematisch-statistischen Methoden nach Günter Löffler (1999, S. 45) oder die mathematisch-physikalischen Methoden nach Frank Schüssler (2006). Zu diesen gehören z. B. die auf dem Newton'schen Gravitationsgesetz basierenden Gravitationsmodelle wie das Modell von Reilly, Converse, Huff und die Ökometrische Methode (BIENERT 1996, S. 129FF.). Alle haben eine Grundidee gemein: aus einer Kombination aus Attraktivität, bzw. Masse und ihrer Entfernung zum Nutzer, wird eine wahrscheinliche Anziehungskraft modelliert um im Geomarketing vorherzusagen, wo ein Kunde einkaufen wird. Dies führt quasi zu einem Schwerkraftfeld, das den Einzugsbereich eines Standortes darstellt (HAGGETT 2004, S. 416).

Jedoch geht es bei der Fragestellung in der Master-Thesis nicht um die Analyse der Attraction-Accessibility oder die Erreichbarkeit auf Basis von user benefit, sondern ausschließlich um Space-time-accessibility (MILLER & SHAW 2001, S. 272FF.). Zudem sind diese Methoden nicht einfach anzuwenden, da sie zum einen umfangreiches Vorwissen benötigen, bspw. über das Angebot der einzelnen Bio-Fachgeschäfte, und zum anderen sind diese Methoden meistens standardmäßig nicht in GIS integriert (SCHÜSSLER 2006, S. 109). Daher wird zielführend nicht weiter auf die theoretischen Modelle eingegangen.

#### 4.3.3.2 Methoden auf Basis von Erfahrungswerten

Methoden auf Basis von Erfahrungs- und Durchschnittswerten scheinen dem Namen nach den Vorteil zu besitzen, empirisch erprobt und realitätsnah zu sein. Dies ist jedoch nicht immer der Fall. Bienert (1996 S. 122FF.) nennt einige Verfahren des Geomarketing zur Ermittlung von Einzugsbereichen:

- Kreismethode
- Geh-Minuten-Zonen-Methode
- Zeit-Distanz-Methode
- Thiessen-Polygone

### Kreismethode

Die mit euklidischen Distanzen arbeitende Kreismethode, bei der um einen Standort konzentrische Kreise gezogen werden, erzeugt zwar den idealen Einzugsbereich, dieser hat jedoch keinen Bezug zu den Gegebenheiten des Raums. Die Methode kann für Punkte auch als eine Form der Pufferzonenbildung (Buffer) angesehen werden. Zwar geht man von Erfahrungswerten aus, die besagen, dass in bestimmten Entfernungen um einen Punkt eine bestimmte Menge von Menschen zu finden ist, und geht dabei ferner von gleichmäßig guten Bedingungen für die Erreichbarkeit innerhalb der Luftlinienradien aus. Es werden keinerlei Barrieren des Infrastruktursystems, wie Flüsse oder Wegführung, berücksichtigt (SCHÜSSLER 2006, S. 104). Ein Einzugsbereich unabhängig von geografischen und infrastrukturellen Gegebenheiten zu beschreiben ist realitätsfern. Daher kommt dies nicht als Methode in Frage.

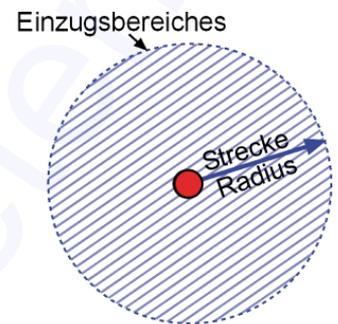


Abb. 4-5: Kreismethode

### Geh-Minuten-Zonen-Methode

Das gleiche Prinzip verfolgt die Geh-Minuten-Zonen-Methode. Hier wird lediglich der Radius des Kreises, statt aus Entfernung, durch die notwendige Zeit gebildet. Die Entfernung kann auch in Form von Zeit die für die Strecke zu Fuß benötigt wird dargestellt werden. Hierbei wird allerdings genauso wenig die Infrastruktur berücksichtigt und so ergeben sich die gleichen Nachteile wie bei der Kreismethode.

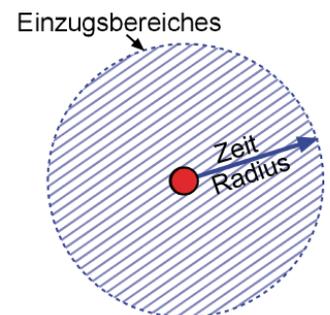


Abb. 4-6: Geh-Minuten-Zonen-Methode

### Zeit-Distanz-Methode

Die Zeit-Distanz-Methode hingegen betrachtet die tatsächliche Zeit zum Standort, berücksichtigt also die Infrastruktur und Barrieren. Es wird ein Einzugsbereich aufgespannt, der eingegrenzt wird durch eine Maximum- bzw. Minimum-Zeit, die zum Erreichen des Standortes benötigt wird. Innerhalb dieses Bereichs wird durchschnittlich eine bestimmte Zeitspanne von einem beliebigen Herkunftsort zum Zielpunkt, dem Ausgangspunkt des Einzugsbereichs, benötigt.

Die Zeit-Distanz-Methode hat nicht die Nachteile der Kreis- und Geh-Minuten-Zonen-Methode, da sie realitätsnäher arbeitet. Nachteilig jedoch ist das zwingend notwendige Datenmaterial der Infrastruktur und die Verwendung von Annahmen über Durchschnittsgeschwindigkeiten, die Fixierung auf bestimmte Liniennetze und die

theoretische Wegfindung mit der sich die untersuchte Gruppe in der Infrastruktur bewegt. Den Berechnungsvorgang der Zeiten bzw. Distanzen, durch Routenfindung für verschiedenste Verkehrsgruppen, wie Fußgänger, Autos, Fahrräder etc., repräsentiert das GIS-Verfahren der Netzwerkanalyse.

### Thiessen-Polygone

Mit Thiessen- oder auch Voronoi-Polygonen werden Nachbarschaften analysiert. Ein Thiessen-Polygon definiert eine Fläche um einen Punkt, in der jede Raumstelle näher an diesem Punkt liegt als an irgendeinem anderen Punkt (GITTA 2008). Dies ist im Geomarketing für die

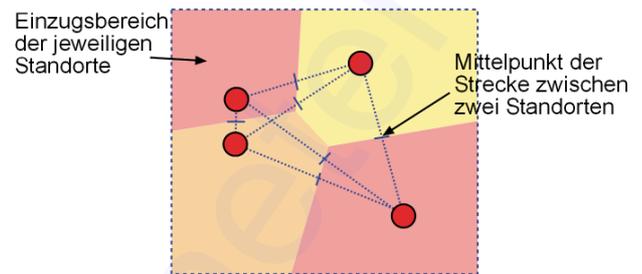


Abb. 4-7: Thiessen-Polygone

Berücksichtigung von Konkurrenten von Bedeutung. Diese Berücksichtigung spielt in dieser Arbeit keine Rolle, da davon ausgegangen wird, dass freie Raumüberbrückung in jede Richtung möglich ist und so nur die Space-time-accessibility bedeutsam ist. Beim Thiessen-Polygon wird also quasi auch eine Fläche aufgespannt, innerhalb der jeder Punkt näher zum Ausgangspunkt des Einzugsbereiches ist als zu jedem anderen Ausgangspunkt. Aus dem Ansatz lässt sich ein Nearest-neighbor-Verfahren ableiten, wobei nearest wiederum auch durch Raum-Zeit-Netzwerkdistanz definiert werden kann. Auch bei dieser Methode wird keinerlei Rücksicht auf den infrastrukturellen Zugang genommen.

#### 4.3.4 Netzwerkanalyse und Isochronen

Eine Analyse mittels Zeit-Distanz-Methode unter Berücksichtigung der Infrastruktur ist nur mit dem Verfahren der Netzwerkanalyse möglich, deren Produkt sich z. B. in Form von Isochronen manifestieren kann.

Eine Netzwerkanalyse ist die Weg-Ziel orientierte Simulation der Bewegung auf einem Netz linienhafter Objekte und dient im Allgemeinen der Routenplanung, Navigation und Ermittlung von Erreichbarkeiten eines Standortes. Die linienhaften Objekte symbolisieren dabei die möglichen Bewegungspfade bzw. Verkehrswege und sind die virtuelle Ausprägung von Schienen, Straßen, Flüssen usw.

Diese Verkehrswege können zur Optimierung der Simulation und Annäherung an die Realität mit Regeln (Abbiegeregeln, Einbahnstraßen, Tempo usw.) abgeleitet aus Netzwerkattributen (z. B. Kosten, Restriktionen, Beschreiber und Hierarchien) versehen sein. Die Netzwerkattributen, -restriktionen etc. können in Zeiteinheiten umgerechnet werden und

dienen somit z. B. als Widerstände in der Erreichbarkeitsanalyse berücksichtigt werden, um so die Kosten des Weges erhöhen. Unter Einfluss der Regeln und Attribute wird auf dem Netzwerk der kostengünstigste Weg vom Ausgangs- zum Zielpunkt errechnet. Die Beachtung der Regeln und Attribute machen dabei den Unterschied aus zwischen dem kürzesten und dem schnellsten Weg, so dass eine Raum-Zeit-Konvergenz entsteht (KNOX & MARSTON 2001, S. 48).

In ArcGIS ist es mit Hilfe der Extension Network Analyst möglich, von einem Standort ausgehend, quasi über die Erreichbarkeit auf dem Netzwerk Polygone aufzuziehen, die sogenannten Service-Areas oder Einzugsbereiche. Statt den schnellsten Weg vom Ausgangs- zu einem Zielpunkt zu ermitteln, wird vom Ausgangspunkt aus eine definierte Strecke in absolut allen möglichen Kombinationen auf dem Netzwerk abgefahren. Beim Erreichen der definierten Strecke auf dem Netzwerk wird an

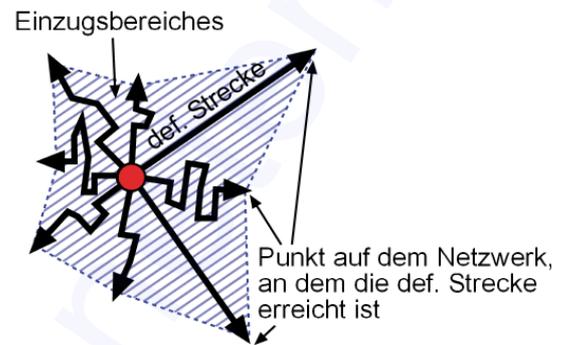


Abb. 4-8: Ermittlung eines Einzugsbereichs über eine definierte Strecke auf dem Netzwerk

entsprechender Stelle ein Stützpunkt für das Polygon erzeugt. Das Polygon stellt damit einen Einzugsbereich dar, innerhalb dessen keine Distanz zum Ausgangspunkt größer ist als die zur Erstellung des Service-Areas angegebene (siehe Abb. 4-8). Für diese Polygone wird eine Distanz angegeben, die äquivalent zu einer bestimmten Zeit ist, die für die Bewältigung der Strecke gebraucht wird. Somit wird ein Gebiet umschlossen, innerhalb dessen von allen Punkten maximal eine bestimmte Zeit, im Rahmen der verwendeten Netzwerkregeln, nötig ist, um zum Ausgangspunkt zu gelangen (ESRI 2008). So erzeugte Polygone stellen darum gleichsam „Linien gleicher Zeit“ dar, und sind daher Isochronen (BIENERT 1996). Isochronen können auch als plane Darstellung dreidimensionaler Raum-Zeit-Kegel verstanden werden (siehe Abb. 4-9) (MILLER & SHAW 2001). Alternativ kann auch einfach nur die kürzeste Distanz von einem Ausgangspunkt (Incident) zu einem Zielpunkt (Facility) ermittelt werden. Diese Funktion im Network Analyst heißt Closest Facility.

Grundsätzlich jedoch liegt dem System die Graphentheorie zugrunde, bei dem die Verkehrswege hauptsächlich aus Kanten (edges) bestehen. Kanten werden durch Knoten (nodes) miteinander verbunden und stellen ebenfalls Anfang und Ende einer Kante dar, wodurch

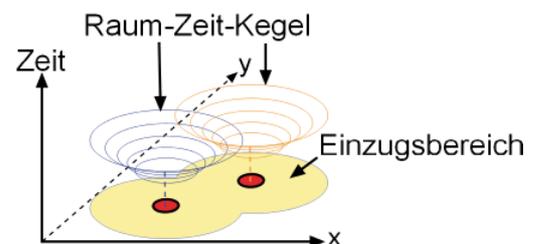


Abb. 4-9: Raum-Zeit-Kegel (nach O'SULLIVAN ET AL. 2000)

topologische Konsistenz garantiert ist. Die Bewegung erfolgt damit von einer Kante über einen Knoten zur nächsten Kante. Attribute im Netzwerk wie z. B. Verkehrsrichtung, Geschwindigkeit, Abbiegeregeln und Barrieren sind in den Kanten und Knoten vermerkt und beeinflussen die Bewegung bis hin zur Unterbindung (KOLLER 2006, LONGLEY ET AL. 2005).

Erreichbarkeiten könnten alternativ unter Einsatz von Rasterdaten ermittelt werden. Dabei würden jedoch Rasterzellen in Punktdaten umgewandelt und von denen lediglich dieselbe netzwerkbasierte Erreichbarkeitsanalyse durchgeführt werden. Ergebnis wären Erreichbarkeitsoberflächen, die ein flächendeckendes Ergebnis liefern würden (SCHÜRMANN 2008). Dieses Vorgehen macht bei kleinräumigen Analysen kaum Sinn und ist eher bei Erreichbarkeitsanalysen für sehr große Gebiete geeignet.

#### 4.3.5 Problem der heterogenen Verteilung der Bevölkerung

Die Planungsräume umfassen zwar grundsätzlich nur eine bestimmte Kiez-Siedlungsstruktur und haben eine Bevölkerungsobergrenze, jedoch ist die Dichte der Einwohner durch Flächennutzung oder Gebäudegröße nicht homogen im Planungsraum verteilt. Daher wäre jede Durchschnittsberechnung auf Basis der reinen Lage der Zentroide der Blöcke lediglich eine Ermittlung der durchschnittlichen Erreichbarkeit innerhalb der geometrischen Fläche eines Planungsraums. Da allen Blöcken das gleiche Gewicht zukommt, könnte das Ergebnis verzerrt werden, wenn z. B. Menschen in einem Planungsraum durchschnittlich einen sehr kurzen Weg, jedoch weiter entfernte, schwach oder nicht bewohnte Blöcke einen weiten Weg zum nächsten Standort haben. Dies könnte zu Fehleinschätzungen bei der Quantifizierung des Potenzials führen. Der Realitätsbezug lässt sich erhöhen, indem die Distanzen der Zentroide mit den Einwohnern der Blöcke, zu denen die Zentroide gehören, gewichtet werden. Dadurch würden sich Werte ergeben, die die Distanz repräsentieren, die jeder Einwohner durchschnittlich bewältigen muss bzw. ein Wert der bei zunehmender Distanz zur Durchschnittsdistanz konvergiert.

Auch sämtliche andere, rein räumliche, Lösungsansätze werden ein rein räumliches, nicht bevölkerungsbezogenes Ergebnis produzieren. Ein Beispiel dafür wären, wenn man versuchen würde, den Anteil der Bevölkerung eines Planungsraumes zu ermitteln, der in die 8-Minuten-Isochrone fällt, indem man errechnet, wie viel Prozent der Fläche eines Planungsraums in einer Isochrone liegt. Diese Ansätze würden nur unter Annahme einer ausschließlich homogenen Bevölkerungsverteilung ein näherungsweise realistisches Ergebnis liefern.

#### 4.3.6 Fazit zur Methodik der Frage nach dem Zugang

Im Ergebnis stellt sich heraus, dass es zwar möglich wäre wie im Geomarketing bspw. ÖPNV-Haltestellen nach Art, Taktung und Anzahl der Linien oder Bioläden nach Größe des Angebotes zu gewichten. Der Einfachheit halber und weil es realistischer ist wird aber angenommen, dass Menschen die nächstliegende Haltestelle, den Bioladen etc. wählen und der Zeit-Vorteil (space-time accessibility) einziges Kriterium ist. Diese Bindung an Nähe heißt im Geomarketing Nearest-Center-Bindung (BRUNOTTE ET AL. 2001, S. 294). Außerdem zeigt sich, dass die Methoden zur Abgrenzung des Einzugsbereiches, die sich auf Gesetzmäßigkeiten beziehen, in Anbetracht der Tatsache, dass ein möglichst realistisches Modell zur Erreichbarkeit erstellt werden soll, ungeeignet sind. Das Problem der Eingrenzung durch Erfahrungswerte ist, dass diese zwar leicht anzuwenden sind und zu einem schnellen Ergebnis führen, jedoch deren Qualität nicht hoch ist, weil der sehr wichtige Faktor Infrastruktur meistens nicht berücksichtigt wird. Darum konnte nur ein unrealistischer Einzugsbereich ermittelt werden. Die Ausnahme bildet hierbei die Zeit-Distanz-Methode. Die Qualität der Ergebnisse ist als höherwertig einzuschätzen, da der enorm wichtige Faktor der Infrastruktur berücksichtigt wird. Die Wahl dieser Methode ist zwingend für ein realitätsnahes Modell und stellt, da die Erreichbarkeit der entscheidende Faktor bei den angedachten räumlichen Analysen ist, die einzig sinnvolle Möglichkeit dar. Zur Umsetzung dieses realitätsnahen Modells wird auf die Netzwerkanalyse zurückgegriffen, da so die Bewegung auf dem Netz der Straßen simuliert wird und einer realen Bewegung am nächsten kommt.

#### 4.4 Frage nach der Dichte

Die Frage nach der Dichte bedarf grundsätzlich keiner genaueren Erklärung, denn gemeint ist nicht die Dichte wie in der Physik, das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen, sondern die Anzahl von Objekten in einer bestimmten Fläche (DE SMITH ET AL. 2007, S. 135).

$$\rho = \frac{n}{a} \qquad \text{Dichte} = \frac{\text{Anzahl der Objekte}}{\text{Fläche in der die Objekte liegen}}$$

##### 4.4.1 Kontinuierliche Flächen zur Überwindung administrativer Grenzen

Ein Weg die Dichte zu errechnen wäre, einfach die Anzahl der Punkte je Planungsraum auszuzählen und durch die Fläche zu teilen. Das Ergebnis wären Dichtewerte für jeden Planungsraum. Dies würde jedoch nicht die realistische Dichte darstellen, sondern nur eine Dichte im administrativen Sinn eines Planungsraums. Es können z. B. praktisch nicht existente Disparitäten von einem zum benachbarten Planungsraum als große Unterschiede ausgewiesen

werden, wenn ein Standort, z. B. für eine Haltestelle, an der Grenze zu einem anderen Planungsraum liegt. Die Haltestellen würden so ausschließlich für den Planungsraum gezählt, in dem sie liegen. Dabei ist klar, dass die Nutzbarkeit von Haltestellen nicht an der Grenze des Planungsraums aufhört. Vielmehr besteht die Möglichkeit, dass sie von einem benachbarten Planungsraum genauso oder sogar, infrastrukturell betrachtet, besser nutzbar sind. In der Folge entstünden mathematisch korrekte Dichten für die Planungsräume. Diese stellen jedoch nicht die realistische Dichte, die keine administrativen Grenzen kennt, dar. Es würde der Eindruck von Disparitäten erweckt wo in Wirklichkeit vielleicht administrative, aber keine praktischen, vorliegen.

Dickmann und Sohst (2008) merken an, dass die Raumabgrenzung durch übliche statistisch-administrative Methoden für Geomarketing nicht mehr ausreicht. Daher wird zur Visualisierung und Berechnung auch auf gleichförmig gestaltete Geometrien (Grids) zurückgegriffen. Die Möglichkeit, künstliche Geometrien als kartographische Visualisierungseinheit flexibel zu generieren, stellt einen entscheidenden methodischen Schritt dar, um die bisherigen Restriktionen der üblichen kleinräumigen Gliederungssystematiken zu überwinden.

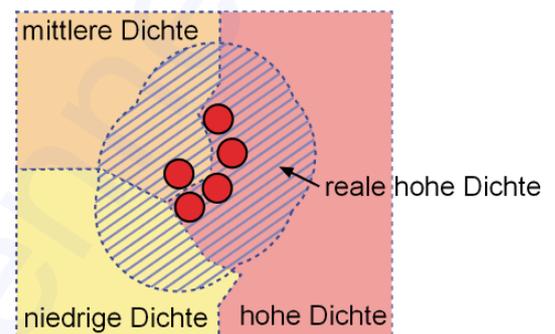


Abb. 4-10: Dichte in Abhängigkeit von der administrative Lage

Nach De Smith, Goodchild und Longley (DE SMITH ET AL. 2007, S. 135) ist es zur Ermittlung der Dichte daher sinnvoll, die Ausgangsdaten mittels einer Form von intelligenter Interpolation zu einem Rastermodell zu transformieren.

Diese Rastermodelle sind kontinuierliche Flächen, die meistens aus Punkt- oder Liniendaten, also diskreten Daten, erzeugt werden. Diese Verfahren verfolgen das Ziel, aus diskreten Daten ein zwei- bzw. dreidimensionales Dichteraster zu erzeugen, um wahrscheinliche Prognosewerte für die gesamte Fläche zu generieren. Es gibt eine Reihe von Interpolationsverfahren, z. B. IDW (inverse distance weighting), Kriging, Natural Neighbour usw., die über zusätzliche Attribute vorhandener Punkte, die als Gewichte fungieren, Vorhersagen über die Verteilung machen können. Dazu wird der Wert  $z$  am Punkt  $j$  ermittelt aus der Summe der gewichteten Subset  $z$ -Werten und einer Konstante die die Gewichte auf eins standardisiert. Nach De Smith (DE SMITH ET AL. 2007, S. 303):  $z_j = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i$ . Diese geostatistischen und deterministischen Analysen sind für die Zwecke, für die sie hier verwendet werden sollen,

unnötig komplex. Die Fähigkeit für Gebiete, ohne diskrete Werte eine Vorhersage zu machen, ist für diese Aufgabe nicht relevant und es existieren auch keine speziellen Gewichtungsattribute für die Haltestellen. Vielmehr geht es um die Möglichkeiten, die eine kontinuierliche Fläche mit sich bringt. Der Vorteil für diese Master-Thesis liegt darin, dass diese kontinuierliche Fläche aus Punktdaten und ihren durch räumliche Beziehungen zueinander gebildeten Dichtewerten im Dichteraster planungsraumübergreifend generiert werden. Die Dichtewerte können schlussendlich wieder auf die Planungsräume aggregiert und ihr Durchschnittswert im Planungsraum ermittelt werden. So entsteht ein von der administrativen Lage der Punkte unabhängiges Dichtebild.

Das einfachste und auch von De Smith, Goodchild und Longley (DE SMITH ET AL. 2007, S. 135) präferierte Verfahren zur Dichtemessung sind die in ArcGIS im Spatial Analyst integrierte Kernel-Density und Simpel-Density. Diese sind für die einfache Erzeugung einer kontinuierlichen Oberfläche vollkommen ausreichend. Die Bezeichnung dieser beiden dichtemessenden Verfahren als Interpolationsverfahren ist dabei umstritten. So nennt Ned Levin (LEVIN 2005, 8.1) die Kernel-Density mit Nachdruck „Interpolationstechnik“ und belegt dies mit SILVERMAN 1986, HÄRDLE 1991, BAILEY & GATRELL 1995, BURT & BARBER 1996 sowie BOWMAN & AZZALINI 1997.

De Smith, Goodchild und Longley (DE SMITH ET AL. 2007), sowie die ArcGIS Desktop Help Online (ESRI 2008) trennen dagegen eindeutig zwischen Interpolationsverfahren wie IDW und dichtemessenden Verfahren wie der Kernel- und Simpel-Density. Da eine Trennung aufgrund des unterschiedlichen Ansatzes und Verwendungszweckes sinnvoll erscheint, werden sie nur noch als „Verfahren zur Dichtemessung“ bezeichnet. Diese beiden Verfahren werden im Folgenden besprochen. Aus Platzgründen kann es hier keine umfassende Zusammenfassung der intensiven Diskussionen in Mathematik und Statistik über alle Methoden der Dichtemessung geben. Es wird daher auf folgende einschlägige Literatur verwiesen:

BAILEY, TREVOR C.; GATRELL, TONY (1995): Interactive Spatial Data Analysis. Harlow.

SILVERMAN, BERNARD W. (1989): Density Estimation for Statistics and Data Analysis. In: Monographs on Statistics and Applied Probability 26. London.

WAND, MATTHEW P. ; JONES, MICHAEL C. (1995): Kernel Smoothing. In: Monographs on Statistics and Applied Probability 60. London.

#### 4.4.2 Kernel-Density

Die Kernel-Density-Estimation (KDE), oder auch Kerndichteschätzer, wird zur Darstellung einer eindimensionalen Verteilung verwendet. Das Verfahren ermöglicht eine stetige Schätzung der unbekanntenen Verteilung durch eine Folge von Dichten. Dazu wird unter Annahme einer

kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsverteilung in Form einer Normal- oder Gauß-Verteilung (nach Carl Friedrich Gauß) für jeden Rasterpunkt ein Dichtewert erzeugt.

Dazu wird ausgehend von jeder Rasterzelle, deren Größe im Vorfeld definiert wird, eine dreidimensionale Glockenkurve mit einem voreingestellten Suchradius erzeugt. Alle Punkte unter der Glocke gehen mit ihrem Gewicht, das von ihrer Lage auf der Glockenkurve bestimmt wird und nach außen abnimmt, durch Addition in den Dichtewert der Rasterzelle ein. Die addierten Werte werden durch die Fläche der Glocke geteilt und es entsteht ein Dichtewert mit Flächenbezug. Anschließend wandert der Kernel, in diesem Fall die Funktion der Gauß'schen Glocke, weiter zur nächsten Rasterzelle (Moving-Window-Verfahren).

Als Kernel kann jede Dichtefunktion dienen, die symmetrisch ist und deren Ausdehnung durch einen Bandbreitparameter bzw. Suchradius gesteuert werden kann. Die Funktion hat ihren höchsten Wert direkt an der Lokalisation des Datenpunktes, nimmt mit zunehmender Distanz ab und erreicht in einer Entfernung, die dem Suchradius entspricht, den Wert 0 (NIGST 2004, S. 34). KDE Normal/Gauß'sche Formel, unbegrenzter Kernel (DE SMITH ET AL. 2007, S. 140):

$$\frac{1}{2k} e^{-\frac{(d_{ij})^2}{2}}$$

$d_{ij}$  = Entfernung  $d$  von Punkt  $i$  an der Rasterposition  $j$

$h$  = Bandbreite (Suchradius)

$k$  = Parameter

Kernel des Spatial Analyst nach NIGST (2004, S. 34):

$$K(r, \theta) = \left(1 - \left(\frac{r}{3c}\right)^2\right)^2$$

Diese Glocke entspricht dabei in gewisser Weise einem Einzugsbereich, mit einer vom Zentrum aus abfallenden Gewichtung. Der Einzugsbereich kann durch den Suchradius beeinflusst werden und sollte so gewählt werden, dass er ein Gebiet eingrenzt, das maximal für die Nutzung, bspw. der Haltestelle, sinnvoll ist. Außerhalb dieses Bereichs der Glockenkurve ist der Einfluss auf den Dichtewert durch die Haltestelle nahezu Null (siehe Abb. 4-13). Das Model liefert so für das gesamte Stadtgebiet Dichtewerte.

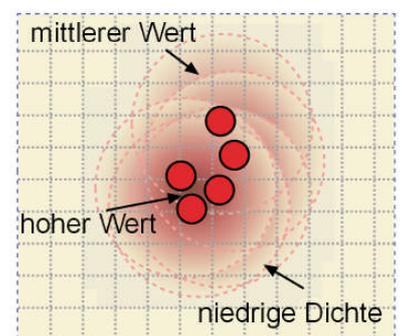


Abb. 4-11: KDE – Dichte als kontinuierliche Rasterfläche

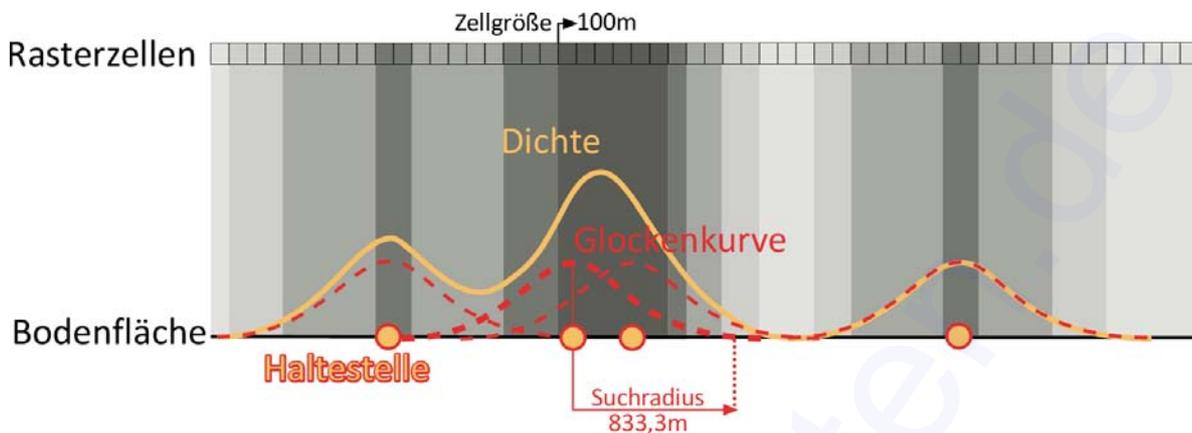


Abb. 4-12: Rasterdaten durch Kernel-Density am Beispiel Haltestellen

Die durchschnittlichen Werte der Rasterzellen in einem Planungsraum lassen sich dann mit der GIS-Funktionalität Zonal Statistics as table ermitteln.

#### 4.4.3 Simple Density

Bei der Simple-Density-Estimation (SDE) handelt es sich um eine Sonderform der Kernel Density. Bei ihr wird eine kreisrunde Fläche generiert, deren Zentrum der jeweilige Datenpunkt ist. Ein Radius muss gewählt werden und die Fläche bekommt als Attribut die Dichte  $\frac{1}{(\pi r^2)}$  (NIGST 2004, S. 34). Es wird nun über die gesamte zu analysierende Fläche ein Raster gelegt, wobei die Rasterzellengröße frei gewählt werden kann. Für jeden Rasterzellenmittelpunkt werden die an seiner Position überlappenden Kreise bzw. deren Attribute addiert (EBD., S. 34). Man erhält so eine kontinuierliche Fläche für das ganze Stadtgebiet.

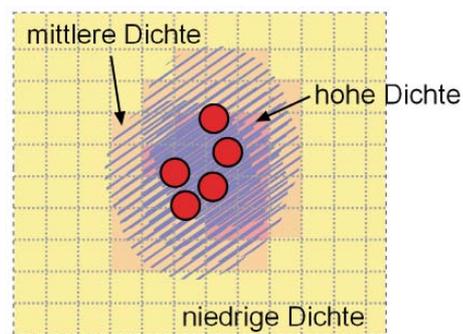


Abb. 4-13: SDE – kontinuierliches Dichteraster

#### 4.4.4 Abwägung Simple- oder Kernel-Density

Wie die Wahl des Radius bei der SDE ist die Wahl des Bandbreitensparameters bzw. Suchradius bei der KDE die maßgebliche Größe mit dem größten Einfluss auf das Aussehen der resultierenden Dichtekartierung. Je größer der Parameter gewählt wird, desto geglätteter erscheint die resultierende kontinuierliche Oberfläche und desto mehr konvergiert sie zum Gesamtberliner Mittelwert. Je kleiner der Parameter ist, desto detaillierter ist sie und der Wert konvergiert zur Wertanzahl der Objekte durch die Fläche der Rasterzelle. Beide Methoden haben das Problem von Randeffekten. Nahe dem Rand der zu analysierenden Fläche kommt es

zu dem Problem, dass die Dichte aufgrund fehlender benachbarter Werte nach außen einbricht, was besonders bei großem Radius bzw. Bandbreitparameter problematisch ist. Der Bereich vom Randbereich der analysierten Fläche bis zu einer Distanz, die dem Radius bzw. Bandbreitparameter entspricht, ist von diesen Randeffekten betroffen.

KDE produziert im Gegensatz zur SDE eine glattere Rasterfläche (siehe Abb. 4-14) und ist örtlich begrenzter. Daher ist die beste Wahl die Kernel-Density.

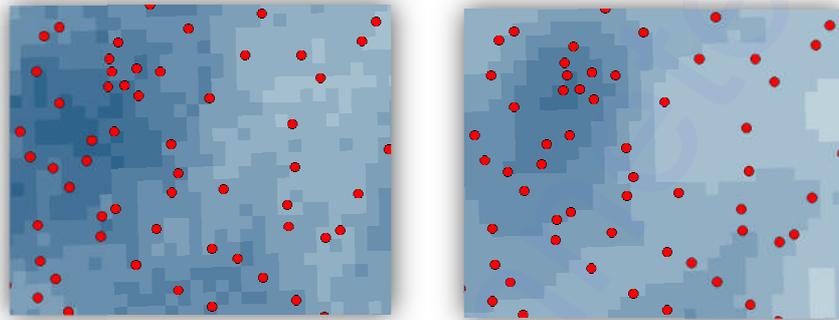


Abb. 4-14: Dichteraster aus Simpel- (links) und Kernel-Density (rechts)

#### 4.4.5 Verbesserung der Dichte durch Eliminierung unbewohnter Bereiche

Die Aussagekraft in Form der Dichte von bspw. Haltestellen ist jedoch verbesserungsfähig. Denn durch die kontinuierliche Natur der Fläche gehen auch Dichtewerte von unbewohnten Flächen in die Berechnung ein. Somit ist eine realistische Dichte der Haltestellen im Zusammenhang mit den Siedlungsflächen nicht hinreichend gegeben. Es ist anzunehmen, dass z. B. in den Planungsräumen des Bezirks Treptow-Köpenick relativ wenige Haltestellen pro km<sup>2</sup> vorhanden sind, jedoch bestehen einige der Planungsräume dort zum größten Teil aus Waldflächen des Berliner Stadtförstes. In den Siedlungsflächen jedoch ist eventuell die Dichte der Haltestellen sehr hoch. Durch die Einbeziehung aller Flächen verzerrt sich der Gesamteindruck in solchen Fällen in Richtung einer niedrigen Haltestellendichte, obwohl für die Siedlungsflächen real eine hohe Dichte vorhanden ist.

Durch einen dasymetrischen Ansatz wäre es möglich, die nicht oder spärlich bevölkerten Flächen aus der Berechnung der Dichte zu entfernen. Dazu werden als unbewohnt geltende und so irrelevante Blöcke des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg herangezogen. Diese werden als Maske verwendet, die Bereiche definiert, die in der Kalkulation der Dichte der kontinuierlichen Rasterdatenfläche (siehe 4.4.3) berücksichtigt werden sollen. Mit dem Spatial Analyst Tool Extract by Mask werden alle nicht von der Maske bedeckten Teile auf NoData gesetzt und damit aus dem Dichteraster entfernt und eine Berechnung der Gesamtdichte je

Planungsraum findet ohne diese Rasterzellen statt, da bei der Analyse NoData-Bereiche ignoriert werden. Somit entsteht eine Berechnung der Dichte der Haltestellen nur noch anhand der als Siedlungsgebiet definierten Flächen.

#### 4.4.6 Alternative Wege zur Dichteermittlung

Es existieren weitere alternative Möglichkeiten, bspw. könnte man mit dem ArcGIS Conversion Tool Raster to Point alle Pixel des Rasters in Punkte mit dem Graustufenwert als Attribut umwandeln und den Durchschnittswert aller Punkte innerhalb eines Planungsraums ermitteln. Auch könnte man einen Eindruck über die Dichte der Haltestellen gewinnen, wenn man die Gesamtlänge der Straßen jedes Planungsraums der Anzahl Haltestellen pro Planungsraum gegenüberstellt. Man würde so ermitteln, wie groß der durchschnittliche Abstand zwischen den Haltestellen im Planungsraum ist. Diese Varianten scheinen jedoch wenig sinnvoll zu sein, da dort die Kompaktheit der Siedlungsstruktur eine große Rolle für die Einschätzung der Erreichbarkeit spielen würde.

#### 4.4.7 Fazit zur Methodik der Frage nach der Dichte

Zur Ermittlung einer realistischen Dichte, die die in der Praxis nicht relevanten administrativen Grenzen ignoriert, ist es notwendig, das Verfahren der Kernel-Density anzuwenden, um so ein kontinuierliches Raster mit Dichtewerten zu erzeugen. Zur Verfeinerung dieser Methode werden unbewohnte und daher meist schlecht abgedeckte Flächen aus der Dichteberechnung über die Bildung einer Maske entfernt. So ist eine grenzunabhängige, fließende Dichtemessung möglich. Jedoch besteht bei dieser rasterbasierten Methode das Problem, dass bei ihrer Erzeugung keine Rücksicht auf die infrastrukturelle Erreichbarkeit genommen wird (SCHÜSSLER 2006, S. 64f). Dies ist jedoch im Fall der Haltestellen aufgrund ihrer hohen Anzahl und grundsätzlichen Lage auf dem Infrastrukturnetz vernachlässigbar.

#### 4.5 Frage nach dem Anteil

Die Frage nach dem Anteil wird einfach gelöst durch das mathematische Verfahren der Prozentrechnung (lat.-it. von Hundert). Prozentrechnung ist bekannt und wird daher nur kurz erläutert. Das Verfahren dient der Veranschaulichung und dem Vergleich von Größenverhältnissen, indem die Größen zu einem einheitlichen Grundwert (Hundert) ins Verhältnis gesetzt werden.

Zum Ausdruck bringt dies die Berechnungsformel  $p = \frac{W}{G} * 100$ , wobei  $G$  der Grundwert,  $W$  der Prozentwert und  $p$  der Prozentsatz ist (BRINKMANN 2008).

#### 4.6 Fazit der Analyse-Methoden

Nach eingehender Literaturrecherche wurde festgestellt, dass die Erreichbarkeit ein Lagemerkmal ist, das zusammen mit anderen Größen ein Einzugsbereich definieren kann. Zur Ermittlung bietet sich dabei die Zeit-Distanz-Methode an, die von der Infrastruktur abhängig ist und über eine Netzwerkanalyse mit ArcGIS simuliert werden kann. Dabei sind zwei Wege sinnvoll, um die Erreichbarkeitsanalyse durchzuführen: die Ermittlung eines Einzugsbereiches (Service Areas) oder der kürzesten Distanz von einem Punkt zum Ziel, was der Erreichbarkeit als Einzelgröße entspricht (Closest Facility). Für die Ermittlung der Dichte wurde eine Rasteranalyse mittels Kerndichteschätzung als durchführbar befunden. Einfache mathematische Methoden können bei der Anteilsanalyse Anwendung finden.

## 5 Datenvorbereitung und Speicherung

Da die Daten bearbeitet, gespeichert und organisiert werden müssen um sie anschließend zu modellieren, analysieren und visualisieren (BILL 1999, S. 4), kommt der Datenvorbereitung und Speicherung besondere Aufmerksamkeit zu. Die Qualität der Analysen hängt vom Umfang, der Aktualität, Genauigkeit und der Methodik, mit der die Daten erfasst wurden, ab. Vergleichbar werden die Daten dabei erst durch eine gleich bleibende Methodik. Je besser die einzelnen Rechenschritte aufgeschlüsselt sind, desto nachvollziehbarer sind die Analysealgorithmen und umso präziser lässt sich auch das Analyseergebnis interpretieren (HERTER & MÜHLBAUER 2008, S. 34).

### 5.1 Datenbasis

Die Kosten bei der Arbeit mit Geo-Informationssystemen entstehen zu 80 % aus der Datenbeschaffung (DE LANGE 2002, 301f.). Die Daten für die Analysen in dieser Arbeit stammen aus verschiedenen Quellen. Diese sind das Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, die Berliner Verkehrsbetriebe und die Technische Universität Berlin.

#### 5.1.1 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg

Das Amt für Statistik Berlin-Brandenburg stellte mit dem Stand August 2008 die Daten der 15.412 Berliner Blöcke (Abb. 5-1), das Verkehrsnetz (Abb. 5-2) und die statistischen Daten der meldepflichtig registrierten Einwohner vom 30. Juni 2008 nach Altersgruppen, Staatsangehörigkeit und Geschlecht (siehe Tab. 5-1), zur Verfügung.

Daten	Format	Stand	Koordinatensystem, Projektion
Verkehrsnetz	Shapefile (Line)	08.2008	Unnamed, Transverse_Mercator
Blöcke	Shapefile (Polygon)	08.2008	Unnamed, Transverse_Mercator
Einwohnerstatistik	Microsoft Excel	30.06.2008	

Die Einwohnerstatistik (siehe Tab. 5-2) für 12.413 der 15.412 Blöcke, unbewohnte, wie Bahn-, Grün-, Industrie- oder Verwaltungsblöcke, wurden statistisch nicht erhoben.

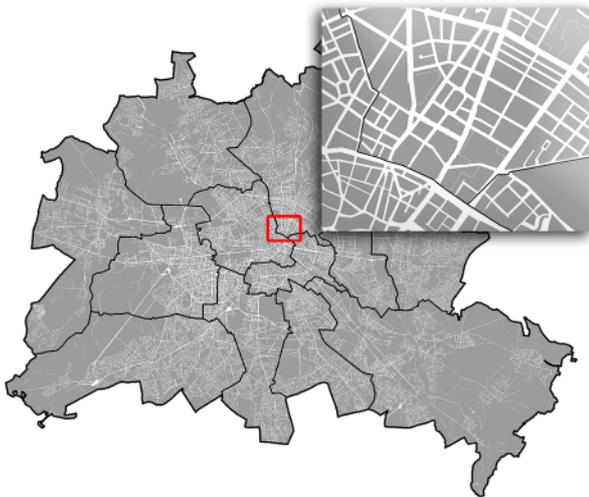


Abb. 5-1: Basisdatensatz der Blöcke

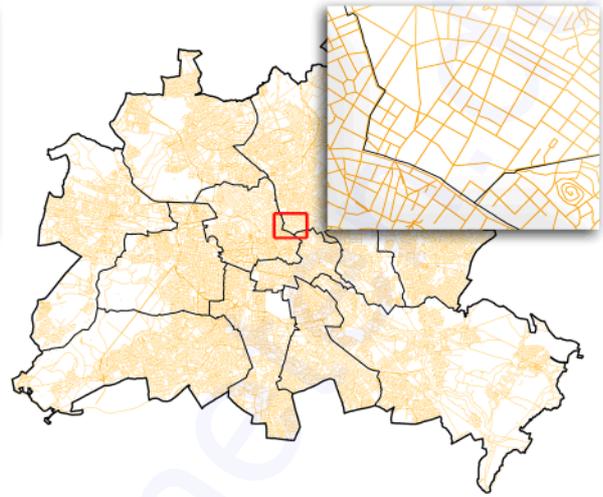


Abb. 5-2: Basisdatensatz des Verkehrsnetzes

Tab. 5-2: Beispiele der statistischen Daten der Einwohner

Bezirk,			Ins.	Altersgruppe von ... bis unter ... Jahre									und zwar	
Statistisches Gebiet, Block				< 6	6-	15-	18-	27-	45-	55-	65 <	Ausl.	Män.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
01	098	001	13	-	-	-	3	7	3	-	-	7	7	
01	098	007	265	13	3	7	47	59	63	28	45	22	125	
01	098	008	721	38	9	12	100	379	113	43	27	214	384	
01	098	021	104	-	3	-	24	45	15	11	6	36	58	

### 5.1.2 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin

Die Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (siehe Tab. 5-3, ausschließlich die fett gedruckten wurden verwendet) waren von den Mitarbeitern der Senatsverwaltung aus anderen Quellen gesammelt, selektiert und bearbeitet worden, um sie für den Druck der Broschüre Mobilität der Stadt - Berliner Verkehr in Zahlen zu verwenden. Diese Daten lagen als ESRI-Shapefiles und im MapInfo Interchange Format (MIF/MID) vor. MIF/MID ist ein Karten- und Datenbank-Dateiformat der MapInfo-Software und besteht aus zwei nichtbinären Dateien. Die MIF-Datei enthält dabei sowohl die Metadaten und Feature-Definitionen als auch die Koordinaten. Die MID-Datei enthält die trennzeichenunterteilten Attribute, wobei eine Zeile pro Objekt benutzt wird.

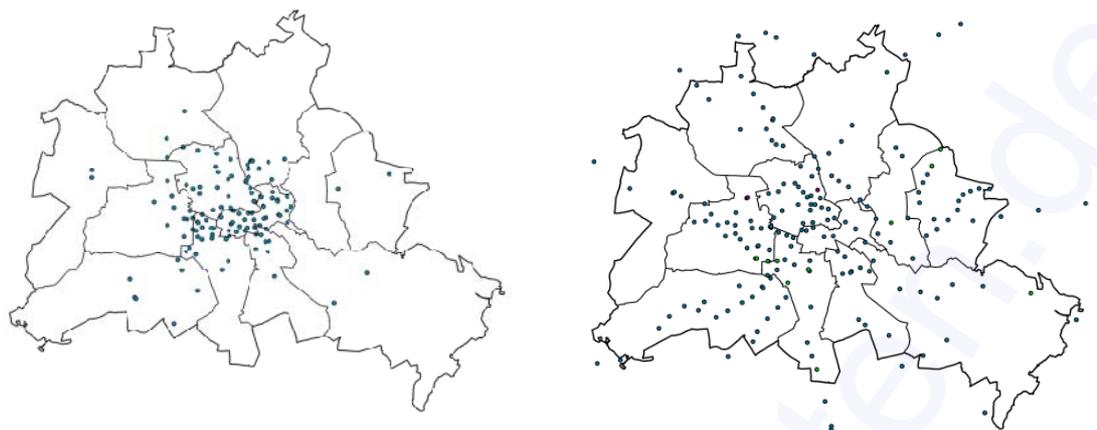


Abb. 5-3: Carsharing Punkte (links), barrierefreie Bahnhöfe (rechts)

Tab. 5-3: Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin			
Daten	Format	Stand	Koordinatensystem, Projektion
Bahnlinien-BRB	Shapefile (Line)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Bahnlinien-BLN	Shapefile (Line)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
U-Bahnlinien	Shapefile (Line)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
S-Bahnlinien	Shapefile (Line)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Tram-Linien	Shapefile (Line)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Radwegenetz	Shapefile (Line)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Barrierefreie Bhf.	Shapefile (Point)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Bike-and-Ride	Shapefile (Point)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Radwegenetz	Shapefile (Point)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Flughafen	Shapefile (Point)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Regionalbahnhof	Shapefile (Point)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
S-Bahnhof	Shapefile (Point)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
U-Bahnhof	Shapefile (Point)	?	_MI_0, Transverse_Mercator
Planungsräume	Shapefile(Polygon)	?	unknown
Unfalldichte	MIF	2006	DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4, Gauss_Kruger
Geschwindigkeit	MIF	?	DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4, Gauss_Kruger
Park-and-Ride	MIF	?	DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4, Gauss_Kruger
Carsharing	MIF	?	DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4, Gauss_Kruger

Weitere verwendete Daten waren die Standorte von Carsharing-Stationen, die Geometrie der lebensweltlich orientierten Räume, das Geschwindigkeits-Verkehrsnetz und die 35.675 Abschnitte der Radwege.

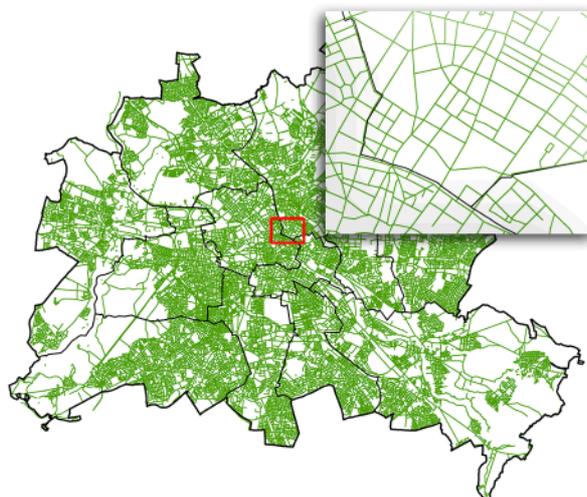


Abb. 5-4: Radwegenetz

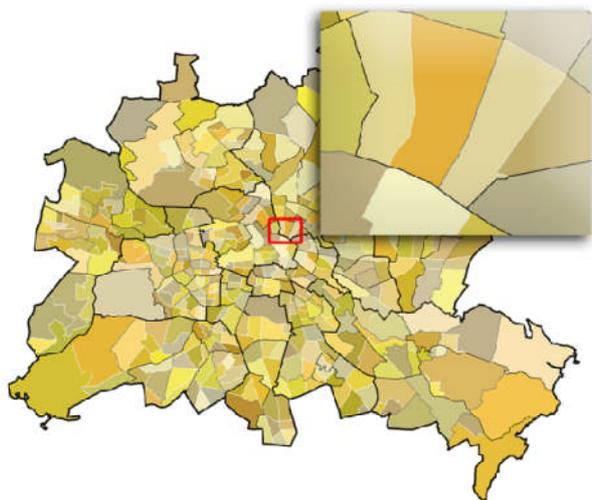


Abb. 5-5: Planungsräume



Abb. 5-6: Geschwindigkeitsnetz

### 5.1.3 Berliner Verkehrsbetriebe

Die BVG stellte die Standorte ihrer 2941 Haltestellen in Form einer Microsoft Excel 95-2003-Datei mit Haltestellen-Nummer, Name und x- und y-Koordinaten im Gauss-Krüger

Tab. 5-5: Beispiel der BVG-Haltestellendaten

Hst-Nr.	Hst-Name	X	Y
9001103	Wiebestr./Huttenstr.	4589702	5822508
9001151	Reuchlinstr.	4589980	5822460
9001152	Neues Ufer	4589410	5822590
9001154	Ilseburger Str.	4589000	5822210

DHDN GK-Zone 4 System zur Verfügung (siehe Tab. 5-5). Darüber hinaus gibt noch eine zweite Tabelle (siehe Tab. 5-4), bei der die Koordinaten fehlten, aber die Haltestellen nach den Gattungen Bus, Fähre, Tram und U-Bahn sortiert waren, jedoch ohne die Gattung S-Bahn, die aus den Namen extrahiert werden musste.

Tab. 5-4: Beispiel der BVG-Haltestellendaten 2

Hst-Nr.	Gattung	Hst-Name
9100003	U	S+U Alexanderplatz
9100003	B	S+U Alexanderplatz
9100024	T	S+U Alexanderplatz/Dircksenstr.

### 5.1.4 Technische Universität Berlin

Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt hat die TU-Berlin zur Datengewinnung die Standorte von Einrichtungen, hauptsächlich aus dem Bio-Einkaufsführer für Berlin-Brandenburg 2008/2009 der Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau Berlin Brandenburg e.V., geocodieren lassen. Das Ergebnis ist ein Shapefile mit der Lage der Punkte und einer umfangreichen Attributtabelle, die jedoch nur Layoutinformationen enthält und ansonsten bis auf den notwendigen Schlüssel leer ist. Der Schlüssel entspricht hierbei

der Spalte AdressID

Tab. 5-6: Daten vom der Technischen Universität Berlin

Daten	Format	Stand	Koordinatensystem, Projektion
ISA Standorte	Shapefile (Point)	12.2007	<Undefined>
ISA Daten	DBF-Tabelle	12.2007	

der DBF-Tabelle, die Kategorie, Adressen und Eigenschaften der Standorte enthält. DBF-Tabellen (DataBaseFiles) sind Datenbanken in dBASE-Tabellenform. Hier mussten einige Redundanzen entfernt werden, die vermutlich durch das Geocodieren entstanden sind, sodass sich die Anzahl von 103 auf 94 Bio-Fachgeschäfte reduzierte.

## 5.2 Validität der Daten

Die Validität der Daten, die für eine Analyse verwendet werden, ist von essenzieller Grundbedeutung, denn die Analyseergebnisse können nur so gut sein, wie die Daten, die für ihre Erstellung verwendet wurden. Es war daher notwendig, sich die Daten vor Beginn der Bearbeitung sehr genau anzusehen und zu überprüfen. Besonders ihre Zuverlässigkeit und Qualität hinsichtlich ihres Inhalts und der Lagegenauigkeit sollte kritisch bewertet werden (BILL 1999, S. 229).

Bei den Daten des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg und den Berliner Verkehrsbetrieben war zwar von einer akkuraten Datengrundlage auszugehen. Jedoch zeigten einzelne Stichproben abweichende Lagen von bis zu 50 m für Haltestellen und Nachbearbeitungsbedarf beim Straßennetz. Die Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin und der Technischen Universität Berlin jedoch erweckten aufgrund der Art ihrer Erhebung oder, wie bei den Daten der Senatsverwaltung, durch optische Widersprüche, den Verdacht, nicht 100 % akkurat zu sein. Theoretisch wäre es das Beste, die Qualität durch Überprüfung der Daten im Feld mittels stichprobenartiger Begehung zu verifizieren, jedoch konnte dies aufgrund der Datenmenge und der räumlichen Verteilung der Standorte nur selektiv und fernerkundlich durchgeführt werden.

### 5.2.1 Validität der Straßendaten des Amtes für Statistik

Das Verkehrsnetz, das für die Erreichbarkeitsanalyse das Fundament überhaupt ist, zeigte zwei Probleme. Das erste war geometrischer Natur. So existieren im Netzwerk sehr viele Elemente, die nicht mit dem Rest des Netzwerks verbunden sind und so bspw. Bio-Fachgeschäfte, die dort verortet werden, für niemanden erreichbar wären. In der Analyse würde für nahe Anwohner ein anderes, weiter entferntes Geschäft verwendet und so das Ergebnis negativ verfälscht werden. Das zweite Problem war inhaltlicher Natur und führt zu ähnlichen Problemen wie das erste. Es existieren viele für die Analyse schädliche Elemente im Netzwerk, von Wasserwegen bis zu Bahnsteigen, die nur selten mit dem Netzwerk verbunden sind und nicht berücksichtigt werden sollten. Ein Beispiel für das Resultat eines unverbundenen Teilstückes war z. B. an Hand von drei Standorten am Ludolfingerplatz zu erkennen. Dort existiert ein nicht mit dem

Rest des Netzwerkes verbundenes 27 m langes Teilstück, das den Standorten am nächsten lag und diese deshalb darauf gesnapt wurden. Zwar können die Standorte von Hand mit dem Move/Select Network Locations-Tool für die Berechnung virtuell an den nächstliegenden, mit dem Netzwerk verbundenen Abschnitt verschoben werden, um die Analyse durchzuführen, jedoch erzeugte der unverbundene Netzwerkabschnitt weiterhin Fehler in den Isochronen (siehe Abb. 5-7 rechts). Es entstanden innerhalb des 5-Minuten-Bereichs LÖcher mit bis zu 10-Minuten-Fußweg.

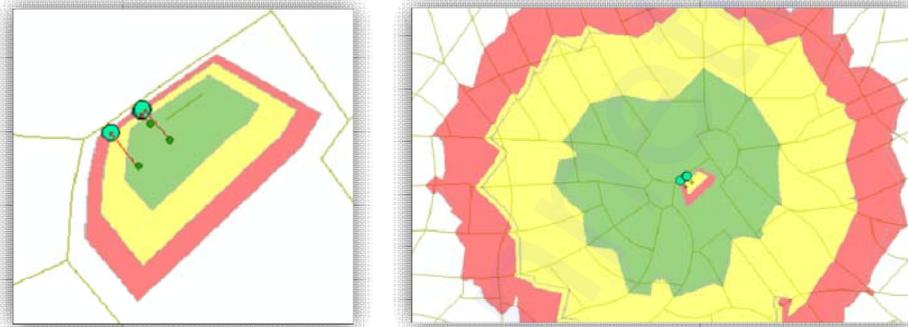


Abb. 5-7: Ludolfingerplatz, Standortverschiebung (links), Fehlerisochrone (rechts)

Eine fernerkundliche Überprüfung ergab, dass es im betreffenden Bereich des Ludolfingerplatzes keine reale Entsprechung zum unverbundenen Netzwerkstück (rot) gab (siehe Abb. 5-8).



Abb. 5-8: Visuelle Überprüfung des Ludolfingerplatzes (Google Maps 2008)

Daher war die beste Lösung, die Basis-Shapefiles des Verkehrsnetzwerks zu modifizieren und das Straßenstück sowie alle anderen nicht verbundenen oder nicht zur Fuß nutzbaren Klassen zu entfernen.

### 5.2.2 Validität der ISA-Daten der TU Berlin

Zu den ISA-Daten der TU Berlin, die hauptsächlich aus dem Bio-Einkaufsführer Berlin-Brandenburg 2008/2009 stammen, lässt sich sagen, dass nach Aussage der Koordinatorin des Projektes Bio-Einkaufsführer, Alexandra Becker, die Daten grundsätzlich als unvollständig anzusehen sind. Denn laut ihr herrscht seit 2005 beim Bio-Einkaufsführer das Prinzip der Freiwilligkeit, d. h.: nur wer explizit einen Eintrag beantragt, wird veröffentlicht. Der Eintrag ist aber mit einem Unkostenbeitrag verbunden, sodass manche deshalb auf die Nennung verzichten. Daher erhebt der Bio-Einkaufsführer seit 2005 keinen Anspruch mehr auf Vollständigkeit. Dies bedeutet, dass nur noch die Betriebe, Bioläden etc. genannt sind, die sich nach einer klassischen Akquise für einen Eintrag entschieden haben. Dies sei, so Frau Becker, ein Großteil, aber eben nicht alle. Dazu kommt, dass bei der Geocodierung Redundanzen entstanden sind, die nicht für die Qualität der Daten sprechen, da die Redundanzen über verschiedene Lagekoordinaten trotz gleicher Adresse verfügten. Die Lage wurde jedoch ebenfalls stichprobenartig überprüft, wobei eine für die Analyse ausreichende Genauigkeit festgestellt wurde (siehe Abb. 5.9).

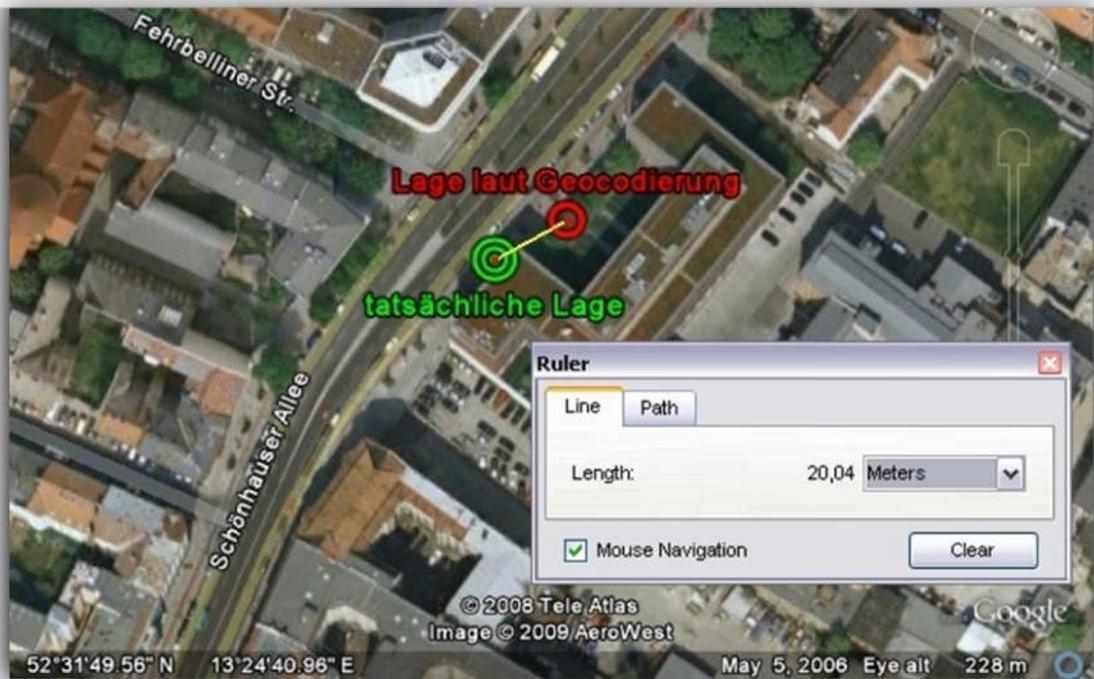


Abb. 5-9: Lage des Viv-BioFrischeMarktes Schönhauser Allee 10 in Google Earth

### 5.2.3 Validität der Daten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung

Die Daten waren offensichtlich bearbeitet bzw. durch einen Bearbeiter vorselektiert, so dass diese nicht mehr in ihrem ursprünglichen Umfang zur Verfügung standen. Bspw. beinhaltete das Straßennetz mit den Geschwindigkeiten statt 43.611 Abschnitten (Amt für Statistik) nur 8.221 Hauptstraßen-Abschnitte und repräsentiert somit nicht mal 19 % des gesamten Straßennetzes in Berlin. Bei den Radwegen jedoch fanden sich umfangreiche 35.675 Abschnitte.

Da die Daten von der Senatsverwaltung für eine Broschüre von Ursprungsdaten abgeleitet waren, wurde der Standort einzelner Objekte für das kartographische Layout an günstigere Stellen verschoben. Es konnten Abweichungen zwischen den barrierefreien Bahnhöfen und den Standortdaten der BVG von bis zu 100 Meter festgestellt werden, außerdem teilweise mehrere Dubletten die sich um eine Haltestelle gruppieren und mutmaßlich für verschiedene Zugänge standen (siehe Abb. 5-10). Aufgrund der Tatsache, dass die barrierefreien Bahnhöfe separat behandelt werden und es nicht um ihre Dichte, sondern Erreichbarkeit

geht, scheint eine Verschiebung oder Dopplung im Radius von 100 m um eine Haltestelle keine signifikante Rolle zu spielen. Diese 100 m sind nur ein Teil der zu berechnenden Strecke und auch zu Fuß bzw. Rollstuhl etc. relativ schnell zu überwinden.



Abb. 5-11: Straßen- (orange), Tempo- (lila), und Radwegenetz (grün)

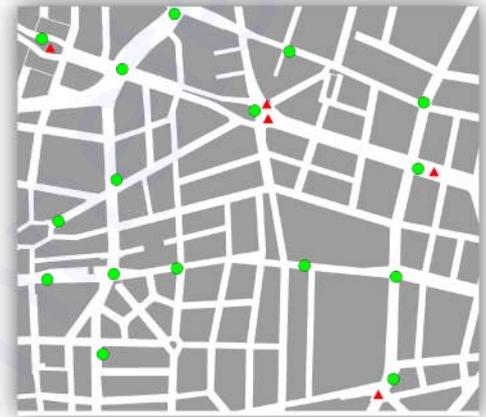


Abb. 5-10: Bahnhöfe der BVG (grün) und die barrierefreien der SenStadt (rot)

Auch die restlichen Infrastrukturnetze wie Fahrradwege und das Tempo-/Geschwindigkeit-Straßennetz passen nicht zu den Basisdaten des Amtes für Statistik. (siehe Abb. 5-11). Hier wurde das Problem ebenfalls dadurch minimiert, dass bspw. der Anteil der Radwege nicht netzübergreifend z. B. mit den Straßennetzen des Amtes für Statistik ermittelt wird, sondern sich nur auf sich selbst bezieht. Dadurch werden die Unterschiede relativiert, weil das Ergebnis nicht durch einen Vergleich der verschiedenen Netze zustande kommt.

### 5.3 Aufbereitung der Daten

Um die Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit zu wahren werden die Schritte, mit denen die Daten für die Analysen vorbereitet wurden, für jeden einzelnen Datensatz beschrieben. Am Ende sollen elf Datensätze Basis für alle weiteren Analysen sein (siehe Diagramm Datenaufbereitung im Anhang). Hinzu treten für das Layout notwendige Daten, Flüsse, Seen, Stadt- und Bezirksgrenzen.

#### 5.3.1 Barrierefreie Bahnhöfe (SenStadt)

Die Standorte barrierefreier Bahnhöfe wurden bereits als Punktshape geliefert, jedoch in drei getrennten Dateien, die zu einer zusammengefasst wurden. Die außerhalb Berlins liegenden Bahnhöfe sind zudem entfernt worden.

#### 5.3.2 Bio-Fachgeschäfte (TU Berlin)

Wie in Kapitel 3 (Indikatoren) beschrieben, war das Ziel ein Punkt-Shapefile, das ausschließlich die Bio-Fachgeschäfte und alle dazugehörigen Attribute beinhaltet. Zunächst musste die ISA-Daten-DBF-Tabelle mit dem ISA-Standorte-Shapefile verbunden werden. Dies geschah über Attribute Join, einer Methode, bei der über identische Attribute, bspw. eine ID, die in einer Tabelle und in der Punktdatei das gleiche Element definiert, Daten verknüpft werden. Um die zunächst nur dem Shapefile angehängte Attributtabelle endgültig zu verbinden wurde die Datei als Shapefile exportiert. Überflüssige Spalten wurden dann aus der Attributtabelle entfernt. Um ein Shapefile zu erhalten, das nur die Bio-Fachgeschäfte beinhaltet, werden diese in der Attributtabelle ihrer Kategorie nach selektiert und in eine neue Datei exportiert.

#### 5.3.3 Carsharing-Stationen und Geschwindigkeitsnetz (SenStadt)

Da ArcGIS das MapInfo Interchange Format, in dem die Daten vorlagen, nicht lesen kann, wurde es mit Hilfe der Data Interoperability Tools Extension von ArcGIS in Shapefiles konvertiert.

### 5.3.4 Haltestellen (Bus, Tram, Fähre) und Stationen (S- und U-Bahn) (BVG)

Ziel war ein Punkt-Shapefile mit den S- und U-Bahnstationen und eine Datei für Bus-, Tram- und Fährenhaltestellen. Nach Möglichkeit sollte die Datei den Namen und die Gattung jedes Standortes beinhalten. Zunächst wurden dazu die Excel-Daten nach Gattung Bus, Fähre, Tram und U-Bahn in einzelnen Excel-Dateien separiert. Die Gattung S-Bahn wurde nicht vergeben, kann aber selektiert werden, da der Haltestellenname mit „S-“ beginnt, und später durch einen Abgleich mit den barrierefreien Bahnhöfen ergänzt werden. Obwohl ArcGIS Microsoft Excel 95-2003-Dateien lesen kann, war es nötig, sie in das DBF-Format zu konvertieren. Excel 2007 unterstützt keinen DBF-Dateiexport mehr, darum wurde die Excel-Tabelle, um sie für ArcGIS lesbar zu machen und die Umlaute sowie die volle Zeichenlänge der Haltestellennamen zu erhalten, über das Tabellenkalkulationsprogramm OpenOffice.org Calc in eine DBase-Datei (.dbf) mit dem Zeichensatz Westeuropa (ISO-8859-15/EURO) konvertiert.

Mit einem Attribute Join über die HAFAS-Nummer (HaCon Fahrplan-Auskunfts-System) konnten den einzelnen, nach Gattung sortierten Haltestellen die x-y-Koordinaten aus der anderen Tabelle angehängt werden.

Die DBF's wurden in ArcGIS mit der Funktion Display XY Data dargestellt. Dabei war zu beachten, dass die korrekten Spalten für die Koordinaten und das richtige Koordinatensystem ausgewählt wurden. Das Ergebnis wurde in ein Punkt-Shapefile exportiert. Anschließend wurden Tram, Bus und Fähre, sowie U- und S-Bahn in jeweils ein Shapefile zusammenkopiert.

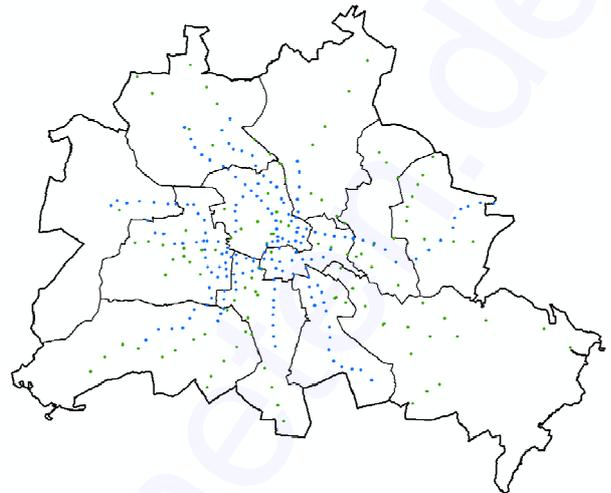


Abb. 5-13: Standorte der U- und S-Bahnstationen nach der Geocodierung

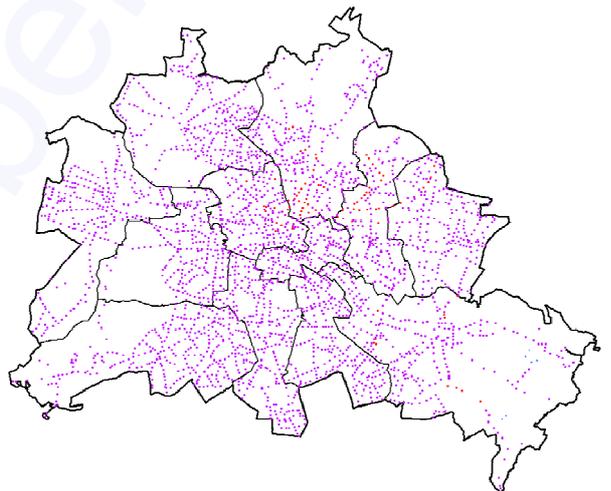


Abb. 5-12: Standorte der Bus-, Tram- und Fährenhaltestellen nach der Geocodierung

### 5.3.5 Blöcke und Blockzentroide (Amt für Statistik)

Ziel war ein Polygon-Shapefile, das die Einwohnerstatistiken für jeden Wohnblock beinhaltet und für jeden Block den Schlüssel des Planungsräum, in dem er liegt. Darüber hinaus war die Erzeugung von Blockzentroiden für die weitere Arbeit notwendig.

Die Einwohnerstatistik des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg lieferte eine Exceldatei. Diese musste an die Geometriedaten der Blöcke angehängt werden. Das Problem war hier, dass der Schlüssel in der Exceldatei auf zwei Spalten aufgeteilt war. Mit der Formel „=Zelle1&Zelle2“ konnte der Schlüssel jedoch zu einem Wert zusammengefasst und so zur Nomenklatur des Wohnblock-Shapefiles kompatibel gemacht werden. Die Exceldatei wurde abschließend in eine DBF-Datei konvertiert. Mit Attribute Join über die Schlüssel wurden die statistischen Daten mit der Geometrie der Planungsräume verbunden.

Als nächstes waren die Blockzentroide zu erstellen. Diese wurden als Ausgangspunkte für die Erreichbarkeitsanalyse verwendet und um ihre statistischen Daten mittels Spatial Join auf Planungsräume zu aggregieren, um für diese verlässliche statistische Werte zu erhalten.

Die Herstellung von Zentroiden aus den Blöcken wurde mit der ArcGIS Funktion Feature to Point durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass, wenn das Gravitationszentrum eines Polygons berücksichtigt wird, es dazu kommen kann, dass der entstandene Zentroid sich außerhalb der eigentlichen Fläche befindet (siehe Abb. 5-14). Dies war jedoch für die räumliche Aggregation in Planungsräume ungeeignet. Denn da diese blockscharf sind, kann ein außerhalb eines Blocks

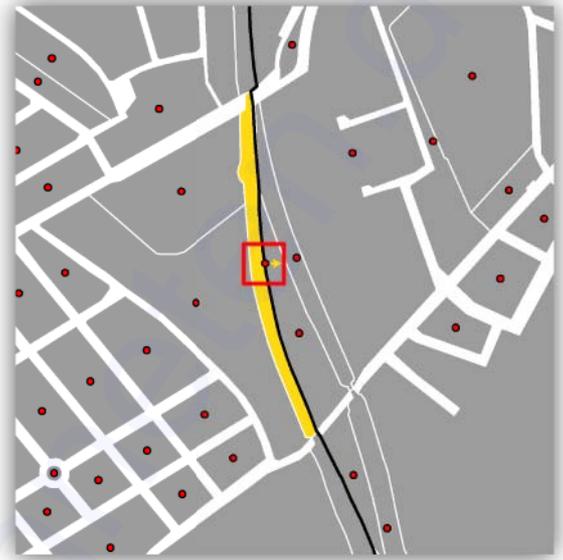


Abb. 5-14: Zentroid außerhalb des Blocks

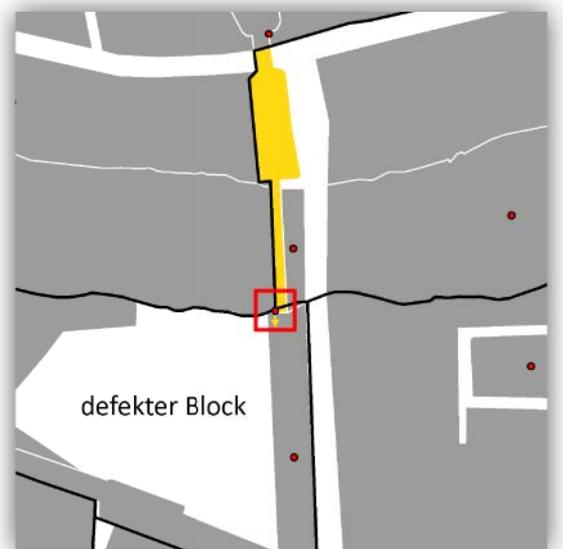


Abb. 5-15: Block in zwei Planungsräumen (gelb) und defekter Block

liegender Punkt damit auch außerhalb des eigentlichen Planungsraumes liegen. Um das zu verhindern wurde die Option Inside gewählt, bei der der entstehende Punkt auf der Fläche des Polygons liegt und so räumlich dem korrekten Planungsraum zugeordnet werden kann. Bei der Durchführung des Prozesses mit der Option Inside wurde festgestellt, dass Block 122.039 einen Geometriefehler beinhaltet. Er wurde gelöscht, neu erstellt und seine Attribute in den neuen Block übertragen. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass ein Block geometrisch über zwei Planungsräume verlief und sein Zentroid im falschen Planungsraum erzeugt wurde. Die Geometrie des Blocks in Abbildung 5-15 wurde an die der Planungsräume angepasst und der Blockzentroid wie geplant im Mittelpunkt des Polygons erstellt. Da es sich dabei um einen unbewohnten Bahnblock handelt war er für die Analysen ohne Bedeutung. Ähnliche Fälle konnten nach visueller, stichprobenartiger Überprüfung, da eine vollständige bei 15.412 Punkten nicht möglich ist, nicht entdeckt werden.

Zum Schluss wurden mittels Spatial Join den Blockzentroiden die Schlüssel der Planungsräume, in denen sie lagen, zugeordnet.

### 5.3.6 Geometrien und Statistiken der Planungsräume (SenStadt)

Ziel der Vorbereitung war ein Polygon-Shapefile aller Planungsräume, in dem die Einwohnerstatistiken als Attribute für jeden Planungsraum vorliegen, und zusätzlich für die kartographische Visualisierung eine eindeutige, maximal dreistellige Nummer für jeden Planungsraum vorhanden ist. Hauptproblem war, dass die Einwohnerstatistik, die für die Planungsräume zur Verfügung stand, von denen Statistiken der

F1	F2
A	5
A	5
A	2
B	10
B	20

Input

→

F1	Sum_F2
A	12
B	30

Output

Abb. 5-16: Summarize (ESRI 2008)

Blockdaten abwich. Es musste jedoch sichergestellt werden, dass die Summe der Menschen aller Blöcke in einem Planungsraum identisch war mit den Zahlen der Einwohner der Planungsraumdaten, da diese Werte für die Analysen ins Verhältnis gesetzt wurden. Ein Vergleich zeigte, dass die Anzahl der Einwohner in beiden Datensätzen voneinander abwich.

Um die statistischen Daten der Blöcke auf die Planungsräume zu summieren wurde das Blockzentroid-Shapefile, das nach Kapitel 5.3.5 auch die Planungsraumschlüssel beinhaltet, verwendet. Mit der Funktion Summarize, die auf die Spalte der Attributtabelle der Blöcke, die die Schlüssel enthält, angewendet wird, werden für alle unterschiedlichen Attribute einer Spalte F1 (ID des Planungsraums) die Werte einer oder mehrerer Spalten, in diesem Fall die der Einwohner (F2), die das jeweilige Attribut in F1 teilen, aufsummiert (Abb. 5-16). Die entstandene DBF-Datei wurde mittels Attribute Join und mit Hilfe des Schlüssels mit dem Polygon-Shapefile verbunden.

Um später die Planungsräume auf Karten indizieren zu können, sind die Schlüssel der Planungsräume ungeeignet, da sie zu viele Stellen haben. Bei 447 Planungsräumen sollte die Nummerierung nicht mehr als dreistellig sein. Dazu wurde entsprechend der Reihenfolge der aufsteigend sortierten Schlüssel durchnummeriert und diese Nummern wurden mit den Namen der Planungsräume als Exceldatei, zur Einsichtnahme des Nutzers, gespeichert.

Für die spätere Gestaltung der Karten wurde durch Aggregation der Planungsräume die Geometrie für die Stadtbezirke und ganz Berlin gewonnen.

### 5.3.7 Radwege (SenStadt)

Das Radwegenetz wurde bereits als Polyline-Shapefile geliefert, sodass keine weitere Modifikation notwendig war.

### 5.3.8 Straßennetz (Amt für Statistik)

Das Ziel der Vorbereitungen war es, aus einer Verkehrsnetz-Polylinedatei ein verwendbares Analysenetzwk zu generieren.

Um Netzwerkanalysen durchführen zu können, muss das Netzwerk im Vorfeld an das zu modellierende System angepasst werden, da die Analyse auf einem Netzwerk nur möglich ist, wenn die einzelnen Linienelemente eine Verbindung zueinander haben. Da dies nicht immer der Fall ist, werden zunächst alle nicht verbundenen Abschnitte eliminiert. Dazu wurden über Select by Location und Touch the Boundary of des Verkehrsnetzwerkes alle verbundenen Stücke ausgewählt und exportiert. Da das Netzwerk eine Begehbarkeit zu Fuß modellieren soll, wurden alle nicht zu Fuß nutzbaren Abschnitte über Select by Attribute entfernt. Im Detail waren dies alle Klassen wie Bahnhof, Autobahn oder Gewässer. Insgesamt wurden von den 43.611 Elementen 4.446 entfernt. Dann wurde die Operation New Network Dataset des ArcGIS ArcCatalog auf die Polylinedatei angewendet, um ein Analysenetzwk zu erzeugen. Da das Netz über keine Regeln verfügt, entspricht es bereits der Nutzung durch Fußgängern und können als Regel lediglich U-Turns erlaubt werden. Mangels anderer Attribute und Regeln wurde die Länge des Shapes zum cost attribute, was bedeutet, dass die Länge der Strecke das einzige Gewicht zum Auffinden der kürzesten Verbindung darstellt. Als Ergebnis entsteht eine neue Datei mit den Anfangs- und Endpunkten der Abschnitte (Knoten) und eine Datei, die die Netzwerkeigenschaften enthält, dem eigentlichen Network Dataset.

### 5.3.9 Maske unbewohnter Blöcke

Wie in Kapitel 4.4.5 beschrieben, wurde es notwendig, für die Verbesserung der Dichteanalyse eine Maske bewohnter Blöcke zu erstellen, damit nur noch die von dieser Maske abgedeckten Bereiche berechnet werden. Dazu werden alle Blöcke mit weniger als drei Einwohnern pro 100x100 m (1 Hektar) aus der Geometrie extrahiert. Bei weniger Einwohnern pro Hektar würden sich über die Fläche zu wenig Menschen verteilen, sodass von einem nicht, oder nicht relevant bewohnten Block auszugehen ist. Um aber

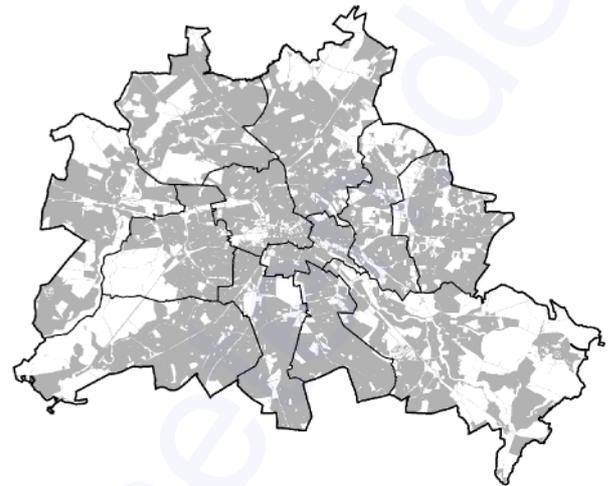


Abb. 5-17: Maske für Berlin bestehend aus den bewohnten Flächen

unabhängig von der Dichte der reinen Anzahl der Menschen ebenfalls gerecht zu werden, werden Blöcke mit mehr als 49 Einwohnern, trotz niedriger Bevölkerungsdichte, zu den bewohnten Blöcken gezählt und bleiben in der Berechnung erhalten. Alle Blöcke werden vereint und bilden so die Maske.

### 5.4 Projektion

Um eine ausreichende Lagegenauigkeit für die Analysen zu gewährleisten ist es vorteilhaft, wenn sich alle Daten im selben räumlichen Bezugssystem befinden. Verwendet wurden für das Projekt die amtlichen Abbildungskordinaten für Berlin, das Netz 88. Diesem liegen die Soldner-Koordinaten mit dem DHDN Datum (Deutsches Hauptdreiecksnetz), und Datumspunkt auf dem Müggelberg, als Bezugssystem zugrunde (HAKE ET AL. 2002, FLACKE & KRAUS 2003). Diese Projektion geht auf das kartesische Soldner-Koordinatensystem des Physikers, Mathematikers und Astronomen Johann Georg von Soldner (1776-1833) zurück (HAKE 1982, S. 182FF.). Die Beschränkung in der Breite führte jedoch zu einer Vielzahl von lokalen Koordinatensystemen, sodass es in weiten Teilen Deutschlands ab dem 20. Jahrhundert weitgehend durch das Gauß-Krüger-Koordinatensystem ersetzt wurde. Berlin aber führt aufgrund seiner Lage im Übergang von der Gauß-Krüger Zone 4 zu 5 das Kataster noch heute in Soldner-Koordinaten. Das Netz 88 für Berlin wurde in neuerer Fassung durch false\_easting- und false\_northing-Verschiebungen modifiziert, sodass alle Koordinatenwerte in Berlin positiv sind (FLACKE & KRAUS 2003, S. 121). Diese Projektion heißt in ArcGIS Cassini oder Cassini\_Soldner, für die allerdings erst ein vordefiniertes Koordinatensystem (Netz88 DHDN C.prj) heruntergeladen werden musste. Da die

Basisdaten kaum über eine, geschweige die korrekte Projektion verfügten, wurden alle mit ArcGIS in dieses Koordinatensystem überführt.

## 5.5 Datenspeicherung

Für die Datenhaltung der Projektdaten war es von zentraler Bedeutung, alle Daten in einer Datenbank zu sammeln und zu speichern (BILL 1999, S. 293). Dies hat den Vorteil, dass das Geodatenmanagement vereinfacht wird und sowohl Feature-, Raster- und Tabellendaten in einem räumlichen Bezug gespeichert, bearbeitet und verwaltet werden können. Geodatenbanken speichern die Featuredaten Punkt, Linie und Polygon in Tabellen und weitere Tabellen können beschreibende Attribute beinhalten sowie Regeln für die räumliche Integrität der Daten. Deshalb können diese auch innerhalb einer Geodatenbank besser in Bezug gesetzt werden, z. B. mit Topologien, als dies durch separate Shapefiles möglich ist (ESRI 2008). Weitere Vorteile sind Sicherungsmaßnahmen, die für den Zugriff getroffen werden können und die Verminderung von Redundanzen (LIEBIG & MUMMENTHEY 2005A, S. 9F.).

Zur Wahl stehen in ArcGIS 9.2 drei Datenbanktypen. Die Personal Geodatabase (.mdb), ArcSDE Geodatabase und die File Geodatabase (.gdb). Der Unterschied liegt zum einen in der Art der Datenbank, dem möglichen Datenvolumen das bearbeitet werden kann, der Handhabbarkeit bei der Verwendung durch viele Bearbeiter und in der Lizenz bzw. Systemkompatibilität.

### 5.5.1 Personal Geodatabase (.mdb)

Die Personal Geodatabase (PGDB) besteht aus einer Microsoft Access Datei, verwendet ein relationales Datenbankmanagementsystem (DBMS) und kann mit allen ArcGIS-Lizenzen verwendet werden.

Sie ist geeignet für Einzelnutzer und sehr kleine Arbeitsgruppen, da ihre Größe auf 2 Gigabyte begrenzt ist und die Zugriffsgeschwindigkeit drastisch sinkt, wenn die Dateigröße 250MB überschreitet. Vorteile sind, dass sie in Access geöffnet, und editiert werden kann, dass sie in ArcGIS abwärtskompatibel ist, und das ESRI bisher vorhat an diesem Datenbanksystem festzuhalten. Jedoch ist das Bearbeiten mit Access nicht sinnvoll, denn die Bearbeitung kann zur Zerstörung der Datenbank führen weil, Access die Beziehungen nicht automatisch aktualisiert.

In der Version 9.2 von ArcGIS wurden viele Verbesserungen an den Personal Geodatabases durchgeführt. Ältere PGDB's müssen aktualisiert werden um diese nutzen zu können. Vorteile sind z. B. High precision storage, was höhere Koordinatenpräzision ermöglicht. Auch das manuelle Einstellen vieler Parameter wird überflüssig, z. B. müssen nur noch das Koordinatensystem

und die Toleranz, ab wann zwei Punkte aus verschiedenen Feature-Datasets identisch sind, eingestellt werden (NYS GIS HELP DESK 2007).

### 5.5.2 File Geodatabase (.gdb)

Die File Geodatabase (FGDB) wurde mit der Version 9.2 von ArcGIS eingeführt, ist Windows und Linux kompatibel und wird seitens ESRI als Standarddatenformat für ArcGIS empfohlen. Daher ist sie auch in allen ArcGIS-Lizenzen enthalten und besitzt nativ alle Neuerungen, die für die PGDB erst mit Version 9.2 eingeführt wurden. Sie speichert alle Daten in einer binären Verzeichnisdatei und verwendet kein relationales Datenbanksystem.

Sie ist geeignet für kleine Arbeitsgruppen und verschiedene Bearbeiter, solange nicht gleichzeitig an einem Datensatz gearbeitet wird.

Ihre Vorteile sind die Geschwindigkeit, selbst wenn einzelne Dateien bis zu 500 GB groß sind, und, dass sie nur ein Drittel der Speichergröße im Vergleich zur PGDB oder eines separaten Shapefiles benötigt. Außerdem können Daten bis zu einem Terabyte Größe in der FGDB gespeichert werden (NYS GIS HELP DESK 2007, ESRI 2008).

### 5.5.3 ArcSDE Geodatabase

Die ArcSDE Geodatabase speichert die Daten in einem relationalen Datenbankmanagementsystem wie Oracle, SQL Server, DB2, Informix usw. und ist daher auch betriebssystemunabhängig. Sie ist besonders für große Arbeitsgruppen mit vielen gleichzeitig an den Daten arbeitenden Bearbeitern gedacht. Daher unterstützt sie auch als einzige Versioning, was die automatische Speicherung verschiedener Versionen der gleichen Datensätze erlaubt. Sie stellt umfangreiche OGC und ISO-konforme APIs zur Verfügung und eignet sich daher besonders für große Online-Projekte (ESRI 2008).

### 5.5.4 Wahl des Geodatenbanktyps und Begründung

Der New York State GIS Help Desk empfiehlt lediglich das Update älterer PGDB's auf Version 9.2, um deren Vorteile zu nutzen (NYS GIS HELP DESK 2007). Da es sich um ein sehr kleines Projekt handelt mit nur einem Bearbeiter, sehr kleinen Dateien und Abwärtskompatibilität (unter ArcGIS 9.2) wünschenswert ist, wurde als Geodatenbanktyp die relationale Personal Geodatabase gewählt. Zwar schien die Bindung zu Microsoft Access augenscheinlich ein Nachteil zu sein, theoretisch können aber mit Anwendungen wie Klexi 1.1.3 ([www.kexi-project.org](http://www.kexi-project.org)) Microsoft Accessdaten auch auf Linux verwaltet werden. Eine ausreichende Handhabbarkeit, Geschwindigkeit und Kompatibilität ist mit dieser Wahl am besten gewährleistet.

### 5.5.5 Struktur und Aufbau der Geodatenbank

Die raumbezogenen Objekte werden in Feature-Classes gespeichert, die einem Shapefile entsprechen. Mit Feature-Datasets können Feature-Classes mit einem gemeinsamen Raumbezug gruppiert und zweckentfremdet, zur Gliederung der Datenbank auch wie Ordner verwendet werden (LIEBIG & MUMMENTHEY 2005B, S. 178). Jedoch können Tabellen nicht in Feature-Datasets gespeichert werden, sodass sie direkt in der Geodatenbank liegen müssen.

Die Shapefiles und DBF-Tabellen werden über den ArcCatalog in die Personal Geodatabase importiert. Jedoch verbleiben in der finalen Datenbank nur die Ausgangs- und Layoutdaten sowie die tabellarischen Analyseergebnisse.

In physischer Form ergeben sich dadurch die Microsoft Office Access Database Datei (.mdb) und, wenn sie von einem Nutzer geöffnet wird, die dazu gehörende Microsoft Office Access Record-Locking Information Datei (.ldb).

### 5.6 Metadaten

Nach Brinkhoff (2008) dienen Informationen über Geodaten, die als Metainformationen bzw. Metadaten bezeichnet werden, der sachgerechten Einschätzung und dem Umgang mit Daten aus verschiedenen und fremden Quellen. Wenn keine Metadaten vorhanden sind droht Bedeutungsverlust durch Datentransfer oder –änderung, Wertverlust in der Zeit sowie Steigerung der Gefahr des unsachgemäßen Gebrauchs und der inadäquaten Nachführung. Darüber hinaus ist auch keine Katalogisierung der Daten möglich (LANG & BLASCHKE 2007, S. 58; BILL 1999, S. 228FF.). Besonders der Begriff Qualität, nach ISO 8402 „die Gesamtheit aller charakteristischen Eigenschaften eines Produkts“, ist eng mit Metainformationen verbunden (BRINKHOFF 2008, S. 64). Nach Liebig und Mummenthey (2005A, S. 62) werden Metadaten nach dem ISO-Standard 19115 erhoben und abgelegt, was zu einer Mindestattributierung aller Daten führt.

Metadaten zu füllen und zu pflegen ist zunächst zeitaufwendig, bewährt sich aber später bei erneutem Zugriff oder Weitergabe an Dritte (SCHNEEBERGER 2005, S. 58).

#### 5.6.1 Essenzielle Metainformationen und ISO 19115

Metadaten sollen dem Nutzer Antworten geben auf die Teilfragen: „Wer bietet was und wieviel worüber, wie, in welchem Zustand und zu welchen Konditionen?“ (SCHNEEBERGER 2005, S. 58). Schneeberger nennt sieben Kategorien und die dazugehörigen Informationen, die Metadaten für Geodaten liefern sollten:

- Identifikation: Titel, dargestelltes Gebiet, Themen, Beschränkungen, Aktualität
- Datenqualität: Genauigkeit, Vollständigkeit, Abstammung
- Räumlicher Bezug: Projektion, Ellipsoid, Datum
- Vertrieb: Lieferant, Formate, Datenträger, Online, Preis
- Metadaten-Referenz: Aktualität, Verantwortung
- Einheiten und Eigenschaften: Features, Attribute, Werte
- Datenorganisation: Vector, Raster, Verlinkung

Welche Metadaten für ein Projekt sinnvoll sind bestimmt die Nutzergruppe. Rein logisch sollten mindestens die Informationen hinterlegt sein, die auch in der Kartographie üblicherweise in den Kartenrandangaben und Impresen zu finden sind. Genauer legt dies für Geodaten jedoch die

Bereich	Metainformation
Allgemeines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Titel des Datensatzes</li> <li>• Herstellungsdatum</li> <li>• Sprache in den Metadaten</li> <li>• Sprache innerhalb der Daten</li> <li>• Abstract</li> <li>• Autorennamen, Organisation, Position, Funktion</li> </ul>
Identifikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kategorie der Daten</li> <li>• Erfassungsmaßstab</li> <li>• Schlüsselwörter</li> </ul>
Räumliche Information	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boundingbox, ggf. mehrfach</li> </ul>
Verbreitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenanbieter</li> <li>• Format der angebotenen Daten</li> <li>• Bezugsstelle (Online)</li> </ul>

ISO 19115 fest. Die Norm 19115 (Geographic Information – Metadata) der Internationalen Organisation für Normung (ISO) hat besonders für Geodaten hohe Bedeutung erlangt und ist wichtige Grundlage beim Aufbau von Geodateninfrastrukturen (GDI). Sie definiert ein Schema bzw. eine Norm für die Informationen von Geodaten, u.a. über Titel, Ausdehnung, Qualität, räumliche und temporale Eigenschaften und Vertrieb (BRINKHOFF 2008, S. 64; LIEBIG & MUMMENTHEY 2005A, S. 62). Ihre aktuelle Ausgabe liegt seit Mai 2005 auch als deutsche DIN EN ISO 19115:2005-05 vor. Während das Gesamtmodell über 400 unterschiedliche Metadatenelemente definiert umfasst der verpflichtende Kerndatensatz, der die Minimalanforderungen zur Beschreibung von Geodaten erfüllt, lediglich gut 20 Elemente (siehe Tab. 5-7 nach LIEBIG & MUMMENTHEY 2005A, S. 63). Bei diesen werden jedoch einige der Vorschläge von Schneeberger ignoriert, da Metadaten wie die Projektion von ArcGIS automatisch erzeugt werden.

## 5.6.2 Metadatenkodierung in ArcGIS

In ArcGIS werden die Metadaten mittels XML (Extensible Markup Language) gespeichert und können im ArcCatalog über Stylesheets beliebig visualisiert werden. Vorgefertigt existieren im ArcCatalog Stylesheets nach dem Muster von ESRI, FGDC (Federal Geographic Data Committee) oder ISO (LIEBIG & MUMMENTHEY 2005A, S. 56). Für die Eingabe der Metadaten stehen im Programm verschiedene Masken zur Verfügung. Diese sind der ISO Wizard und der FGDC Editor, von denen ersterer vorzuziehen ist. Er erleichtert die Eingabe enorm und die Informationen, z. B. Datum, Sprache etc., werden automatisch ISO-19115-konform gespeichert. Er zeigt an welche Informationen notwendig sind um die Minimal-Anforderung der Norm zu erfüllen (LIEBIG & MUMMENTHEY 2005A, S. 64). Da die Daten der TU Berlin und anderen deutschen Institutionen und Behörden dienen sollen, werden alle Informationen in deutscher Sprache, und, wo möglich, z. B. beim alternativen Titel, auf Englisch hinterlegt. Die Bearbeitung aller Daten konnte beschleunigt werden, indem die gleichbleibenden Basis-Metadaten, wie Metadaten-Autor, Sprache usw., exportiert und für jede Datei lediglich neu importiert wurden.

## 6 Anwendung der Analysen

Die Anwendung der diskutierten und ausgewählten Analysemethoden ist der Prozess mit dem Ziel, die Quantifizierung des Potenzials zu nachhaltigem Konsum durchzuführen.

### 6.1 Vorüberlegungen

Bevor die Analysen realisiert werden können sind jedoch einige detaillierte Vorüberlegungen notwendig.

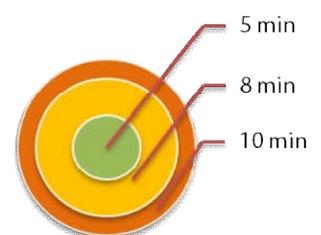
#### 6.1.1 Geschwindigkeiten und Regeln im Netzwerk

Ziel der Analysen soll ein Zeitwert sein. Da die Analyse selbst aber nur eine Distanz errechnet, sind Annahmen notwendig, mit welcher Durchschnittsgeschwindigkeit aus den Strecken Zeiten errechnet werden und welche Regeln gelten. Da die Analysen eine Bewegung zu Fuß simulieren, sind keine speziellen Regeln notwendig. Es können alle Barrieren zu Fuß überwunden und freie Richtungswechsel vollzogen werden. Die Geschwindigkeit jedoch variiert von Mensch zu Mensch, aber anders als bei Kraftfahrzeugen wird eine gewisse Geschwindigkeit nicht überschritten und nicht durch Tempovorgaben begrenzt. Daher kann zur Berechnung von einer allgemeinen und konstanten Geschwindigkeit im gesamten Netz ausgegangen werden. Die durchschnittliche Geschwindigkeit eines Erwachsenen liegt zu Fuß, abhängig von der physikalischen Pendelbewegung der Beine und der Beinlänge beim natürlichen Gehen, bei 4,5 km/h (RODEWALD & SCHLICHTING 2007, S. 2). Nach Jermann (2004) wird, wenn ein konkretes Ziel angesteuert wird, eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 5 km/h angenommen. Bienert (1996, S. 126) hingegen geht nach empirischen Untersuchungen von 80 Metern aus, die in einer Gehminute zurückgelegt werden können. Dies entspricht 4,8 km/h. Da die meisten untersuchten Standorte von spezieller Natur sind, ist davon auszugehen, dass diese Ziele bewusst angesteuert werden (5 km/h). Jedoch, um im Durchschnitt auch älteren Fußgängern gerecht zu werden und Straßenüberquerungen an Ampeln zu berücksichtigen, wurde für die Analyse der mittlere Wert von Bienert gewählt.

#### 6.1.2 Distanzabgrenzungen

Annahmen über die Abgrenzung von Distanzen sind bedeutend für die Darstellung des Ergebnisses. Die Annahmen über bspw. die Abgrenzungen der Isochronen entsprechen

Abb. 6-1: Gehminuten der Einzugsbereiche



dabei den Einzugsbereichen und müssen für einen sinnvollen Realitätsbezug mit Bedacht gewählt werden. Nach Haller (HALLER 2005, S. 163) sind Einzugsgebiete für den Lebensmittelhandel in drei Teilbereiche untergliedert: das Kerneinzugsgebiet (5 Minuten Fußweg), das engere (8 Minuten Fußweg) und das weitere Einzugsgebiet (10 Minuten Fußweg). Im Falle des Suchradius für die Dichteanalyse bietet sich ebenfalls eine 10-Gehminuten-Strecke (833,3 m) an (RODEWALD & SCHLICHTING 2007, S. 2).

### 6.1.3 Isochronen und durchschnittliche Erreichbarkeit

Die Erreichbarkeit kann mit unterschiedlichen Methoden ermittelt werden. Einmal kann der prozentuale Anteil der Bevölkerung eines Planungsraumes angegeben werden, der eine bestimmte Zeit zum nächstliegenden Standort benötigt, oder die durchschnittliche Zeit, die durchschnittlich alle Bewohner eines Planungsraumes zum nächstliegenden Standort benötigen.

Die erste Methode erfordert die Bildung von Isochronen um die Standorte. Dann werden die Einwohner der Blöcke innerhalb der Isochronen im Planungsraum ermittelt. Bei der zweiten Methode werden die Durchschnittslängen der Wege zur nächstliegenden Einrichtung für alle Blöcke in einem Planungsraum ermittelt. Zwar werden durch die Angabe des prozentualen Anteils der Bevölkerung, der eine bestimmte Zeit zum nächstliegenden Standort benötigt, alle Werte außerhalb eines praktikablen Zeitrahmens unberücksichtigt gelassen, sodass sich Clusterungen einfacher erkennen lassen, jedoch liefert die durchschnittliche Zeit für alle Einwohner eines Planungsraumes einen vergleichbaren Wert für das gesamte Untersuchungsgebiet. Da das Projekt LifeEvents sich für ein vergleichbares Potenzial in ganz Berlin interessiert, und die Einheitlichkeit für den Atlas gewahrt werden soll, wird nur die durchschnittliche Erreichbarkeit für alle Einwohner eine Rolle für das Endprodukt spielen.

### 6.1.4 Gewichtung der Bevölkerung

Die Gewichtung der Bevölkerung (siehe 8.3) sollte so simpel wie möglich erfolgen und kann auch als nach Einwohnerzahlen gewichtete, arithmetische mittlere Netzwerkdistanz pro Einwohner bezeichnet werden. Die Distanz ( $d_{nn_i}$ ) eines Zentroiden im Block  $i$  zum nächstliegenden Standort wird multipliziert mit den Einwohnern ( $p_i$ ) des zugehörigen Blocks. Es folgt die Summierung dieser gewichteten Distanz für den Planungsraum, und diese wird geteilt durch die Summe der Einwohner aller Blöcke ( $\sum_{i=1}^b p_i$ ) des Planungsraums ( $j$ ). Das heißt:

$$\hat{d}_j = \frac{\sum_{i=1}^b d_{nn_i} * p_i}{\sum_{i=1}^b p_i}$$

## 6.2 Anwendung

Es wurden viele Analysemethoden praktisch umgesetzt, jedoch werden hier nur die erläuterte, die direkter Teil der Master-Thesis sind (siehe Tab. 6-1). Dies sind eine Analyse für das Konsumfeld Ernährung und vier für Mobilität. Dabei wurde, aus im Theorieteil genannten Gründen nur zur Veranschaulichung die Möglichkeit, die Dichte für die Haltestellen und Stationen der BVG in Berlin zu ermitteln, erläutert, während für die anderen Indikatoren die Erreichbarkeit ermittelt wurde. Am Beispiel der Erreichbarkeit der Bio-Fachgeschäfte wurde zudem exemplarisch die Analyse auf Basis von Isochroneneinzugsbereichen und der durchschnittlichen Erreichbarkeit für alle Einwohner eines Planungsraums durchgeführt.

Tab. 6-1: Durchgeführte Analysen	
Konsumfeld Ernährung	Konsumfeld Mobilität
Erreichbarkeit von	Erreichbarkeit von
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bio-Fachgeschäften (Isochroneneinzugsbereiche)</li> <li>• Bio-Fachgeschäften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• barrierefreien Bahnhöfen</li> <li>• Carsharing-Stationen</li> </ul>
	Dichte von
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bus- und Tram-Haltestellen</li> <li>• S- und U-Bahnhöfen</li> </ul>

### 6.2.1 Erreichbarkeit

Die zwei angesprochen Methoden wurden durchgeführt. Jedoch wird nur die durchschnittliche Erreichbarkeit für die gesamte Bevölkerung in einem Planungsraum für das Projekt LifeEvents relevant sein. Die Verwendung von Isochronen dient dabei nur dem Aufzeigen einer weiteren Möglichkeit und wird am Beispiel der Bio-Fachgeschäfte erläutert. Die Erreichbarkeitsanalysen für barrierefreie Bahnhöfe und Carsharing-Stationen folgen dabei dem Modell der nicht isochronenbasierten Methode und wurde nicht noch einmal separat erläutert.

#### 6.2.1.1 Isochronen basierte Erreichbarkeit für Bevölkerungsteile

Eine bestimmte Strecke  $x$  kann zu Fuß in  $y$  Minuten von einem Punkt in jede Richtung zurückgelegt werden. Strecke  $x$  wird entlang des Straßennetzes in jeder möglichen Richtung und Wegekombination berechnet. Durch die Endpunkte nach Strecke  $x$  auf dem Netzwerk wird eine Fläche aufgespannt. Menschen, die innerhalb dieser Fläche wohnen, sind also maximal  $x$  Meter und somit  $y$  Gehminuten vom Ausgangspunkt entfernt. Die Anzahl  $z$  der Menschen in der Fläche wird durch die Wohnblöcke, in denen sie leben, ermittelt. Dabei werden nur die Wohnblöcke berücksichtigt, die sich mit ihrem Zentroiden innerhalb der Fläche befinden.

Daraus ergibt sich auch der prozentuale Anteil der Personen in einem Planungsraum, der durchschnittlich Gehminuten bis zu einem bestimmten Punkt braucht. In diesem konkreten Fall werden Isochronen-Einzugsbereiche für fünf, acht und zehn Gehminuten verwendet, was zu drei Ergebniskarten führt.

Anhand des Straßennetzwerks werden mit dem ArcGIS Network Analyst Service Areas (Einzugsgebiete) bzw. die Isochronen in Form von Polygon-Shapes erstellt. Als Facilities, deren Service Areas erzeugt werden, dienen die Standorte der Bio-Fachgeschäfte. Da die Geschwindigkeit zu Fuß etwa bei 4,8 km/h (1 Min. = 80 m) liegt, werden als Abgrenzung der Isochronen die Default Brakes für 400 m (5 Min.), 640 m (8 Min.) und 800 m (10 Min.) verwendet.

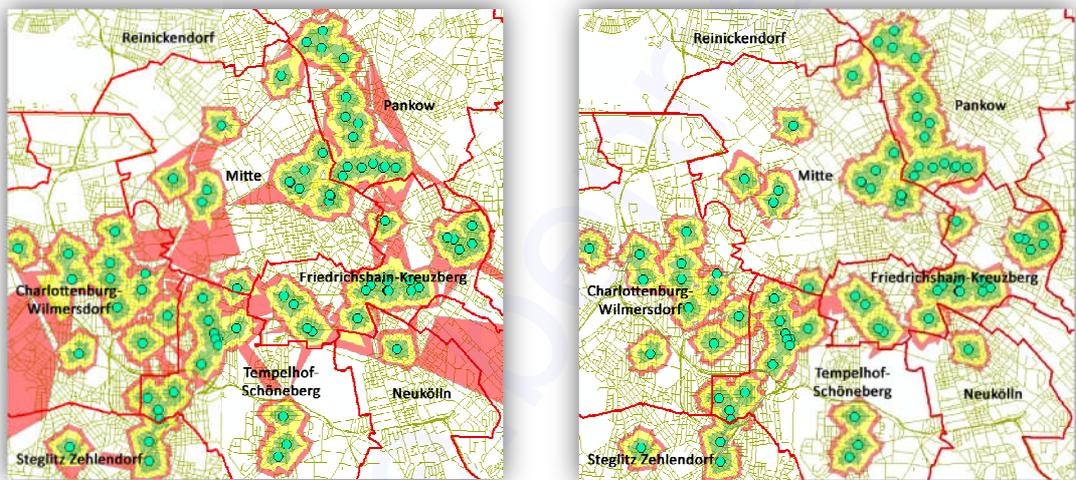


Abb. 6-2: Zusammengefasste Einzugsbereiche (links: generalisiert, rechts: detailliert)

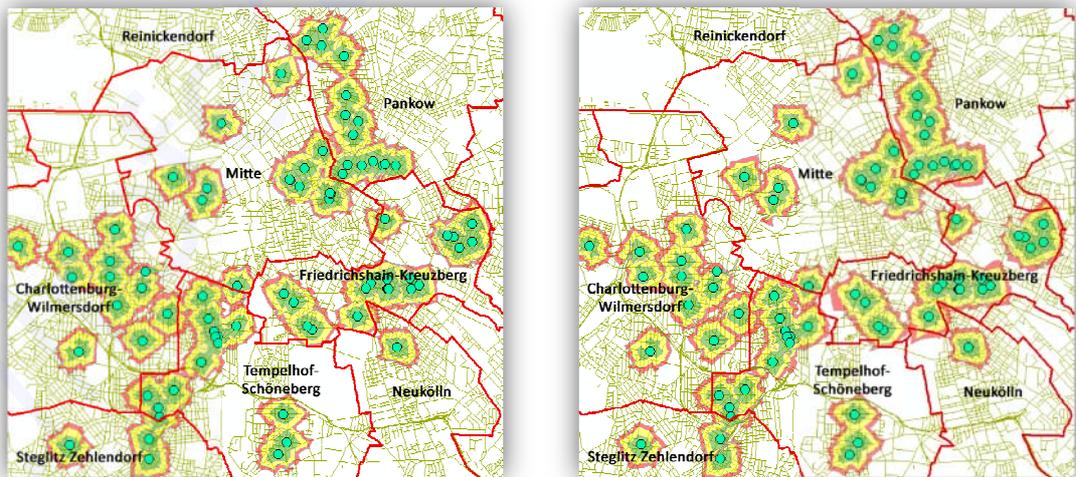


Abb. 6-3: Separate Einzugsbereiche (links: generalisiert, rechts: detailliert)

Als Direction (Richtung) wird Toward Facility angegeben, um den Hinweg zum Standort zu berechnen. Diese Einstellung ist bei der Berechnung von Fußwegen weniger relevant, da es keinerlei Regeln für Bewegung im Netzwerk gibt. Im Reiter Polygon Generation werden die Parameter des Isochron-Polygons festgelegt. Die Geometrie der Isochronen ist für die Ermittlung der Blöcke, die in ihre Flächen und damit in die Einzugsbereiche fallen, enorm wichtig. Hier hat der Nutzer bei der Erstellung die Wahl, die Flächen überlappen, nicht überlappen oder jede der angegebenen Breakvalues zu einem Polygon zusammenfassen zu lassen. Außerdem können die Polygone auch Generalized, mit reduzierter Stützpunktzahl, oder Detailed, unverändert, erzeugt werden. Bei Tests war optisch zu erkennen, dass beim Generalisieren die Form verändert wurde, indem Stützpunkte entfernt wurden, was zu stark veränderten Formen führte. Die Geometrie veränderte sich ebenfalls beim Zusammenfassen der Polygone. Die veränderten Faktoren ergeben höchst fragwürdige Isochronen (siehe Abb. 6-2). Da die Isochronen für eine Verschneidung mit Wohnblöcken gedacht sind, ist eine möglichst detaillierte und genaue Geometrie zu bevorzugen, um auch die Wohnblöcke in die Berechnungen einzubeziehen, die tatsächlich in den Isochronen liegen. Es wurde daher die möglichst unveränderte Geometrie mit ungeneralisierten, separaten Einzugsbereichen gewählt.

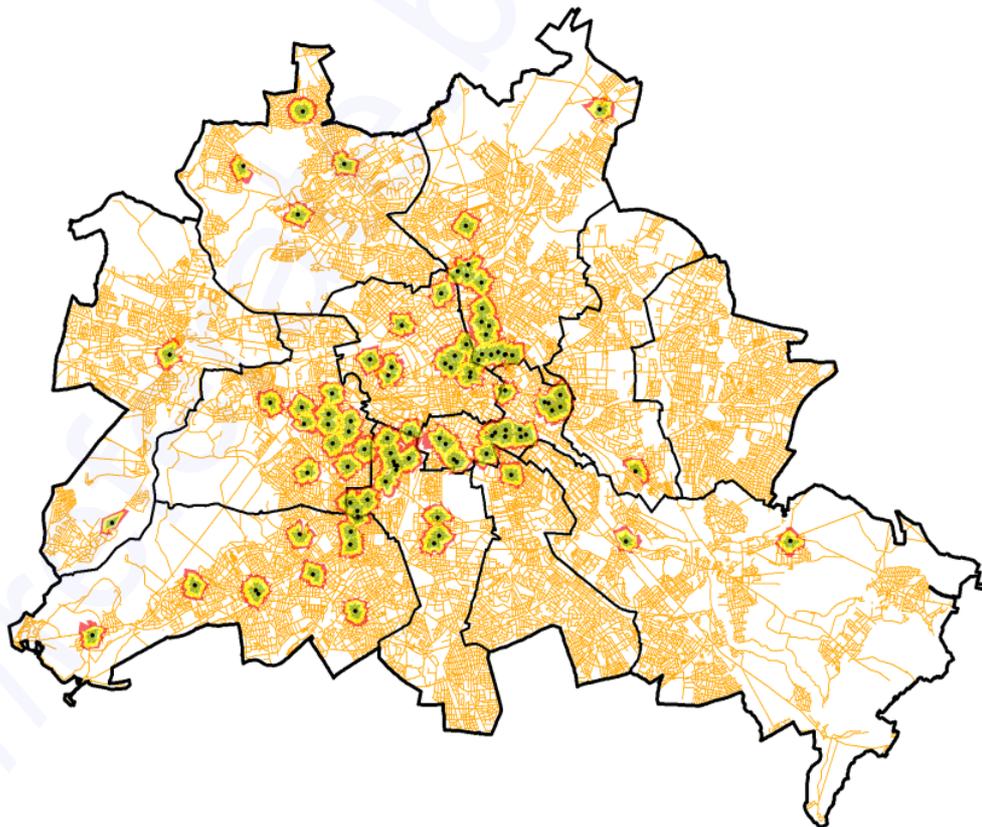


Abb. 6-4: 282 Isochronen für 94 Standorte

Die Isochronen werden in drei Dateien mit je 94 Isochronen für 5, 8 und 10 Minuten separiert und in jeder Datei zu einem Objekt verbunden. Eine manuelle Nachbearbeitung mit dem Editor zur Entfernung minimaler Gaps (Löcher) und überflüssiger Polygonreste, die durch die Vereinigung benachbarter Polygone entstanden sind, ist notwendig (Abb. 6-5).

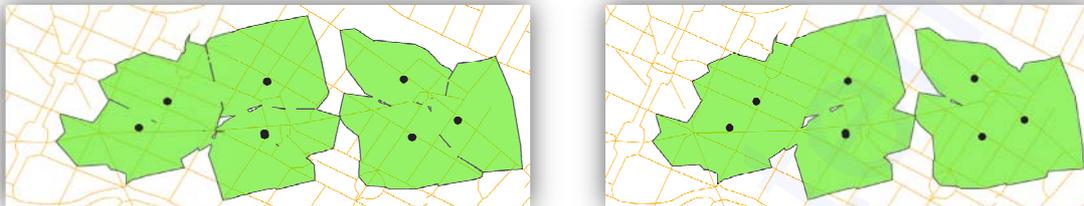


Abb. 6-5: Säuberung der 5-Minuten-Isochrone (Links: vorher und Rechts: nachher)

Um später eine eindeutige Zuweisung der Menschen in den Isochronenbereichen zu den Planungsräumen vornehmen zu können, müssen die Isochronen zunächst auf die Planungsräume aufgeteilt werden. Dazu werden sie entlang der Planungraumgrenzen mit dem ArcGIS Analysewerkzeug Identity zerteilt. Dabei erhalten die Teile der Input-Datensätze (Bio-Fachgeschäfte) die Attribute der sie überlappenden Identity-Datensätze (Planungsräume) (siehe Abb. 6-6).

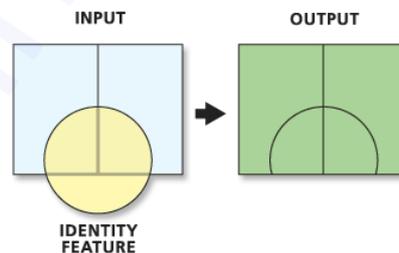


Abb. 6-6: Identity-Prozess  
Ablauf (ESRI 2008)

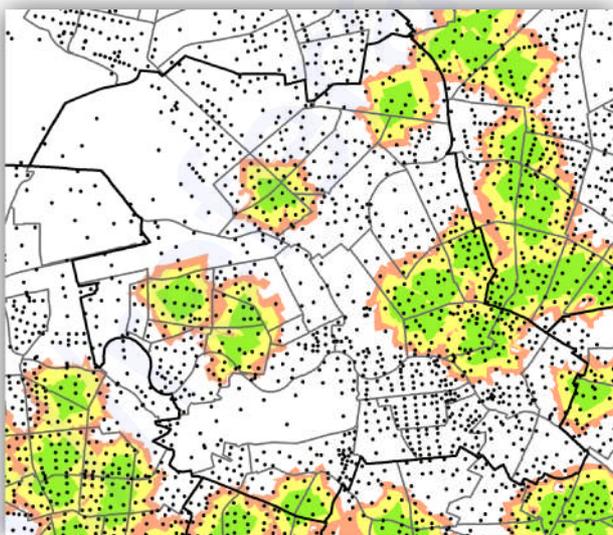


Abb. 6-7: Mitte: Zentroiden (schwarze Punkte), Isochronen (grün, gelb, rot) in den Planungsräumen (grau)

Für eine genaue Ermittlung des Anteils der Bevölkerung in einem Planungsraum, der in eine bestimmte Isochrone fällt, ist es notwendig, auf die Blöcke zurückzugreifen. Über die Funktion Spatial Join und den Parameter Summarize werden die Attribute der Zentroide, die innerhalb der Fläche einer Isochrone liegen, dieser zugeordnet und dabei summiert. So entsteht ein Isochronen-Polygon-Shapefile, das die Anzahl der Einwohner beinhaltet, die in den jeweiligen Planungsraumabschnitten in der Isochrone leben. Die Spalte mit der

Summe der insgesamt vorhandenen Bevölkerung der Blöcke, die in der jeweiligen Isochrone lagen, wurden an Hand des Schlüssels des Planungsraumes summiert, als DBF ausgegeben und über selbigen Schlüssel mittels Attribute Join der Planungsraum-Datei angehängen. Es wurde eine Spalte im Format Double hinzugefügt und mit dem Field Calculator der prozentuale Anteil der Einwohner des Planungsraumes, die in der Isochrone wohnen, an der Gesamtheit ermittelt. ( $z_{ik}$  ist die auf den Zentroiden ( $z$ ) aufsummierte Bevölkerung des Blockes  $i$ . Es werden alle Zentroide aufsummiert, die sich innerhalb der Schnittmenge von Planungsraum ( $P_j$ ) und Standortisochrone ( $S_t \cap P_j$ ) befinden. Die anschließende Division durch die Gesamtbevölkerung im Planungsraum  $j$  multipliziert mit 100 ergibt den geschätzten prozentualen Anteil der Bevölkerung innerhalb eines bestimmten zeitlichen Einzugsgebietes ( $S_t$ ) im Verhältnis zur Planungsraumbevölkerung ( $P_j$ ).

$$z_k \in (S_t \cap P_j)$$

$$\widehat{r}_{t_j} = \frac{\sum_{k=1}^n z_k}{\sum_{i=1}^b p_i} * 100$$

### 6.2.1.2 Durchschnittliche Erreichbarkeit

Ein anderer Analyseprozess wurde angewendet um die durchschnittliche Erreichbarkeit für einen ganzen Planungsraum zu ermitteln. Dabei wurde mit dem

Network Analyst für jeden Block die Länge des kürzesten Weges zur nächstliegenden Einrich-

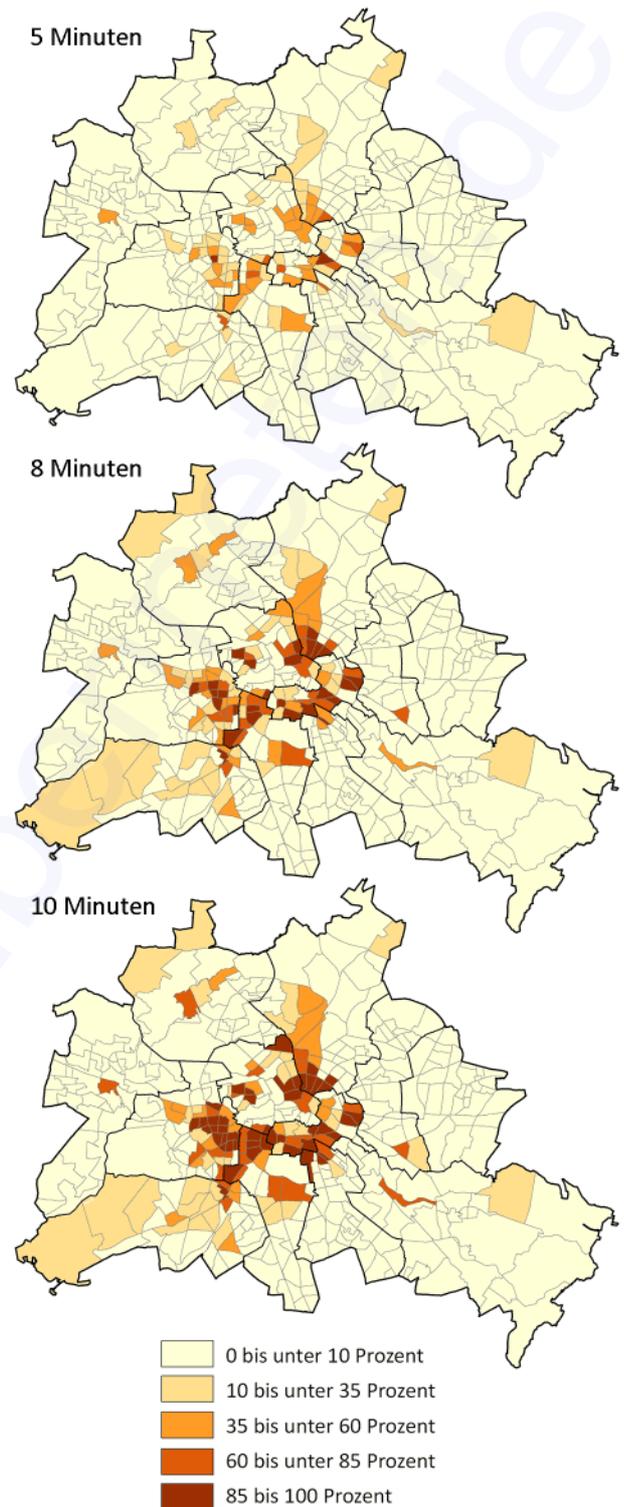


Abb. 6-8: Anteil der Einwohner eines Planungsraumes, die ein Bio-Fachgeschäft innerhalb bestimmter 10-Gehminuten erreichen

tung ermittelt. Die durchschnittliche Streckenlänge für alle Blöcke wird für jeden Planungsraum ermittelt und das Ergebnis in Minuten umgerechnet.

Mit dem Network Analyst und der Funktion Closest Facility wurde die Analyse auf dem Straßennetz durchgeführt. Dabei dienen die 94 Bio-Fachgeschäfte als Facilities, und als Incidents die 15.412 Zentroide der Wohnblöcke (BlockID als Name). Unter dem Ausschluss jeglicher Regeln auf dem Netzwerk wurde versucht, Routen von jedem Block (Incident) zum nächstgelegenen Bio-Fachgeschäft (Facility) zu errechnen.

Für 219 Blöcke (1,4 % aller Blöcke) konnte keine Route berechnet werden. Dies kann am bereits in Kapitel 5.2.1 erwähnten Problem liegen, dass der nächstliegende Teil des Netzwerks, auf den gesnapt wird, nicht mit dem Rest des Netzwerkes verbunden ist und so auf dem Netzwerk kein Weg zur nächsten Facility gefunden werden kann.



Abb. 6-9: Bereich Torstraße: Bio-Fachgeschäft (grüner Punkt), Blockzentroide (rotes Dreieck), Straßennetz (orange), Routen (rot), Planungsraum- bzw. Bezirksgrenzen (grau bzw. schwarz)

Die Attributtabelle der errechneten 15.193 Routen beinhaltet unter anderem die Länge der Route, zu welcher Facility (Bio-Geschäft) sie führt und, codiert als IncidentID, von welchem Zentroiden sie ausgeht. Die IncidentID entspricht daher der ObjectID aus der Attributtabelle der Incidents. Da die Spalte Name der Incidents der Spalte ID der Zentroide entspricht, können über Attribute Joins die Längen der Routen den Zentroiden zugeordnet werden. Dazu werden die Attributtabelle der Routen und Incidents exportiert, die Incidents-Tabelle dann über Name der ID der Zentroide zugeordnet und die Routen-Tabelle über IncidentID der ObjectID der Incidents zugeordnet. In der verknüpften Tabelle werden zunächst die 219 Zentroide deselektiert, für die keine Route gefunden wurde (Wert <null>), und nur die restlichen in eine neue Tabelle exportiert. Ein neues Feld wurde erstellt, in dem die Einwohner eines Blocks mit der Distanz des Blocks zum nächsten Bio-Fachgeschäft multipliziert wurden. In Vorbereitung auf die Einwohnergewichtung wurden Blöcke mit einer Gesamteinwohnerzahl von 0 (3.027 Blöcke) entfernt um das Ergebnis nicht zu verfälschen. Anschließend wurde die Tabelle nach dem Schlüssel der Planungsräume summiert, und die Werte für die Bevölkerungszahl der Blöcke, der Länge der Blöcke und der Wert Länge mal Einwohnerzahl summiert. In der

entstandenen Tabelle wurde ein weiteres Feld angelegt, in welchem die Summen der Längen mal Einwohnerzahl dividiert wurde durch die Summe der Einwohner. Damit wurde die durchschnittliche Länge des Weges für jeden Einwohner ermittelt.

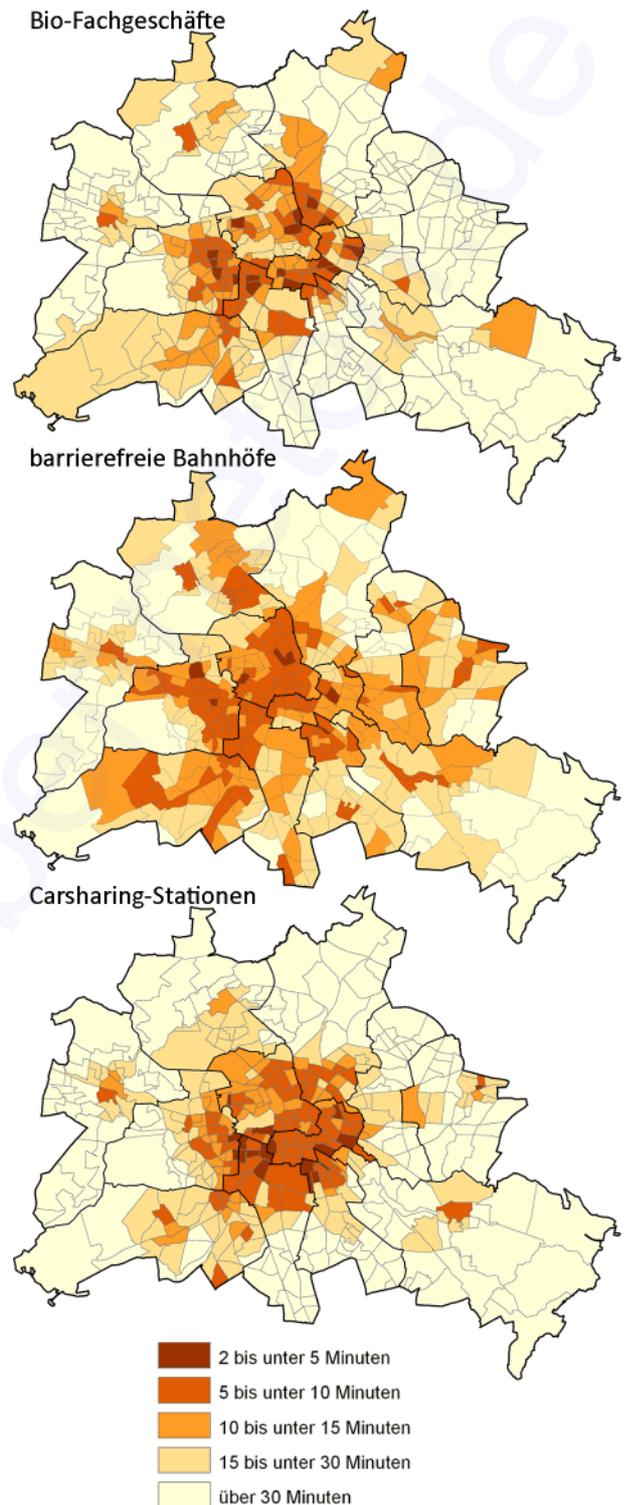


Abb. 6-10: Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß benötigt

Alternativ könnte, ungeachtet einer Bevölkerungsgewichtung, einfach durch Summarize nach Planungsraumschlüssel der Mittelwert der Lauflänge aller Blöcke je Planungsraum errechnet werden. Ein weiteres Feld wurde erzeugt und dort die durchschnittliche Lauflänge durch 80 (Meter pro Minute) geteilt, sodass im Ergebnis das Feld die durchschnittliche Minutenzeit bis zum nächsten Bio-Fachgeschäft zu Fuß (4,8 km/h) beinhaltet.

Die gleiche Prozedur wird unter Austausch der Facilities auch für die barrierefreien Bahnhöfe und Carsharing-Stationen angewendet (siehe Abb. 6-10).

### 6.2.2 Dichteanalyse

Aus den Standpunkten der BVG-Haltestellen wird eine Rasterdatei erstellt. Diese soll in jeder Rasterzelle einen Dichtewert für Haltestellen ausweisen.

Da Haltestellen auch doppelt vorhanden sind, wenn zwei getrennte Verkehrsmittel dort verkehren, wird sich auch der Dichtewert erhöhen. Dies ist gewollt, da der Mehrnutzen und die bessere Versorgung bei verschiedenen Verkehrsmitteln auf der Hand liegt.

Mit dem Density tool des Spatial Analyst wurden die Daten gerastert und mittels Kernel-Density eine Kerndichteschätzung mit dem Suchradius 833,3 m vorgenommen, das entspricht 10 Fußminuten um die Haltestellen. Ein 10 Minuten-Fußweg ist als Suchradius eine sinnvolle Wahl, da er eine vertretbare Zeit bis zur nächsten Haltestelle repräsentiert und so einen akzeptablen Einzugsbereich, für die Dichtewertigkeit darstellte. Als Ausgabe-Rasterzellengröße wurden 100 m definiert. Im Ergebnis entstanden zwei Rasterdatensätze (siehe Abb. 6-11) mit Zellwerten für die Dichte der Haltestellen pro Quadratkilometer.

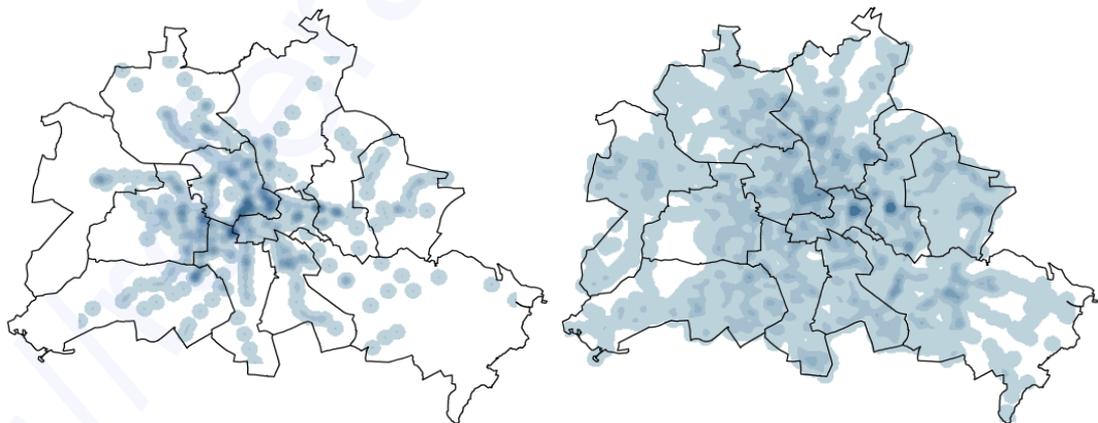


Abb. 6-11: Kernel-Density S- und U-Bahn (links) und Bus, Tram und Fährten (rechts)

Mit dem Werkzeug Zonal Statistics as table wurde der Mittelwert aller Rasterzellenwerte in einem Planungsraum ermittelt und in Form einer DBF-Tabelle ausgegeben. Diese wurde über den Schlüssel an die Planungsräume angehängt.

Die visualisierten Dichtewerte sind relativ, numerisch betrachtet jedoch schwer zu interpretieren und erlauben daher keinen Rückschluss mehr auf die genaue Anzahl der Haltestellen pro Planungsraum. Sie vermitteln lediglich einen Eindruck der Dichte.

Die Aussagekraft kann jedoch durch die Entfernung von Grün-, Wald- und Wasserflächen aus der Berechnung der Gesamtfläche verbessert werden. Dazu wurde die zuvor erstellte Maske (siehe Kapitel 5.3.9) mit der Spatial Analyst Tool Funktion Extract by Mask angewendet, um die nicht von der Maske bedeckten Teile auf NoData zu setzen. Anschließend wird erneut das Tool Zonal Statistics as Table wie zuvor beschrieben angewendet. Da bei der Analyse Bereiche mit NoData ignoriert werden, erfolgte die Berechnung der Dichte der Haltestellen nur noch anhand der als Siedlungsgebiet definierten Flächen. Zum Vergleich wurde die Erreichbarkeit für die Haltestellen und Stationen, wie in Kapitel 6.2.1.2 beschrieben, errechnet (Abb. 6-13 und 6-14).

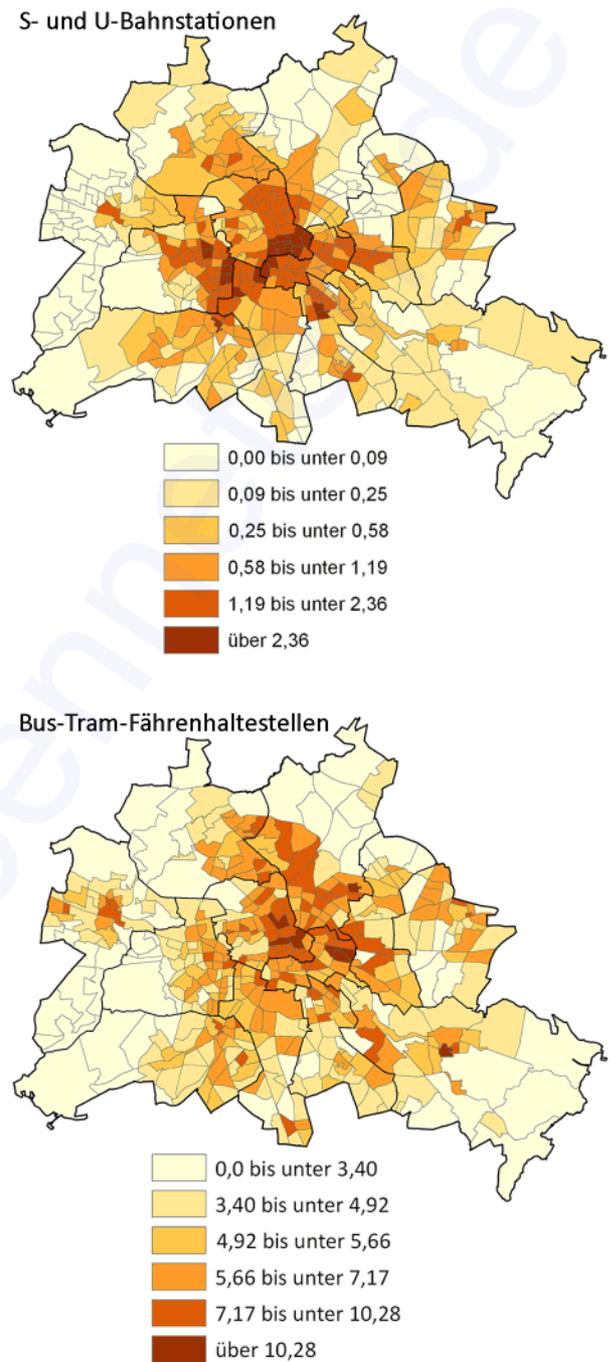


Abb. 6-12: Dichtewerte, bewohnte Gebiete

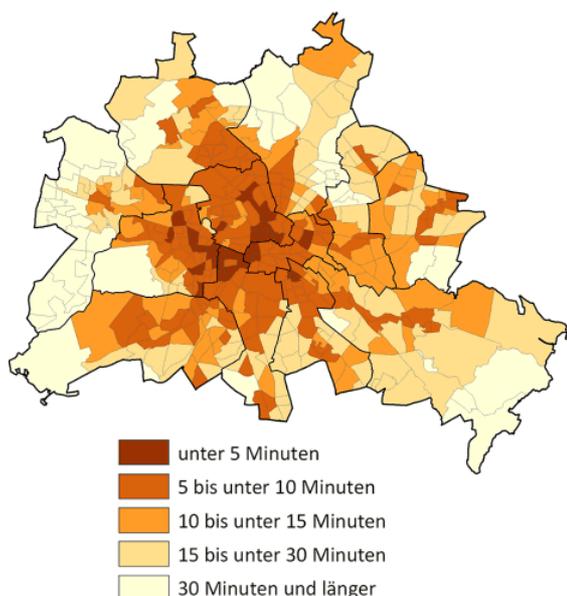


Abb. 6-14: Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß zur S- und U-Bahn benötigt

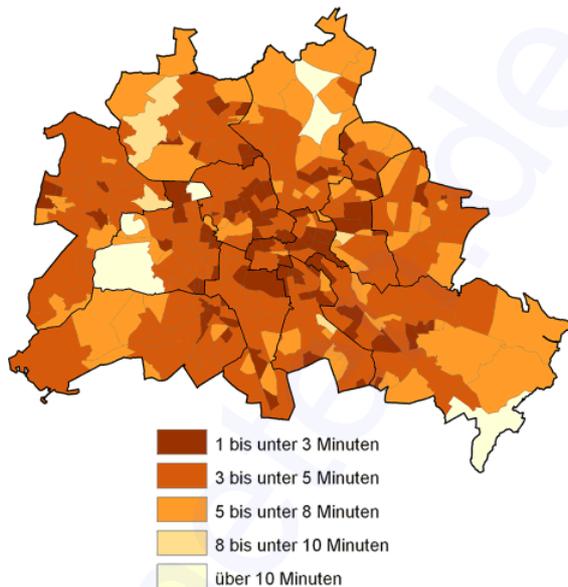


Abb. 6-13: Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß zu Bus, Tram oder Fähre benötigt

### 6.2.3 Anteilsanalyse

Da, wie in Kapitel 5 erwähnt, die Infrastrukturnetze der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und das Straßennetz des Amtes für Statistik weder lage- noch inhaltsidentisch waren, können Analysen immer nur im Bezug zum jeweiligen Netz durchgeführt werden. Es kann z. B. nicht die Länge der Radwege des Straßennetzes der Senatsverwaltung mit der Gesamtlänge des Straßennetzes des Amtes für Statistik in Verhältnis gesetzt werden. Es musste separat mit den jeweiligen Netzen gearbeitet werden.

Die Ermittlung des Anteils verläuft bei den Analysen äquivalent, daher wird nur kurz das Verfahren anhand der Ermittlung des Anteils an Tempo-30-Straßen erläutert.

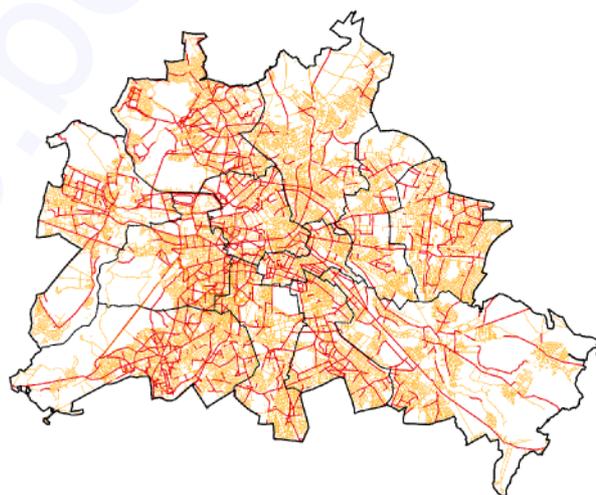


Abb. 6-15: Radwegenetz (Rot) im Gesamtnetz (Orange)

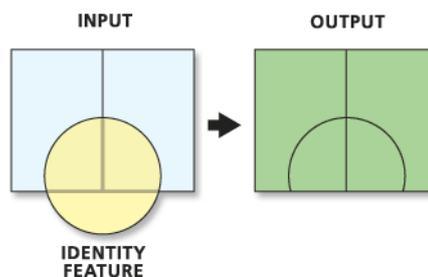


Abb. 6-16: Intersect-Prozess Ablauf (Quelle: ESRI 2008)



Abb. 6-17: Geschwindigkeiten: 30 (Grün), 31-60 (Orange) und über 61km/h (Rot)

und mit dem Field Calculator die Länge der Abschnitte mit 30 km/h in die Spalte eingefügt.

Anschließend wurden über Summarize nach Schlüssel die Länge aller Straßenabschnitte, und danach die Länge derer mit Tempo-30, je Planungsraum aufsummiert.

Eine neue Spalte für den Anteil der Tempo-30-Abschnitte wurde erzeugt und dann alle Felder selektiert, die bei der Länge der Tempo-30-Abschnitte ein Attribut ungleich 0 haben. Mit dem Field Calculator wurde die Summe der Länge der Tempo-30-Abschnitte ( $a_{30}$ ) durch die Summe der Länge aller Straßenabschnitte ( $a$ ) eines Planungsraums geteilt und mit 100 multipliziert. Als Ergebnis erhält man den prozentualen Anteil von Tempo-30-Straßen an allen Straßen in einem Planungsraum. Das ergibt:

$$\widehat{r}_{30j} = \frac{\sum_{k=1}^b a_{30k}}{\sum_{i=1}^n a_i} * 100\%$$

Zunächst musste das Infrastrukturnetz anhand der Grenzen der Planungsräume zerschnitten werden, um diese den Planungsräumen zuordnen zu können. Dies wurde mit Hilfe des ArcGIS Analysewerkzeugs Intersect durchgeführt. Danach wurde mit Calculate Geometry die neue Länge der nun anhand der Planungsräume zerschnittenen Straßenabschnitte berechnet. Es wurde in der Attributtabelle eine neue Spalte erzeugt und mittels Select by attribute alle Abschnitte mit der Geschwindigkeit 30 km/h selektiert

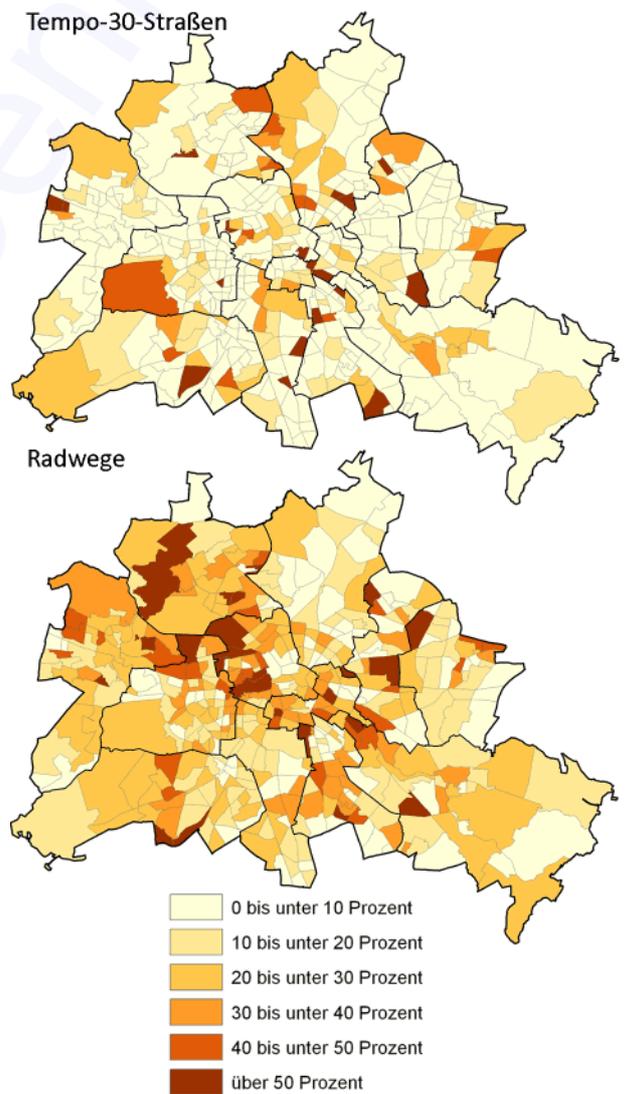


Abb. 6-18: Anteil an der Gesamtstruktur

## 7 Visualisierung

Die Visualisierung ist neben der Analyse der wichtigste Teil des gesamten Herstellungsprozesses, stellt sie doch die eigentliche Kommunikation zwischen dem numerischen Ergebnis und der Interpretation des Endnutzers dar. Neben der Kommunikation dienen kartografische Darstellungen auch der Überprüfung sowie der Plausibilitäts- und Qualitätskontrolle der Ergebnisse (FEIX 2000; VGL. NATTENBERG, 2000). Um diesen Aufgaben gerecht zu werden sind Karten klar zu strukturieren. Unterstützt werden soll dies z. B. mit Dekorbalken, um über deren Farb- und Formgebung die Kommunikation mit dem Nutzer zu beeinflussen. Grundsätzlich ist eine Karte jedoch zunächst normalerweise in drei formale Bereiche Kartenfeld, Kartenrahmen und Kartenrand geteilt (HAKE 1982, S. 26ff.). Als Darstellungsform wurde eine Inselkarte gewählt, weil die umliegenden Gebiete weder relevant noch informativ sind und ein Koordinatensystem nicht notwendig ist. Darüber hinaus erlaubt diese Wahl mehr Möglichkeiten für eine weitere Ausgestaltung des Blattes und Sichtführung des Benutzers. Als Kartentyp wurde eine Choroplethendarstellung gewählt, da sie für gewöhnlich zur Darstellung räumlich aggregierter Geodaten auf Basis administrativer Grenzen verwendet werden (DICKMANN & SOHST 2008). Der Maßstab der Karten beträgt zur optimalen Nutzung der Blattfläche 1 : 215.000. Da alle Karten Teil des „Berliner Infrastrukturatlas für nachhaltigen Konsum“ sind, ist zu erwähnen, dass es sich dem Namen nach zwar um einen Atlas handelt, dieser jedoch nicht zwangsläufig zum Druck vorgesehen ist. Vielmehr handelt es sich um eine Blattsammlung von ca. 16 DIN A4 Karten die mit RGB-Farben für die Betrachtung am Monitor konzipiert werden. Daher gibt es auch kein spezielles Konzept für einen Atlas bis auf eine einheitliche Gestaltung und Gliederung der Karten.

Ausführliche Beschreibungen für die Herstellung thematischer Karten können in ARNBERGER, ERIC (1997): Thematische Kartographie; DENT, BORDEN (1998): Cartography: Thematic Map Design, HAKE ET AL. 2002 und OLBRICH ET AL. 2002 nachgelesen werden.

### 7.1 Zielgruppe

Da das Projekt LifeEvents die Visualisierung in Form des „Berliner Infrastrukturatlas für nachhaltigen Konsum“ umsetzen will und dieser auch für die Untersuchung der Technischen Universität verwendet werden soll, ist sowohl von einem laien- als auch fachspezifisch interessierten Publikum auszugehen. Es ist anzunehmen, dass es sich dabei im Durchschnitt nicht um Kartografen oder geografisch versierte Nutzer handeln wird. Eine ansprechende Ausgestaltung und hinreichende Führung des Betrachters durch das dargestellte Thema, mittels grafischer Elemente und Zusatzinformationen, ist also notwendig. Die Karten sollen grundsätzlich nicht

nur reines Werkzeug, sondern auch eine repräsentative Kartensammlung sein, was eine ansprechende Gestaltung wünschenswert erscheinen lässt.

## 7.2 Kartentyp

Wie zuvor erwähnt ist die Choroplethenkarte, auch Flächenkartogramm, am besten geeignet um Daten auf Basis administrativer oder statistischer Grenzen in Form derer Flächen (Choroplethen) darzustellen. Sie bietet sich hier an, da die Darstellung der Ergebnisse in Form quantitativer, metrisch skaliertes Sachdaten auf Basis der Planungsräume erfolgen soll. Die Daten sind metrisch skaliert, da die Datenwerte in Form eines Dichtewertes, einer konstanten Werteinheit, Minuten oder Prozent vorliegen (OLBRICH ET AL. 2002, S. 58).

Zu erwähnen ist, dass es sich hier nicht um flächen-, sondern objektbezogene Daten handelt, denn ihre Bezugsgröße sind Sachdaten und nicht Flächen. Des Weiteren handelt es sich um „unechte Flächen“, da der in ihnen angegebene Wertebereich einen Durchschnittswert darstellt und nicht für jeden Punkt in der Fläche gilt (EBD., S. 38). Nachteilig ist auch, dass durch die aus Relationen abgeleitete, objektbezogenen Daten, nicht anhand des Objektbezugs auf die tatsächlichen absoluten Werte geschlossen werden kann (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004, S. 51). Jedoch sind einige Karten der Blattsammlung mehr als Choroplethenkarten. Durch die zusätzliche Darstellung der Standorte zur Plausibilisierung der Werte werden diese zu Hybriden aus den Kartentypen Choroplethen- und Standortkarte. Die Standortkarte stellt qualitative Daten punktförmiger Objekte lagegetreu dar und beantwortet die Frage „Was ist wo?“. Die Choroplethenkarte hingegen beantwortet die Frage „Wo ist wie viel?“ (EBD., S. 44).

## 7.3 Klassenbildung

Bei einer großen Anzahl verschiedener Werte können diese nicht als jeweils separate Farbwerte für die Choroplethen dargestellt werden, da dies vom Nutzer nicht mehr zu unterscheiden wäre. Darum müssen die Werte zu Werteklassen zusammengefasst werden. Nach Olbrich, Quick und Schweikart (OLBRICH ET AL. 2002 S. 42) gibt es keinen allgemeingültigen Weg zur Bestimmung von Klassengrenzen. Die Klassierung muss deswegen je nach Werteverteilung neu gewählt werden. Die maximale Klassenanzahl bei 440 Planungsräumen liegt nach der Formel von Witt (1970) ( $\sqrt{447}$ ) bei 21 und nach Davis (1974) ( $5 * \log 447$ ) bei 13 Klassen. Dies sind jedoch sehr viele Klassen, zu viele um die Übersicht zu behalten, darum wurden immer zwischen 4 und 6 Klassen erzeugt.

Für die Ermittlung von Klassengrenzen gibt es verschiedene Verfahren. Die äquidistante Klassenbildung sorgt für die gleiche Größe aller Klassen und ist daher einfach nachvollziehbar,

jedoch können, je nach Werteverteilung, Klassen leer bleiben. Durch mathematische Progression dagegen wird mittels mathematischer Regeln die Klassenbreite bestimmt. Hier existieren unter anderem die arithmetische und die geometrische Methode, bei der die Klassen um einen konstanten Faktor bzw. exponentiell größer werden. Diese Methode eignet sich besonders bei Exponentialverteilungen, also L- und J-Verteilungen, sowie schiefer Verteilungen. Die Bildung von Quantilen hingegen sorgt dafür, dass alle Klassen die gleiche Anzahl von Objekten beinhalten.

Die meisten Methoden haben den Nachteil, nicht sach- oder sinnlogisch zu sein, und, dass teilweise die Werte hinter den verschieden großen Klassen schwer vorstellbar sind. Dagegen kann die Einteilung in Sinnklassen nachvollziehbaren Grundprinzipien folgen, unterliegt jedoch auch der Willkür des Kartenherstellers (OLBRICH ET AL. 2002, S. 42FF).

### 7.3.1 Klassenbildung Erreichbarkeit (Minuten)

Aufgrund der Natur der Daten für die Erreichbarkeit wurden fünf Sinnklassen gewählt, von denen die ersten drei äquidistant (5 Minuten breit) sind (unter 5, 5 bis unter 10, 10 bis unter 15) die vorletzte die Breite aller vorhergehenden besitzt (15 bis unter 30) und die letzte alle Werte größer oder gleich 30 Minuten beinhaltet. Dies ist sachlogisch, weil um einzukaufen Distanzen größer als 30 Minuten Fußweg zusammengefasst werden können, da diese für die Mehrheit der Bevölkerung zu Fuß eine nicht mehr praktikable Strecke zur Versorgung mit Gütern darstellt. Einzige Ausnahme stellt die Erreichbarkeit der Bus-, Tram- und Fahrenhaltestellen dar. Aufgrund der hohen räumlichen Dichte liegt der Großteil der Werte zwischen 2 und 5 konzentriert und der Mittelwert aller Werte beträgt 4,14. Daher wurde hier bei der Klassenbildung der Weg über die natürliche Klassenbildung beschritten wie er im folgenden Abschnitt dargestellt wird.

### 7.3.2 Klassenbildung Erreichbarkeit (Prozent)

Hier wird die Methode der natürlichen Klassenbildung (Natural Breaks) angewendet. Sie richtet sich nach der Verteilung der Werte, sodass Unterbrechungen bzw. Lücken in der Verteilung der Werte als natürliche Klassengrenzen verwendet werden (OLBRICH ET AL. 2002, S. 44). Als Klassengrenzen ergeben sich dabei selten glatte Werte, sodass Rundungen nötig sind. Bei der Dichte der Haltestellen werden die natürlichen 10-Minuten-Klassengrenzen zur Vergleichbarkeit auch für die Darstellung der 8- und 5-Minuten-Karten verwendet. Darüber hinaus wird ausschließlich mit geschlossenen Klassen gearbeitet, um Informationsverlust zu vermeiden (EBD., S. 40).

### 7.3.3 Klassenbildung Dichte

Da die Dichtewerte recht abstrakt sind kann hier eine Klassenermittlung mittels mathematischer Progression stattfinden, ohne dabei Verwirrung zu stiften. Gleichzeitig lassen sich die Werte so vorteilhaft klassieren. Die angewendete Methode ist die der geometrischen Reihe (Geometrical Intervall) mit gerundeten Werten.

### 7.3.4 Klassenbildung Anteil

Für die Darstellung von Prozent bieten sich zwar äquidistante Klassengrenzen an, jedoch bei Daten, in denen sich die Werte im niedrigen Bereich häufen, würde dieses Verfahren keinen Sinn machen, da die Mehrheit der Werte sich in einer Klasse oder den niedrigsten Klassen befinden würde. Daher ist nur bis zur signifikanten 50 %-Grenze eine äquidistante Klassenbreite von 10 % verwendet und sind alle höheren Werte in einer Klasse untergebracht worden.

## 7.4 Farben

Farben sind eines der wichtigste Ausdrucksmittel in einer thematischen Karte und ihr farboptisch sowie psychologisch richtiger Einsatz sind wichtig für die Aussage der Karte (OLBRICH ET AL. 2002, S. 79).

### 7.4.1 Layoutfarben

Als Layoutfarbe für die Dekorbalken dienen zwei ungesättigte Grüntöne. Sie stehen als Symbolfarbe für die Natur, die thematisch dem nachhaltigen Konsum zu Grunde liegt und unterstreichen die Ruhe und die Hintergrundebene. Zusätzlich sind Beschriftungen, je nach Signifikanz, hauptsächlich schwarz und zum Teil weiß gestaltet.

### 7.4.2 Kartenfarben

Zentrales Thema der Karten ist das Potenzial zu nachhaltigen Konsum, daher wird dieses mit intensiven, gesättigten Farben dargestellt (OLBRICH ET AL. 2002, S. 81F.). Die unterschiedliche Färbung der Klassen soll dazu dienen, die räumliche Verteilung der Sachdaten richtig zu interpretieren und helfen eine Farb- bzw. Rangfolge zu erkennen. Darum müssen Farb-Muster-Variablen bei metrisch skalierten Sachdaten über die Abstufung von Helligkeit variiert werden (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004, S. 41FF.). Nach Herter und Mühlbauer (2008, S. 71) gilt bei der Visualisierung quantitativer Werte immer, dass von „wenig nach viel“ mittels „hell nach dunkel“ dargestellt wird. Da Rottöne am besten durch das menschliche Auge differenziert werden können eignen sich diese unter Variation der Helligkeit am besten zur Darstellung. Gewässer

hingegen sind, um schnell einen inhaltlichen Bezug herzustellen, naturnah in Blau dargestellt. Standortpunkte sind wegen der Symbolfarbe für Natur in gesättigtem leuchtendem Grün dargestellt. Die Bezirksgrenzen, die einen höheren Rang haben, sind in Schwarz und die Planungsraumgrenzen heller, in Grau, dargestellt. Die Auswahl der Farben erfolgt unter Verwendung des von Prof. Cynthia Brewer entwickelten, klassenbasierten ColorBrewer-Farbschemas für ArcGIS.

## 7.5 Dekorbalken

Um das Auge des Nutzers zu führen und ihm zu schmeicheln, wurden grafische Dekorbalken verwendet. Dabei sind die Informationen, die der Nutzer zuerst wahrnehmen soll, in den satter gefärbten Balken untergebracht, damit die Balken auch durch ihre Farbe Informationen separieren. Bedeutend ist die verbindende Funktion der Balken. So führt der Titel über die Karte zum Maßstab, und ein anderer Balken von der Karte zur Legende. Alle Balken berühren sich unter der Karte. Damit werden alle Elemente mit der Karte im Zentrum verbunden. Einzige Ausnahme ist das Impressum, es befindet sich in einem separaten Feld.

## 7.6 Inhaltlicher Aufbau

Die Daten in einer thematischen Karte sind in verschiedene übereinander liegende Schichten gegliedert (OLBRICH ET AL. 2002, S. 23FF.). Hier bilden die grafischen Dekorbalken die unterste Schicht, darüber folgen die Geometriedaten mit und ohne Sachdatenbezug (Gewässer, Flächen der Planungsräume), sowie die Geometrie der Bezirke, die Legende und der Titel. Diese Elemente bilden die erste einer Mehrebenen-Sicht (Abb. 7-1). Bei kurzer Betrachtung wird diese zuerst wahrgenommen und ermöglicht einen schnellen Überblick über Thema, Karteninhalt und Legende. Dank der flächigen Farben ist ebenfalls eine schnelle Verteilungseinschätzung zu erwarten.

Die zweite Sicht-Ebene (Abb. 7-2) eröffnet bei genauerer Betrachtung dann mehr Details, aber wahrt auch noch die Übersicht. So werden die Grenzen der Planungsräume, die Nummerierung derselben und die Beschriftung der Gewässer sowie Maßstab, Impressum, Stand und erklärende weitere Karten- und Legendenelemente sichtbar. Diese Hierarchie entsteht zum Teil besonders durch die Verwendung kleinerer Schrift- und Linienstärken.

Obwohl es eigentlich nur zwei sind könnte auch noch eine dritte genannt werden. Diese entspricht einer sehr genauen Betrachtung, bei der die Übersicht verloren geht und lediglich die lokalen Details, dafür sehr genau, erkennbar sind.

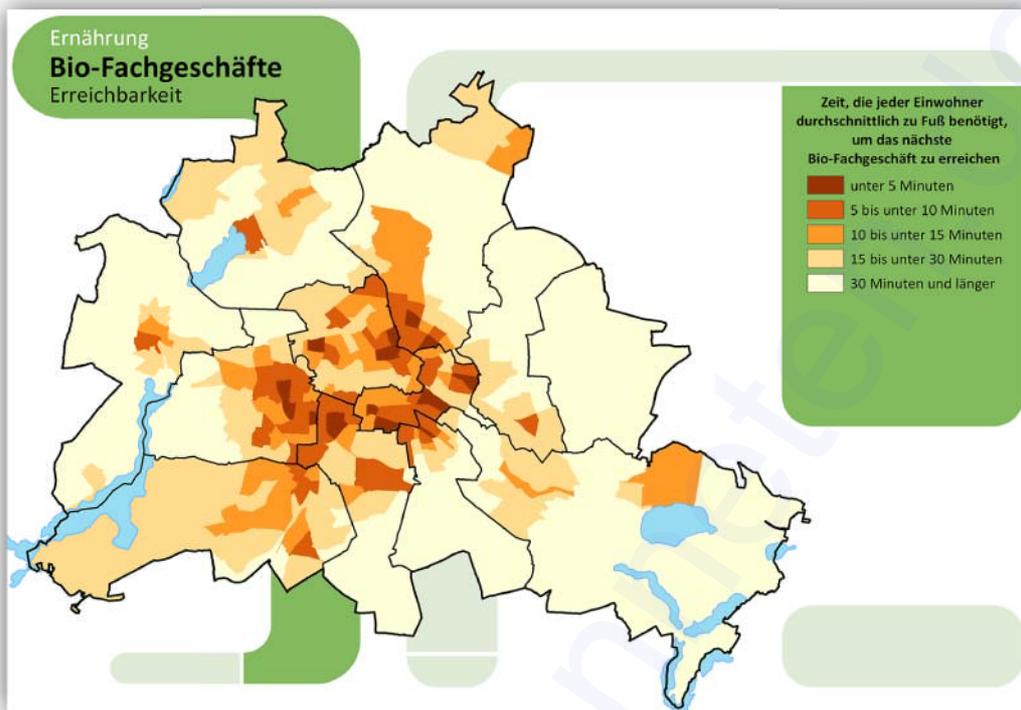


Abb. 7-1: Erste Sichte Ebene (Überblick)

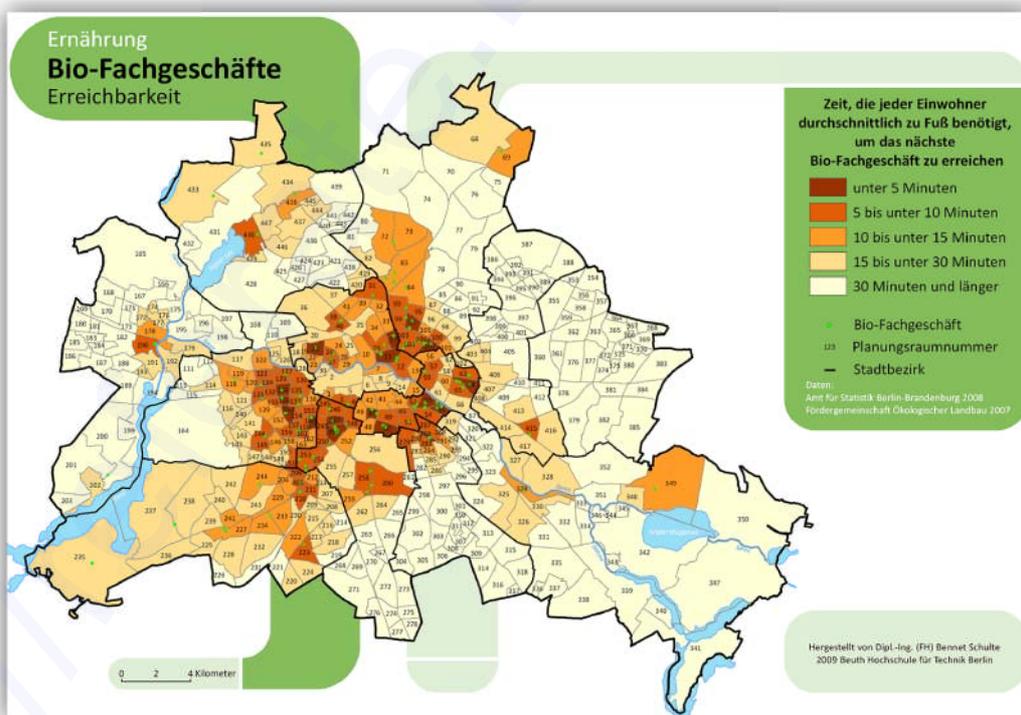


Abb. 7-2: Zweite Sichte Ebene (Detail, Gesamtheit)

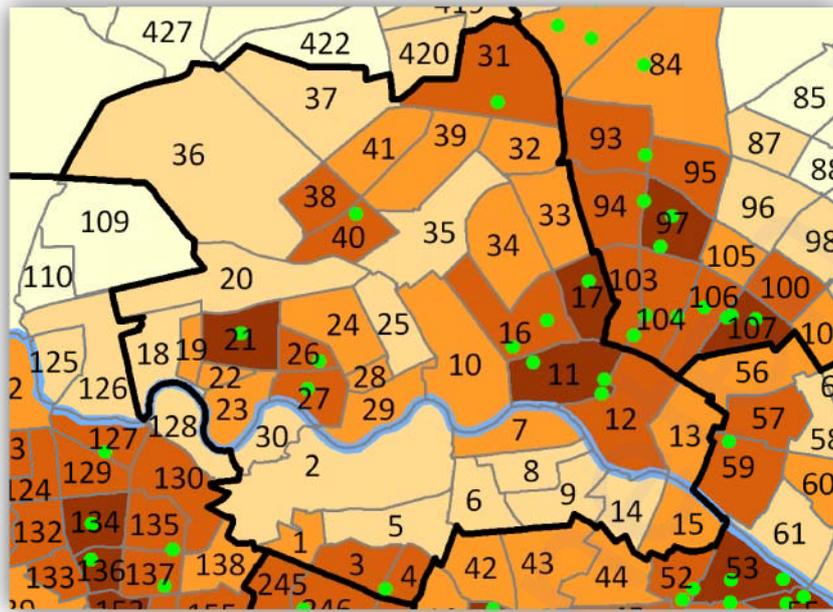


Abb. 7-3: Dritte Sichte Ebene (Detail, gezielte Information)

### 7.7 Kartenrandangaben

Um das Thema klar, schnell und unmissverständlich zu transportieren sind die für den Nutzer der Karten wichtigsten Informationen, Titel und Zeichenerklärung (erste Ebene) in den satteren Dekorbalken untergebracht und werden so zuerst wahrgenommen. Dann folgen der grafische Maßstab und das Impressum (zweite Ebene) in den helleren Balken. Aufgrund der thematischen Natur und dem Zielpublikum der Karte wurde auf Angabe der Projektion und eines Nordpfeils, der nur notwendig ist, wenn die Karten nicht geordnet sind, verzichtet. Die Legende erklärt zunächst den Karteninhalt und zeigt dann die wichtigste Aufschlüsselung der quantitativen Werte der Flächen in einem zusammenhängenden Block, um eine klare und übersichtliche Anordnung zu gewährleisten. Erst dann folgen weitere inhaltliche Elemente wie Planungsraumnummer, Signatur der Standorte und die Datenquellen nebst zeitlichem Bezug.

Da die Karten nicht direkt für den Druck gedacht, jedoch Teil einer Blattsammlung sind, wird zwar der gleiche Maßstab für alle Blätter verwendet, jedoch auf die numerische Auszeichnung zu Gunsten einer rein grafischen verzichtet. Durch das Betrachten am Bildschirm oder das Drucken auf Desktopdruckern kann der numerische vom gedruckten Maßstab zu sehr abweichen und die Zahl als solche ist für Durchschnittsnutzer eher unpraktikabel. Der grafische Maßstab hingegen ist selbst erklärend und unabhängig von der Betrachtungs- oder Ausgabegröße immer korrekt.

## 7.8 Beschriftung

Es wurde versucht möglichst wenig Beschriftung zu verwenden und die Variationen übersichtlich zu halten. Die Schriftart ist eine moderne, rundwirkende und gut lesbare Calibri und wird variiert in Größe, Stil und Farbe (OLBRICH ET AL. 2002, S. 86). Die Variationen halten sich jedoch der Übersichtlichkeit wegen in Grenzen und stellen immer eine Hierarchie für den Nutzer her. Zunächst sollen der Titel, dann Legende, Quellen, Impressum und zuletzt die Planungsraumnummern wahrgenommen werden. Daher stellen der Titel und seine Bestandteile mit 24 und 18 Punkt die größten Schriftgrößen, und mit einem fetten Stil die einzige Stilvariation, dar. Die Legende ist gänzlich in 12 Punkt gehalten. Datenquelle und Impressum werden in 8 Punkt mit der kleinsten Schriftgröße in der Legende dargestellt. In der Karte selbst kommen nur die Planungsraumnummern aus Platzgründen mit 5 Punkt aus.

## 7.9 Zusatzinformationen

Zusatzinformationen können die Orientierung und Zusatzelemente die Interpretation erleichtern bzw. den Inhalt begründen (OLBRICH ET AL. 2002, S. 35). Daher wurden als Orientierungshilfe die Bezirksgrenzen und größeren Gewässer dargestellt. Für die Plausibilisierung der Ergebnisse werden zusätzlich Standorte, aus denen sich die Erreichbarkeit ergibt, in Form der geometrischen Signatur des Kreises dargestellt. Die achtstelligen Planungsraumnummern wurden zudem aus Platzgründen durch von mir vergebene dreistellige Nummern ersetzt und dienen der Auswertung der Ergebnisse. Dazu müssen diese jedoch vom Nutzer nachgeschlagen werden.



## 8 Ergebnisdiskussion

Das Potenzial zu nachhaltigem Konsum ergibt sich aus der Verfügbarkeit und Voraussetzung zu ihm und nachhaltigem Verhalten. Die Verfügbarkeit lässt sich mittels räumlicher Verteilung beschreiben, die sich in Form der Erreichbarkeit ausdrückt. Die Analysen erbrachten für die Planungsräume Berlins Erreichbarkeits- bzw. Anteilswerte, die darüber Aussagen treffen. Die Dichteanalyse wurde wie in Kapitel 8.4 zu lesen durch die Erreichbarkeitsanalyse ersetzt. Die Analyseprozeduren zur Erlangung der Werte verliefen reibungslos und ohne Probleme. Lediglich die Berechnung von 15.412 Routen von 15.412 Zentroiden (Incidents) zu 3.120 Haltestellen (Facilities) verweigert ArcGIS aufgrund der Gesamtmenge der Punkte. Es scheint eine Begrenzung zu geben, die sich aus Facility- und Incidentanzahl ergibt. Das Problem konnte gelöst werden, indem die Incidents auf zwei Rechenschritte aufgeteilt wurden.

### 8.1 Auswertung des Potenzials zu nachhaltigem Konsum

Die räumliche Verteilung des Potenzials zu nachhaltigem Konsum der einzelnen Indikatoren variiert stark. Während Haltestellen für Bus, Tram, und Fähre (Abb. 8-1 links), außer grundsätzlich in Siedlungskörpern, keine spezielle räumliche Clusterung aufweisen, gibt es bei den Bio-Fachgeschäften (Abb. 8-1 rechts) eine starke Konzentration in der Innenstadt. Besonders innerhalb der Ringbahn existiert ein nach Nord-Westen (Wedding/Charlottenburg) geöffneter Bereich in Ringform um den Tiergarten, in dem eine gute Erreichbarkeit von Bio-Fachgeschäften gegeben ist. Ein Zusammenhang ist hier vermutlich mit der vorhandenen Kundschaft zu sehen.

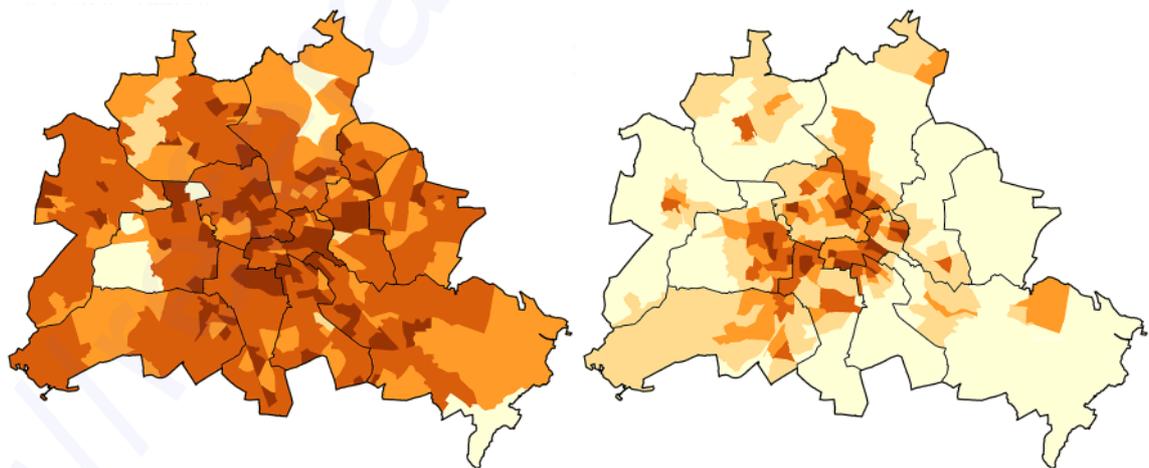


Abb. 8-1: Erreichbarkeit Bus, Tram und Fähre (links) und Bio-Fachgeschäfte (rechts)

Die Planungsräume sind allgemein bekannt für Bewohnung durch gut gebildete, jüngere Menschen und eine Häufung von Studenten durch Universitäts- und Hochschulnähe. Einzelne Standorte in entfernten Stadtteilzentren sind ebenfalls durch dort lokal vorhandenes Kundenpotenzial und der Profiterzielungsabsicht der Unternehmen zu erklären.

Die Verteilung von Carsharing-Stationen (Abb. 8-2) stellt sich aufgrund der gleichen Gewinnerzielungsabsicht ähnlich wie bei den Bio-Fachgeschäften dar. Es ist jedoch eine stärkere Konzentration im Süden und über die Ringbahn hinaus zu beobachten.

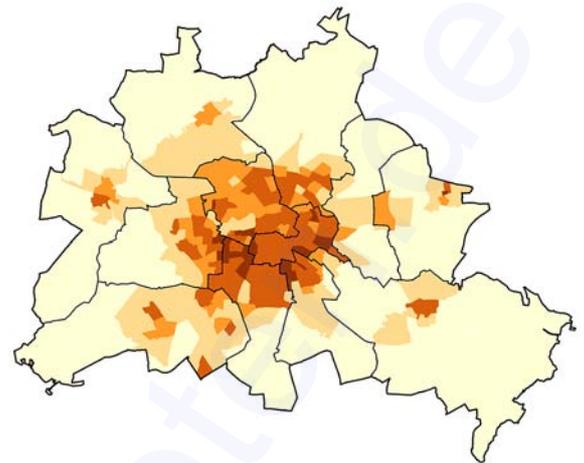


Abb. 8-2: Erreichbarkeit von Carsharing-Stationen

Räumliche Disparitäten der anderen Indikatoren lassen sich logisch erklären. So ist die Erreichbarkeit, aufgrund der Dichte von Stationen für S- und U-Bahn (Abb. 8-3 links), in der Innenstadt am höchsten. Denn dort laufen die Linien zusammen, die die Funktion haben, das Zentrum mit der Peripherie zu verbinden. Gute Erreichbarkeit der Stationen ist logischerweise nur entlang der wenigen Trassen für S- und U-Bahn zu finden. Die Anzahl der Trassen nimmt mit wachsender Entfernung vom Zentrum ab und wird in ihrer Funktion durch die flächig verteilten Bus-, Tram- und Fährenhaltestellen ergänzt.

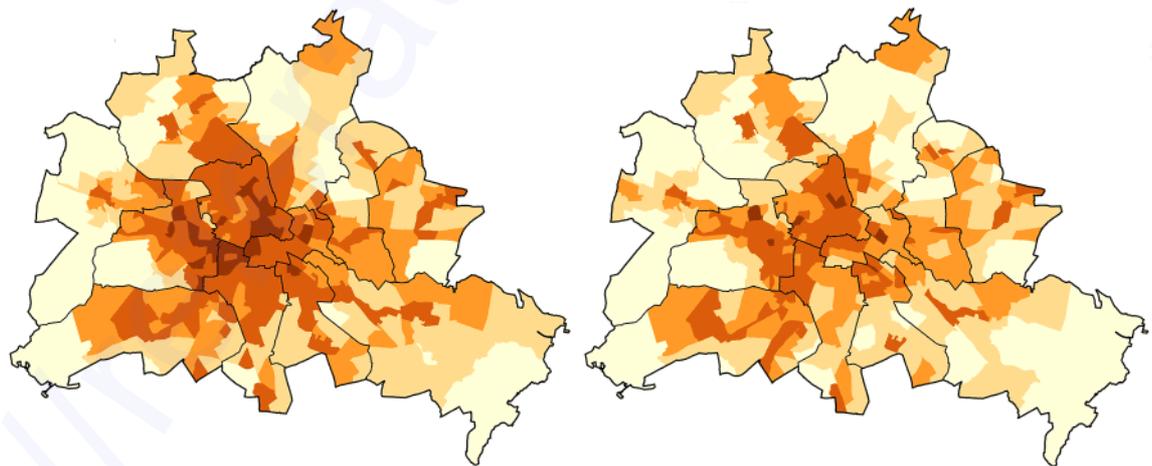


Abb. 8-3: Erreichbarkeit von S- und U-Bahn- (links) und barrierefreien Stationen (rechts)

Barrierefreie Bahnhöfe (Abb. 8-3 rechts) folgen zwangsläufig dem Verlauf der S- und U-Bahnlinien und sind identisch mit der Erreichbarkeit der Station, zu der sie gehören. Jedoch sind auch hier nur die Stationen barrierefrei, die aus praktischen oder Prestige-Gründen saniert

wurden und ihre Erreichbarkeit damit meistens schlechter, aber nie besser ist als die der S- und U-Bahnstationen. Einzig die in Berlin liegende, aber nicht zum S-Bahnnetz gehörende Regionalbahnstation in Staaken bildet eine Ausnahme.

Radwege (Abb. 8-4 links) müssen häufig, besonders im Ostteil der Stadt, nachträglich in bestehende Infrastruktur integriert oder bei der Neuerschließung mitgebaut werden. Daher sind sie nur in Gebieten zu finden, deren Infrastruktur entweder kürzlich errichtet wurde, oder bei der es möglich war, sie vor kurzem bei Sanierungen zu integrieren. Ihr Anteil ist bspw. in der historischen Altstadt geringer, da aufgrund der Baustruktur eine nachträgliche Integration kompliziert ist oder auf Kosten anderer Verkehrsteilnehmer gehen würde.

Tempo-30-Straßen (Abb. 8-4 rechts) hingegen müssten, der logischen Erwartung nach, besonders in Planungsräumen mit Einfamilienhaussiedlungen zu finden sein. Die Verteilung lässt dies jedoch nur erahnen und ist auch nicht wirklich geclustert, was die Frage nach der Vollständigkeit der Datengrundlage aufwirft (siehe 8.6).

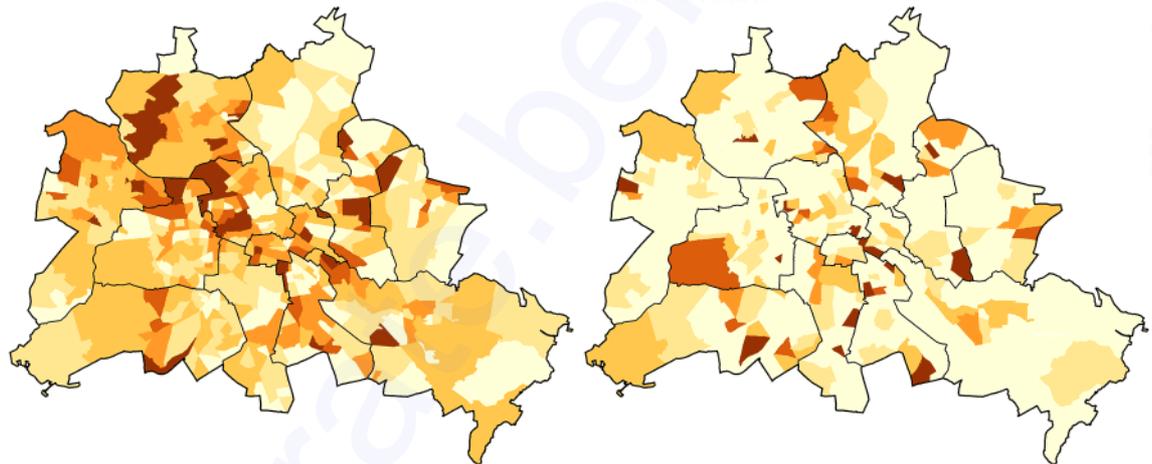


Abb. 8-4: Anteil der Radwege (links) und der Tempo-30-Straßen (rechts)

Eine Gesamtauswertung in Form der Verschneidung aller Indikatoren wird in dieser Arbeit nicht durchgeführt. Grundsätzlich ist, unter Beachtung aller Indikatoren, das Potenzial zu nachhaltigem Konsum innerhalb der Ringbahn jedoch besonders hoch.

Die Ermittlung eines Gesamtergebnisses für die nicht bevölkerungsgewichtete Erreichbarkeit im Konsumfeld Ernährung kann im Anhang betrachtet werden.

## 8.2 Isochronen- kontra Durchschnittserreichbarkeit

Der Versuch mit Isochroneneinzugsbereichen (Abb. 8-5 links) zu arbeiten erwies sich als durchführbar und das Ergebnis als informativ. Doch diese Methode fokussiert einzig auf Bereiche in denen der Indikator positive Einflüsse auf das Potenzial ausübt. So kann jedoch in der

Darstellung kein vergleichbares Gesamtbild für alle Planungsräume herbeigeführt werden. Darum ist ein Vergleich außerhalb der direkten und hohen Einflussgebiete des Indikators nicht möglich. Es scheint im Interesse der Ermittlung des Potenzials für die ganze Stadt sinnvoller zu, die durchschnittliche Erreichbarkeit für alle Einwohner eines Planungsraums zu ermitteln (Abb. 8-5 rechts), statt Isochronen-Einzugsbereiche zu verwenden.

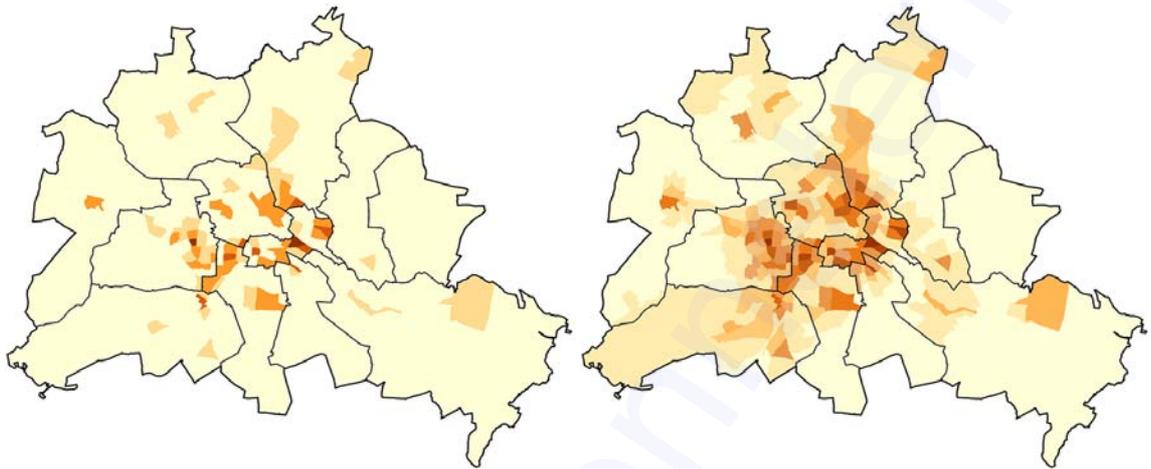


Abb. 8-5: 5-Minuten-Isochronen (links) und durchschnittliche Erreichbarkeit (rechts)

### 8.3 Einwohnergewichtung

Eine Analyse der Erreichbarkeit, die als einziges Kriterium die Lage des Blockes kennt (Abb. 8-6 links), beschreibt zuletzt nur die durchschnittliche Erreichbarkeit innerhalb der geometrischen Fläche des Blocks. Dies jedoch kann zu Fehleinschätzungen bei der Quantifizierung des Potenzials führen, da die Gewinnerzielungsabsicht normalerweise zur Errichtung eines Standorts in Nähe zum Kunden führt. Daher können alle Blöcke, in denen Menschen wohnen, einen sehr kurzen Weg bis zum nächsten Standort haben, da jedoch allen Blöcken das gleiche Gewicht zukommt können weiter entfernte, schwach oder nicht bewohnte Blöcke das Ergebnis verzerren. Durch die Einbeziehung der Anzahl der Bewohner eines Blockes in die Berechnung der durchschnittlichen Strecke (Abb. 8-6 rechts), die sich für die Zentroiden der Blöcke in der Netzwerkanalyse ergab, konnte ein wichtiger Fortschritt bei der Analyse des Potenzials für nachhaltigen Konsum erreicht werden. Durch diese Gewichtung zu Gunsten der Einwohner wird, realitätsbezogener die Situation für die Menschen und nicht die formale Erreichbarkeit für den leblosen Raum ermittelt.

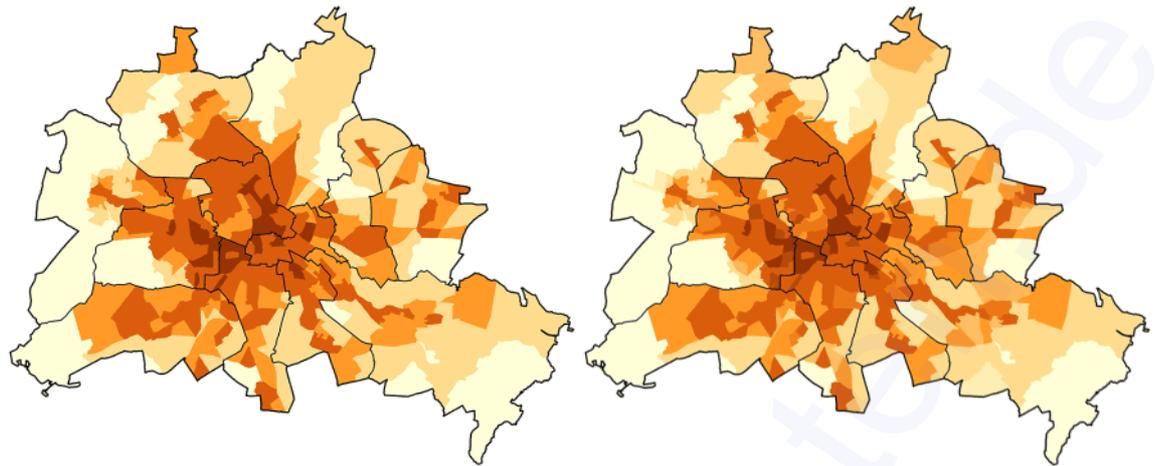


Abb. 8-6: S- und U-Bahn-Erreichbarkeit ungewichtet (links) und einwohnergewichtet (rechts)

#### 8.4 Dichte- kontra Erreichbarkeitsanalyse

Das Ergebnis der Dichte der Haltestellen des ÖPNV hat im Vergleich zur Erreichbarkeitsanalyse zwei große Probleme: die Verständlichkeit und die Bedeutung für die Praxis. Zwar ist durch die Entfernung der Grünflächen das Resultat praxisbezogener, jedoch auch etwas undurchschaubarer für den Nutzer. So zeigt sich im Ergebnis durch das Extrahieren allgemein eine Erhöhung der Dichte, besonders in Planungsräumen mit großem Wasser- und Grünflächenanteil. Abnahmen der Dichten in einigen Planungsräumen, z. B. in Kaulsdorf-Nord (Marzahn-Hellersdorf), waren auf erhöhte Dichtewerte in der Nähe von dünn besiedelten Bereichen zurückzuführen, die durch das Verfahren eliminiert wurden. Durch den Prozess des Kerndichteschätzers wird das Ergebnis in Form von Werteangaben in Bezug auf eine Fläche dargestellt, aus denen sich jedoch nicht mehr die Anzahl der Haltestellen je Planungsraum errechnen lässt. Dies ist nur schwer verständlich. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die Dichte einen so praktischen Realitätsbezug hat wie die direkte Erreichbarkeit, gewichtet nach Einwohner. Die Erreichbarkeit, mittels Netzwerkanalyse zu ermitteln, stellt die realitätsbezogenste Modellierung der Bewegung im Raum dar. Daher ist aufgrund der komplexen Vorgänge und des realitätsferneren und schwer verständlichen Ergebnisses eine Erreichbarkeits- einer Dichteanalyse vorzuziehen.

#### 8.5 Alternativen zu den Zentroiden

Statt den umständlichen und mitunter ungenauen Weg über Zentroide zu gehen, wäre es auch möglich die Blöcke zu verwenden um mit geometrischen Operationen die Bevölkerung den Isochronen zuzuweisen. So würden auch Bevölkerungsanteile anteilig hinzukommen, deren

Zentroid außerhalb der Isochrone liegt. Diese Anteile sind rechnerisch größer als die Anteile, die über die überdeckten Zentroide hinein fallen, die aber eigentlich außerhalb der Isochrone liegen.

## 8.6 Nachteile der Visualisierung

Ein Nachteil der Visualisierung ist, dass sich für den Betrachter zum Teil nicht ohne weiteres erklärbarere Ergebnisse zeigen. Wie in Abbildung 8-7 (links) zu sehen, befindet sich ein Bio-Fachgeschäft im Bezirk Spandau genau zwischen dem Planungsraum 200 und 201. Jedoch weisen genau diese Planungsräume eine schlechtere Erreichbarkeit auf als der weiter vom Standort entfernte Planungsraum 202. Zu erklären sind diese Ergebnisse mit der Lage der Blöcke und der Infrastruktur. Diese jedoch werden im Analyseergebnis nicht visualisiert, sodass eine Erklärung des Ergebnisses für den Benutzer ausbleibt und ein Stück Transparenz verloren geht. Abbildung 8-7 (rechts) bspw. zeigt eindeutig eine plausible Erklärung für das Ergebnis. Da die Mehrzahl der Blöcke sich in den am weitesten vom Standort entfernten Bereichen von 200 und 201 befindet, und auch die Infrastrukturverbindungen z.B. für 201 immer erst durch 202 führen, ist es logisch, dass die Erreichbarkeit in 202 durchschnittlich besser ist als in den anderen beiden Planungsräumen.

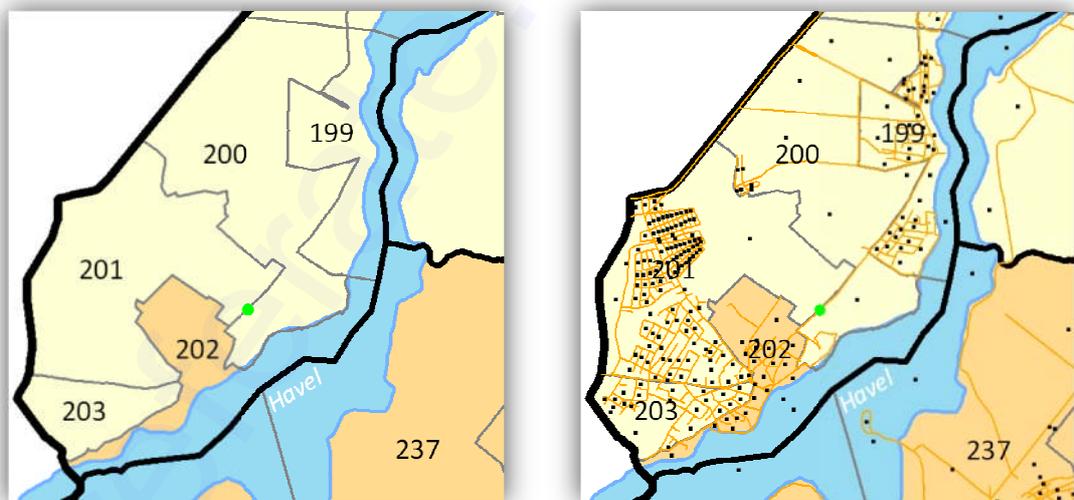


Abb. 8-7: Visualisierung von für den Nutzer nicht plausiblen Ergebnissen

Ein weiteres Problem stellt die mögliche Fehlinterpretation der Ergebnisse dar. Da es sich z. B. bei der Erreichbarkeit um unechte Flächen handelt, stellt der angegebene Wertebereich einen Durchschnittswert für die gesamte Fläche dar. Dieser Wertebereich gilt jedoch nicht für jeden Punkt in der Fläche (OLBRICH ET AL. 2002, S. 38). Daher könnten Laien erstaunt sein, warum es in ihrem Planungsraum angeblich so lange dauert bis zur nächsten S-Bahnstation, wo sie

doch aus Erfahrung wesentlich weniger Zeit benötigen. Es wurde versucht dieses Problem durch eindeutige Legendentexte zu lindern, das Grundverständnis für die Zusammenhänge kann jedoch nicht ersetzt werden.

Es könnte auch Sinn machen bei den maskierten Dichtewerten auch nur die zur Berechnung herangezogenen Teile der Planungsräume einzufärben, um so das Ergebnis stärker zu plausibilisieren.

## 8.7 Validität der Ergebnisse

Die Validität der Ergebnisse unterliegt bei solchen Projekten, insbesondere bei diesem, vielen Einflüssen, die das errechnete Ergebnis von der realen Situation abweichen lassen. Grundsätzlich ist das unvermeidbar, da die Realität zu viele Variablen enthält um sie zu simulieren und so alle Modellierungen immer nur der Realität angenähert sind.

Die Analyseergebnisse haben vom methodischen Ansatz her auf jeden Fall den Schwachpunkt, dass nur Berlin betrachtet wird. Umliegende Gebiete werden nicht berücksichtigt, obwohl besonders für Menschen am Rand der Stadt eventuell Standorte in Brandenburg näher liegen als die nächstliegenden in der Stadt (Problem der Randgebiete). So kann es besonders am Rand zu Ergebnissen kommen, die ein verzerrtes, negativeres Bild ergeben als es in der Realität der Fall ist. Besonders groß dürften diese Einflüsse zumindest in Berlin nicht sein, da im Raum Berlin die Stadt- auch meist die Grenze der zusammenhängenden Siedlungsstruktur ist.

Zu nennen wäre als wichtiger Negativfaktor die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten. Da die Ergebnisse von ihnen abgeleitet werden, ist anzunehmen, dass besonders den Ergebnissen aus den Daten der Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung nicht vollständig zu trauen ist. Daten aus diesen Quellen waren meist unvollständig, nicht mehr aktuell, modifiziert oder geometrisch inkompatibel zu den relativ akkuraten Daten des Amtes für Statistik und der Berliner Verkehrsbetriebe. Dies bedeutet, dass zwei von vier Quellen minderer Qualität waren. Die Erreichbarkeitsanalysen der öffentlichen Verkehrsmittel dürften daher die Ergebnisse mit der höchsten Validität sein, denn hier wurden nur Daten aus den zwei relativ verlässlichen Quellen verwendet.

Ein Beispiel für das mangelnde Vertrauen, dass aufgrund unvollständiger Daten den Ergebnissen entgegengebracht werden muss, ist die Karte der Tempo-30-Strecken. Durch persönliche Einschätzung wird ausgeschlossen, dass das Ergebnis korrekt ist, da in einigen Bezirken, wie in Marzahn-Hellersdorf oder Charlottenburg-Wilmersdorf, ausgedehnte Einfamilienhaussiedlungen existieren, der Anteil der Tempo-30-Straßen dennoch sehr gering ist. Die Erklärung ist, dass die großen Verkehrsstraßen in den Daten enthalten sind, ein großer Teil

der Anliegerstraßen, die meist Tempo-30-Straßen sind, aber nicht erfasst waren. Da die Durchschnittsgeschwindigkeit in Berlin bei ca. 24,5 km/h liegt (JÜRGENS 2008), der Mittelwert aus den Daten für die Planungsräume aber bei 49 km/h liegt, scheint der Zweifel am Ergebnis berechtigt.

Grundsätzlich muss auch bei der Formulierung der Indikatoren über die Datengrundlagen nachgedacht werden. So kann mit einem Straßennetz, dessen Abschnitte Attribute für die Existenz von Radwegen aufweisen, zwar der Anteil der Radwege am Gesamtstraßennetz ermittelt werden, jedoch bleiben viele Radwege unberücksichtigt, obwohl sie die Sicherheit und den Fahrkomfort wesentlich erhöhen. Beispiel dafür sind Radwege außerhalb von Hauptstraßen oder grundsätzlich von Straßen entkoppelte, z. B. durch Grünanlagen.

### 8.8 Betrachtung der Hypothesen und Zielsetzungen

Der theoretische Teil der Master-Thesis, der sich in Hypothese 1 spiegelt, soll aufzeigen, dass GIS-Analysen im Anwendungsbereich der Untersuchung des Potenzials für nachhaltigen Konsum sinnvoll und vielseitig eingesetzt werden können und, dass es möglich ist, ein adäquates Modell und eine möglichst realistische Einschätzung des vorhandenen Potenzials in Berlin zu erhalten.

Die erste Hypothese:

„Geoinformationssysteme mit ihren verschiedenen Analysemöglichkeiten können dazu eingesetzt werden, Potenziale für die Felder nachhaltige Ernährung und nachhaltige Mobilität in Berlin zu quantifizieren“,

erwies sich als grundsätzlich zutreffend. Es war bei entsprechender Datenlage möglich, ein adäquates Modell und eine möglichst realistische Einschätzung des vorhandenen Potenzials zu geben. Es wurde jedoch erkannt, dass einige Analysemöglichkeiten auf den beiden Konsumfeldern mehr, wie die Erreichbarkeit, und andere weniger, wie die Dichte, zur Quantifizierung sinnvoll sind.

Die zweite Hypothese, die sich mehr mit der kleinräumigen Analyse zur Unterstützung des Teams der Technischen Universität beschäftigt:

„Die Berliner Planungsräume weisen hinsichtlich der Ausstattung in den Konsumfeldern nachhaltige Ernährung und nachhaltige Mobilität Disparitäten auf, die mit unterschiedlichen Analysemethoden unterschiedlich gut aufgezeigt werden können“

hingegen erwies sich als nur teilweise richtig. Die Ausstattung der Planungsräume weist in einigen Bereichen, besonders in denen, die profitorientiert sind, starke Disparitäten zwischen Innenstadt und Randgebieten bzw. Stadtteilzentren auf. Jedoch war mindestens bei einem Indikator kaum eine Disparität zu erkennen. Zwar ist dieser Bereich de facto auch gewinnorientiert, aber durch die allgemeine Bedeutung für die Grundversorgung der Einwohner auch in weniger rentablen Arealen fast flächendeckend vorhanden. Es handelt sich dabei um die Erreichbarkeit von Bus-, Tram- und Fährenhaltestellen in Berlin.

Der Nachweis über die Disparitäten konnte sowohl mittels Anteils-, Dichte- und Erreichbarkeitsanalyse erbracht werden.

Darüber hinaus wurden das Projekt LifeEvents und der nachhaltige Konsum detailliert besprochen und Indikatoren diskutiert. In der Hauptsache wurden jedoch GIS-Methoden entwickelt, abgewogen, ausgewählt und schließlich angewendet. Die Ergebnisse und Geodaten wurden in einer metadatencodierten Geodatenbank abgelegt, um eine unproblematische externe Nutzung durch spätere Bearbeiter zu ermöglichen. Das Ziel, die Analyseergebnisse zur Unterstützung der Arbeit des Forschungsprojektes LifeEvents im Hinblick auf einen „Berliner Infrastrukturatlas für nachhaltigen Konsum“ zu visualisieren, wurde in Form einer Blattsammlung erfüllt.

## 9 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

### 9.1 Zusammenfassung

Die intensive Auseinandersetzung mit Methoden, die das Potenzial zu nachhaltigem Konsum in Berlin mit GIS modellieren können, ist das Thema der vorliegenden Master-Thesis. In Zeiten der globalen Erwärmung und der Rohstoffverknappung ist die Frage nach Änderung des Konsumverhaltens hin zu nachhaltigen Konsummustern so wichtig wie nie zuvor. Zumindest für Berlin ließen sich die entwickelten Methoden testen und erstmalig die bestehenden Möglichkeiten zur Ausübung nachhaltiger Konsummuster quantifizieren.

Zu Beginn der Arbeit wurden zunächst die Rahmenbedingungen, wie der Verwendungszweck der Analyseergebnisse und der Begriff nachhaltiger Konsum erklärt, für den im Anschluss sinnvolle Indikatoren diskutiert wurden. Auch die Darlegung der Eigenschaften der lebensweltlich orientierten Räume, auf denen die Analyseergebnisse abgebildet wurden, war notwendig. Die Methodendiskussion zur Quantifizierung des Potenzials zu nachhaltigem Konsum mittels GIS untersuchte intensiv die Frage nach dem Zugang und dem Zusammenhang zwischen Einzugsgebiet und Erreichbarkeit. Darüber hinaus kristallisierten sich drei mögliche Konzeptansätze heraus, um das Potenzial zu quantifizieren: Erreichbarkeit, Dichte und Anteil von Objekten. Im Laufe der Versuche zeigte sich, dass die Erreichbarkeit mittels Netzwerkanalyse ein besserer Indikator ist als die Dichte, sodass de facto die Erreichbarkeit und der Anteil die einzig sinnvollen Analysemethoden darstellten. Auch eine zusätzliche Gewichtung zu Gunsten der Bewohner statt der Erreichbarkeit im Raum wurde entwickelt. Das Kernstück eines jeden GIS-Projektes neben der Analysemethode, die zur Erreichung des Ziels diskutiert wurde, sind die Datengrundlagen, aus denen die Ergebnisse generiert wurden. Es standen umfangreiche Daten aus verschiedenen Quellen zur Verfügung, die jedoch aufgrund von Inkompatibilität oder mangelnder Qualität auch umfangreich vorbereitet und bearbeitet werden mussten. Es war des Weiteren nötig, die Daten adäquat mit Metadaten zu versehen und eine Speicherungsmethode zu entwickeln, um künftigen Bearbeitern die erneute Aufbereitung abzunehmen und Transparenz der Datenquellen herzustellen. Die Vorteile eines GIS offenbarten sich nach abgeschlossener Datenvorbereitung. Die Analysen selbst konnten, entsprechend der diskutierten Methodentheorie, sehr effizient angewendet werden, was dem großen Mehrwert, den Geo-Informationssysteme besitzen, verdeutlichte. Allerdings wurde auch die vollständige Abhängigkeit von den Eingabedaten deutlich, deren Qualität bestimmt wie schnell, akkurat und effizient das Problem mit dem GIS gelöst werden kann. Für das GIS selbst erwiesen sich alle Analysen als durchführbar, lediglich mit der Ermittlung von 15.412 Routen zu 3.120 Haltestellen

war das System mengenmäßig überfordert. Analysiert wurden zum Schluss die Erreichbarkeit von Bio-Fachgeschäften, barrierefreien Bahnhöfen, Carsharing-Stationen, der Anteil der Radwege und der Anteil von Tempo-30-Straßen am Straßennetz. Für die S- und U-Bahnstationen sowie Bus-, Tram-, und Fährenhaltestellen wurde exemplarisch die Dichte und die Erreichbarkeit ermittelt. Im Vergleich zeigte sich, dass die Dichteaussage minderer Qualität war. Zur Präsentation wurde ein kartographisches Konzept für eine Blattsammlung ausgearbeitet und abschließend wurden die für die Arbeit definierten Hypothesen überprüft. Es zeigte sich, dass Geoinformationssysteme sehr viele verschiedene Anlagemöglichkeiten besitzen und einige davon sehr gut geeignet sind, räumliche Disparitäten für das Potenzial zu nachhaltigem Konsum aufzuzeigen.

## 9.2 Fazit

Die diskutierten und letztlich angewandten Analysemethoden lassen zunächst den Schluss zu, dass zur Ermittlung des nachhaltigen Konsums Dichtermittlungen einen minderen Aussagewert und Realitätsbezug haben als Erreichbarkeitsanalysen mittels Netzwerkanalyse. Des Weiteren ergab sich, dass die aus der Vielzahl der Möglichkeiten eines GIS ausgewählten Analysemethoden befähigt sind, das Potential zu nachhaltigem Konsum in Berlin zu quantifizieren und Disparitäten deutlich aufzuzeigen.

Es konnten erfolgreich Methoden zur Erreichbarkeits- und Anteilsanalyse weiterentwickelt, angewendet und soweit automatisiert werden, dass nach zeitintensiver Datenvorbereitung die Analyse und Visualisierung als solche nur wenige Minuten dauerte. Dabei sind die Verfahren bei entsprechender Datengrundlage auf alle administrativen Ebenen und Länder übertragbar.

Als einzige permanente und die Validität der Ergebnisse eines GIS-Projekts gefährdende Probleme erwiesen sich unzuverlässige und zu einander inkompatible Datensätze. Diese führten zumindest bei Teilergebnissen zu ungläubwürdigen Aussagen. Es wäre in der Vorbereitungsphase im Interesse des Projektes wünschenswert gewesen, dass die Projektleitung mehr Sorgfalt und Konzentration auf die Datenrecherche aufwendet. Zwar dürften die Ergebnisse zur Ermittlung eines durchschnittlichen Potenzials genügen, jedoch alle Ergebnisse in Form eines „Atlas“ zu präsentieren ist in Anbetracht der teilweise unvollständigen Daten gewagt.

### 9.3 Ausblick

Die Entwicklung der Geo-Informationssysteme setzt sich ständig fort und eröffnet immer neue Möglichkeiten der räumlichen Analyse, sodass in Zukunft noch detailliertere Datensätze miteinander analysiert werden können, bei deren Menge heutige Systeme entweder sehr viel Zeit zur Berechnung benötigen oder ihren Dienst ganz verweigern. Auch könnten präzisere und verständlicher formulierte Richtlinien im Rahmen der Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) verbindliche, einheitliche Metadaten für diese Art von Projekten ermöglichen. So wäre es möglich, über Jahre ein nachvollziehbares Monitoring zu betreiben und dennoch die Validität der Daten zurückverfolgen zu können.

Künftig könnte außerdem mit fundierteren und umfangreicheren Datengrundlagen eine verlässlichere Reihe von Analysen zur Ermittlung des Potenzials zu nachhaltigem Konsum in Berlin und anderen Städten durchgeführt und verglichen werden. Dabei sollte für Erreichbarkeitsanalysen grundsätzlich immer mit einer Gewichtung zu Gunsten der tatsächlichen Erreichbarkeit für die Bevölkerung statt für den Raum gearbeitet werden. Auch könnten weitere Analysen unter Berücksichtigung der Micro-Sozialstruktur an Hand der statistischen Daten der Blöcke durchgeführt werden. Damit könnten weitere Rückschlüsse, bspw. auf die Korrelation von sozialer Struktur und Potenzial zu nachhaltigen Konsum, zu gewinnen sein. Eine Präsentation in Form eines gedruckten Atlases oder einer Multimedia-Internet-Anwendung würde ein breiteres öffentliches Publikum ansprechen, und so Ergebnisse nicht nur einem kleinen Kreis vorbehalten bleiben. Mit erhöhter Publizität wird nicht nur Aufmerksamkeit auf die Möglichkeiten der Geoinformation gelenkt, sondern eventuell auch der nachhaltige Konsum gefördert und so nicht zuletzt ein kleiner Beitrag zur Rettung des Planeten geleistet.



## Literaturverzeichnis

- BADENSCHIER, FRANZISKA (2007): In Prenzlberg kann von der Leyen nicht punkten. Spiegel Online, 3.04.2007. Online in Internet: <http://www.spiegel.de/politik/deutschland/0,1518,475261,00.html> (Stand 21.12.2008).
- BAILEY, TREVOR C. AND ANTHONY C. GATRELL (1995). Interactive Spatial Data Analysis. Longman Scientific & Technical: Burnt Mill, Essex.
- BARTH, KLAUS; THEIS, HANS-JOACHIM (1991): Werbung des Facheinzelhandels. Gabler, Wiesbaden.
- BECKER, MARCO; MÜLLER, SANDRA (2006): Umweltdeterminanten des Konsumenten. Powerpoint-Präsentation. Nach: KROEBER-RIEL, WERNER; WEINBERG, PETER (1996): Konsumentenverhalten. 6. Auflage. Franz Vahlen, München. Online in Internet: [http://www.geekness.de/studium/vorlesungen/design\\_argumentieren/061\\_Referat\\_Konsumentenverhalten\\_Praesentation.pdf](http://www.geekness.de/studium/vorlesungen/design_argumentieren/061_Referat_Konsumentenverhalten_Praesentation.pdf) (Stand 20.12.2008).
- BIENERT, MICHAEL L. (1996): Standortmanagement: Methoden und Konzepte für Handels- und Dienstleistungsunternehmen. In: Neue Betriebswirtschaftliche Forschung (nbf). Band 194. Gabler, Wiesbaden.
- BILL, RALF (1999): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1. 4. Auflage. Wichmann, Heidelberg.
- BIRKMANN, JÖRN (2004): Monitoring und Controlling einer nachhaltigen Raumentwicklung - Indikatoren als Werkzeuge im Planungsprozess. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur. Dortmund.
- BÖRMERMANN, HARTMUT; JAHN, SUSANNE; NELIUS, KURT (2006): Lebensweltlich orientierte Räume im Regionalen Bezugssystem (Teil 1) - Werkstattbericht zum Projekt „Vereinheitlichung von Planungsräumen“. In: Berliner Statistik. Monatsschrift 8/06, Berlin. S.366-372
- BORN, MANFRED; DE HAAN, GERHARD (2002): Methodik, Entwicklung und Anwendung von Nachhaltigkeitsindikatoren. Online in Internet: [http://www.umweltschulen.de/download/nachhaltigkeitsindikatoren\\_born\\_deHaan.pdf](http://www.umweltschulen.de/download/nachhaltigkeitsindikatoren_born_deHaan.pdf) (Stand 17.5.2008).
- BOSEL, HARTMUT (1999): Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. A Report to the Balaton Group. IISD, Winnipeg. Online in Internet: <http://www.ulb.ac.be/ceese/STAFF/Tom/bosself.pdf> (Stand 10.03.2009).
- BOURKE, PAUL (1988): Calculating the area and centroid of a polygon. Online in Internet: <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/geometry/polyarea/> (Stand 26.11.2008).
- BOWMAN, ADRIAN W.; AZZALINI ADELCHI (1997): Applied Smoothing Techniques for Data Analysis: The Kernel Approach with S-Plus Illustrations. Oxford Science Publications, Oxford.
- BRINKHOFF, THOMAS (2008): Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis. 2. Auflage. Wichmann, Heidelberg/Berlin.
- BRINKMANN, RUDOLF (2008): Mathematik und Physik für Schüler, Lehrer und Eltern: Prozentrechnung. Online in Internet: [http://www.brinkmann-du.de/mathe/fos/wieder03\\_01.htm](http://www.brinkmann-du.de/mathe/fos/wieder03_01.htm) (Stand 20.02.2009)
- BRUNOTTE, ERNST; GEBHARDT, HANS; MEURER, MANFRED; MEUSBURGER, PETER; NIPPER, JOSEF (HRSG.) (2001): Lexikon der Geographie in vier Bänden, Band 1. Spektrum, Heidelberg.
- BURT, JAMES E.; GERALD M. BARBER (1996): Elementary Statistics for Geographers (2. Auflage). The Guilford Press, New York.
- DAMASCHKE, PAUL-PHILIP (2008): Berliner Infrastrukturatlas nachhaltiger Konsum - Entwicklung eines Indikatorensets für die Bereiche Mobilität, Ernährung und Energie. Schwerpunktarbeit im Schwerpunkt 3. TU-Berlin.
- DAVIS, PETER (1974): Data Description and Presentation. In: FITZGERALD, BRIAN P. (1974): Science in Geography: Developments in Geographical Method 1. Oxford University Press, Oxford.
- DE LANGE, NORBERT (2002): Geoinformatik in Theorie und Praxis. 1. Auflage. Springer, Berlin.
- DE SMITH, MICHAEL J.; GOODCHILD, MICHAEL F.; LONGLEY, PAUL A. (2007): Geospatial Analysis. 2. Auflage. Troubador, Leicester.
- DEUTSCHE UMWELTHILFE E.V. (2004): Indikatoren-Set „Zukunftsfähige Kommune“. Radolfzell.
- DICKMANN, FRANK; SOHST, ANGELA (2008): Vom Baublock zum Grid – Die Visualisierung künstlicher Raumeinheiten im Geomarketing. In: Kartographische Nachrichten 5/2008. Kirschbaum, Bonn. S. 227-234.
- DÖRING, THOMAS; HEILAND, STEFAN; TISCHER, MARTIN (2004): Kommunale Nachhaltigkeitsindikatorensysteme in Deutschland – Zum aktuellen Stand von Entwicklung und Anwendung. Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung 73, 1. Berlin.
- ECOLOG INSTITUT FÜR SOZIAL-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND BILDUNG GMBH (2008): Nachhaltigkeitsindikatoren für Städte und Gemeinden. Online in Internet: <http://www.indikatoren.ecolog-institut.de> (Stand 28.05.2008).
- ESRI GEOINFORMATIK GMBH (2008): ArcGIS Desktop Help. Online in Internet: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2> (Stand 04.12.2008)
- FEIX, CLAUDIA (2007): Geomarketing – Visualisierung räumlicher komplexer Informationen für die Entscheidungsfindung. In: Kartographische Nachrichten 5/2007. Kirschbaum, Bonn. S.248-259.
- FLACKE, WERNER; KRAUS, BIRGIT (2003): Koordinatensysteme in ArcGIS. 1.Auflage. Points, Halmstadt. S.121.
- GALLOPIN, GILBERTO C. (1997): Indicators and their Use: Information for Decision-making. In: Moldan, B.; Billharz, S. (Hrsg.) (1997) Sustainability Indicators, Report of the Project on Indicators of Sustainable Development. Scope 58. John Wiley and Sons, Chichester,

- GEMEINHARDT, D.; OKUWABI, A. (1973): Neueinteilung der Fläche Berlin (W) in Verkehrszellen nach verkehrsplanerischen Gesichtspunkten. Gutachten der Firma IVP im Auftrag der Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen, Berlin.
- GITTA - GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGY TRAINING ALLIANCE (2008): Erreichbarkeit: Raum, Objekt und Distanzbeziehung. Online in Internet: [http://www.gitta.info/Accessibilit/de/html/unit\\_NotaSpatDist.html](http://www.gitta.info/Accessibilit/de/html/unit_NotaSpatDist.html) (Stand 10.02.2009).
- HAGGETT, PETER (2004): Geographie: Eine globale Synthese. 3. Auflage. Uni-Taschenbücher, Stuttgart.
- HAKE, GÜNTER (1982): KARTOGRAPHIE I. 6. AUFLAGE. DE GRUYTER, BERLIN/NEWYORK.
- HAKE, GÜNTER; GRÜNREICH, DIETMAR; MENG, LIQIU (2002): Kartographie. 8. Auflage. De Gruyter, Berlin/New York. S.75.
- HALLER, SABINE (2005): Dienstleistungsmanagement – Grundlagen, Konzepte, Instrumente. 3. Auflage. Gabler, Wiesbaden.
- HÄRDLE, WOLFGANG (1991): Smoothing Techniques With Implementation. 1. Auflage. Springer, New York.
- HAUFF, VOLKER (HRSG.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Eggenkamp, Greven.
- HEILAND, STEFAN; TISCHER, MARTIN; DÖRING, THOMAS; PAHL, THILO (HRSG.) (2003): Indikatoren zur Zielkonkretisierung und Erfolgskontrolle im Rahmen der Lokalen Agenda 21. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Forschungsbericht 20016107. Berlin.
- HERDE, ADINA (2005): Kriterien für eine nachhaltige Ernährung auf Konsumentenebene. Discussionpaper Nr. 20/05, Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin, Berlin.
- HERDE, ADINA (2007): Nachhaltige Ernährung im Übergang zur Elternschaft. Dissertation an der Technischen Universität Berlin. Online in Internet: [http://www.lifeevents.de/media/pdf/publik/herde/Herde\\_Adina\\_Diss.pdf](http://www.lifeevents.de/media/pdf/publik/herde/Herde_Adina_Diss.pdf) (Stand 04.02.2009)
- HERDE, ADINA; SCHÄFER, MARTINA (2006): Nachhaltige Ernährung und Elternschaft. In: Ernährung im Fokus 04/06. aid e.V., Bonn. S. 98-104.
- HERTER, MICHAEL; MÜHLBAUER, KARL-HEINZ (2008): Handbuch Geomarketing. Wichmann, Heidelberg.
- JAHN, MACK & PARTNER (2006): Vereinheitlichung von Planungsräumen. Gutachten der Firma Jahn, Mack & Partner im Auftrag der der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin. Online in Internet: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten\\_stadtentwicklung/lor/download/vereinheitlichung\\_planungsraum\\_e\\_kf.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/lor/download/vereinheitlichung_planungsraum_e_kf.pdf) (Stand 10.01.2009).
- JERMANN, JÖRG (2004): GIS-basiertes Konzept zur Modellierung von Einzugsbereichen auf Bahn-Haltestellen. Dissertation an Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Online in Internet: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=15721> (Stand: 06.12.2008).
- JÜRGENS, ISABELL (2008): Der Berliner Verkehr ist zäh. In: Welt Online 04.05.2008. Online in Internet: [http://www.welt.de/wams\\_print/article1963164/Der\\_Berliner\\_Verkehr\\_ist\\_zaeh.html](http://www.welt.de/wams_print/article1963164/Der_Berliner_Verkehr_ist_zaeh.html) (Stand 20.03.2009).
- KILCHENMANN, ANDRÉ; SCHWARZ-VON RAUMER, HANS-GEORG (HRSG.) (1999): GIS in der Stadtentwicklung: Methodik und Fallbeispiele. 1. Auflage. Springer, Berlin.
- KLAUS, JOACHIM; ROTHANG, MICHAEL (1999): Indikatoren für nachhaltige Entwicklung. Nachrichten vom 28.01.1999 der Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg. Online in Internet: <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/47092/> (Stand 10.01.2009).
- KLETZAN, DANIELA ; KÖPPL, ANGELA ; KRATENA, KURT; SCHLEICHER, STEFAN; WÜRGER, MICHAEL (2002): Ökonomische Modellierung nachhaltiger Strukturen im privaten Konsum, am Beispiel Raumwärme und Verkehr. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien. Online in Internet: [http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw\\_pdf/0209\\_nachhaltige\\_strukturen.pdf](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw_pdf/0209_nachhaltige_strukturen.pdf) (Stand 15.01.2009).
- KNAKE-WERNER, HEIDI (2004): Vorwort. In: SENATSVERWALTUNG FÜR GESUNDHEIT, SOZIALES UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HRSG.) (2004A): Sozialstrukturatlas Berlin 2003 – Spezialbericht 2004-1. Online in Internet: <http://www.berlin.de/imperia/md/content/senstatistik-gessoz/gesundheits/sozatlas2003.pdf> (Stand 10.01.2009).
- KNOX, PAUL L.; MARSTON, SALLIE A. (2001): Humangeographie. 1. Auflage. Spektrum, Heidelberg/Berlin.
- KÜHL, JÖRG (2004): Babys beleben das Geschäft: Die hohe Geburtenrate in Prenzlauer Berg hat einen kleinen Wirtschaftsaufschwung bewirkt. In: Der Tagesspiegel 31.08.2004. Online in Internet: <http://www.tagesspiegel.de/berlin/art270,2275362> (Stand 15.10.2008).
- LANG, STEFAN; BLASCHKE, THOMAS (2007): Landschaftsanalyse mit GIS. 1. Auflage. UTB, Stuttgart.
- LANGE, ELMAR (1997): Jugendkonsum im Wandel. Konsummuster, Freizeitverhalten, soziale Milieus und Kaufsucht 1990 und 1996. Leske + Budrich, Opladen.
- LEIBERICH, PETER (HRSG.) (1997): Business Mapping im Marketing. 1. Auflage. Wichmann, Heidelberg.
- LESER, HARTMUT (1998): Wörterbuch Allgemeine Geographie. 10. Auflage. dtv, München/Braunschweig.
- LEVIN, NED (2005): CrimeStat III Version 3.0 – A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations. Part III: Spatial Modeling. Houston. Online in Internet: <http://www.icpsr.org/CRIMESTAT/files/CrimeStatChapter.8.pdf> (Stand 12.02.2009).
- LEWISON, DALE M. (1991): Retailing. 4. Auflage. Prentice Hall College Div, New York.
- LIEBIG, WOLFGANG; MUMMENTHEY, ROLF-DIETER (2005A): ArcGIS – ArcView 9 Band1: ArcGIS-Grundlagen. 1. Auflage. Points, Halmstad.

- LIEBIG, WOLFGANG; MUMMENTHEY, ROLF-DIETER (2005B): ArcGIS – ArcView 9 Band2: ArcGIS-Analysen. 1. Auflage. Points, Halmstad.
- LÖFFLER, GUNTER (1999): Marktgebiet und Einzugsbereich – mathematisch-statistische Modellansätze zu ihrer Abgrenzung. In: HEINRITZ, GÜNTER (HRSG.): Die Analyse von Standorten und Einzugsbereichen. Methodische Grundfragen der geographischen Handelsforschung. I.I.S., Passau.
- LONGLEY, PAUL .A.; GOODCHILD, MICHAEL F.; MAGUIRE, DAVID .J.; RHIND, DAVID W. (2005): Geographic Information Systems And Science. 2. Auflage. John Wiley & Sons, Chichester.
- LOREK, SYLVIA; SPANGENBERG, JOACHIM H. (2001): Sozio-ökonomische Aspekte nachhaltigkeitsorientierten Konsumwandels. In: Politik und Zeitgeschichte Nr. 24. Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn. S. 23–29. Online in Internet: <http://www.bpb.de/files/212QVW.pdf> (Stand 10.01.2009).
- MAPLAN, IPSOS GMBH, SINUS SOCIOVISION GMBH, ISBA INFORMATIK SERVICE-GMBH (2007): Outfit 6 - Wie häufig besuchen Sie Gaststätten, Restaurants, Cafés oder Kneipen? Online in Internet: <http://de.statista.org/statistik/diagramm/studie/81098/umfrage/haeufigkeit-besuch-von-gaststaetten-restaurants-caf%E9s-kneipen/> (Stand 04.02.2009).
- MILLER, HARVEY J.; SHAW, SHIH-LUNG (2001): Geographic Information Systems for Transportation – Principles an Applications. 1. Auflage. Oxford University Press, New York.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2006): Umweltbewusstsein. In: Förderprogramm Bildung für nachhaltige Entwicklung, I 2b. Online in Internet: [http://www.agenda21schulen.de/Fortbildung/bildnach\\_mat/I\\_2b\\_Umweltbewusstsein.pdf](http://www.agenda21schulen.de/Fortbildung/bildnach_mat/I_2b_Umweltbewusstsein.pdf) (Stand 20.12.2008).
- NATTENBERG, OLAF (2000): Geomarketing. Mikrographische Marktsegmentierung, den Kunden im Visier. In: Standort – Zeitschrift für angewandte Geographie, H.1. Springer, Berlin/Heidelberg. S. 23-27.
- NEW YORK STATE GIS HELP DESK (2007): KNOWLEDGE BASE QUESTION AND ANSWER: File based geodatabase vs. personal geodatabase. Online in Internet: [http://www.gishost.com/gishelpdesk/search\\_ticket.asp?ticketnum=2673](http://www.gishost.com/gishelpdesk/search_ticket.asp?ticketnum=2673) (Stand 04.12.2008).
- NIGST, PHILIP R. (2004): Eine Behausung aus dem Gravettien? In: Archaeologia Austriaca. Band 88. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien. S. 29–66. Online in Internet: <http://www.eva.mpg.de/evolution/pdf/Nigst-2006-ArchaeologiaAustriaca.pdf> (Stand 01.02.2009).
- O'SULLIVAN, DAVID; MORRISON, ALASTAIR; SHEARER, JOHN (2000): Using desktop GIS for the investigation of accessibility by public transport: An isochrone approach. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 14, Nr. 1. Taylor and Francis, London/New York. S. 85-104.
- OLBRICH, GEROLD; QUICK, MICHAEL; SCHWEIKART, JÜRGEN (2002): Desktop Mapping – Grundlagen und Praxis in Kartographie und GIS. 3. Auflage. Springer, Berlin.
- PIEPER, JONAS (2008): Methoden zur kleinräumigen Modellierung der Gesundheitsversorgung durch Standorte freier Arztpraxen in Berlin. Master-Thesis an der Paris-Lodron-Universität Salzburg.
- RODEWALD, BERND; SCHLICHTING, HANS J. (2007): Springen, Gehen, Laufen. Online in Internet: [http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/springen\\_gehen\\_laufen.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/springen_gehen_laufen.pdf) (Stand: 10.01.2009).
- SCHÄFER, MARTINA (UNVERÖFFENTLICHT): Lebensereignisse als Gelegenheitsfenster für eine Umstellung auf nachhaltige Konsummuster. Berlin.
- SCHNEEBERGER, RUDOLF (2005): Nationale Profile der internationalen Standards am Beispiel Metadaten. Tagungsband „Interoperabilität für die breite Nutzung von Geoinformation“ (17.-18.3.2005). Zürich. Online in Internet: [http://www.gis.ethz.ch/Interoperability2005/Text/Interop\\_15\\_DE.pdf](http://www.gis.ethz.ch/Interoperability2005/Text/Interop_15_DE.pdf) (Stand 01.04.2009).
- SCHÜRMAN, CARSTEN (2008): ArcGIS Network Analyst: Erreichbarkeitsindikatoren auf der Basis von Rasterzellen für den Ostseeraum. Präsentation au dem 16. Treffen GIS-Anwendergruppe Küste, Weissenhäuser Strand. Online in Internet: [http://www.gis-kueste.de/2008/vortrag/gis\\_awtk\\_cs.pdf](http://www.gis-kueste.de/2008/vortrag/gis_awtk_cs.pdf) (Stand 10.12.2008).
- SCHÜSSLER, FRANK (2006): Geomarketing – Anwendung Geographischer Informationssysteme im Einzelhandel. 2. Auflage. Tectum, Marburg.
- SCHWEIKART, JÜRGEN; KISTEMANN, THOMAS (2004): Geoinformationssysteme im Gesundheitswesen – Grundlagen und Anwendungen. 1. Auflage. Wichmann, Heidelberg.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR GESUNDHEIT SOZIALES UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HRSG.) (2004A): Sozialstrukturatlas Berlin 2003. Online in Internet: [http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-statistik-gesoz/veroeffentlichungen/pr\\_ssa03.pdf](http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-statistik-gesoz/veroeffentlichungen/pr_ssa03.pdf) (Stand 10.01.2009).
- SENATSV ERWALTUNG FÜR GESUNDHEIT SOZIALES UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HRSG.) (2004B): Sozialstrukturatlas Berlin – Kurzfassung 2003. Online in Internet: <http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-statistik-gesoz/gesundheits/sozatlas2003kurz.pdf> (Stand 10.01.2009).
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (HRSG.) (2008): Mobilität der Stadt – Berliner Verkehr in Zahlen, Nachhaltigkeitsindikatoren. Online in Internet: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/verkehr\\_in\\_zahlen/de/nachhaltigkeit/index.shtml](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/verkehr_in_zahlen/de/nachhaltigkeit/index.shtml) (Stand 12.6.2008)
- SILVERMAN, BERNARD W. (1986): Density Estimation for Statistics and Data Analysis. 1. Auflage. CRC Press LLC, London.

- STATISTISCHES LANDESAMT BERLIN (2001): Das Regionale Bezugssystem (RBS). Online in Internet: <http://www.statistik-berlin.de/statistiken/rbs/start1.htm> (Stand 22.10.2008).
- STROBL, JOSEF (2005): Hierarchische Aggregation: Detailinformation versus Datenschutz am Beispiel adressbezogener georeferenzierter Datensätze. In: Salzburger Geographische Arbeiten, Band 38. Selbstverlag, Salzburg, S.163-171.
- UMWELTBUNDESAMT (1998): Nachhaltiges Deutschland. Wege zu einer dauerhaft Umweltgerechten Entwicklung. 2. Auflage. Erich Schmidt, Berlin.
- UNITED NATIONS (2003): Core Set of Indicators for Changing Consumption and Production Patterns. Online in Internet: <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/consumption/cp7.htm> (Stand 10.01.2009).
- VILLANI, OSKAR (2008): Lexikon des Sustainable Development Research Institute. Online in Internet: <http://www.sdi-research.at/lexikon/konsum.html> (Stand 13.10.2008).
- WALZ, R.; BLOCK, N.; EICHHAMMER, W.; HIESSL, H.; NATHANI, C.; OSTERTAG, K.; SCHÖN, M.; HERRCHEN, M.; KELLER, D.; KOWENER, D.; RENNINGS, K.; ROSEMAN, M. (1997): Grundlagen für ein Nationales Umweltindikatorensystem - Weiterentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung. Forschungsbericht 10105016 des Umweltbundesamtes, Texte 37/97. Umweltbundesamt, Berlin.
- WILKINSON, P.; GRUNDY, C.; LANDON, M.; STEVENSON, S. (1998): GIS in Public Health. In: GATRELL, ANTHONY C.; LOYTÖNEN, MARKKU (HRSG.): GIS and Health – GISDATA 6. Houghton Mifflin Harcourt, London/Philadelphia. S. 179-190.
- WITT, WERNER (1970): Thematische Kartographie. Veröffentlichungen der Akademie für. Raumforschung und Landesplanung Abhandlungen Bd. 49. 2. Auflage. Hannover.
- ZEPF, ELMAR; MÖLLER, JÖRG; NEUBAUER, GÜNTER (1978): Kriterien zur Abgrenzung von Analyse- und Planungsräumen im Gesundheitswesen. Institut für Regionalplanung und Infrastruktur, München.

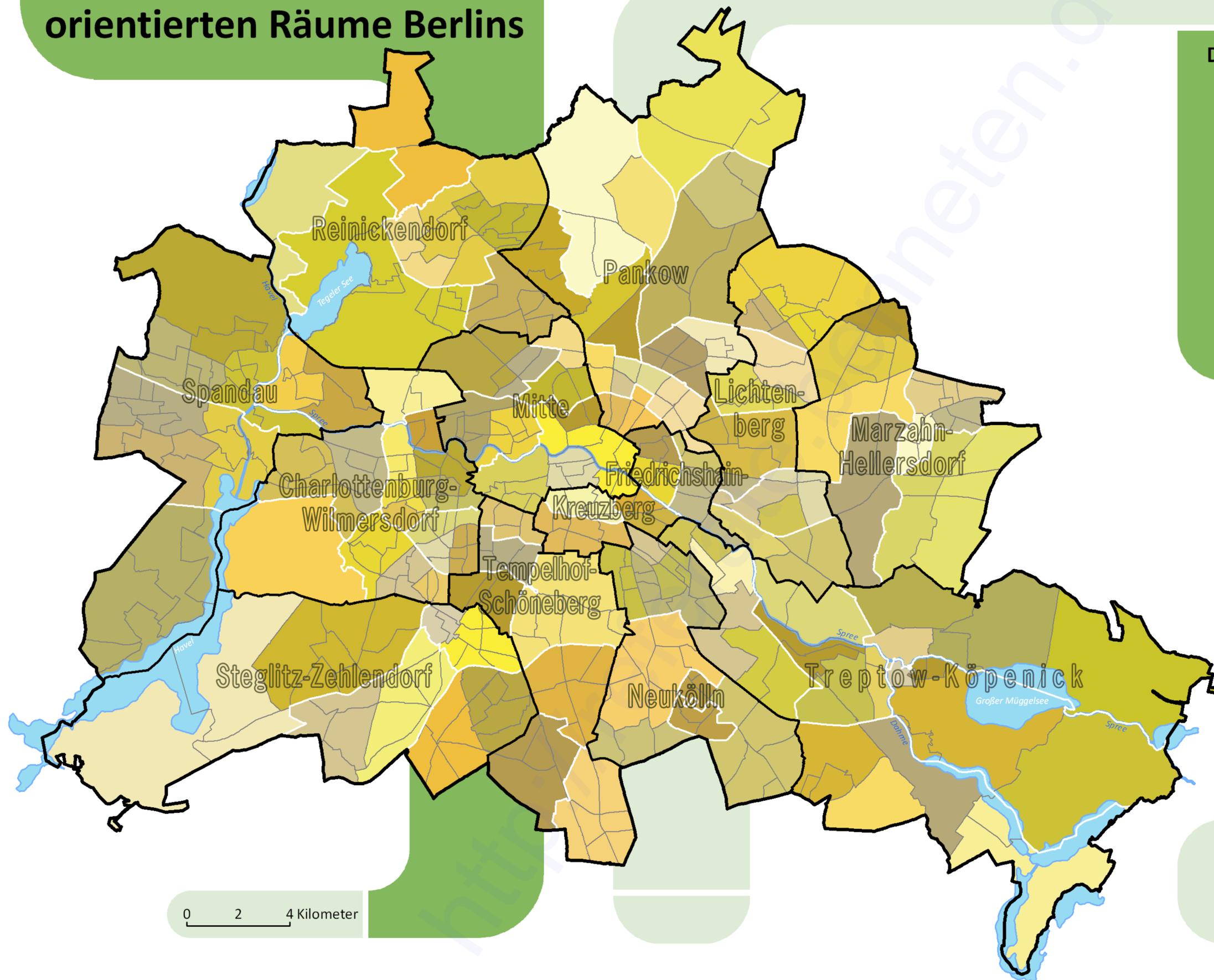
## Anhang

Inhalt: 4 Diagramme, 26 Karten, einen Liste (5 Seiten) und eine CD

- ❖ Ablaufdiagramme der Master-Thesis
  - Zeichenerklärung
  - Datenvorbereitung
  - Erreichbarkeit
  - Dichteanalyse/Anteilsanalyse
  
- ❖ Karten der Master-Thesis
  - Die lebensweltlich orientierten Räume Berlins
  - Ernährung: Bio-Fachgeschäfte (Erreichbarkeit in 5 Minuten)
  - Ernährung: Bio-Fachgeschäfte (Erreichbarkeit in 8 Minuten)
  - Ernährung: Bio-Fachgeschäfte (Erreichbarkeit in 10 Minuten)
  - Mobilität: S- und U-Bahn (Erreichbarkeit)
  - Mobilität: Bus, Tram und Fähre (Erreichbarkeit)
  - Mobilität: Barrierefreie Bahnhöfe (Erreichbarkeit)
  - Mobilität: Carsharing-Stationen (Erreichbarkeit)
  - Mobilität: Radwege (Anteil)
  - Mobilität: Tempo-30-Straßen (Anteil)
  - Nummernliste der Planungsräume (5 Seiten)
  
- ❖ Vorab für die TU Berlin erstellte Karten zum Konsumfeld Ernährung
  - Bio-Fachgeschäfte (Erreichbarkeit)
  - Reformhäuser (Erreichbarkeit)
  - Öko-Restaurants (Erreichbarkeit)
  - Vegetarische Restaurants (Erreichbarkeit)
  - Wochenmärkte (Erreichbarkeit)
  - Regionalmarke VON HIER (Erreichbarkeit)
  - Eine-Welt-Läden (Erreichbarkeit)
  - Gesamtauswertung (Erreichbarkeit)
  
- ❖ Vorab für die TU Berlin erstellte Karten zum Konsumfeld Ernährung (englische Versionen zur Nutzung nach Abschluss der Master-Thesis)
  - Organic food stores (Accessibility)
  - Health food stores (Accessibility)
  - Organic restaurants (Accessibility)
  - Vegetarian restaurants (Accessibility)
  - Farmer's markets (Accessibility)
  - Regional brand VON HIER (Accessibility)
  - One-world shops (Accessibility)
  - Overall evaluation (Accessibility)
  
- ❖ Compact Disc mit den digitalen Geodaten der Master-Thesis
  - ESRI Personal Geodatabase mit allen relevanten Geodaten (51 MB)
  - ESRI Templatedateien mit dem Layout der Karten (47 MB)

Zeichen (ohne Textfelder, Fuß- und Endnoten und Leerzeichen): 190.817, Wörter: 28.551

# Die Lebensweltlich orientierten Räume Berlins



Die Lebensweltlich orientierten Räume (LoR) grenzen sich auf vier Level ab durch

- Stadtbezirk (LoR-0)
- Prognoseraum (LoR-1)
- Bezirksregion (LoR-2)
- Planungsraum (LoR-3)

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008

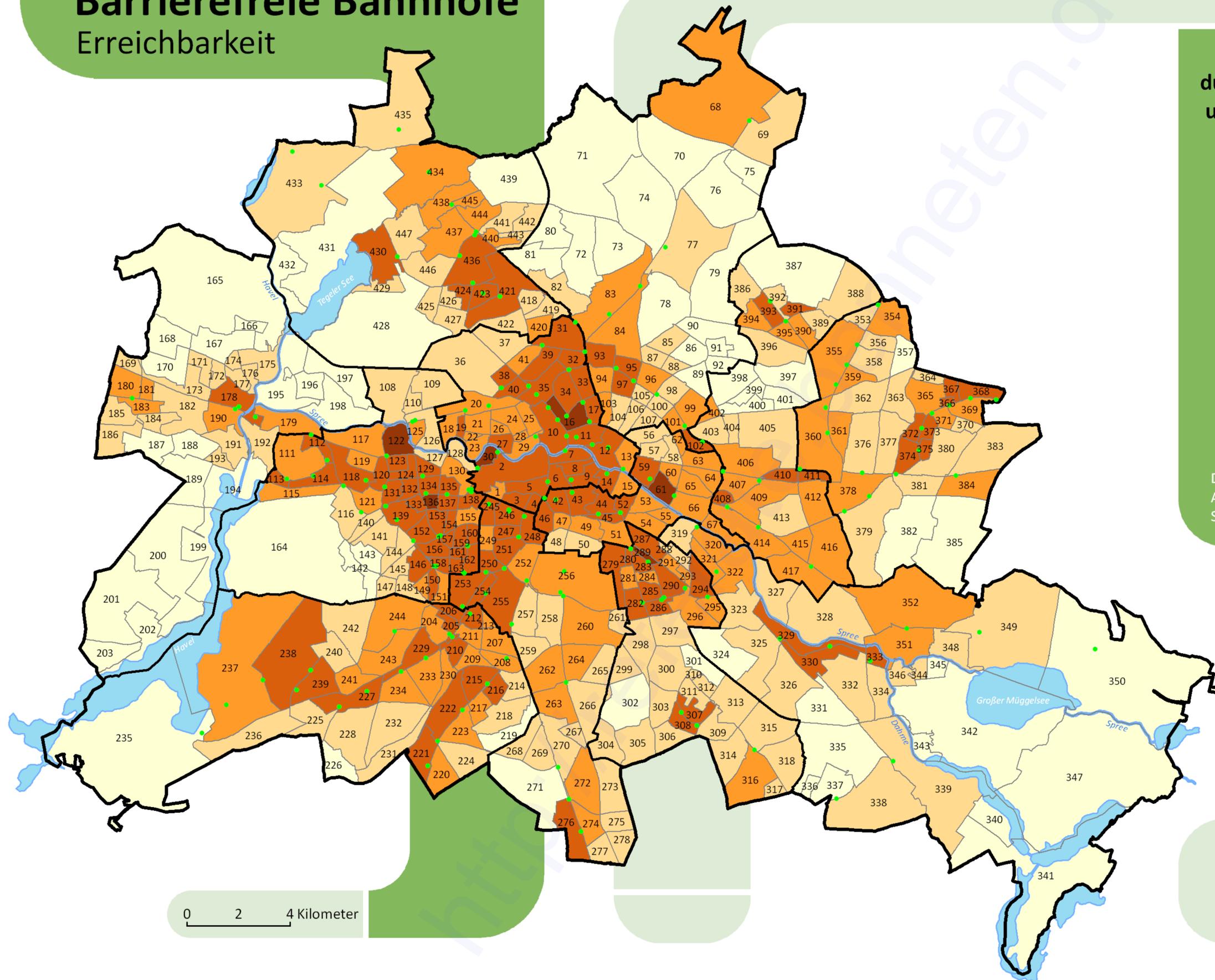
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Mobilität

## Barrierefreie Bahnhöfe

### Erreichbarkeit

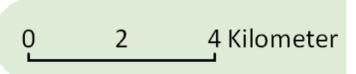


Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß benötigt, um den nächsten barrierefreien Bahnhof zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- barrierefreier Bahnhof
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2008

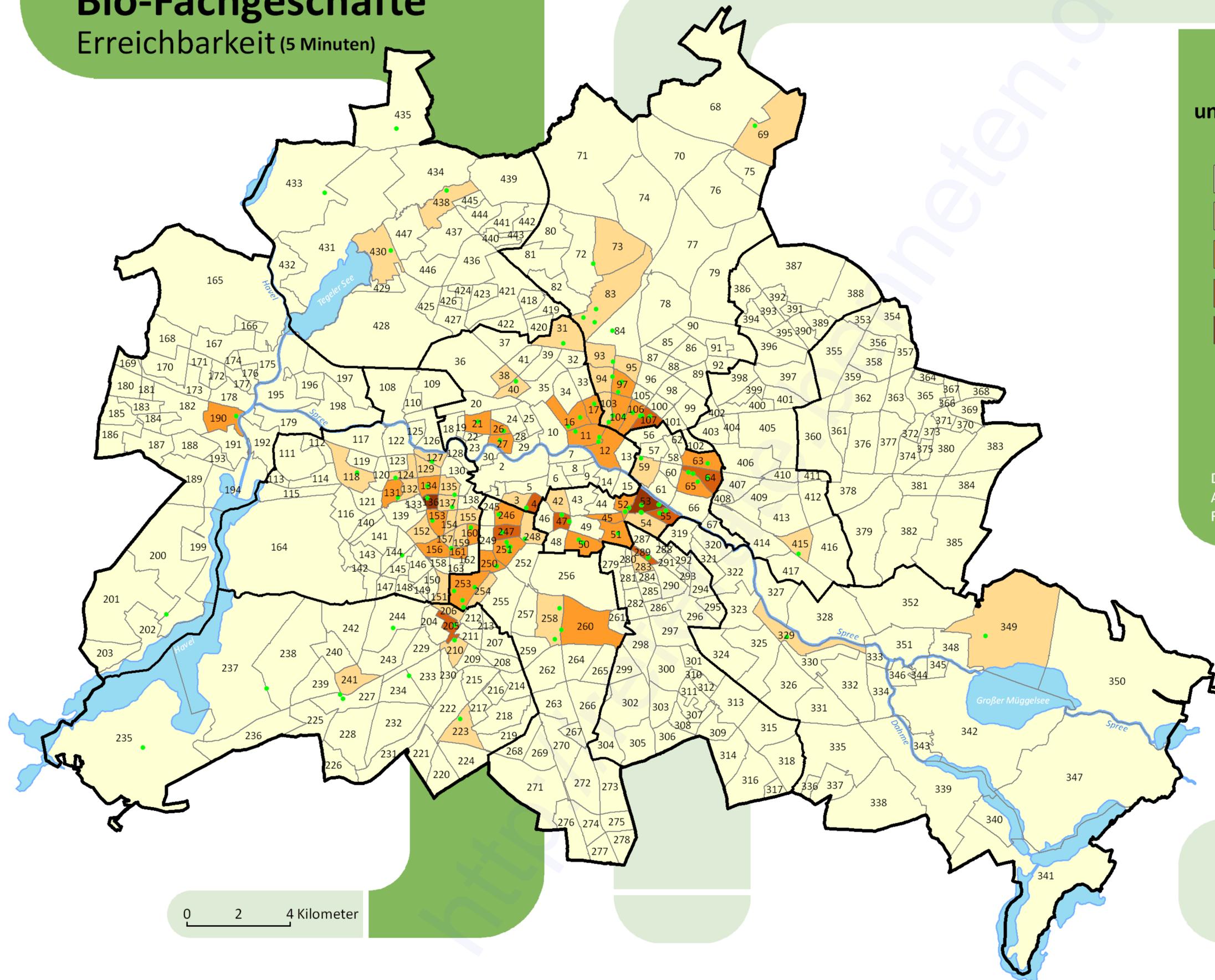


Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

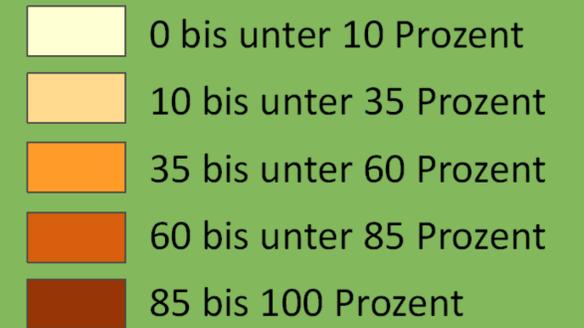
# Ernährung

## Bio-Fachgeschäfte

Erreichbarkeit (5 Minuten)



Anteil, der Einwohner eines Planungsraums, die zu Fuß unter 5 Minuten bis zum nächsten Bio-Fachgeschäft benötigen



- Bio-Fachgeschäft
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

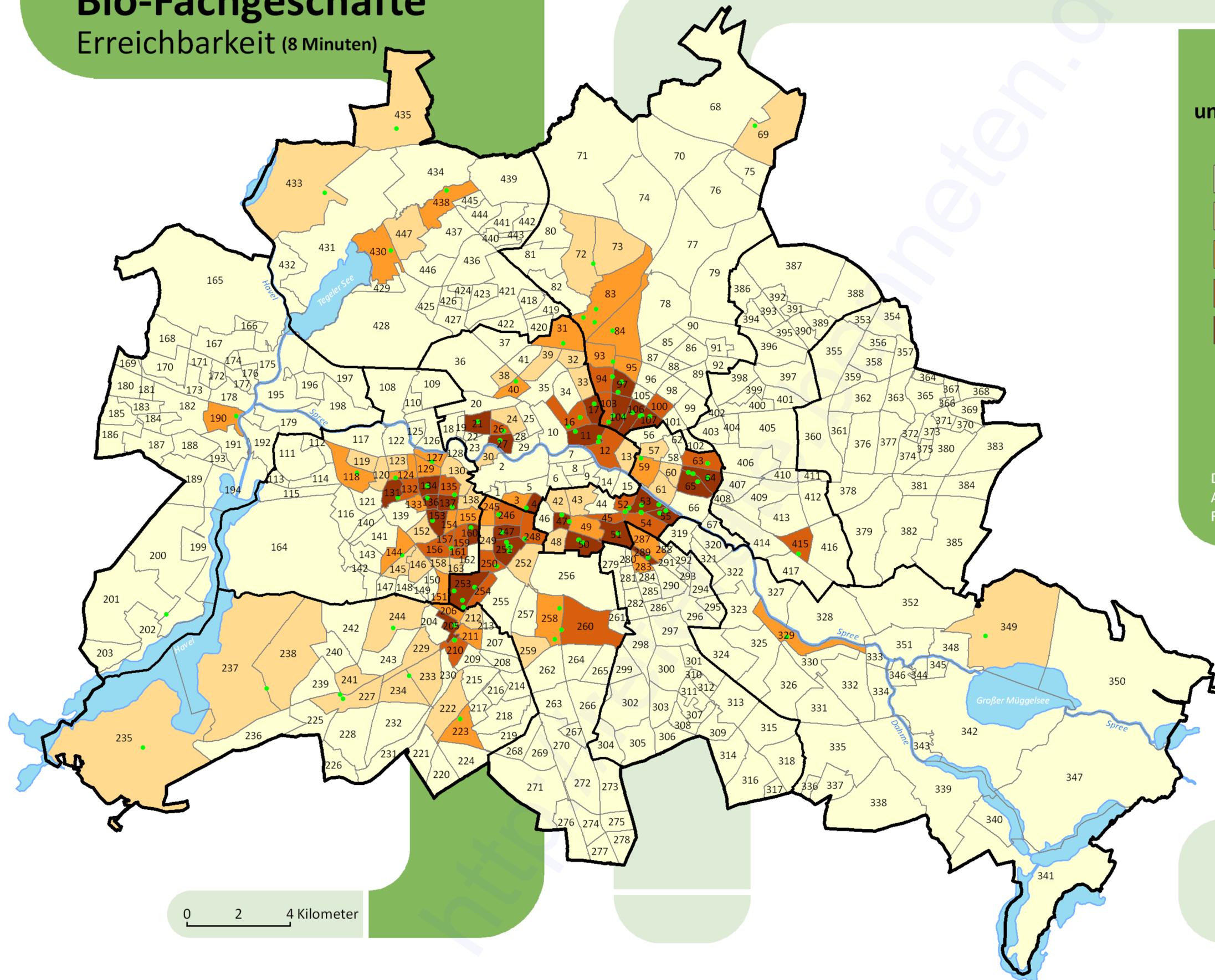
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

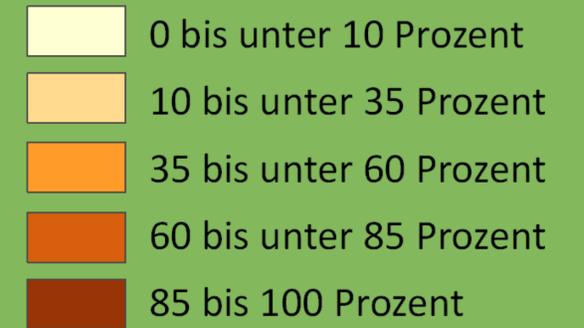
# Ernährung

## Bio-Fachgeschäfte

Erreichbarkeit (8 Minuten)



Anteil, der Einwohner eines Planungsraums, die zu Fuß unter 8 Minuten bis zum nächsten Bio-Fachgeschäft benötigen



- Bio-Fachgeschäft
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

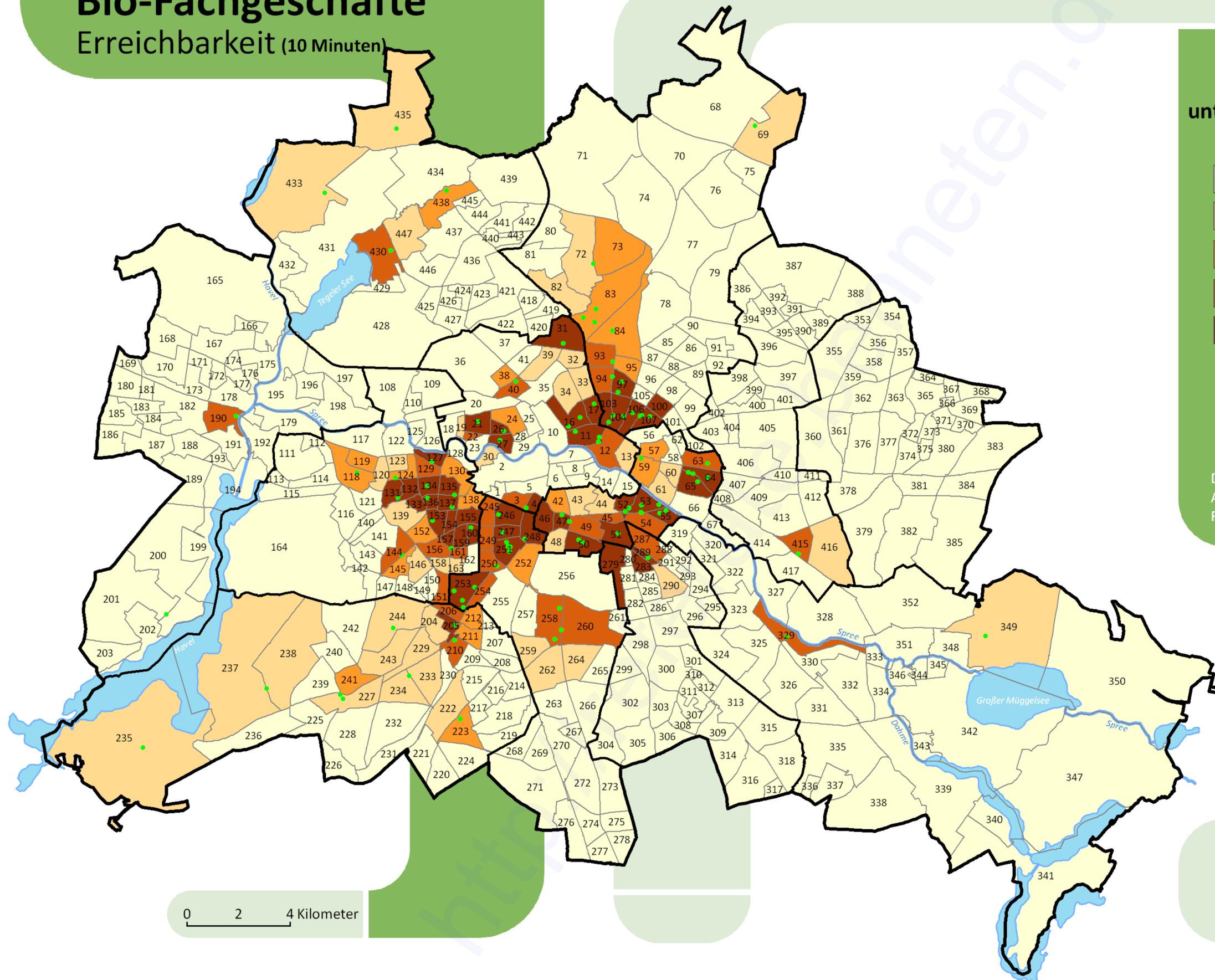
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

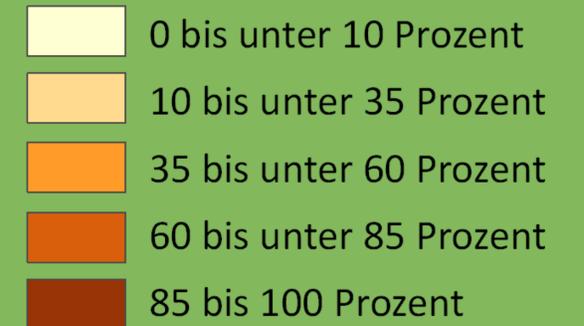
# Ernährung

## Bio-Fachgeschäfte

Erreichbarkeit (10 Minuten)



Anteil, der Einwohner eines Planungsraums, die zu Fuß unter 10 Minuten bis zum nächsten Bio-Fachgeschäft benötigen



- Bio-Fachgeschäft
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

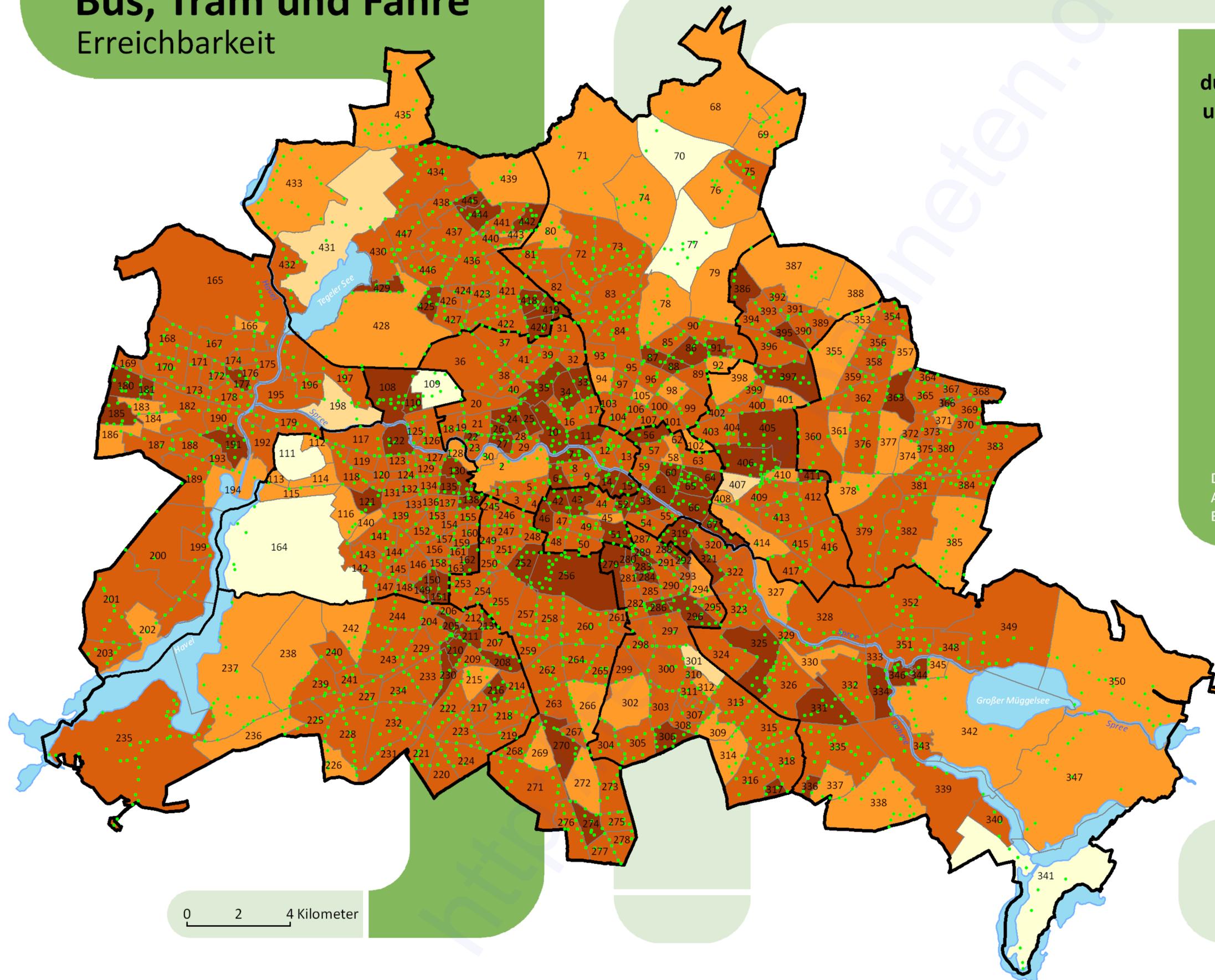
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Mobilität

## Bus, Tram und Fähre

### Erreichbarkeit



Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß benötigt, um die nächste Bus-, Tram- oder Fährhaltestelle zu erreichen

- unter 3 Minuten
- 3 bis unter 5 Minuten
- 5 bis unter 8 Minuten
- 8 bis unter 10 Minuten
- 10 Minuten und länger

- Haltestellen
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Berliner Verkehrsbetriebe 2008

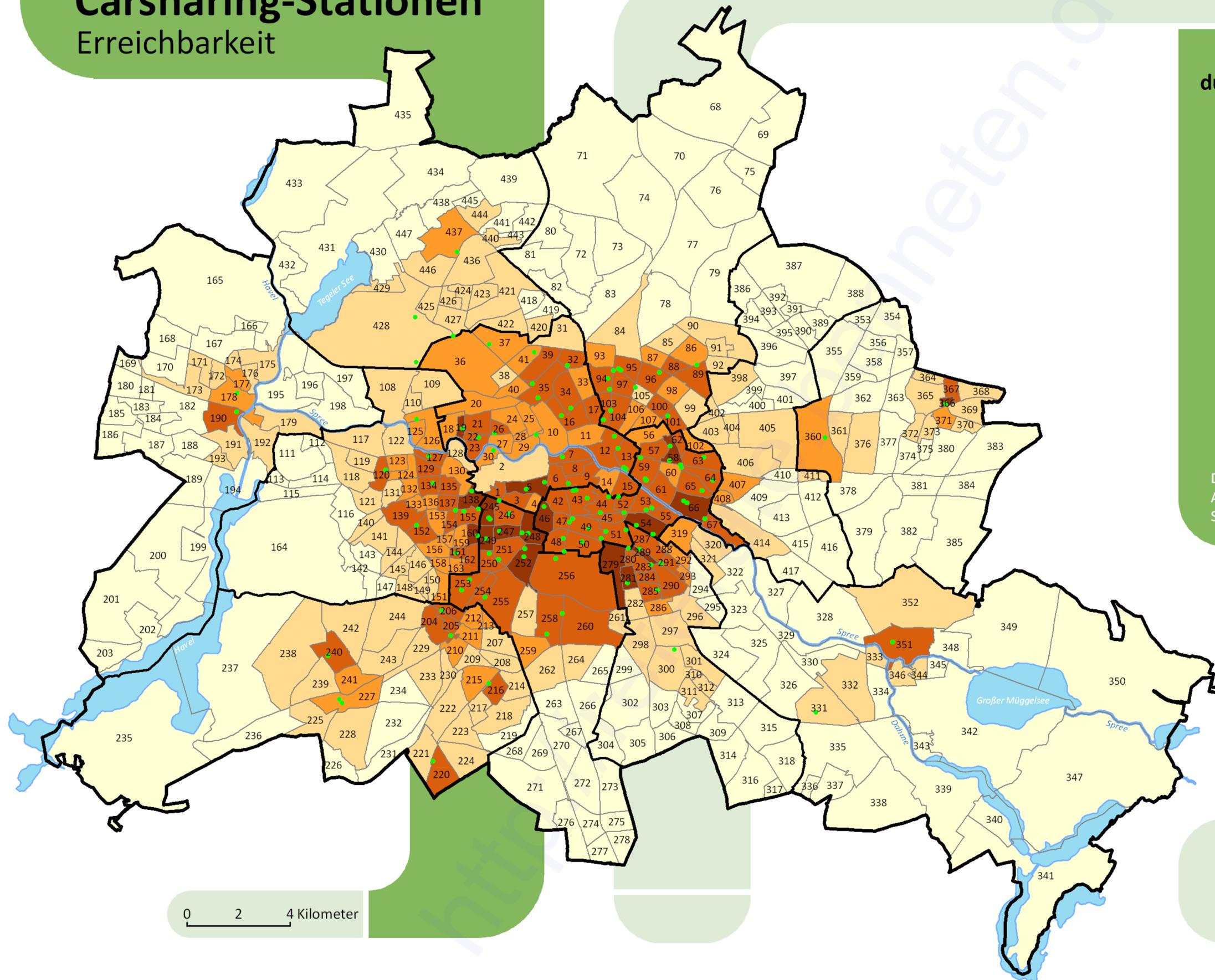
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Mobilität

## Carsharing-Stationen

### Erreichbarkeit



Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß benötigt, um die nächste Carsharing-Station zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- Carsharing-Station
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2008

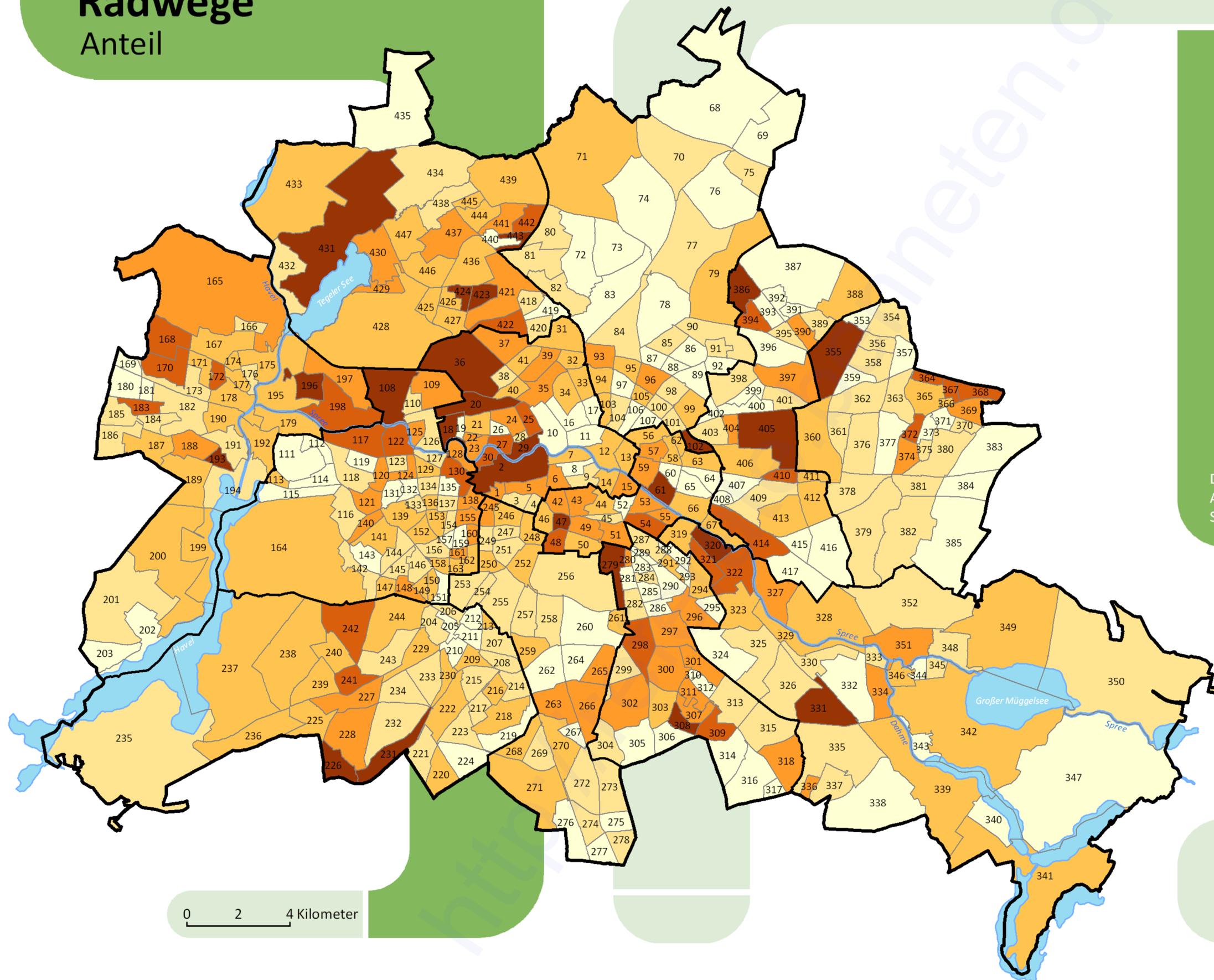


Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

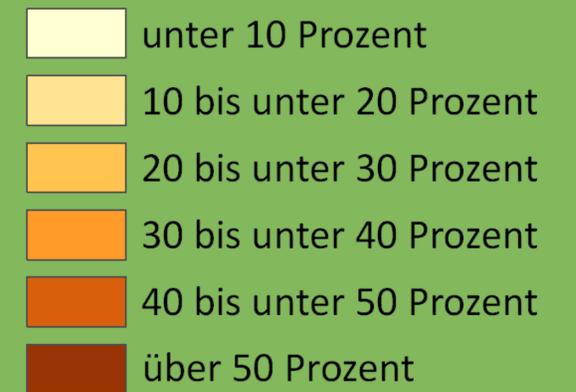
# Mobilität

## Radwege

### Anteil



### Anteil der Radwege am Straßennetz in einem Planungsraum



123 Planungsraumnummer  
— Stadtbezirk

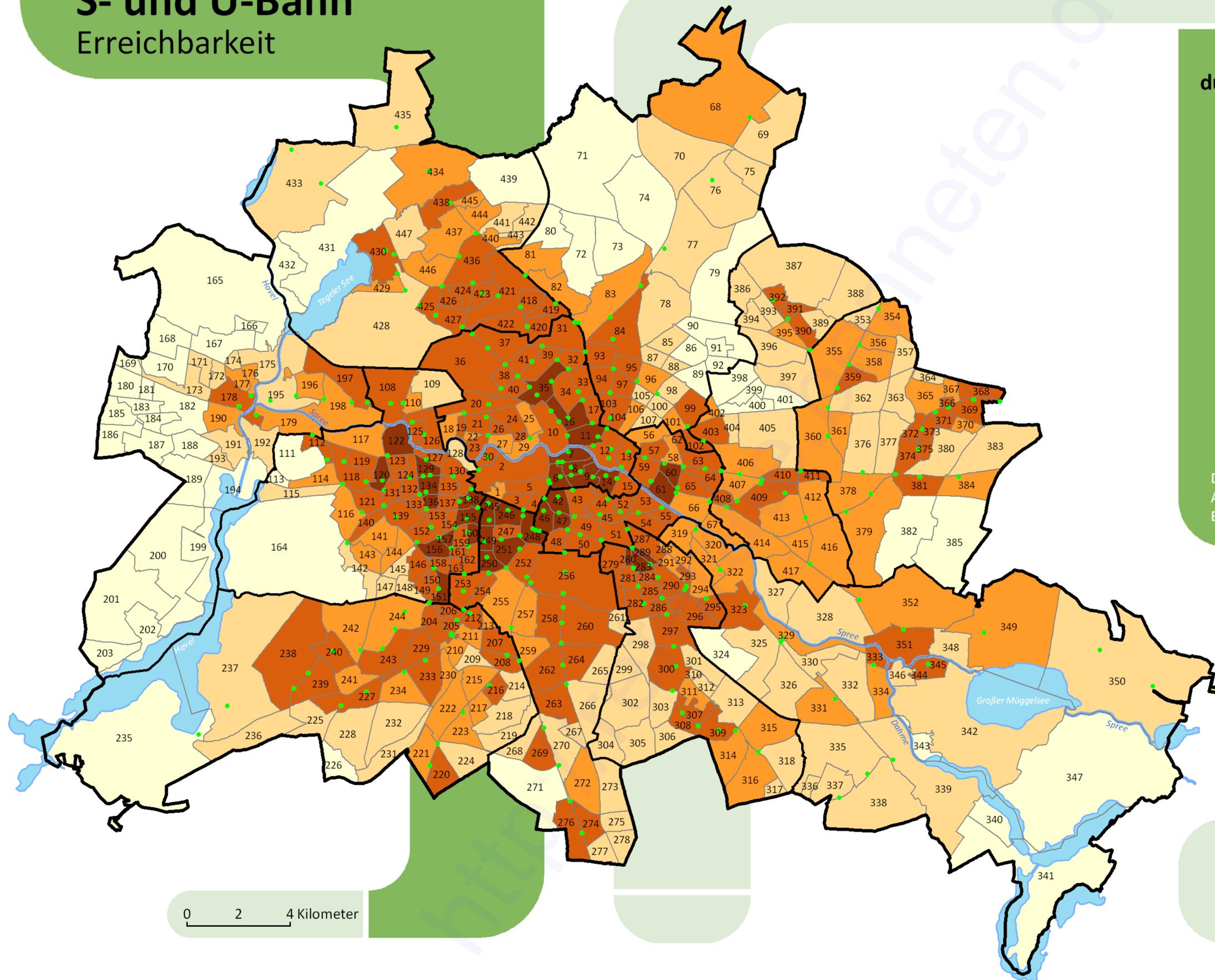
Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2008

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Mobilität

## S- und U-Bahn

### Erreichbarkeit



Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß benötigt, um die nächste S- oder U-Bahnstation zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- S- oder U-Bahnstation
- Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

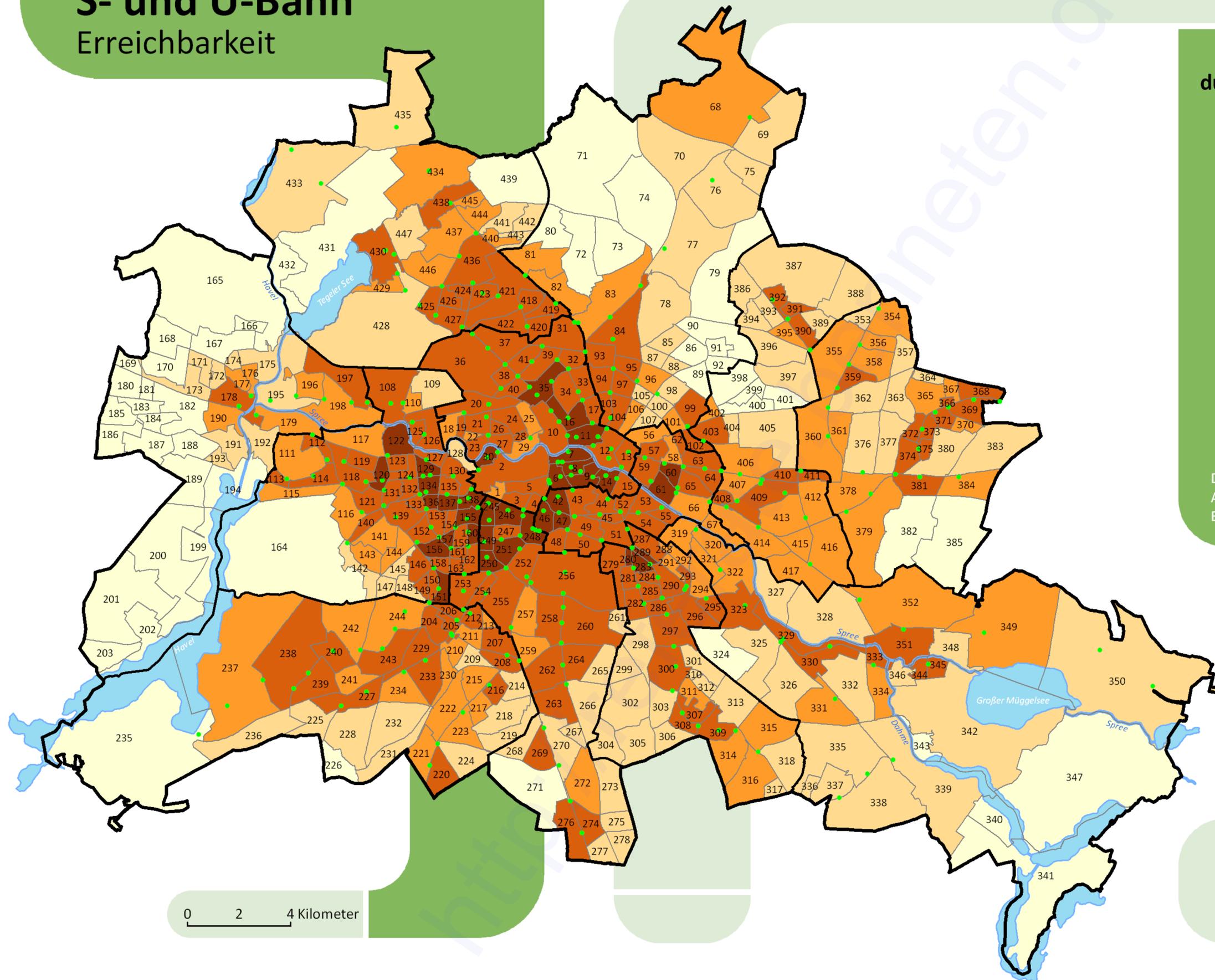
Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Berliner Verkehrsbetriebe 2008

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Mobilität

## S- und U-Bahn

### Erreichbarkeit



Zeit, die jeder Einwohner durchschnittlich zu Fuß benötigt, um die nächste S- oder U-Bahnstation zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- S- oder U-Bahnstation
- Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Berliner Verkehrsbetriebe 2008

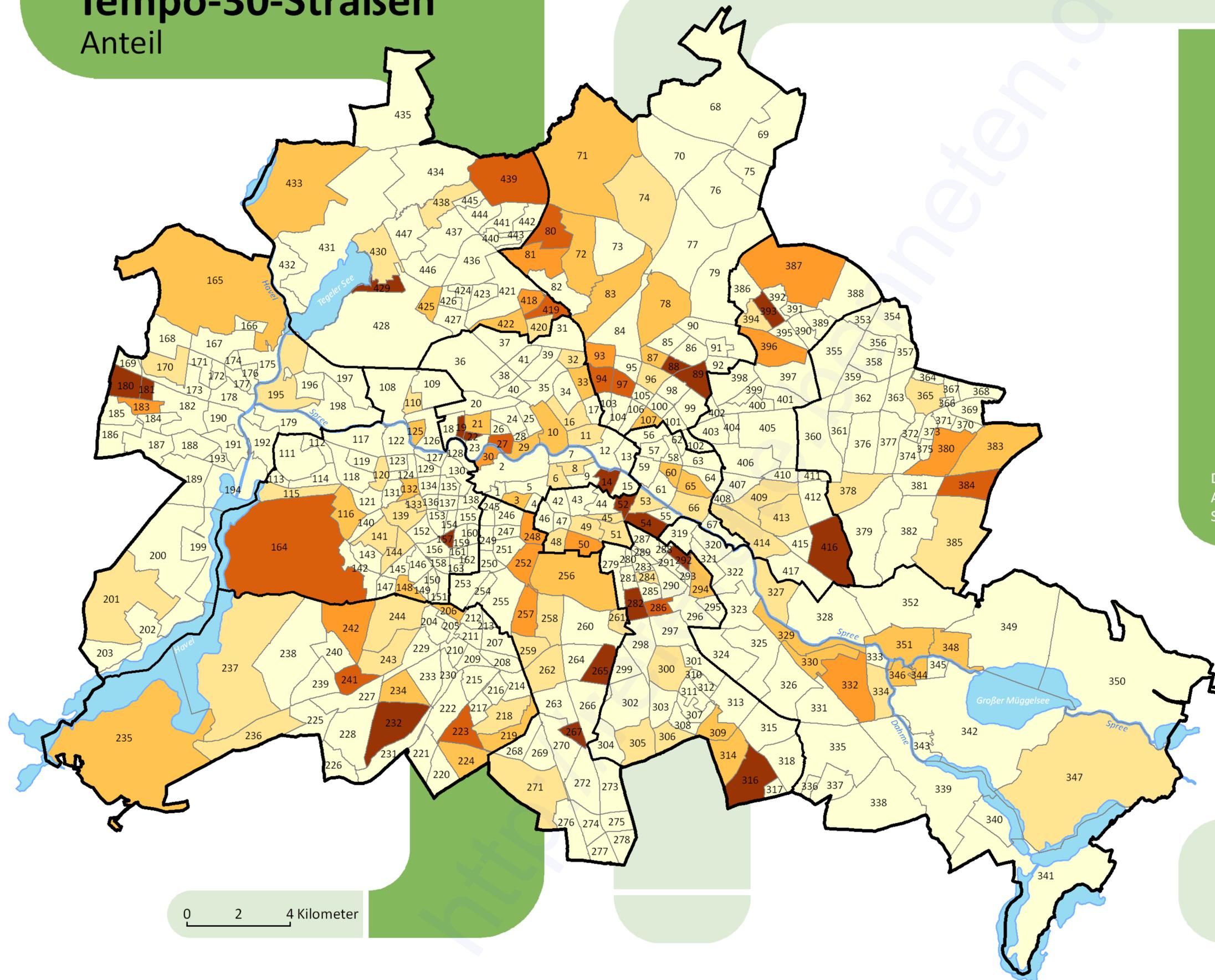
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Mobilität

## Tempo-30-Straßen

### Anteil



### Anteil der Tempo-30-Straßen am Straßennetz in einem Planungsraum

- unter 10 Prozent
- 10 bis unter 20 Prozent
- 20 bis unter 30 Prozent
- 30 bis unter 40 Prozent
- 40 bis unter 50 Prozent
- über 50 Prozent

- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

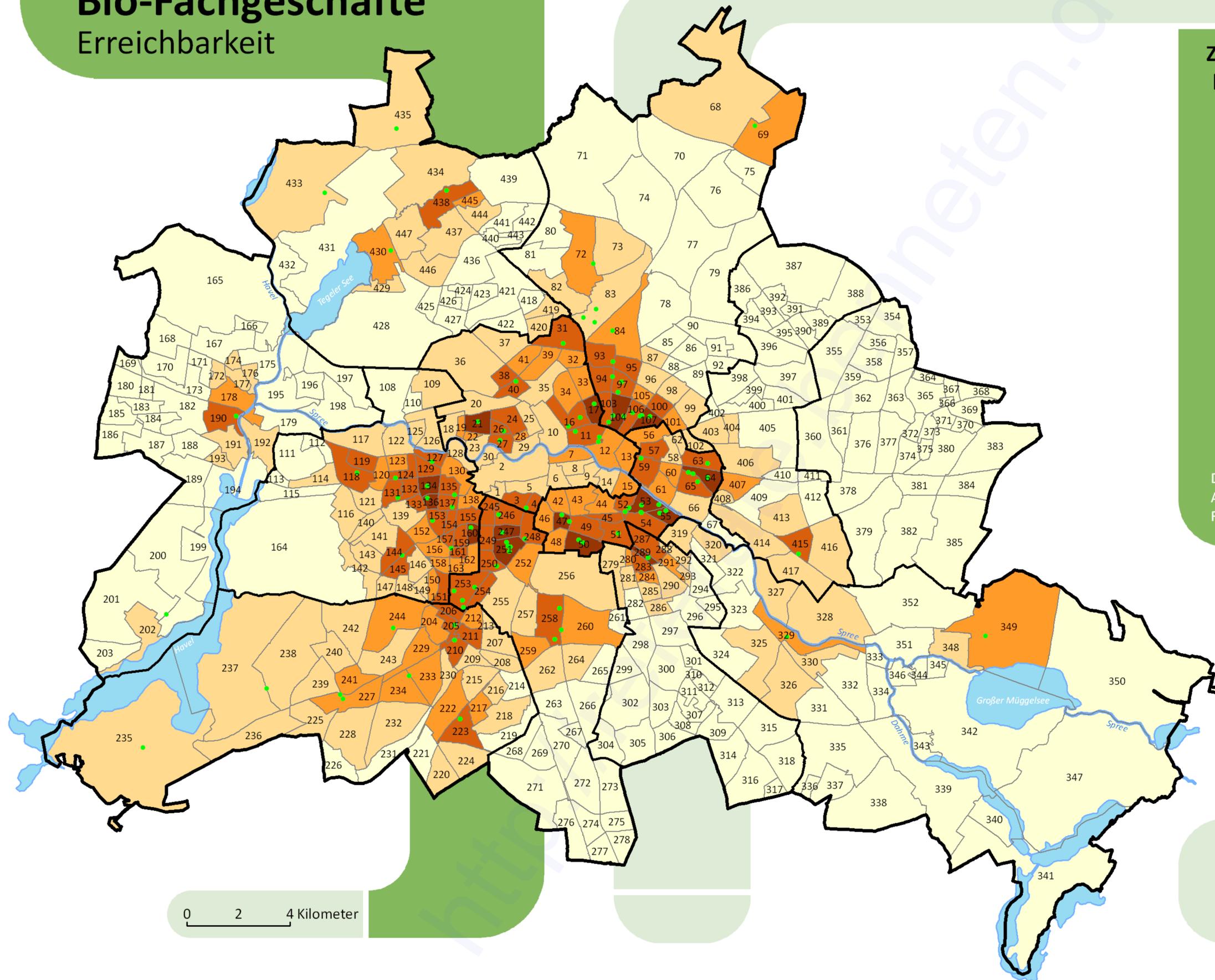
Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2008

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung

## Bio-Fachgeschäfte

### Erreichbarkeit



**Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird, um das nächste Bio-Fachgeschäft zu erreichen**

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

• Bio-Fachgeschäft  
123 Planungsraumnummer  
— Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

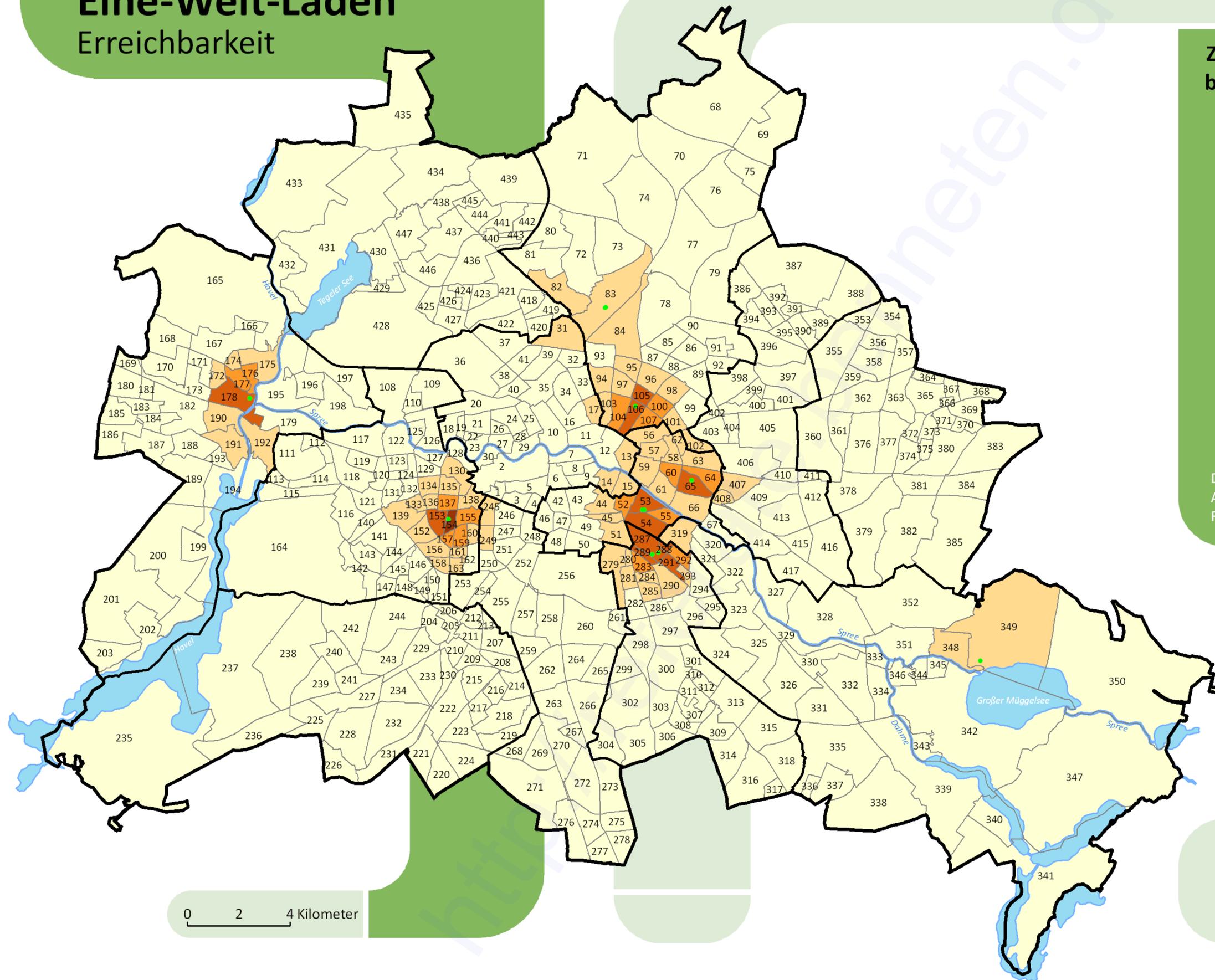


Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung

## Eine-Welt-Läden

### Erreichbarkeit



Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird, um den nächsten Eine-Welt-Laden zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- Eine-Welt-Laden
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

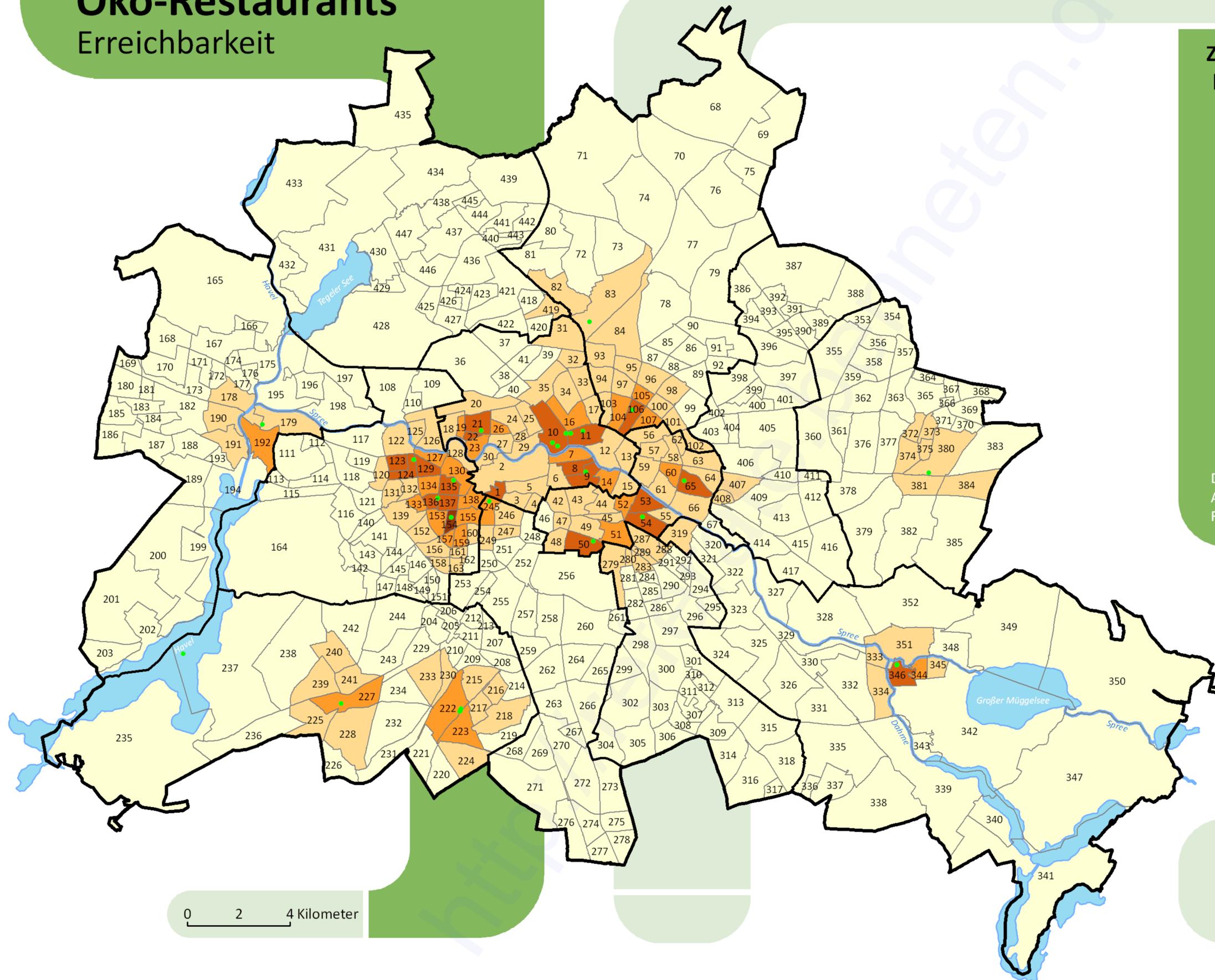
Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Förderungsgemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung

## Öko-Restaurants

### Erreichbarkeit



Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird, um das nächste Öko-Restaurant zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

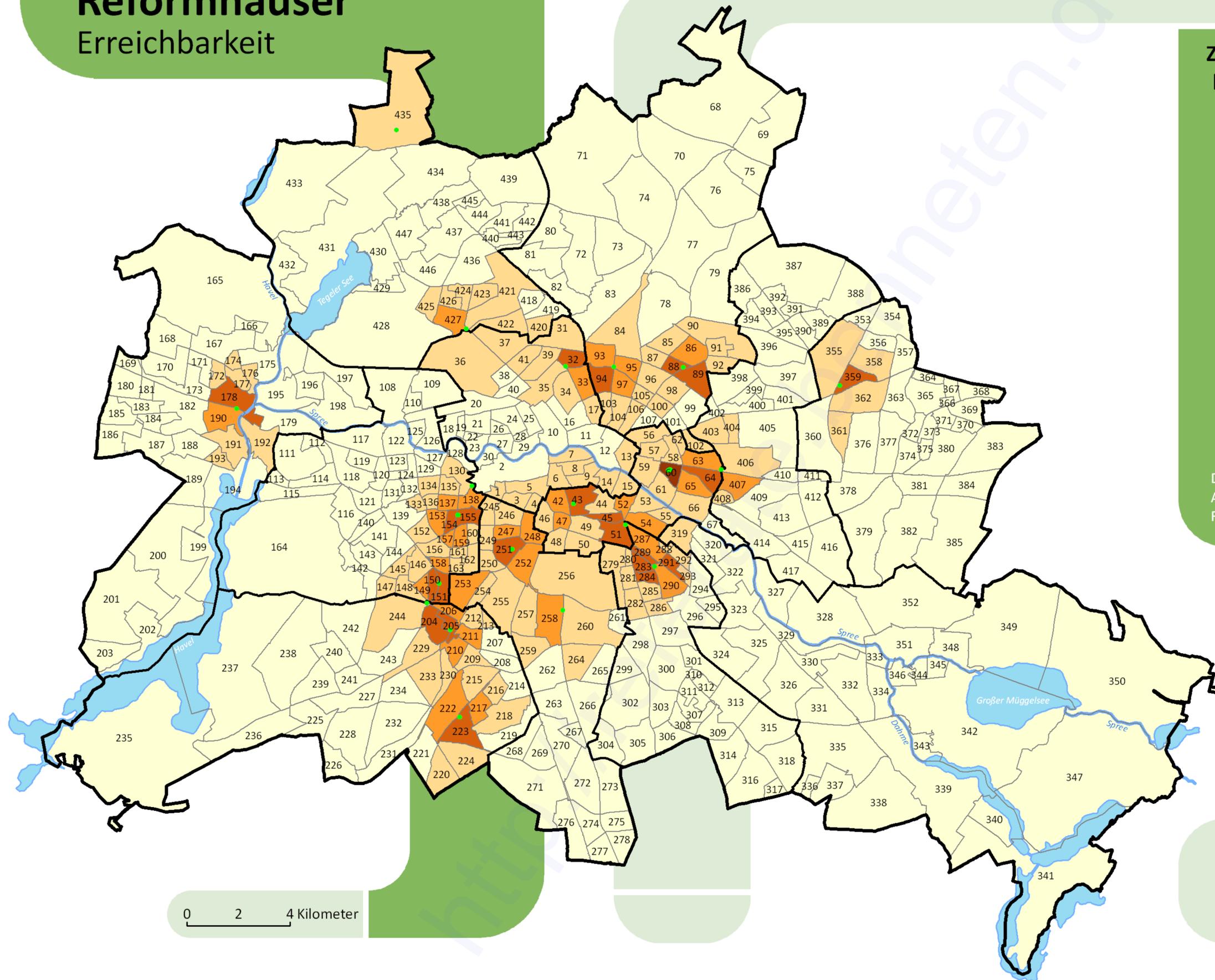
- Öko-Restaurant
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
 Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
 2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung Reformhäuser Erreichbarkeit



Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird, um das nächste Reformhaus zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- Reformhaus
- Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

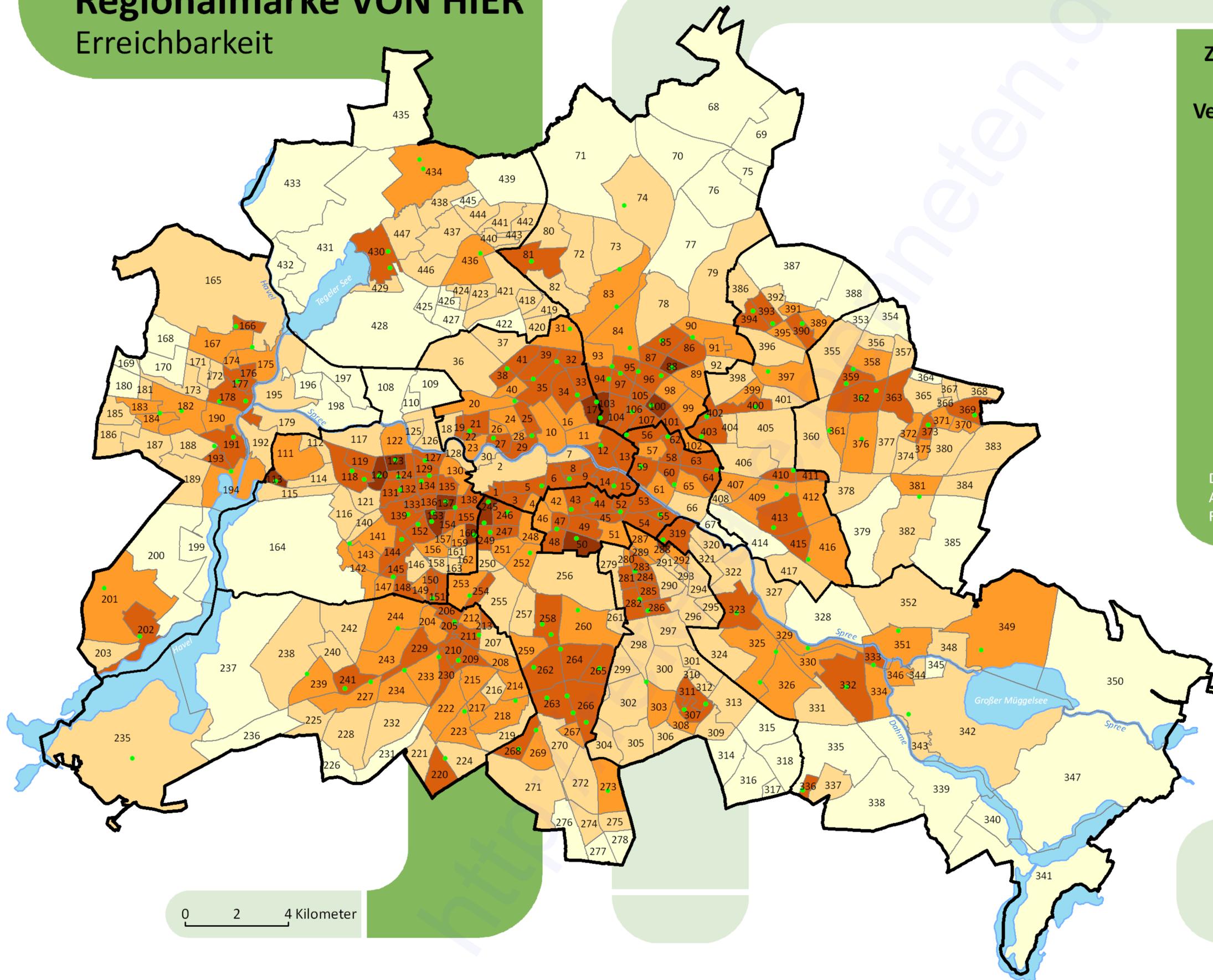
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung

## Regionalmarke VON HIER

### Erreichbarkeit



Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird, um die nächste Vertriebsstelle der Regionalmarke VON HIER zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- Vertriebsstelle
- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

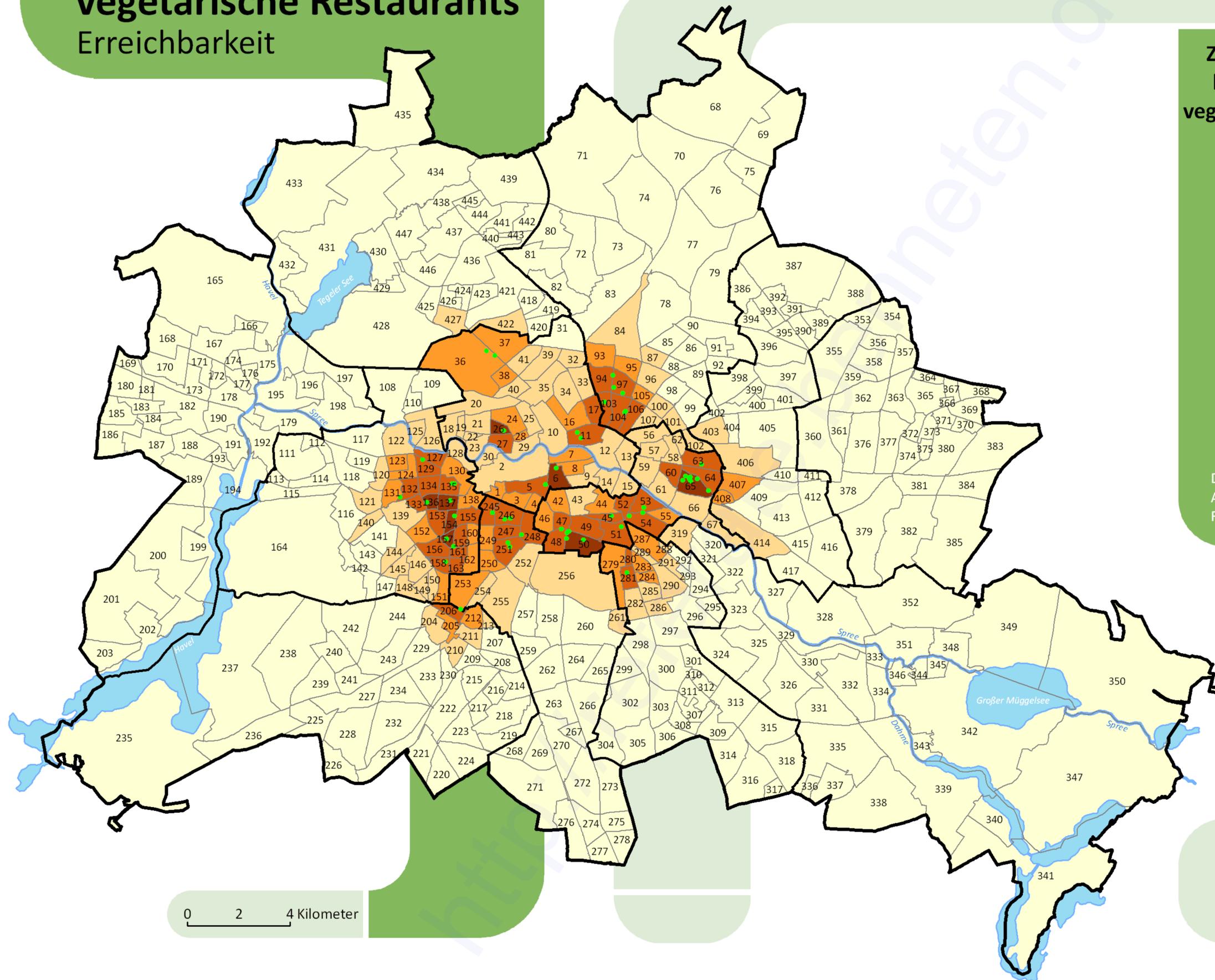
Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung

## vegetarische Restaurants

### Erreichbarkeit



Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird, um das nächste vegetarische Restaurant zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- vegetarisches Restaurant
- Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Förderungsgemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

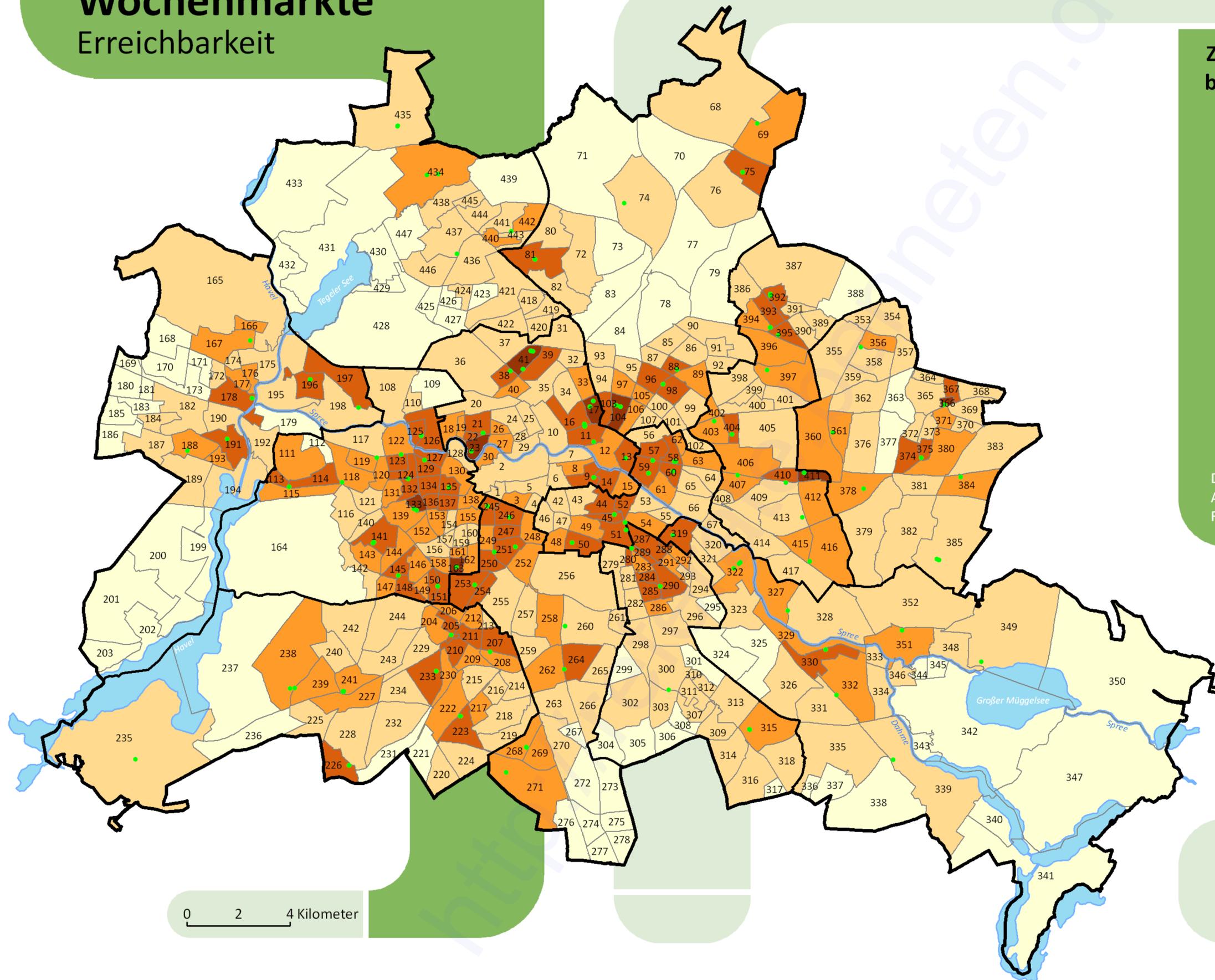
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung

## Wochenmärkte

### Erreichbarkeit



Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird, um den nächsten Wochenmarkt zu erreichen

- unter 5 Minuten
- 5 bis unter 10 Minuten
- 10 bis unter 15 Minuten
- 15 bis unter 30 Minuten
- 30 Minuten und länger

- Wochenmarkt
- Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

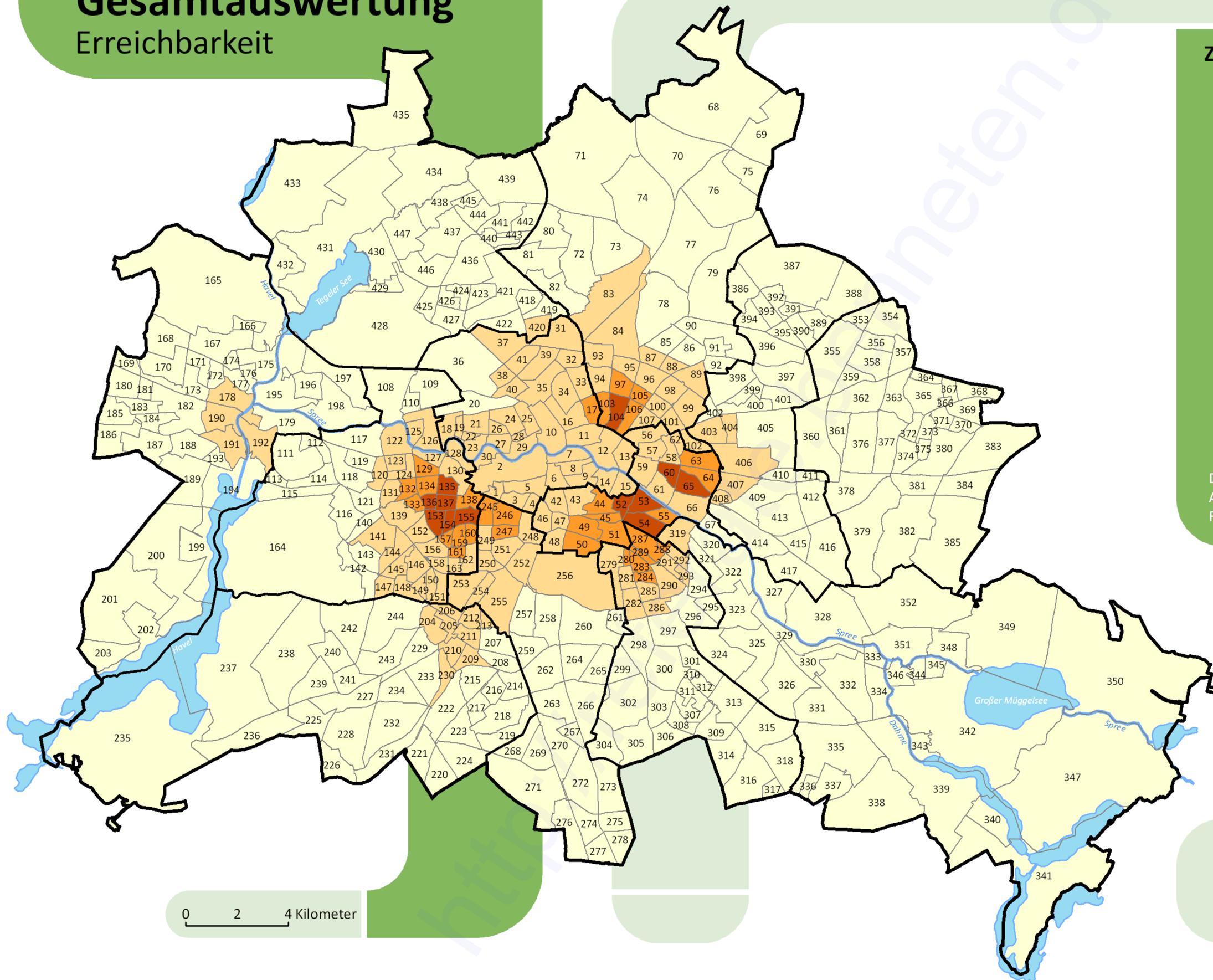
0 2 4 Kilometer

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Ernährung

## Gesamtauswertung

### Erreichbarkeit



Zeit, die durchschnittlich zu Fuß benötigt wird um für die Ernährung nachhaltige Konsumgüter zu erwerben

-  weniger als 10 Minuten
-  10 bis unter 15 Minuten
-  15 bis unter 30 Minuten
-  30 Minuten und länger

- 123 Planungsraumnummer
- Stadtbezirk

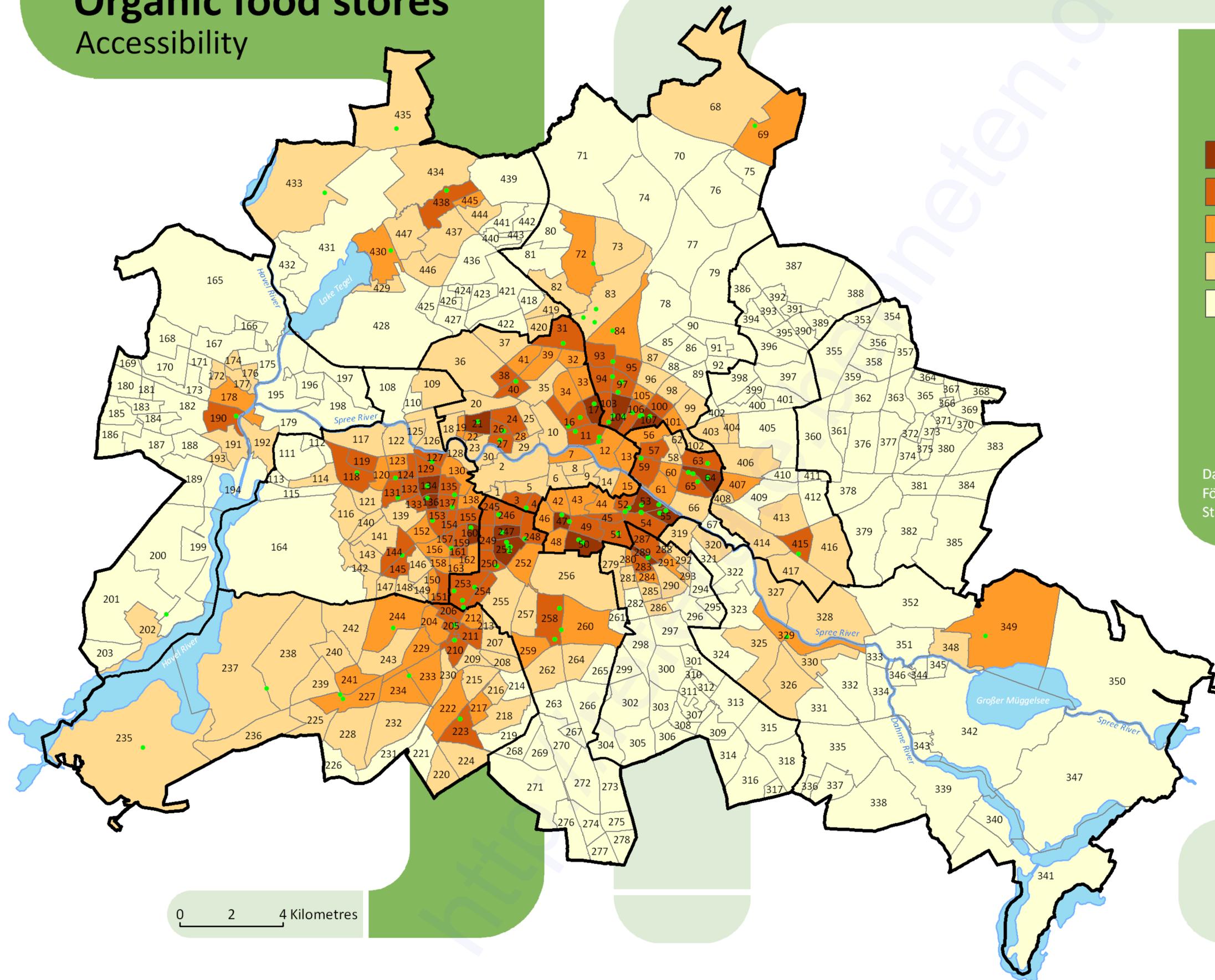
Daten:  
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2008  
Förderungsgemeinschaft Ökologischer Landbau 2007

Hergestellt von Dipl.-Ing. (FH) Bennet Schulte  
2009 Beuth Hochschule für Technik Berlin

# Nutrition

## Organic food stores

### Accessibility



0 2 4 Kilometres

Average walking time,  
necessary to reach the  
nearest organic food store

- less than 5 minutes
- 5 to less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

- Organic food store
- 123 Planing Area Number
- Borough of Berlin

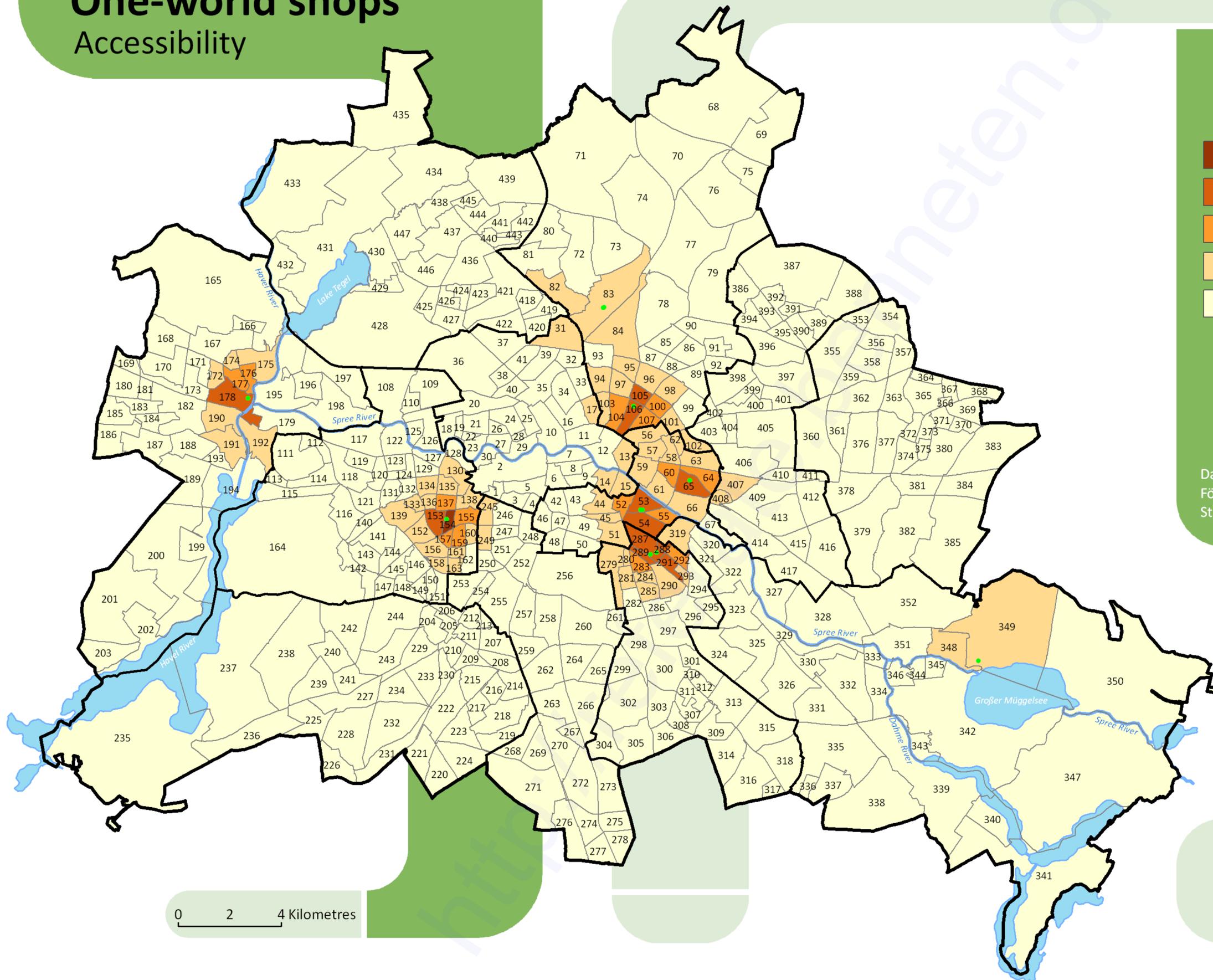
Data:  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin

# Nutrition

## One-world shops

### Accessibility



Average walking time,  
necessary to reach the  
nearest One-world shop

- less than 5 minutes
- 5 to less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

- One-world shop
- 123 Planing Area Number
- Borough of Berlin

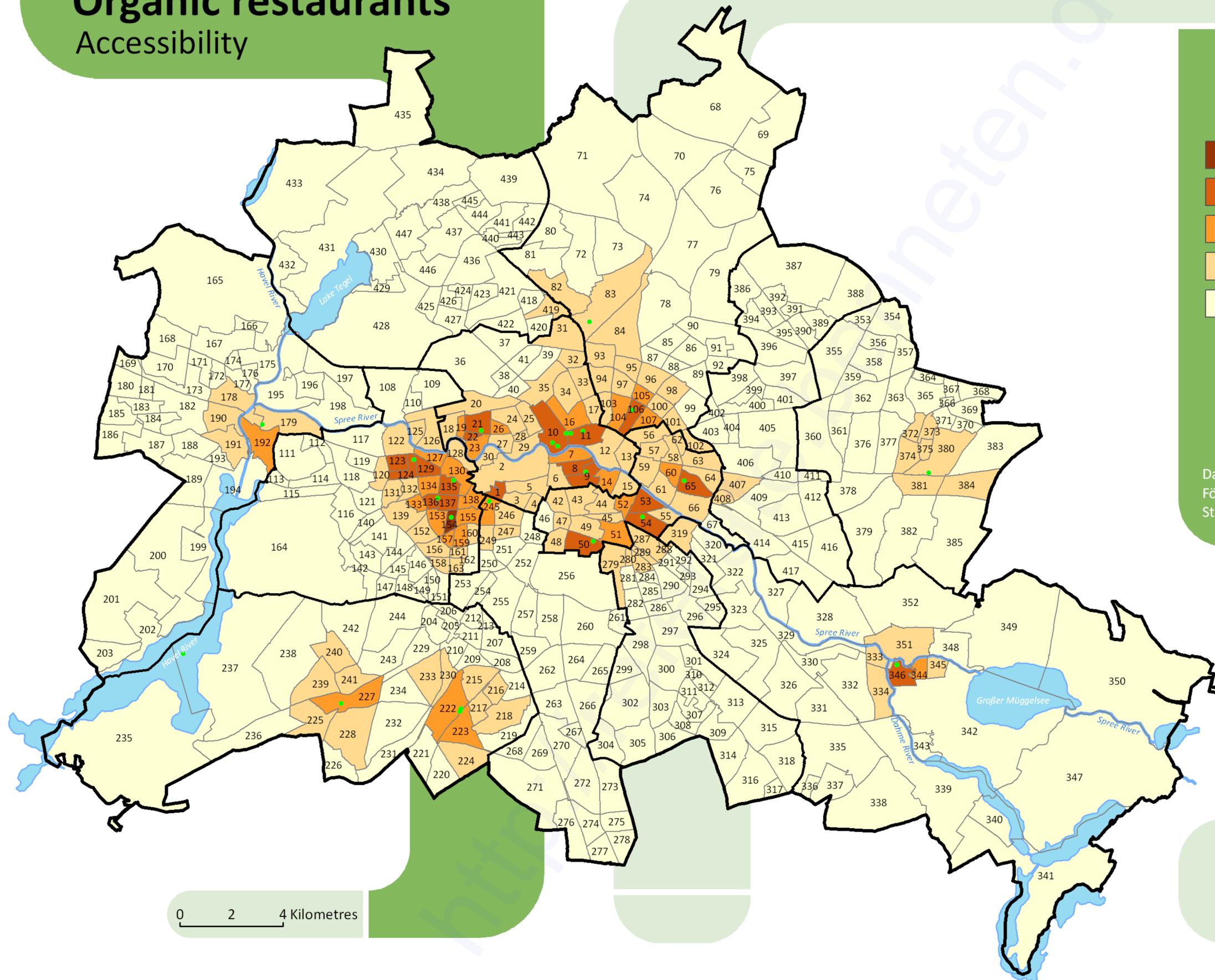
Data:  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin

# Nutrition

## Organic restaurants

### Accessibility



Average walking time,  
necessary to reach the  
nearest organic restaurant

- less than 5 minutes
- 5 to less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

- Organic restaurant
- 123 Planing Area Number
- Borough of Berlin

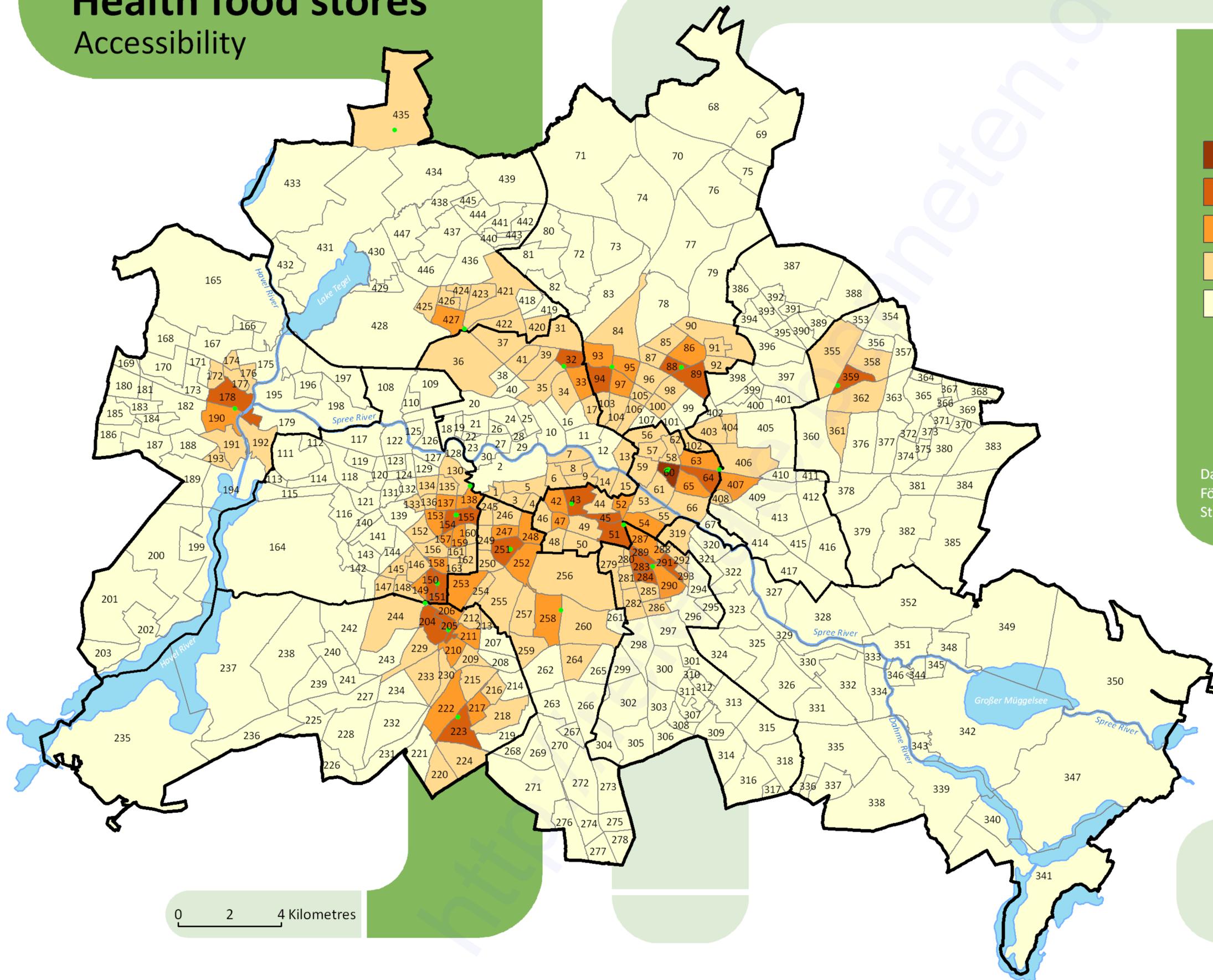
Data:  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin

# Nutrition

## Health food stores

### Accessibility



Average walking time,  
necessary to reach the  
nearest health food store

- less than 5 minutes
- 5 to less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

- Health food store
- Planing Area Number
- Borough of Berlin

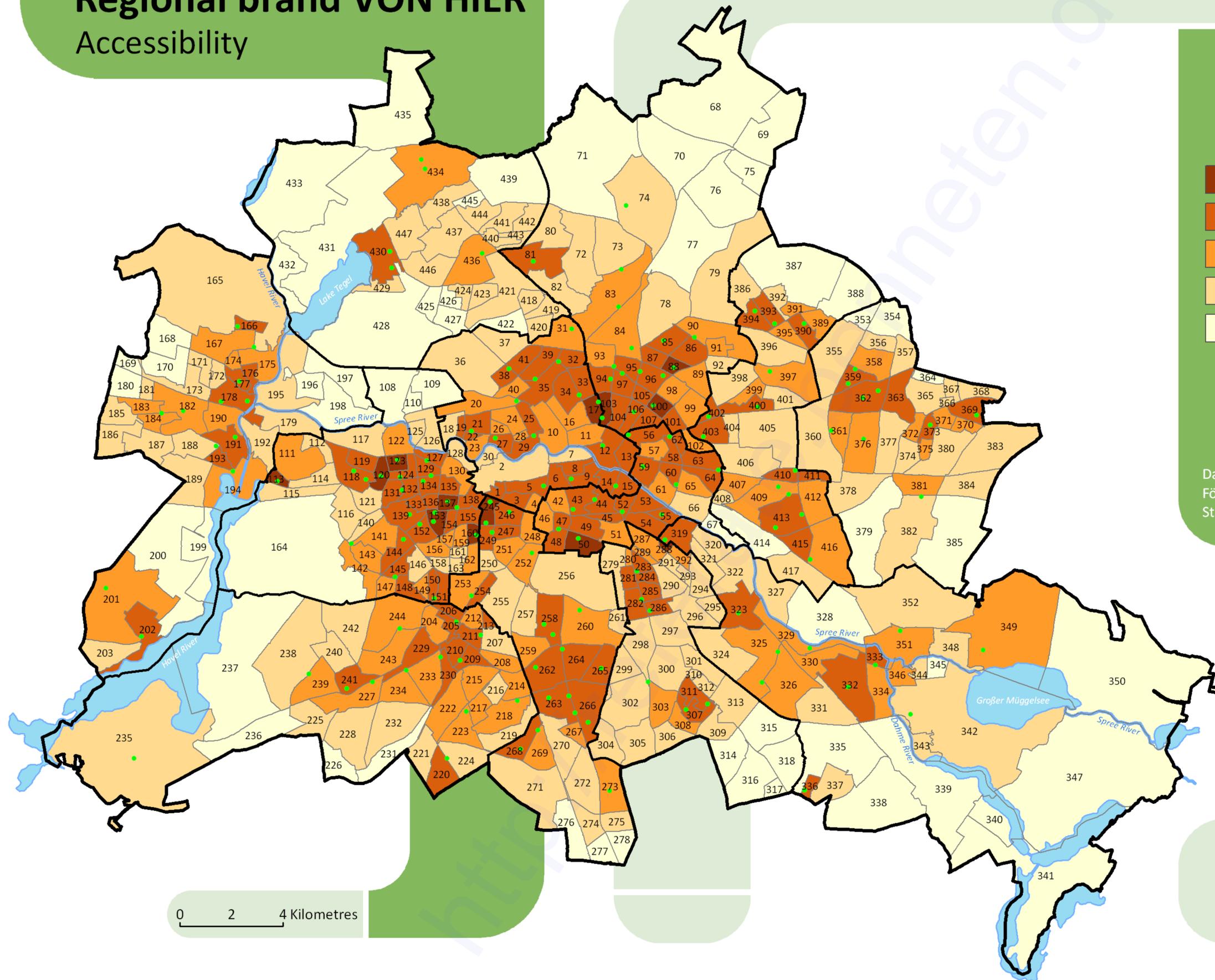
Data:  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin

# Nutrition

## Regional brand VON HIER

### Accessibility



Average walking time, necessary to reach the nearest store selling the regional brand VON HIER

- less than 5 minutes
- 5 to less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

● Store selling VON HIER

123 Planing Area Number

— Borough of Berlin

Data:

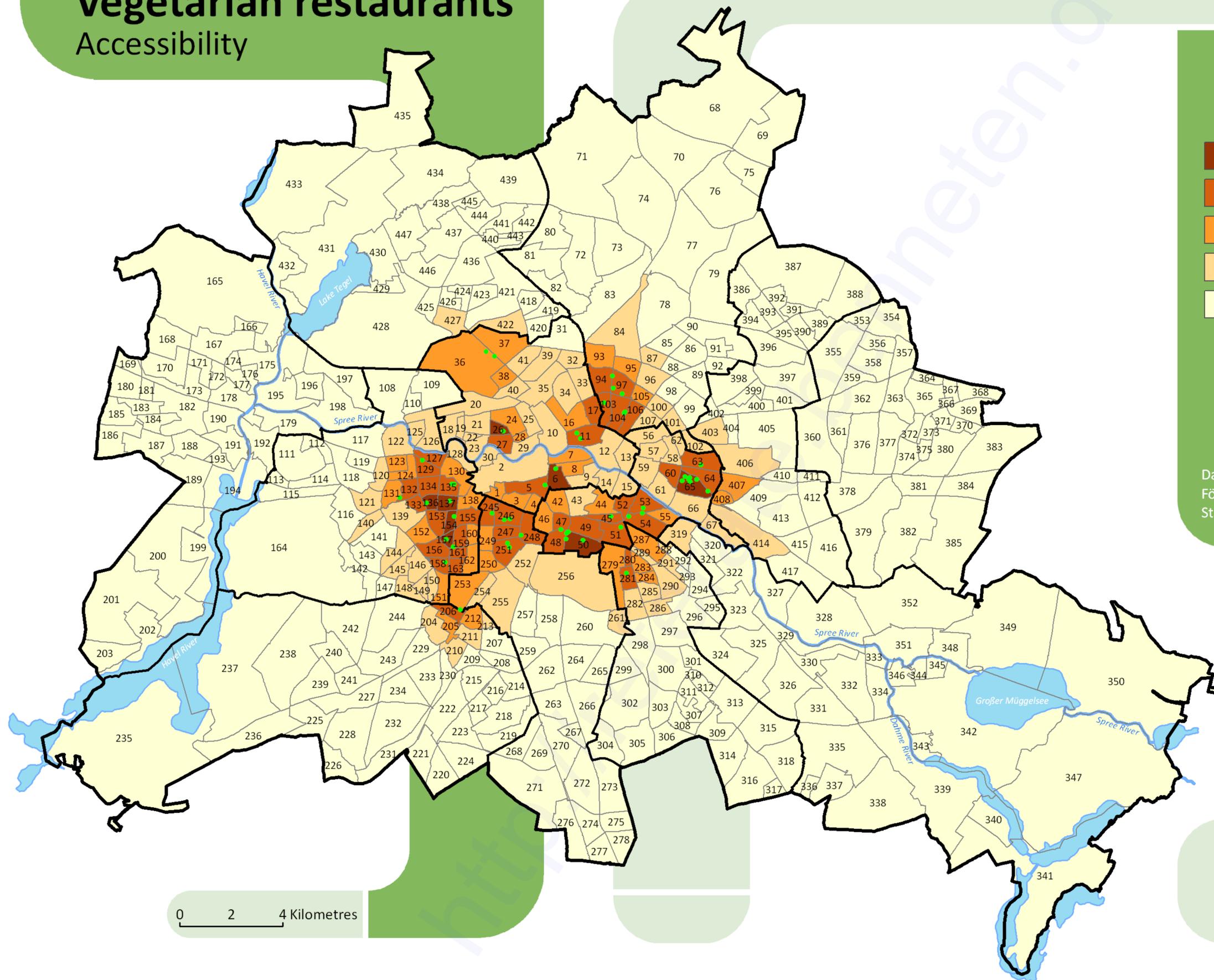
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin

# Nutrition

## Vegetarian restaurants

### Accessibility



Average walking time,  
necessary to reach the  
nearest vegetarian restaurant

- less than 5 minutes
- 5 to less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

- Vegetarian restaurant
- Planing Area Number
- Borough of Berlin

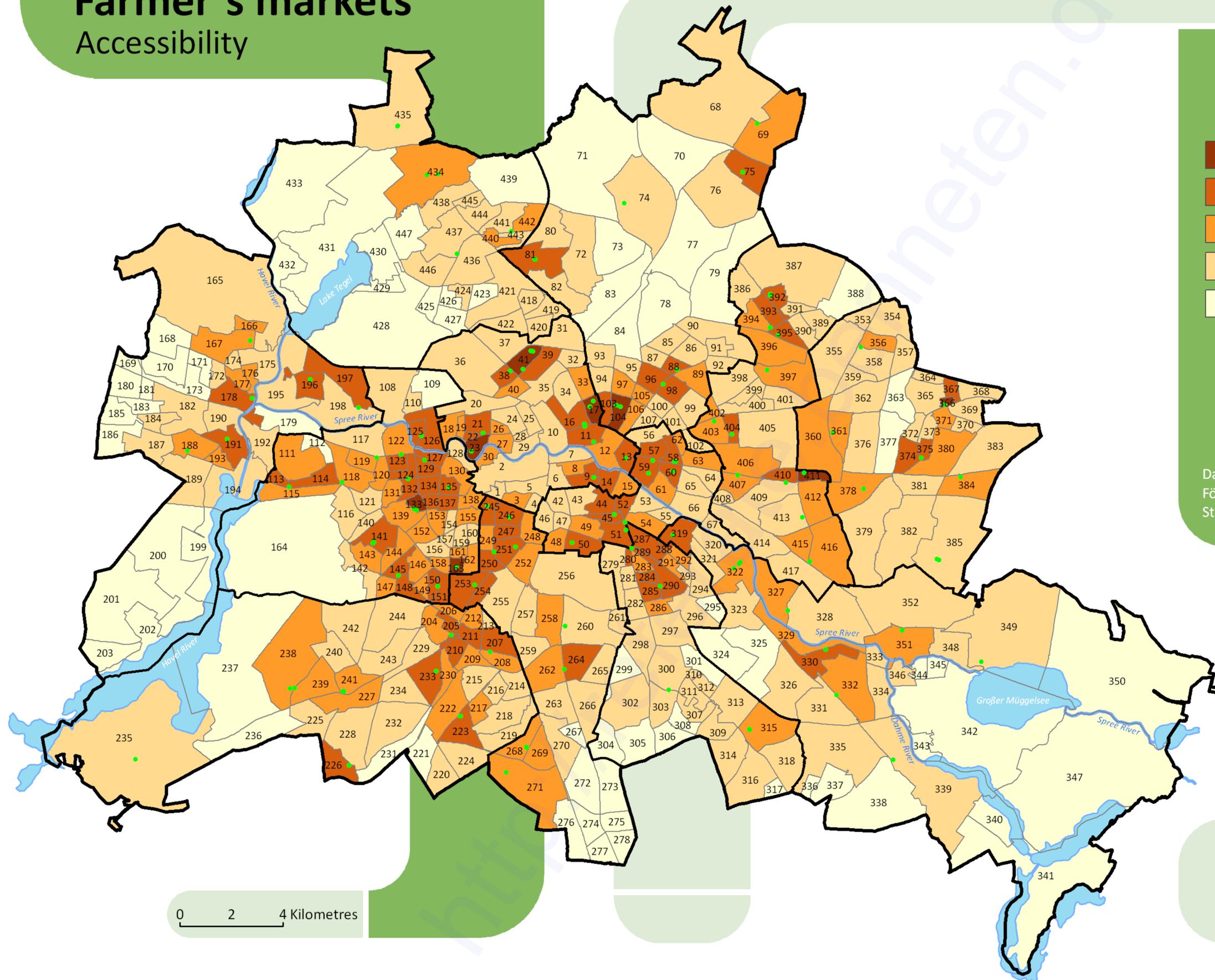
Data:  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin

# Nutrition

## Farmer's markets

### Accessibility



Average walking time,  
necessary to reach the  
nearest farmer's market

- less than 5 minutes
- 5 to less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

- Farmer's market
- 123 Planing Area Number
- Borough of Berlin

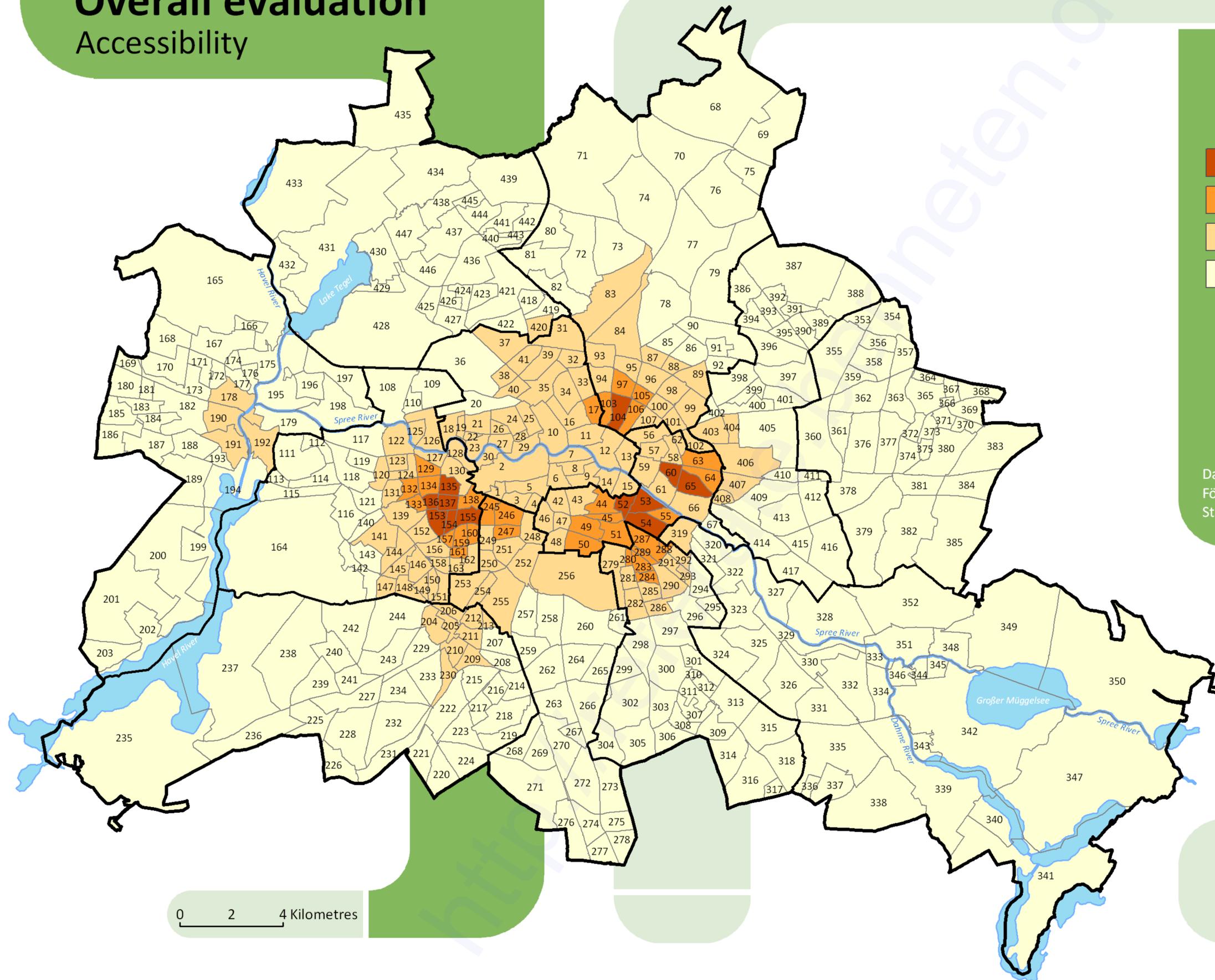
Data:  
Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin

# Nutrition

## Overall evaluation

### Accessibility



Average walking time,  
necessary to purchase  
sustainable nutrition

- less than 10 minutes
- 10 to less than 15 minutes
- 15 to less than 30 minutes
- 30 minutes and more

123 Planning Area Number

— Borough of Berlin

Data:

Fördergemeinschaft Ökologischer Landbau 2007  
State Statistical Institute Berlin-Brandenburg 2008

Analysis and cartography by  
Bennet Schulte MSc, Dipl.-Ing. (FH)  
University of Applied Sciences Berlin