



Björn Schwarze

Eine Methode zum Messen von Naherreichbarkeit in Kommunen

Björn Schwarze, »Eine Methode zum Messen von Naherreichbarkeit in Kommunen«

Die vorliegende Veröffentlichung wurde unter dem Titel „Erreichbarkeit als strategisches Ziel von Raum- und Verkehrsplanung: ein Ansatz zur Evaluation von Naherreichbarkeit in Kommunen“ als Dissertationsschrift an der Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund eingereicht und angenommen. Die Disputation fand am 14. Juli 2015 statt.

Zur Verbreitung der Arbeit wählte der Autor einen hybriden Weg der Veröffentlichung, d.h. parallel erfolgt mit identischer Seitennummerierung im Verlag Monsenstein und Vannerdat eine Veröffentlichung in Buchform unter der ISBN 978-3-95645-660-2.

Für das Zitieren wird folgende Zitierweise vorgeschlagen:

Schwarze, Björn (2015): Eine Methode zum Messen von Naherreichbarkeit in Kommunen. Münster: MV-Verlag.

Mit Rücksicht auf die Schreib- und Lesbarkeit dieser Arbeit ist auf eine geschlechtergerechte Sprache verzichtet und das generische Maskulin angewandt worden. Die gewählten Formulierungen schließen gleichermaßen weibliche und männliche Personen ein. Sie drücken keine Diskriminierung von Frauen oder Ignoranz gegenüber den Leistungen von Frauen aus. Bei Abbildungen ohne Quellenangabe handelt es sich um eigene Abbildungen.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist im Herbst 2014 an der Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund als Dissertationsschrift unter dem Titel „Erreichbarkeit als strategisches Ziel von Raum- und Verkehrsplanung: ein Ansatz zur Evaluation von Naherreichbarkeit in Kommunen“ eingereicht und angenommen worden. Sie ist das Ergebnis eines mehrjährigen Entwicklungsprozesses.

Der Großteil der Arbeit entstand während meiner Tätigkeit am Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung der Technischen Universität Dortmund. Dem Fachgebietsleiter, Betreuer und Promotionsvorsitzenden, Professor Dr.-Ing. Christian Holz-Rau, danke ich herzlichst für die fortwährende Unterstützung und die vielen konstruktiven Gespräche, kritischen Anmerkungen und hilfreichen Hinweise.

Dem Leiter des Lehr- und Forschungsgebiets Umweltverträgliche Infrastrukturplanung, Stadtbauwesen der Bergischen Universität Wuppertal, Professor Dr.-Ing. Felix Huber, danke ich herzlichst für die konziliante Ko-Betreuung meiner Arbeit und viele konstruktive Anregungen und fachkundliche Hinweise.

Mein besonderer Dank gilt Professor Dr.-Ing. Michael Wegener, der während meines Studiums der Raumplanung mein Interesse an der quantitativen Raum- und Erreichbarkeitsforschung weckte und förderte. Zudem verstand er es immer wieder, in wissenschaftlichen Diskussionen wertvolle Impulse und Anregungen für die Arbeit zu geben und mich geduldig zur Fertigstellung der Promotion zu ermuntern.

Professorin Dr.-Ing. Sabine Baumgart und Professor Dr. Nguyen Xuan Thinh von der Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund danke ich vielmals für ihre Bereitschaft, meine Dissertation zu prüfen.

Außerdem spreche ich allen Teilnehmern des Doktorandenkolloquiums am Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung für interessante Ideen und wertvolle Ratschläge meinen Dank aus, insbesondere meinen ehemaligen Fachgebietskollegen Professor Dr. Joachim Scheiner, Dr.-Ing. Timo Barwisch, Dr.-Ing. Dennis Guth, Dr. Florian Krummheuer und Dr.-Ing. Kathrin Konrad, geb. Sicks.

Dem Regionalverband Ruhr, der Stadt Dortmund, der Kassenärztlichen Vereinigung Westfalen-Lippe und den Verkehrsgesellschaften und -unternehmen im östlichen Ruhrgebiet danke ich für ihre Kooperationsbereitschaft und die Überlassung von Datengrundlagen.

Ein besonderes Dankeschön gilt Jörg Grimm, Frank Osterhage, Marc Schulte-Mesum, Dr.-Ing. Klaus Spiekermann, Rico Stichmann, Valentina Socco, Tim Thomé und Marc Walter für ihre Geduld, aufmunternde Worte sowie kleine und große Hilfestellungen.

Dortmund, im Juli 2015

Björn Schwarze

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Kartenverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	13
Zusammenfassung	15
1 Einführung	17
1.1 Ausgangssituation	17
1.1.1 Historischer Abriss der Raum- und Verkehrsentwicklungen	17
1.1.2 Regelkreis Flächennutzung und Verkehr	20
1.1.3 Aktuelle Problemlage	22
1.2 Zielsetzung der Arbeit	26
1.3 Aufbau der Arbeit	28
2 Begriffsbestimmungen	31
2.1 Erreichbarkeit: eine erste Begriffsannäherung	31
2.1.1 Umgangssprachliche Verwendung	31
2.1.2 Hemmnisse einer einheitlichen Definition	31
2.1.3 Anerkannte raumwissenschaftliche Definitionen	33
2.2 Erreichbarkeit im Kontext von Mobilität und Verkehr	35
2.2.1 Begriffsverständnis von Mobilität	36
2.2.1 Begriffsverständnis von Verkehr	38
2.3 Konkretisierung des Erreichbarkeitsbegriffs	38
2.3.1 Begriffsverständnis von Erreichbarkeit	38
2.3.1 Begriffsverständnis von Naherreichbarkeit	39
3 Ansätze zum Messen von Erreichbarkeit	41
3.1 Unterschiedliche Messprinzipien	41
3.1.1 Relative versus integrale Erreichbarkeit	42
3.1.2 Einfache versus komplexe Erreichbarkeit	43
3.1.3 Standörtliche versus individuelle Erreichbarkeit	44
3.2 Einfache Erreichbarkeitsindikatoren	46
3.2.1 Ausstattungsindikatoren	47
3.2.2 Graphentheoretische Indikatoren	48
3.2.3 Distanzindikatoren	50
3.3 Komplexe Erreichbarkeitsindikatoren	53
3.3.1 Reiseaufwandsindikatoren	55
3.3.2 Kumulationsindikatoren	56
3.3.3 Potenzialindikatoren	58
3.3.4 Nutzenindikatoren	60
3.3.5 Aktionsraumindikatoren	61
3.4 Zwischenfazit	64
4 Praxisbeispiele von Naherreichbarkeitsanalysen	67
4.1 Beispiele aus England	67
4.1.1 Londoner PTAL- und ATOS-Modell	68

4.1.2	Accessibility Planning in England	69
4.2	Beispiele aus den Vereinigten Staaten	74
4.2.1	Regional Transport Plans	74
4.2.2	Accessibility Calculator and Maps (Baltimore)	76
4.2.3	Metro Accessibility Matrix (Minneapolis/St. Paul)	77
4.3	Beispiele aus Australien	79
4.3.1	Accessibility Planning in Australien	79
4.3.2	Accessibility Constraint Maps (Sutherland Shire)	81
4.3.3	Land Use and Public Transport Accessibility Index (LUPTAI)	83
4.4	Beispiele aus Neuseeland	85
4.4.1	Neighbourhood Accessibility Plan	85
4.4.2	Neighbourhood Walkability Index	86
4.4.3	Neighbourhood Destination Accessibility Index	86
4.4.4	Accessibility Planning in Neuseeland	87
4.5	Beispiel aus Portugal	91
4.5.1	Structural Accessibility Layer (Porto)	91
4.6	Beispiele aus den Niederlanden	93
4.6.1	ABC-Standortplanung	93
4.6.2	Joint Accessibility Design	95
4.7	Beispiele aus Österreich	97
4.7.1	ÖPNV-Erreichbarkeitsmodell in Wien	97
4.7.2	mobility2know-Erreichbarkeitsmodell	98
4.7.3	Erreichbarkeitsmodellierung in Salzburg	100
4.8	Beispiele aus Deutschland	100
4.8.1	Stand der kommunalen Planungspraxis	101
4.8.2	Erreichbarkeitsatlas der Metropolregion München	102
4.8.3	Erreichbarkeitsmodellierungen im MORO-Aktionsprogramm „Regionale Da- seinsvorsorge“	103
4.9	Zwischenfazit	106
5	Modellierbarkeit standörtlicher Erreichbarkeit	111
5.1	Grundkonzeption der Erreichbarkeitsanalyse	111
5.1.1	Untersuchungszweck	111
5.1.2	Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix	113
5.1.3	Untersuchungsraum	115
5.1.4	Räumliches Bezugssystem	116
5.1.5	Zeitliches Bezugssystem	119
5.1.6	Erreichbarkeitsindikator	122
5.2	Formulierung der Aktivitätsfunktion	127
5.2.1	Attraktivitätsmaß	127
5.2.2	Mengengewichtung	130
5.2.3	Disaggregation von Aktivitätsgelegenheiten	131
5.2.4	Zugangsbeschränkungen und Wettbewerb	133
5.3	Formulierung der Widerstandsfunktion	136
5.3.1	Widerstandsmaß	136

5.3.2 Funktionstyp	140
5.3.3 Reiseaufwandssensibilität	142
5.3.4 Innerörtlicher Widerstand	149
5.3.5 Verkehrsgraph	150
5.3.5.1 Pkw-Verkehr	150
5.3.5.2 Öffentlicher Personennahverkehr	153
5.3.5.3 Fahrradverkehr	156
5.3.5.4 Fußgängerkehr	157
5.3.5.5 Anbindung der Wohn- und Aktivitätsorte	158
5.4 Zwischenfazit	160
6 Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit in Kommunen	163
6.1 Anforderungen an das Evaluationsschema	163
6.1.1 Abbildung des Untersuchungszwecks	163
6.1.2 Praktikabilität des Indikatorensystems	165
6.1.3 Abbildungsgenauigkeit des Erreichbarkeitsmodells	166
6.1.4 Vermittelbarkeit der Ergebnisse	167
6.2 Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit	168
6.2.1 Naherreichbarkeitsindikatoren	169
6.2.2 Bewertungsindizes	179
7 Praktische Erprobung am Fallbeispiel Dortmund	183
7.1 Untersuchungsraum	183
7.2 Räumliches Analysebezugssystem	194
7.3 Räumliche Verteilung der Bevölkerung	198
7.4 Modellierung der Aktivitätsziele und -gelegenheiten	201
7.4.1 Grundzentren	201
7.4.2 Lebensmittelgeschäfte	203
7.4.3 Hausärzte	203
7.4.4 Grün- und Freiflächen	203
7.4.5 Kindergärten und Kindertagesstätten	204
7.4.6 Grundschulen	204
7.4.7 Schulen der Sekundarstufen I und II	205
7.4.8 Berufskollegs	206
7.4.9 Seniorenbegegnungsstätten	207
7.4.10 Arbeitsplätze	207
7.5 Modellierung der Verkehrsgraphen	208
7.5.1 Pkw-Verkehr	209
7.5.2 Fahrradverkehr	214
7.5.3 Fußgängerkehr	218
7.5.4 Öffentlicher Personennahverkehr	221
7.6 Widerstandsfunktion und -parameter	225
8 Ergebnisse der Naherreichbarkeitsanalyse	229
8.1 Korrelation der Naherreichbarkeitsindikatoren	229
8.2 Naherreichbarkeitsverhältnisse nach Aktivitätstypen	233
8.2.1 Naherreichbarkeit von Grundzentren	233

8.2.2	Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften	237
8.2.3	Naherreichbarkeit von Hausärzten	240
8.2.4	Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	244
8.2.5	Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten	248
8.2.6	Naherreichbarkeit von Grundschulen	250
8.2.7	Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	252
8.2.8	Naherreichbarkeit von Berufskollegs	255
8.2.9	Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten	258
8.2.10	Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen	260
8.3	Bewertung von Erreichbarkeitsveränderungen	265
8.3.1	Erreichbarkeitsdifferenzen	265
8.3.2	Erreichbarkeitsgrade	268
8.3.3	Ungleichheit der Naherreichbarkeitsverhältnisse	273
8.3.4	Intermodalindex	276
8.4	Erreichbarkeitsprofile von Wohnorten	279
8.4.1	Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Borsigplatz	279
8.4.2	Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk City-West	283
8.4.3	Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Gartenstadt-Süd	286
8.4.4	Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Löttringhausen-Nord	288
8.4.5	Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Lütgendortmund-Ost	291
8.5	Aggregierte Erreichbarkeit nach Nachfragegruppen	294
8.5.1	Gesamterreichbarkeit von Familien mit Kleinkindern	295
8.5.2	Gesamterreichbarkeit von Single-Haushalten	299
8.5.3	Gesamterreichbarkeit von Seniorenhaushalten	302
8.6	Zusammenfassung	305
9	Fazit	309
9.1	Methodischen Herangehensweise	309
9.2	Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit	312
9.3	Ausblick	314
10	Quellenverzeichnis	319

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasenmodell der Stadterweiterung in Abhängigkeit von Verkehrsmitteln	18
Abbildung 2: Regelkreis Flächennutzung und Verkehr	20
Abbildung 3: Systematisierung von Erreichbarkeitsindikatoren	41
Abbildung 4: Relative versus integrale Erreichbarkeit	42
Abbildung 5: Angebots- und nachfrageorientierte Form des Kumulationsindikators	57
Abbildung 6: Schematische Darstellung eines Raum-Zeit-Prismas	62
Abbildung 7: Ellipsenförmiger Aktionsraum auf Grundlage eines Raum-Zeit-Prismas	63
Abbildung 8: Ergebnisse des PTAL-Modells in London (Screenshot)	68
Abbildung 9: Modellhaftes Ablaufschema der Erreichbarkeitsplanung in England	70
Abbildung 10: Interaktives „Baltimore Accessibility Map“-Tool (Screenshot)	76
Abbildung 11: Interaktives „Metro Accessibility Matrix“-Tool (Screenshot)	78
Abbildung 12: „Accessibility Constraint Map“ (Screenshot)	82
Abbildung 13: Bewertungswürfel der „Structural Accessibility Layers“	93
Abbildung 14: Cluster im Bewertungswürfel der „Structural Accessibility Layers“	93
Abbildung 15: Beispielhafte Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrizen für einzelne Nachfragegruppen	115
Abbildung 16: Möglichkeiten zur präzisen Abbildung der Erreichbarkeitsverhältnisse in den Randzonen des Untersuchungsraums	116
Abbildung 17: Typische durch das Zonensystem bedingte Aggregationsfehler	117
Abbildung 18: Unterschiedliche Startzeiten von ausgesuchten Aktivitäten	120
Abbildung 19: Darstellung von beispielhaften Lorenz-Kurven	125
Abbildung 20: Einfache Datendisaggregation durch GIS-Verschneidung von statistischen Zonen mit überbauter Fläche	132
Abbildung 21: Zweistufiges Disaggregierungsverfahren zur Verteilung statistischer Daten auf Rasterzellen anhand von Flächennutzungsdaten	132
Abbildung 22: Unterschiedliche Formen der Widerstandsfunktion	141
Abbildung 23: Einfluss des β -Parameters auf die negative Exponentialfunktion	145
Abbildung 24: Zusammensetzung der Reisezeit mit dem ÖPNV am Beispiel einer Wegekette von der Wohnung zur Arbeit	153
Abbildung 25: Funktion zur Abbildung der Wartezeit beim ÖPNV als Folge der Fahrzeugfolgezeit	154
Abbildung 26: Drei Ansätze zur Modellierung eines ÖPNV-Graphen	155
Abbildung 27: Anzahl berechneter Fußwegerelationen nach Luftlinienentfernung	159
Abbildung 28: Mittlerer Umwegfaktor in Dortmund in Abhängigkeit von der Luftlinienentfernung	160
Abbildung 29: Hauptzweck bei Wegen unter einem Kilometer	164
Abbildung 30: Hauptverkehrsmittel bei Wegen unter fünf Kilometern	164
Abbildung 31: Bevölkerungsentwicklung in Dortmund seit 1990	188
Abbildung 32: Bevölkerungsbewegungen in Dortmund seit 1990	188

Abbildung 33: Prognostizierte relative Entwicklung von Altersgruppen in Dortmund 2011 bis 2030	189
Abbildung 34: Entwicklung der Bevölkerung und der Flächeninanspruchnahme in Dortmund seit 1990	192
Abbildung 35: Verkehrsmittelwahl in Dortmund im Jahr 2005	193
Abbildung 36: Definiertes Hexagonsystem in den Dortmunder Ortsteilen Asseln, Deusen, Scharnhorst und der östlichen Stadtmitte	198
Abbildung 37: Darstellung von Siedlungsschwerpunkten im Dortmunder Flächennutzungsplan	201
Abbildung 38: Annahmen über Wartezeiten für Pkws bei Abbiegevorgängen an Kreuzungsknoten	212
Abbildung 39: Vergleich zwischen den berechneten eigenen Pkw-Reisezeiten und den Ergebnissen der Routensuchprogramme Map24 und ViaMichelin	213
Abbildung 40: Annahmen über Fahrradfahrergeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Steigung und Gefälle	215
Abbildung 41: Vergleich zwischen den berechneten eigenen Fahrradreisezeiten und den Ergebnissen des Radroutenplaners NRW und dem Routensuchprogramm ViaMichelin	217
Abbildung 42: Annahmen über Gehgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Steigung und Gefälle	219
Abbildung 43: Vergleich zwischen den berechneten eigenen Reisezeiten zu Fuß und den Ergebnissen der Routensuchprogramme Map24 und ViaMichelin.	220
Abbildung 44: Abbildung der Fahrplaninformationen durch einen dreidimensionalen ÖPNV-Graphen (Schematisches Beispiel)	223
Abbildung 45: Kumulierter Anteil der Wege nach Dauer und Verkehrsmitteln in Dortmund....	225
Abbildung 46: Kumulierter Anteil der Wege nach Dauer und Aktivitätsart in Dortmund	226
Abbildung 47: Durchschnittlich erreichbare Arbeitsplätze je Erwerbsfähigen in Dortmund im Nahbereich und auf regionaler Ebene	264
Abbildung 48: Verkehrsmittelspezifische Erreichbarkeitsgrade für die Reisezeit zum nächsten Grundzentrum in Dortmund	269
Abbildung 49: Erreichbarkeitsgrade für unterschiedliche Aktivitätsziele in der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund	271
Abbildung 50: Veränderung der verkehrsmittelspezifischen Erreichbarkeitsgrade in Groß-Barop nach Schließung des dortigen Lebensmittelstandorts	273
Abbildung 51: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Borsigplatz	280
Abbildung 52: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Borsigplatz ...	282
Abbildung 53: Vergleich der Naherreichbarkeitsverhältnisse in den statistischen Unterbezirken in Dortmund für die Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten	282
Abbildung 54: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk City-West	284
Abbildung 55: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk City-West	285
Abbildung 56: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd	287

Abbildung 57: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd	288
Abbildung 58: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord	289
Abbildung 59: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord	290
Abbildung 60: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost	292
Abbildung 61: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost	293
Abbildung 62: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für Familien mit Kindern und Pkw	295
Abbildung 63: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für Familien mit Kleinkindern ohne Pkw	297
Abbildung 64: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für Single-Haushalte mit und ohne Pkw	300
Abbildung 65: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für Seniorenhaushalte mit und ohne Pkw	303

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anerkannte Definitionen von Erreichbarkeit	33
Tabelle 2: Einfache und komplexe Erreichbarkeitsindikatoren im Vergleich	43
Tabelle 3: Typisierung komplexer, standörtlicher Erreichbarkeitsindikatoren	54
Tabelle 4: Vor- und Nachteile der komplexen Erreichbarkeitsindikatortypen	65
Tabelle 5: Kernerreichbarkeitsindikatoren der Erreichbarkeitsplanung in England mit Reisezeitgrenzen	72
Tabelle 6: Indikatorensystem für Neusüdwaales: Aktivitätsziele und Erreichbarkeitsindikatoren	81
Tabelle 7: Aktivitätskategorien und -ziele im LUPTAI-Modell	83
Tabelle 8: LUPTAI-Bewertungsmatrix für weiterführende Schulen (Beispiel)	84
Tabelle 9: LUPTAI-Bewertungsschema zur Ableitung planerischer Maßnahmen	84
Tabelle 10: Gewichtetes Indikatorensystem des „Neighbourhood Destination Accessibility Index“	87
Tabelle 11: Vorschlag für Kernerreichbarkeitsindikatoren in Neuseeland	88
Tabelle 12: „Accessibility Planning“ in Neuseeland: Gewichtung der Verkehrsmittel nach Aktivitätsziel am Beispiel für die Altersgruppe der 25- bis 64-Jährigen	90
Tabelle 13: „Accessibility Planning“ in Neuseeland: Gewichtung der Aktivitäten nach Altersgruppen	90
Tabelle 14: Gewichtung der „Structural Accessibility Layers“	92
Tabelle 15: Bewertungsraster der niederländischen ABC-Standortplanung	95
Tabelle 16: Einzelindikatoren des „mobility2know“-Bewertungssystems der TU Wien	99
Tabelle 17: Erreichbarkeitsindikatoren des Erreichbarkeitsatlasses der Metropolregion München	103

Tabelle 18: Beispielhafte Aktivitätsziele im „Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge“	104
Tabelle 19: Unterschiedliche Modellansätze zur Analyse von (Nah-)Erreichbarkeit	107
Tabelle 20: Beispielhafte Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix	113
Tabelle 21: Beispielhafte Aktivitätskategorien und -ziele	114
Tabelle 22: Zeitliche Gewichtungsfaktoren für den ÖPNV bei der „Accessibility Planning“ in England	121
Tabelle 23: Beispiele der Abbildung von Aktivitätszielen durch Attraktivitätsmaße	128
Tabelle 24: Ansätze zur Abbildung von Raumüberwindungswiderständen	137
Tabelle 25: Wegedauern nach Nachfragegruppe, Reisezweck und Verkehrsmittel	143
Tabelle 26: Typische Raumwiderstandssensibilitätswerte und Halbwertszeiten	145
Tabelle 27: In der Praxis mit negativen Exponentialfunktionen angewandte β -Parameter	148
Tabelle 28: Angenommene Fahrgeschwindigkeiten in verschiedenen Erreichbarkeits- modellen	152
Tabelle 29: Zentrale Naherreichbarkeitsindikatoren des Evaluationsschemas	169
Tabelle 30: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Grundzentren“	171
Tabelle 31: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften“	172
Tabelle 32: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Hausärzten“	172
Tabelle 33: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen“	173
Tabelle 34: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertages- stätten“	174
Tabelle 35: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Grundschulen“	175
Tabelle 36: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II“	176
Tabelle 37: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Berufskollegs“	176
Tabelle 38: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten“	177
Tabelle 39: Steckbrief des Indikators „Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen“	178
Tabelle 40: Bewertungsindizes des Evaluationsschemas	179
Tabelle 41: Erreichbarkeitsgradindikatoren des Evaluationsschemas	180
Tabelle 42: Prognostizierte Entwicklung von Altersgruppen in Dortmund zwischen 2011 und 2030	189
Tabelle 43: Auflistung der statistischen Unterbezirke in Dortmund	195
Tabelle 44: Annahmen über Gewichtungsfaktoren zur räumlichen Verteilung der Bevölkerung	200
Tabelle 45: Generierung der Verkehrsgraphen aus OpenStreetMap-Daten anhand der Klassifizierungsmerkmale des Attributfelds „highway“	210
Tabelle 46: Annahmen über Höchstgeschwindigkeiten v_{max} für unterschiedliche Straßen- typen	211
Tabelle 47: Modellierte ÖPNV-Linien und Streckenabschnitte nach Verkehrsunternehmen	221
Tabelle 48: Aktivitäts- und verkehrsmittelspezifische Annahmen über die Reisezeit- sensibilitätsparameter β bei den Potenzialindikatoren	227
Tabelle 49: Matrix der Pearson-Korrelationen der Naherreichbarkeitsergebnisse nach Verkehrsmitteln und Aktivitätstypen	230

Tabelle 50: Mittlere Reisezeiten je Einwohner zum nächsten Grundzentrum in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	236
Tabelle 51: Mittlere Reisezeiten je Einwohner zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	239
Tabelle 52: Mittlere Reisezeit je Einwohner zu den nächsten drei Hausärzten in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	241
Tabelle 53: Erreichbarkeit von Grün- und Freiflächen auf Ebene in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	246
Tabelle 54: Erreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	249
Tabelle 55: Erreichbarkeit von Grundschulen in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	251
Tabelle 56: Erreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	254
Tabelle 57: Erreichbarkeit von Berufskollegs in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	256
Tabelle 58: Erreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	259
Tabelle 59: Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen in den statistischen Unterbezirken in Dortmund	261
Tabelle 60: Erreichbarkeitsgrade in Dortmund	270
Tabelle 61: GINI-Koeffizienten der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund	274
Tabelle 62: Interdezilverhältnis der Naherreichbarkeit in Dortmund	275
Tabelle 63: Aktivitätsspezifische Intermodalindizes (ÖPNV/MIV) zur Naherreichbarkeit in Dortmund	278
Tabelle 64: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Borsigplatz mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund	281
Tabelle 65: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk City-West mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund	285
Tabelle 66: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund	287
Tabelle 67: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund	290
Tabelle 68: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund	293
Tabelle 69: Gesamterreichbarkeit für Familien mit Kleinkindern in statistischen Unterbezirken in Dortmund	298
Tabelle 70: Gesamterreichbarkeit für Single-Haushalte in statistischen Unterbezirken in Dortmund	301
Tabelle 71: Gesamterreichbarkeit für Seniorenhaushalte in statistischen Unterbezirken in Dortmund	304

Kartenverzeichnis

Karte 1: Reisezeit mit dem ÖPNV in die Innenstadt Krefelds	51
Karte 2: ÖPNV-Erreichbarkeit von Hausärzten in der Modellregion SPESSARTregional für einen Termin um 16:00 Uhr	105
Karte 3: Östliches Ruhrgebiet.....	184
Karte 4: Flächennutzung im östlichen Ruhrgebiet	185
Karte 5: Straßennetz im östlichen Ruhrgebiet	186
Karte 6: Flächennutzung in Dortmund	187
Karte 7: Einkommen je Steuerpflichtigen in den statistischen Unterbezirken Dortmunds.....	191
Karte 8: Liniennetz des ÖPNV in Dortmund (ohne Eisenbahnlinien)	193
Karte 9: Stadtteile, statistische Bezirke und statistische Unterbezirke der Stadt Dortmund ..	194
Karte 10: Hexagone als Analysebezugssystem im Vergleich zu statistischen Unterbezirken ..	197
Karte 11: Überlagerung von Flächennutzung, Gebäuden und Hexagonen in Dortmund (Ausschnitt).....	199
Karte 12: Modellierte räumliche Verteilung der Bevölkerung in Dortmund	200
Karte 13: Grundzentren und Lebensmittelgeschäfte in Dortmund	202
Karte 14: Hausarztpraxen in Dortmund	204
Karte 15: Schulen und Kindergärten/Kindertagesstätten in Dortmund	205
Karte 16: Seniorenbegegnungsstätten in Dortmund	206
Karte 17: Modellhafte räumliche Verteilung der Arbeitsplätze im östlichen Ruhrgebiet.....	207
Karte 18: Pkw-Straßennetz des östlichen Ruhrgebiets.....	211
Karte 19: Fahrradwegenetz mit berechneten Neigungen in Dortmund	216
Karte 20: Fußwegenetz in Dortmund.....	218
Karte 21: Aus digitalen Fahrplandaten generierter ÖPNV-Graph des östlichen Ruhrgebiets ..	222
Karte 22: Naherreichbarkeit von Grundzentren in Dortmund zu Fuß/mit dem ÖPNV	234
Karte 23: Naherreichbarkeit von Grundzentren in Dortmund zu Fuß/mit dem ÖPNV (Detailausschnitt)	235
Karte 24: Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften für tägliche Einkäufe in Dortmund zu Fuß/mit dem ÖPNV	238
Karte 25: Naherreichbarkeit von Hausärzten zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit dem Pkw und zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.....	242/243
Karte 26: Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen zu Fuß in Dortmund	244
Karte 27: Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund ..	245
Karte 28: Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund	248
Karte 29: Naherreichbarkeit von Grundschulen zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund	252
Karte 30: Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund	253
Karte 31: Naherreichbarkeit von Berufskollegs zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund	257
Karte 32: Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund	258

Karte 33: Effektive Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.....	262
Karte 34: Erreichbare Arbeitsplätze innerhalb eines Reisezeitbudgets von 20 Minuten in Dortmund.....	263
Karte 35: Veränderung der Naherreichbarkeit von Grundschulen in Dortmund zwischen 2011 und 2012 zu Fuß/mit dem ÖPNV	266
Karte 36: Folgen des Wegfalls des Supermarktstandorts in Groß-Barop auf die Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften zu Fuß/mit dem ÖPNV	268
Karte 37: Erreichbarkeit von Grundschulen zu Fuß/mit dem ÖPNV in den Dortmunder Unterbezirken, dargestellt als Erreichbarkeitsgrade	272
Karte 38: Intermodelindizes für die Naherreichbarkeit von Grundzentren, Berufskollegs und Arbeitsplätzen in Dortmund.....	277
Karte 39: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Borsigplatz	280
Karte 40: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk City-West.....	283
Karte 41: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd	286
Karte 42: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord.....	289
Karte 43: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost.....	292
Karte 44: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus Sicht von Familien mit Kindern und Pkw ...	296
Karte 45: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus Sicht von Familien mit Kindern ohne Pkw .	297
Karte 46: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus der Sicht von Single-Haushalten ohne Pkw	302
Karte 47: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus der Sicht von Seniorenhaushalten ohne Pkw	305

Abkürzungsverzeichnis

ArcGIS	Geoinformationssystem der Fa. ESRI
ARIA	Accessibility/Remoteness Index of Australia
ARL	Akademie für Raumforschung und Landesplanung
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
ATOS	Access to Opportunities and Services (Erreichbarkeitsmodell)
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
COST	European Cooperation in Science and Technology, Forschungsprogramm der Europäischen Kommission
DfT	Department for Transport (engl. Verkehrsministerium)
DGM	Digitales Geländemodell
DHC	Derek Halden Consultancy
DIVA	Dialoggesteuertes Verkehrsmanagement- und Auskunftssystem der Fa. Mentz Datenverarbeitung GmbH

DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DOM	Digitales Oberflächenmodell
EFA	Elektronische Fahrplanauskunft
EMM	Europäische Metropolregion München
ESPON	European Observation Network, Territorial Development and Cohesion, Raubeobachtungsnetzwerk der Europäischen Kommission
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EVA-Funktion	Erzeugungs-, Verteilungs- und Aufteilungsfunktion
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
GIS	Geoinformationssystem
GVZ	Güterverteilzentrum
HAFAS	Fahrplan-Auskunfts-System der Fa. HaCon Ingenieurgesellschaft mbH
ILUMASS	Integrated Land Use Modelling and Transportation System Simulation
IRPUD	Institut für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund
IT.NRW	Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen
Kiga/Kita	Kindergarten/Kindertagesstätte
KONTIV	Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten (EMNID-Institut 1989)
LEP	Landesentwicklungsplan
LSOA	Lower layer super output area (engl. statistische Raumeinheit)
LUPTAI	Land Use and Public Transport Accessibility Index
MiD	Mobilität in Deutschland (Studie zum Verkehrsverhalten, infas und DLR)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MORO	Modellvorhaben der Raumordnung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖROK	Österreichische Raumordnungskonferenz
OSM	OpenStreetMap (frei nutzbare Weltkarte)
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PTAL	Public Transport Accessibility Level
PTV	Planung Transport Verkehr AG
ROG	Raumordnungsgesetz
RVR	Regionalverband Ruhr
SGB	Sozialgesetzbuch
SNAMUTS	Spatial Network Analysis for Multimodal Urban Transport Systems
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SRTM-Daten	Fernerkundungsdaten der NASA-Shuttle Radar Topography Mission
SUMP	Sustainable Urban Mobility Plans
TAMI	Transport, Accessibility and Mobility Indicators
TfL	Transport for London (Verkehrsplanungsbehörde)
VÖV	Verband Öffentlicher Verkehrsbetriebe (heute: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen)
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (Niederländisches Ministerium für Wohnungswesen, Raumordnung und Umweltschutz)

Zusammenfassung

Erreichbarkeitsfragen betreffen alle Menschen, denn Erreichbarkeit wirkt auf die Existenz und das Handeln jedes Einzelnen. Ihre Gestaltung ist ein klassisches Themenfeld der Raum- und Verkehrsplanung in Deutschland. Diese Arbeit befasst sich mit der Modellierbarkeit und Analyse von Naherreichbarkeit in Kommunen. Naherreichbarkeit umfasst die nahräumliche Erreichbarkeit menschlicher Aktivitätsziele der Daseinsgrundfunktionen in Wohnungsnähe. Im Zusammenspiel mit gesellschaftlichen und demographischen Transformationsprozessen verwandeln die zunehmende Spezialisierung und Konzentration von Standorten und die fortschreitende Ausweitung von Aktionsräumen die Erreichbarkeit in städtischen und ländlichen Wohnquartieren.

Im Zentrum von Naherreichbarkeitsanalysen stehen alltägliche Aktivitäten wie die Nahversorgung mit Lebensmitteln, das Aufsuchen von Betreuungs- und Bildungseinrichtungen oder die medizinische Grundversorgung. Aufgrund ihrer hohen Distanzsensibilität ist der Anteil an Wegen, die mit nicht-motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt werden, hoch. In dem Konzept von Naherreichbarkeit erfährt die Erreichbarkeit zu Fuß oder mit dem Fahrrad daher eine besondere Rolle. Erstrebenswert sind gute Naherreichbarkeitsverhältnisse aus sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Motiven. Denn sie stützen verkehrs-, umwelt- und klimapolitische Ziele, bewahren die Teilhabechancen am örtlichen Bildungs-, Sozial- und Gesundheitswesen, reduzieren soziale Exklusionsentwicklungen, fördern die lokale Ökonomie und beleben Wohnquartiere.

In dieser Arbeit wird eine sachliche Bewertungs- und Vergleichsmethode entwickelt, mit der kleinräumige Veränderungen in der Naherreichbarkeit wissenschaftlich exakt messbar, sichtbar und überprüfbar gemacht werden können. Aufbauend auf dem Stand der Wissenschaft und Technik wird ein System von standörtlichen Naherreichbarkeitsindikatoren definiert, das komplex genug ist, um die Wechselwirkungen zwischen Flächennutzung und Verkehr adäquat wiederzugeben, das aber auch einfach genug ist, um gut nachvollziehbar und vermittelbar zu sein. Mit dem Indikatorensystem lassen sich verkehrsmittel- und aktivitätsspezifische Naherreichbarkeitsdisparitäten oder -engpässe quantifizieren und aus der Sicht verschiedener Bevölkerungsgruppen bewerten. Bewertungsindizes ermöglichen die Evaluation von Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündel der Flächennutzungsplanung, Verkehrsplanung oder relevanter Fachplanungen hinsichtlich ihrer sozial-räumlichen Auswirkungen auf die Naherreichbarkeit in den Wohnquartieren und können für ein kommunales Naherreichbarkeitsmonitoring genutzt werden.

Diese Arbeit zielt darauf ab, zu einem tieferen Verständnis und Wissen über Naherreichbarkeit als bedeutende Informations- und Planungsgrundlage für Kommunen beizutragen. Auf der Entwicklung einer mit einem Geoinformationssystem anwendbaren Methode zum kleinräumigen und akkuraten Messen von aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsverhältnissen in Wohnquartieren liegt der Fokus dieser Arbeit. Der praktische Nutzen des Ansatzes wird am Fallbeispiel der Stadt Dortmund verdeutlicht, für die eine Naherreichbarkeitsanalyse für zehn Aktivitäts- und vier Verkehrsarten durchgeführt wird. Die Ergebnisse werden in der Arbeit kartographisch und statistisch aufbereitet dargestellt. Mit standörtlichen Reiseaufwandsindikatoren können die Reisezeiten zu nächstgelegenen Einrichtungen wiedergegeben werden. Sie sind besonders gut verständlich und einfach zu vermitteln. Durch die Analyse wird aufgezeigt, dass die Erreichbarkeit mit dem Pkw in der Stadt Dortmund nahezu ubiquitär gut ist. Die fußläufige Naherreichbarkeit dagegen wird stark durch die Raumplanung, das heißt durch die räumli-

che Anordnung der Aktivitätsziele bestimmt. In der Regel stellt eine hohe Einwohnerdichte ein deutliches Indiz für gute Naherreichbarkeitsverhältnisse dar. Unterstützt wird die hier vorhandene gute Erreichbarkeit durch ein auf die Stadtteilzentren ausgerichtetes ÖPNV-Angebot. In gering verdichteten Wohnquartieren abseits der ÖPNV-Linien sind die Bewohner für das Erreichen von Aktivitätszielen der Daseinsgrundfunktionen auf das Fahrrad und den Pkw angewiesen. Personen ohne Pkw-Verfügbarkeit sind hier benachteiligt und haben entsprechend geringere Teilhabechancen an der Ausübung sozialer Aktivitäten und wirtschaftlicher Austauschprozesse.

Die Methode zum Messen von Naherreichbarkeit in Kommunen kann zur Etablierung eines kontinuierlichen Erreichbarkeitsbeobachtungssystems und zur Unterstützung einer integrierten kommunalen Naherreichbarkeitsplanung genutzt werden, die auf eine abgestimmte Förderung verbesserter Naherreichbarkeitsbedingungen abzielt.

1 Einführung

Erreichbarkeitsfragen betreffen alle Menschen, denn Erreichbarkeit wirkt auf die Existenz und das Handeln jedes Einzelnen. Genau genommen ist sie das Ergebnis der räumlich-verkehrlichen Organisation des Gemeinwesens. Ihre Gestaltung ist ein klassisches Themenfeld der Raum- und Verkehrsplanung in Deutschland. Diese Arbeit befasst sich mit Naherreichbarkeit, der wohnungsnahen Erreichbarkeit menschlicher Aktivitätsziele zum Arbeiten, Bilden, Einkauf, Erholen etc. Ihr Fokus liegt auf der Entwicklung einer sachlichen Bewertungs- und Vergleichsmethode, mit der Veränderungen der Naherreichbarkeit wissenschaftlich exakt messbar, sichtbar und überprüfbar gemacht werden. Es soll ein Verfahren hergeleitet werden, das sich zum Aufdecken von Erreichbarkeitslücken, zur vergleichenden Bewertung von Maßnahmen der Flächennutzungs- und Verkehrsplanung für die Naherreichbarkeit und zur Etablierung eines kontinuierlichen Erreichbarkeitsbeobachtungssystems eignet. Die in dieser Arbeit entwickelte Methode soll am Fallbeispiel der Stadt Dortmund praktisch erprobt und bewertet werden.

Dieses erste Kapitel dient der Einführung in das Thema. Ein historischer Abriss der Erreichbarkeitsveränderungen in Stadtregionen (siehe Kapitel 1.1.1) und eine theoretische Abhandlung über die Wirkungen von Erreichbarkeitsbedingungen auf das individuelle Standort- und Verkehrsverhalten (siehe Kapitel 1.1.2) bilden den Hintergrund, vor dem die derzeitige Problemlage erörtert wird (siehe Kapitel 1.1.3). Hieraus wird im Kapitel 1.2 die skizzenhaft soeben bereits umrissene wissenschaftlich-methodische Zielsetzung dieser Arbeit abgeleitet und vertieft. Der daraus folgende Aufbau der gesamten Arbeit wird im Kapitel 1.3 dargestellt.

1.1 Ausgangssituation

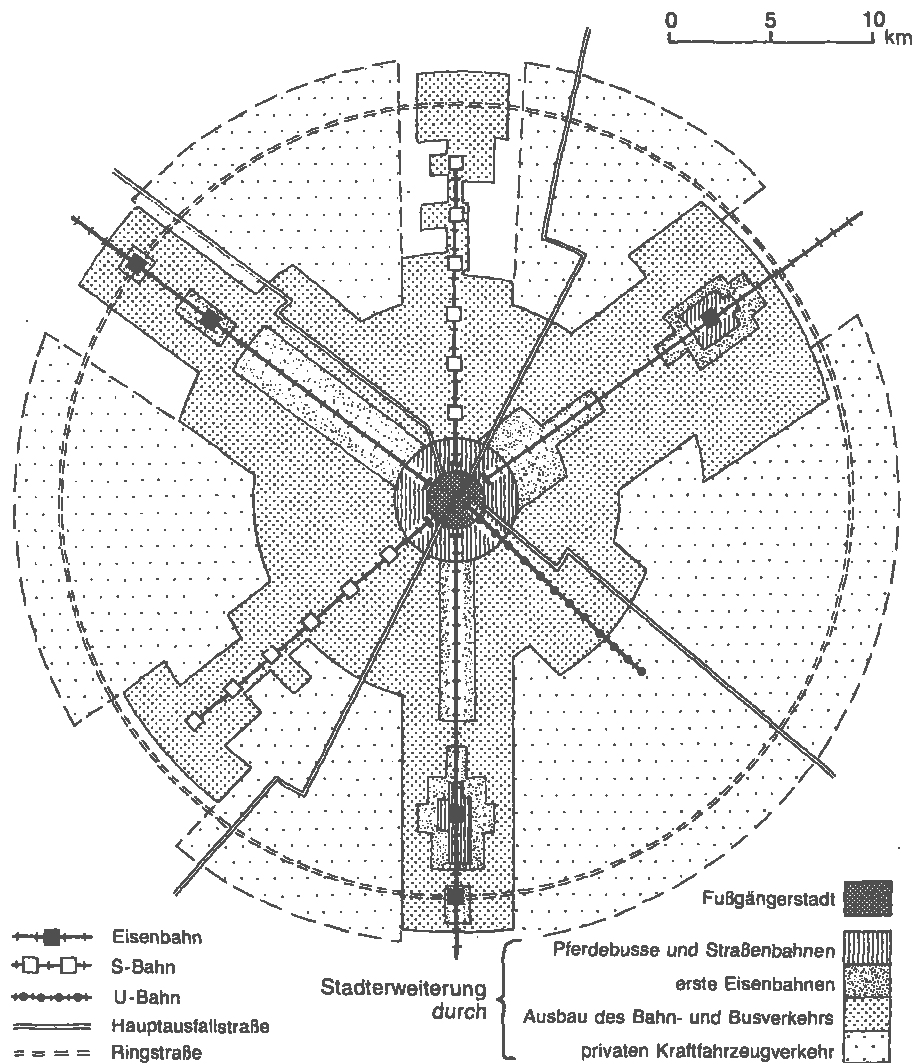
1.1.1 Historischer Abriss der Raum- und Verkehrsentwicklungen

Dass Raum- und Verkehrsentwicklungen eng miteinander verknüpft sind, ist seit eh und je bekannt (Mäcke 1969, S. 2ff.). Gemeinsam stellen Raumnutzung und Verkehr ein sich wechselseitig beeinflussendes System dar, das auf technologische, wirtschaftliche und ethologische Entwicklungen reagiert und einem ständigen Wandel unterlegen ist (vgl. Kagermeier 1997; Schmitz 2001; Huber 2011). Einerseits wirken räumliche Transformationsprozesse auf die Verkehrsentwicklung ein, andererseits bestimmen die verkehrlichen Strukturen jene räumlichen Transformationsprozesse. Mittels eines Abrisses über die historischen Raum- und Verkehrsentwicklungen lassen sich diese Interdependenzen nachvollziehen.

Die heutigen Innen- und Kernstädte der deutschen Kommunen entsprachen noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zumeist den kompakten Städten des Mittelalters und der frühen Neuzeit. In ihnen wurden nahezu alle täglichen Wege zu Fuß zurückgelegt. Bis zur Industriellen Revolution gab es in aller Regel keine Stadterweiterungen größeren Umfangs. Erst mit der Erfindung der Pferdebusse, Straßenbahnen und Eisenbahnen konnten sich die Städte ab Mitte des 19. Jahrhunderts räumlich massiv ausweiten. Die neu entstandenen industriellen Wirtschafts- und Produktionsformen waren begleitet von einer starken Bevölkerungszunahme, die oft beengte und unhygienische Wohnumstände in den Innen- und Kernstädten zur Folge hatte. Diese Entwicklungen führten zu einer radikalen Veränderung der Raum- und Verkehrsstrukturen. In immer beträchtlicherer Anzahl begannen die Menschen zwischen Wohnung und Arbeitsplatz zu pendeln, was dank der neuen Verkehrstechnologien nun über immer größere Distanzen auch möglich war. Rund um die Straßen- und Eisenbahnhaltepunkte wuchsen neue Ansiedlungen.

Entlang der Schienenstränge weiteten sich die Städtesysteme radial in ihr ehemals ländliches Umland aus. Wie einschneidend diese Entwicklungen gewesen sein müssen, belegt auch das folgende Zitat aus der Mitte des 19. Jahrhunderts: „Es ist heutzutage nicht ungewöhnlich, daß Geschäftsleute, die im Zentrum [...] arbeiten, mit ihren Familien 15 bis 20 Meilen außerhalb der City wohnen. Trotzdem können sie ihre Geschäfte, Kontore und Büros frühmorgens erreichen und ebenso ohne jede Unbequemlichkeit zur gewöhnlichen Feierabendzeit nach Hause zurückkehren. Daher haben sich [...] überall, wo es Eisenbahnen gibt, die Wohnungen vervielfacht, und ein beträchtlicher Teil der [...] Bevölkerung lebt jetzt in diesem Gebiet“ (Pecqueur 1839, S. 26, zitiert nach Schivelbusch 2011, S. 37).

Eine weitere verkehrstechnologische Erfindung mit bedeutsamen Folgen für die Raumstrukturen folgte mit dem Automobil. Erst die Erfindung des Automobils ermöglichte auch abseits der ÖPNV-Achsen die flächenhafte Erschließung des Raums. Abbildung 1 veranschaulicht die Stadterweiterungen in Abhängigkeit der Verkehrsmittel graphisch als schematisches Phasenmodell (hierzu mehr bei Daniels und Warnes 1980).



Quelle: Bähr, Jentsch und Kuls 1992, S. 849, nach der Originalversion von Daniels und Warnes 1980, S. 3

Abbildung 1: Phasenmodell der Stadterweiterung in Abhängigkeit von Verkehrsmitteln.

Nach dem zweiten Weltkrieg entwickelte sich Westdeutschland zu einer Wohlstandsgesellschaft. Ein immer größer werdender Teil der Bevölkerung konnte seine Wohnstandortpräferenzen – vor allen Dingen den Wunsch nach Wohnen im Grünen und einem familiengerechten Umfeld – im Umland der Siedlungskernbereiche realisieren. Die Zielorte dieser Wanderungsbewegungen lagen dabei aufgrund der niedrigeren Bodenpreise überwiegend in den Zwischenräumen der ÖPNV-Achsen (Holz-Rau 1997, S. 20). Hier dominierte als Verkehrsmittel der Pkw, das nun auch für viele Privathaushalte immer erschwinglicher wurde. Der ersten Suburbanisierungswelle in Westdeutschland in den 1960er-Jahren folgten weitere, in denen sich nach der Bevölkerung auch haushaltsnahe Dienstleistungs- und Handelsunternehmen und später auch sonstige Dienstleistungs-, Handels-, Gewerbe- und Industrieunternehmen in das engere bzw. weitere Umland der Kernstädte verlagerten. Die einzelnen Phasen folgten allerdings nicht aufeinander abgestimmt, teilweise verliefen sie voneinander entkoppelt (siehe exemplarisch Kagermeier, Miosga und Schußmann 2001).

Ungefähr ab Mitte der 1980er-Jahre bildeten sich in Westdeutschland neue monofunktionale, hoch spezialisierte Standorte für Distributionszonen, Gewerbeparks, Einkaufszentren und Freizeitkomplexe heraus (Brake, Danielzyk, Karsten und Rudolph 1997, S. 20ff.; Hesse 2001, S. 98). In Ostdeutschland hingegen setzten die Dekonzentrationsprozesse erst nach der Wiedervereinigung ein, dann aber vollzogen sie sich in kürzester Zeit. Die einst klaren Differenzierungen zwischen urbanen und ruralen Räumen wurden zunehmend unschärfer (siehe Bahrenberg 2003). Letztendlich verhindern aber eine zu geringe Dichte und die mangelhafte Durchmischung unterschiedlicher Flächennutzungsarten eine Anreicherung des suburbanen Raums mit zentralörtlichen Funktionen, die den Ausstattungsmerkmalen von Kernstädten vergleichbar wäre. Ausführliche Beschreibungen über die einzelnen Dekonzentrationsprozesse und Suburbanisierungsphasen finden sich bei Siebel (2005, S. 1135), Jessen (2001, S. 318ff.) oder Schmitz (2001, S. 146ff.). Sieverts (1998, S. 38f.) prägte für die heute charakteristischen Raum- und Siedlungsmuster im suburbanen Raum den Begriff der „Zwischenstadt“.

Eines der Resultate der Dekonzentrationsprozesse war die zunehmende räumliche Trennung der Aktivitätsstandorte des Wohnens, Arbeitens, Bildens, Einkaufens, Erholens usw. Die Aktionsräume der Individuen dehnten sich fortwährend aus. So stieg der Verkehrsaufwand im Personenverkehr allein in den Jahren zwischen 1991 und 2009 um über 25 Prozent (siehe BMV 1992, S. 195; BMVBS 2013, S. 219). Zugleich wiesen zwischen 1989 und 2008 das durchschnittliche Verkehrsaufkommen mit rund 3,4 Wegen pro Tag und die mittlere Wegedauer mit ca. 22,5 Minuten pro Weg eine bemerkenswerte Konstanz auf (siehe KONTIV 1989; MiD 2002, 2008). Verkehrliche Beschleunigungsmaßnahmen führten demzufolge nicht zu Zeitersparnissen. Im Gegenteil, sie wurden in die Bewältigung größerer Entfernungen transformiert.

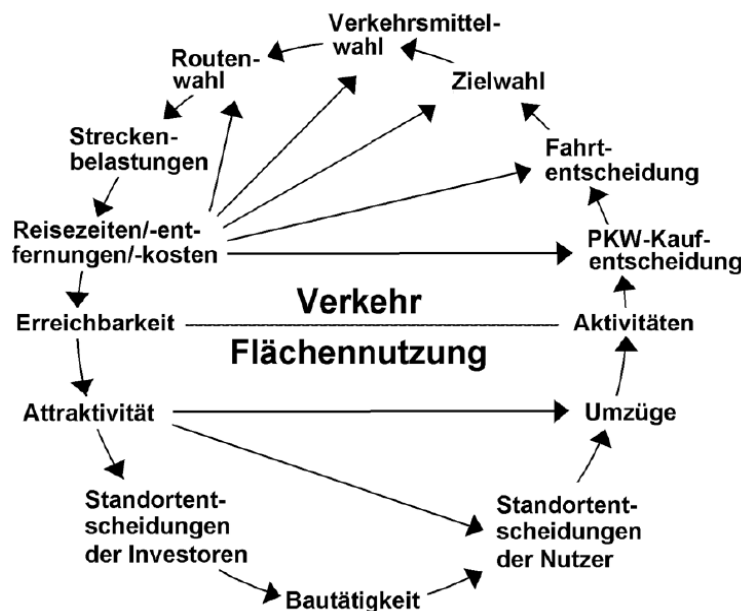
Zahavi, Beckmann und Golob (1981) haben „auf der Grundlage der Aktionsraumtheorie die Hypothese aufgestellt, dass Individuen bei ihren täglichen Mobilitätsentscheidungen keineswegs, wie es die herkömmliche Theorie des Verkehrsverhaltens unterstellt, den Raumüberwindungsaufwand minimieren, sondern vielmehr im Rahmen ihrer für die Raumüberwindung zur Verfügung stehenden Zeit- und Geldbudgets die Zahl der [...] [erreichbaren] Gelegenheiten maximieren“ (Wegener 1999, S. 21; vgl. Schmitz 2001, S. 187 und Kutter 2003, S. 116f.).

Eng verbunden mit der Ausweitung der individuellen Aktionsräume ist der starke Rückgang des Anteils nicht-motorisierter Verkehrsmittel, also des Zufußgehens und Fahrradfahrens. Ihr Anteil am Personenverkehrsaufkommen wurde seit dem Beginn der Suburbanisierungswelle fast aus-

schließlich durch den motorisierten Individualverkehr (MIV) substituiert, während der Anteil des ÖPNV auf fast gleichem Niveau verharrte. Allerdings sind raumstrukturelle Unterschiede im Verkehrsverhalten festzustellen. Während die durchschnittliche Wegehäufigkeit bei städtischen, suburbanen oder ländlichen Bewohnern nahezu identisch ausfällt, gibt es bei der durchschnittlichen Distanz und Dauer ihrer Wege deutliche Abweichungen. Bewohner suburbaner und ländlicher Räume legen im Mittel erheblich längere Strecken zurück als Bewohner aus urbanen Räumen. Erstaunlich ist es, dass sie hierfür weniger Zeit benötigen (infas und DLR 2008b, S. 6). Dies lässt darauf schließen, dass sie für ihre Wege vermehrt einen Pkw benutzen. Bewohner der Kernstädte hingegen sind im Vergleich „wesentlich häufiger mit öffentlichen Verkehrsmitteln und zu Fuß unterwegs als die Bewohner der verdichteten und der ländlichen Kreise“ (ebd.). Trotzdem ist auch hier der Pkw zum dominierenden Verkehrsmittel geworden.

1.1.2 Regelkreis Flächennutzung und Verkehr

Die im Absatz zuvor beschriebenen Entwicklungen belegen die wechselseitigen Wirkungszusammenhänge, die zwischen der Siedlungsentwicklung und dem Verkehr bestehen. Eine theoretische Fundierung kann über das Konzept des Regelkreises Flächennutzung und Verkehr (engl. land-use transport feedback cycle) erfolgen (siehe Wegener 1996, 1999), der in Abbildung 2 dargestellt ist. Die Erläuterung des Regelkreises kann an beliebiger Stelle beginnen. Im Folgenden wird der Punkt Aktivitäten in der Abbildung 2 rechts an der Schnittstelle zwischen Flächennutzung und Verkehr zum Ausgangspunkt der folgenden Darlegungen genommen.



Quelle: Wegener 1999, S. 20

Abbildung 2: Regelkreis Flächennutzung und Verkehr.

Die Aktivitäten kennzeichnen die Lage und Verteilung der menschlichen Aktivitätsgelegenheiten im Raum. Aktivitätsorte des Wohnens, Arbeitens, Bildens, Versorgens, Erholens usw. sind räumlich voneinander getrennt. Zur alltäglichen Ausübung von Aktivitäten sind Ortsveränderungen notwendig. Sie können von den Akteuren mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln und auf unterschiedlichen Routen bewältigt werden. Die Lage und Verteilung der Aktivitätsorte im Raum

und deren Zugänglichkeit mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln geben den Rahmen für das Verkehrsverhalten vor (Kutter 2001, S. 36ff.). Innerhalb dieses Rahmens fallen die Akteure entsprechend ihren Bedürfnissen, Orientierungen, Normen, Motive, Routinen, Fähigkeiten und Budgets ihre individuellen Verkehrsentscheidungen (Holz-Rau 1997, S. 13; Lanzendorf und Scheiner 2004, S. 16ff.). Dabei beeinflussen im Wesentlichen die Reisezeit, die Reisedistanz und die Reisekosten die Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, ob ein Pkw oder andere motorisierte Individualverkehrsmittel ständig bzw. im Einzelfall verfügbar sind.

Die alltägliche Folge der individuellen Verkehrsentscheidungen sind Streckenbelastungen, die gegebenenfalls – zum Beispiel im Falle von Verkehrsstaus – sogar Verschlechterungen der Reisezeiten, -distanzen und -kosten nach sich ziehen können. Dies wiederum wirkt rückgekoppelt auf das alltägliche Verkehrsverhalten ein, kann Pkw-Kaufentscheidungen beeinflussen oder alternative Ziel-, Verkehrsmittel- oder Routenwahlen auslösen. In der Summe prägen die individuellen Verkehrsentscheidungen die Erreichbarkeit der Aktivitätsziele. Hier befindet sich die zweite Schnittstelle des Regelkreises Flächennutzung und Verkehr.

Die Erreichbarkeit von Aktivitäten stellt die zentrale Einflussgröße für zukünftige Standort- oder Umzugsentscheidungen von Haushalten, Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen dar. Von Litman (2011, S. 1) wird dies wie folgt zusammengefasst: Sprechen Investoren oder Makler von „Lage, Lage, Lage“, meinen sie in Wirklichkeit „Erreichbarkeit, Erreichbarkeit, Erreichbarkeit“. Die Erreichbarkeit eines Standortes markiert seine Attraktivität. Sie „beeinflusst, mit anderen Attraktivitätsmerkmalen, die Standortentscheidungen von Bauinvestoren und resultiert in Neubau, Modernisierung oder Abriss von Gebäuden“ (Wegener 2009, S. 76). Hierdurch bestimmt sie maßgeblich das Umzugsverhalten von Privathaushalten und Unternehmen (siehe Thakur 2009). Bei Privathaushalten sind die Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes, des Ausbildungsplatzes und wohnungsnaher Einrichtungen trotz zunehmender Motorisierung und niedriger Verkehrskosten von zentraler Bedeutung (Scheiner 2009, S. 122ff.; vgl. Weisbrod, Lerman und Ben-Akiva 1980; Lee, Waddell, Wang und Pendyala 2010). Im Besonderen trifft dies auf Privathaushalte mit mittleren und niedrigen Einkommen zu (siehe Flórez 1997). Befunde von Fuchte (2006) verdeutlichen, „dass individuelle Nähebedürfnisse bei der Wohnstandortwahl eine prominente und nicht ersetzbare Rolle spielen, im Denken der Menschen allerdings kaum mit dem Thema Verkehr und Erreichbarkeit in Zusammenhang gebracht werden“ (Holz-Rau, Scheiner und Schwarze 2010, S. 23). An dieser Stelle schließt sich der Regelkreis Flächennutzung und Verkehr. Die individuellen, langfristig wirkenden Standortentscheidungen wirken sich ihrerseits wiederum auf die individuellen, alltäglichen Verkehrsentscheidungen aus.

Der Regelkreis Flächennutzung und Verkehr ist als ein Denkmodell zu verstehen, das die dynamischen, wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung erklärt. Dem Modellzweck entsprechend, und wie allgemein üblich, ist das Modell an einigen Stellen simplifiziert. Bei der Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl können neben den harten Faktoren wie Reisezeit, -distanz und -kosten auch weitere Faktoren eine Rolle spielen. Hierzu zählen beispielsweise das Prestige oder die Zuverlässigkeit, Sicherheit und Flexibilität eines Verkehrsmittels. Gleiches gilt für die Standortwahl, bei der auch zum Beispiel das Image, die Sicherheit eines Standortes, seine Anwohner- und Bebauungsstruktur mitentscheidend sein können. Solche weichen Objekt- und Standorteigenschaften werden dabei umso bedeutender, je geringer die Unterschiede in der Erreichbarkeit verschiedener Standorte ausfallen (siehe Zondag und Pieters 2005).

Nimmt man den Regelkreis Flächennutzung und Verkehr als Modell zur Grundlage, so zeigt dies auch, dass von außen an nahezu allen Stellen durch vielfältige Maßnahmen der Flächennutzungs-, Verkehrs- oder anderer Fachplanungen eingegriffen werden kann. Sowohl infrastrukturelle, verkehrspolitische, baurechtliche, fiskalische, wohnungspolitische, wirtschaftsfördernde, umweltpolitische als auch verkehrssteuernde oder informationelle Handlungs- und Maßnahmenansätze können auf die Prozesse beeinflussend oder reglementierend einwirken (Schürmann und Spiekermann 2011, S. 21f.). Eine planerische Orientierung am Konzept des Regelkreises Flächennutzung und Verkehr und eine enge Abstimmung zwischen Flächennutzungs-, Verkehrs- und Fachplanung können die Gefahr reduzieren, dass „vermeidbarer Verkehr erzeugt und Verkehrsmittel- und Verkehrswegewahl präjudiziert [werden]“ (Retzko 1987, S. 1).

1.1.3 Aktuelle Problemlage

Die zurückliegenden Jahrzehnte waren davon geprägt, dass sich die Erreichbarkeit für die meisten Menschen – vor allem für Auto-Besitzer – zeitlebens erhöhte. Aktivitätsziele konnten schneller, sicherer, komfortabler und gegebenenfalls sogar billiger erreicht werden als in der Generation zuvor. Allerdings wird es zunehmend deutlicher, dass auch Erreichbarkeit ihre Grenzen hat. So führen die Ausweitung der individuellen Aktionsräume und die Zunahme des Pkw-Anteils am Verkehr zu massiven Problemen. Neben den offenkundigen Überlastungen im Straßennetz, dem Verkehrslärm, der Luftverschmutzung und dem Energie- und Flächenverbrauch, um nur einige Probleme zu nennen, kommt es zunehmend zu Erreichbarkeitsproblemen im nähräumlichen Umfeld. In besonderem Maße betrifft dies Personen, die nicht über einen Pkw verfügen und in Wohnquartieren leben, die eine nur geringe oder unzureichende Grundausstattung aufweisen beziehungsweise über ein schlechtes ÖPNV-Angebot verfügen (vgl. Sammer 2002, S. 29). Zu den betroffenen Personengruppen zählen vor allem mobilitätseingeschränkte Menschen; tendenziell sind dies Ältere, Kinder, Migranten, Frauen sowie Personen mit niedrigem Einkommen. Vor allem sie haben darunter zu leiden, wenn sich die nähräumliche Erreichbarkeit von Aktivitäten verschlechtert, und sich somit auch ihre Teilhabechancen an gesellschaftlichen Vermittlungs- und wirtschaftlichen Austauschprozessen reduzieren (Chapman und Weir 2008, S. 17; vgl. Wekerle 1985; Halden, Jones und Wixey 2005). „Aktivitäten, die sich zu früheren Zeiten aufgrund der Nähe und geringeren Spezialisierung von Gelegenheiten mit geringerer Geschwindigkeit realisieren ließen, sind heute häufig nur noch mit höheren Geschwindigkeiten über höhere Entfernungen auszuüben“ (Holz-Rau 2009b, S. 304). Dies spiegelt sich deutlich im hohen Rückgang des Anteils nichtmotorisierter Verkehrsmittel wider, der fast ausschließlich durch den Pkw substituiert wurde.

Die hierhinter stehende Dialektik ist offensichtlich. Verbesserungen der Erreichbarkeit von Aktivitäten müssen nicht per se einen gesellschaftlichen Nutzen darstellen. Theoretisch können sie ebenso erhöhte externe Kosten nach sich ziehen, zum Beispiel hinsichtlich umweltlicher, energetischer, verkehrlicher und fiskalischer Belastungen oder in Bezug auf mögliche Belastungen der lokalen Ökonomie und des sozialen Wohls in den Wohnquartieren (Litman 2011, S. 20ff.). „Increasing mobility, the current criterion for ‘good’ transportation planning, is one way to increase accessibility, but it can also work *against* accessibility“ (Grengs 2008, S. 2). Dies gilt vor allen Dingen für Maßnahmen zur Verbesserung der regionalen und überregionalen Erreichbarkeit mit dem Pkw oder ÖPNV (vgl. Handy 1992; Limanond und Niemeier 2003; Talen 2003). Auch wenn mit regionalen Erreichbarkeitsverbesserungen zunächst die positive Ausweitung individueller Wahlmöglichkeiten assoziiert wird, können sie als unerwünschte Folgewirkungen

mittel- und langfristig Verschlechterungen der Naherreichbarkeit bedingen. Denn Verbesserungen der regionalen Erreichbarkeit führen „nicht selten auf der Nachfragerseite zur Wahl peripherer Standorte (z. B. Wohnstandorte) [...] [und] auf der Anbieterseite zu Angebotskonzentrationen („Größeneffekte“) und räumlichen sowie zeitlichen Konzentrationen. Dies bedeutet, dass kurz- und mittelfristige Erweiterungen von [...] Wahlmöglichkeiten [...] durch Verbesserungen der [regionalen] Erreichbarkeit langfristig wieder abnehmen infolge der Aufgabe von kleinen dezentralen Versorgungsstandorten oder infolge nachfragerseitiger Wahl peripherer Standorte und damit höherer Wegaufwände (Zeit, Kosten)“ (Beckmann 2004, S. 54). Anders ausgedrückt: „Das Auto transportiert die Ziele in die Ferne, wo sie dann nur noch mit dem Auto zu erreichen sind“ (Holz-Rau 1990, S. 152).

Ist die Naherreichbarkeit einmal unzureichend geworden, müssen zwangsläufig längere Wege in Kauf genommen werden (Litman 2003, S. 6f.). Die durch den Pkw und das individuelle Verhalten begünstigte „Entwertung der Nähe“ (Holzapfel, Traube und Ullrich 1992, S. 32) kann zur Marginalisierung von Wohnquartieren führen, in denen nahräumlich orientierte öffentliche und private Einrichtungen unwirtschaftlich und untragbar werden und daher wegfallen. Schon jetzt werden politische Anstrengungen unternommen, um in Deutschland die Erreichbarkeit von Daseinsvorsorgeeinrichtungen in den ländlichen Räumen langfristig zu sichern (siehe BMVBS 2010; BMVBS und BBSR 2011). Doch auch die Bewohner verdichteter und städtischer Quartiere sind vor einer Verschlechterung ihrer Naherreichbarkeitsbedingungen nicht gefeit (vgl. Beckmann, Bracher und Hesse 2007). Vielfache Schließungen oder Zusammenlegungen öffentlicher und privater Einrichtungen, zum Beispiel von Schulen, Behörden, kleinflächigem Einzelhandel, Arztpraxen, Post- und Bankfilialen belegen diese evidenten Entwicklungen bereits heute. Dies kann gefährliche negative Folgen haben, insbesondere dann, wenn sich schlechte Naherreichbarkeitsverhältnisse mit Segregation, Verkehrs- und Umweltbelastungen, Arbeitslosigkeit, Armut und Kriminalität überlagern (vgl. Social Exclusion Unit 2003, S. 9ff.; Korsu und Wenglenski 2009). Wenn es zu weiteren Angebotskonzentrations- und Ausdünnungsprozessen und damit zu Naherreichbarkeitsverschlechterungen kommt, dürfte das hiervon ausgehende Potenzial zur Zerstörung gesellschaftlich stabiler Strukturen in Wohnquartieren noch steigen.

Vor diesem Hintergrund kann der politische Wille zur Förderung von Naherreichbarkeit in den Wohnquartieren eine nachhaltige kommunale Entwicklung stärken. Dies wäre sowohl aus sozialer, wirtschaftlicher als auch ökologischer Perspektive sinnvoll. Durch attraktive Naherreichbarkeitsverhältnisse können Lebendigkeit und Lebensqualität in Wohnquartieren gefördert, soziale Exklusionsentwicklungen eingeschränkt und adäquate Teilhabechancen am Bildungs- und Gesundheitswesen sowie Sozial- und Wirtschaftsleben ermöglicht werden. Lokale wirtschaftliche Austauschprozesse können gestützt und öffentliche Haushalte durch effiziente Raum- und Verkehrsstrukturen entlastet werden. Zudem können Verbesserungen der Naherreichbarkeit verkehrs-, umwelt- und klimapolitische Ziele unterstützen und zur Reduzierung der Pkw-Abhängigkeit und des Verkehrsaufwands beitragen (vgl. Bauer u. a. 2011, S. 14). Die Förderung von Naherreichbarkeit ist mit der Verbesserung der Erreichbarkeit zu Fuß sowie für die umweltfreundlichen und sozial verträglichen Verkehrsmittel (Fahrrad, ÖPNV) verbunden. Das besondere Augenmerk ist auf Einrichtungen und Aktivitäten für den täglichen Bedarf zu legen. Da bei den nichtmotorisierten Verkehrsmitteln die Entfernungs- und Umwegeempfindlichkeit deutlich ausgeprägter ist (vgl. Krug 2005, S. 29ff.), nehmen im Konzept von Naherreichbarkeit siedlungsstrukturelle Faktoren wie Dichte, Nutzungsmischung und Maßstäblichkeit ein viel größeres Gewicht ein als bei der herkömmlichen Planung.

Doch wie viel Naherreichbarkeit ist in einer spezialisierten und arbeitsteiligen Gesellschaft erstrebenswert beziehungsweise umsetzbar? Zur Fußgängerstadt zurückzukommen ist unwahrscheinlich, vielmehr gilt es, Raumnutzung und Verkehrsangebote in den bestehenden Strukturen nachhaltig und zielorientiert zu organisieren (Holz-Rau 2009b, S. 308). Die „dienende Funktion“ der Verkehrsplanung für die Raum- und Stadtentwicklung hat nach Huber (2012, S. 497f.) ausgedient. „Umgekehrt: der Städtebau darf nur an verkehrsgünstigen Standorten in stadt- und umweltverträglicher Verdichtung stattfinden“ (ebd.; vgl. Gertz 2009). Die räumliche Verteilung der Aktivitäten und die Gestaltung der Verkehrsangebote lassen sich durch die kommunale Flächennutzungs-, Verkehrs- und Fachplanung im Rahmen der planerischen und finanziellen Möglichkeiten systematisch steuern. Sinnvoll ergänzt werden kann ein solcher Ansatz durch die Einbindung weicher Informations- und Beratungsinstrumente, beispielsweise zum individuellen Mobilitätsmanagement oder zur Wohnstandortberatung (siehe Holz-Rau, Scheiner und Schwarze 2010). Ein übergreifender, gezielter Planungsansatz ist insbesondere dann erfolgsversprechend, wenn die Erreichbarkeitsplanung vertikal und horizontal integriert ist und die beteiligten Akteure sich an einem einheitlichen Konzept zur Sicherung und Verbesserung der Naherreichbarkeitsverhältnisse orientieren. Allzu häufig werden derzeit Maßnahmen der Flächennutzungsplanung nur einzelfallbezogen oder gar nicht und verkehrsplanerische Maßnahmen nur auf der Basis von Geschwindigkeitsverbesserungen oder Distanzreduzierungen evaluiert. Wird jedoch die Naherreichbarkeit von menschlichen Aktivitäten zum Maßstab genommen, kann dies dazu führen, dass sich kleinere, kostengünstigere Maßnahmen als bedeutend systemwirksamer herausstellen als zum Beispiel neue bauliche oder infrastrukturelle Großvorhaben (vgl. Löw 2000, S. 2; Litman 2011, S. 7).

Zur Unterstützung der kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozesse sind daher solche Analyse- und Bewertungsmethoden zweckmäßig, mit denen Naherreichbarkeit akkurat gemessen und verglichen werden kann (Straatemeier 2008, S. 136). Es eignen sich Verfahren, die auf kleinräumigen, aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Erreichbarkeitsindikatoren basieren. Zwar simplifizieren Erreichbarkeitsindikatoren in gewisser Weise die Wechselwirkungen zwischen Flächennutzung und Verkehr; zur Unterstützung der Planungs- und Abwägungsprozesse sind sie aber erprobt und hilfreich (Halden 2009, S. 7). Im Vergleich zu Verkehrsmodellen oder integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodellen sind aktivitäts- und verkehrsmittelspezifische Erreichbarkeitsindikatoren einfach und kostengünstig zu berechnen, ihre Ergebnisse sind zudem gut verständlich. Auch aus inhaltlichen Gründen ist Erreichbarkeitsanalysen gegenüber verkehrlichen Simulationsmodellen der Vorzug zu geben. Während der Zweck der Simulationsmodelle in der Netzoptimierung liegt und hierfür Verkehrsströme auf die Verkehrsnetze umgelegt werden, um die Systemeffizienz zu analysieren, werden mit Erreichbarkeitsindikatoren die Wahlmöglichkeiten zur Ausübung von Aktivitäten und damit die Chancen oder Einschränkungen der sozial-räumlichen Teilhabe an gesellschaftlichen Vermittlungs- und wirtschaftlichen Austauschprozessen modelliert. Während durch Simulationsmodelle über Annahmen abgebildet wird, wie Menschen agieren *würden*, zeigen Erreichbarkeitsmodelle das Potenzial der Menschen auf, wie sie handeln *könnten*: „The transport model tends to assume that if you build it they will come – people will be able to use the network, whereas the access model actually shows you who can and can't get to where they need to go to“ (Poland 2010, S. 21f.). Die Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung sollte für die jeweils spezifischen Probleme und Aufgaben die richtigen Werkzeuge einsetzen (siehe Huber 2011). Die Erreichbarkeit menschlicher Aktivitätsgelegenheiten kann durch Erreichbarkeitsmodelle adäquat abgebildet werden. Sie können für die Erreichbarkeitsproblematik sensibilisieren und das Verständnis für die Ursache-Wirkungszu-

sammenhänge fördern. Nur sie eignen sich zur Unterstützung einer Naherreichbarkeitsplanung und nur sie lassen einen Vergleich zu aufgestellten Erreichbarkeitszielen und damit eine Evaluation der Naherreichbarkeitsbedingungen in Wohnquartieren zu.

„To be accessible or not to be accessible seems to be the question these days“ (Straatemeier 2008, S. 127). Trotz alledem stecken Ansätze zur Evaluation von Naherreichbarkeit noch in den Kinderschuhen. Angesichts der Planungshistorie ist dies verwunderlich. Denn die entsprechende Grundlagenforschung wurde schon vor Jahrzehnten betrieben. Das theoretische Gerüst, auf dem die aktivitätsspezifischen Erreichbarkeitsindikatoren beruhen, wurde bereits in den 1950er- bis 1970er-Jahren aufgebaut (siehe stellvertretend Hansen 1959; Wilson 1967, 1971; Thomas 1969; Törnqvist 1970; Neuburger 1971; Ingram 1971; Mäcke und Hensel 1975; Weibull 1976; Wachs und Kugamai 1973; Vickerman 1974; Ruppert 1975; Dalvi und Martin 1976; Burns und Golob 1976; Lenntorp 1976; McAllister 1976; Pirie 1979; König 1980). Aufgrund der damaligen Datenverfügbarkeit und -verarbeitbarkeit blieben viele Analysemöglichkeiten allerdings noch begrenzt.

Dies änderte sich in den 1990er-Jahren, als ein wiedererstarktes Interesse an Erreichbarkeitsfragen verbunden mit Innovationen auf den Gebieten der Informatik und Geoinformatik sowie eine erheblich bessere Verfügbarkeit raumbezogener Daten einen neuen Schub in der Erreichbarkeitsforschung auslösten. Es wurden neue, disaggregierte Analysemethoden und neuartige Visualisierungstechniken entwickelt (siehe stellvertretend Miller 1991; Spiekermann und Wegener 1993; Cauvin 1994, 2005; Jong und van Eck 1996; Hillman und Pool 1997; Gutiérrez, Monzón und Pinéro 1998; Talen 1998; O’Sullivan, Morrison und Shearer 2000; Spiekermann und Wegener 2000; Wu und Miller 2001; Lee und McNally 2002; Kwok und Yeh 2004; Katsios, Tsatsaris und Sakellariou 2006). Bei dieser „rediscovery of accessibility“ (Frost und Spence 1995, S. 1833) standen allerdings zunächst kontinentale, nationale oder regionale Erreichbarkeitsfragen im Vordergrund.

Ab den 2000er Jahren wandte man sich seitens der internationalen Erreichbarkeitsforschung vermehrt auch den Fragen der Erreichbarkeit in Wohnquartieren beziehungsweise der nicht-motorisierten Naherreichbarkeit zu (siehe stellvertretend Bhat u. a. 2000, 2002a; Halden, McGuigan, Nisbet und McKinnon 2000; Talen 2003; Derek Halden Consultancy und University of Westminster 2004; Derek Halden Consultancy 2006; Department for Transport 2006a; Twigg, Barnard, Mohan und Jones 2006; Niedzielski und Śleszyński 2008; Hasting 2009). Hierbei hat in planungspraktischer Sicht vor allem England eine Vorreiterrolle inne. Mit dem Ziel, soziale Exklusion zu verhindern, wurde von der britischen Regierung auf der Ebene der Nahverkehrsplanung das fachübergreifende Instrument des lokalen Erreichbarkeitsplans eingeführt (siehe Department for Transport 2006a). Ab 2006 haben die örtlichen Verkehrsplanungsbehörden Großbritanniens für ihren jeweiligen Geltungsbereich eine mit der nationalen Erreichbarkeitsplanung abgestimmte Erreichbarkeitsplanung auszuüben und ihre lokalen Erreichbarkeitspläne im Turnus von fünf Jahren zu aktualisieren. Eine ausführliche Diskussion hierüber erfolgt im Kapitel 4.1.2.

Auch in Deutschland wurden erste Pilotstudien und Modellvorhaben durchgeführt, beispielsweise in den Regionen München (siehe Büttner, Keller und Wulfhorst 2010), Frankfurt-Rhein-Main (siehe Gertz, Winkler und Bohnet 2008; Mühlhans 2010; Bahn.Ville 2-Konsortium 2010) oder im Rahmen des als Modellvorhaben der Raumordnung angelegten Aktionsprogramms „Regionale Daseinsvorsorge“, in dem 21 ländliche Modellregionen gefördert wurden, kleinräumige Erreich-

barkeitsmodelle und -szenarien zur Sicherung der Erreichbarkeit sozialer Infrastruktureinrichtungen anzuwenden (siehe BMVBS 2010; BMVBS und BBSR 2013). Wie es scheint, wird zur Umsetzung einer Naherreichbarkeitsplanung den Entscheidungsträgern derzeit noch viel Mut und Engagement abverlangt. Der Weg, bis Naherreichbarkeitsanalysen in kommunale Entscheidungsprozesse eingebettet sind, ist noch lang. Trotzdem scheint in jüngster Zeit in vielen kommunalen Verwaltungen die Einsicht zu wachsen, dass ein Erreichbarkeitsmonitoring und eine wirksame Naherreichbarkeitsplanung zukünftig beziehungsweise langfristig unverzichtbar werden. Im zunehmenden Maße werden Naherreichbarkeitsprobleme vielerorts inzwischen als ernsthafte, bedrohliche Problemlage wahrgenommen, für die es kommunale Lösungen zu entwickeln gilt. Im Sinne eines rationalen Planungsverständnisses macht dies zur planerischen Unterstützung wiederum die Entwicklung und Erprobung wissenschaftlich und technisch ausgereifter Methoden zum Messen, Analysieren, Vergleichen und Beobachten von Naherreichbarkeit notwendig.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Das übergreifende Ziel dieser Arbeit ist es, eine geeignete Methode zu entwickeln, mit der die Veränderungen von Naherreichbarkeitsverhältnissen auf der Ebene von Wohnquartieren in umfassender Weise messbar und anschaulich gemacht werden können. Es soll ein System kleinräumiger Erreichbarkeitsindikatoren hergeleitet werden, das die verkehrsmittelspezifische Naherreichbarkeit von Aktivitäten adäquat abbildet und gut nachvollziehbare und vergleichbare Ergebnisse liefert. Die Berechnung der Naherreichbarkeitsindikatoren soll in einem angemessenen Aufwand ermöglicht werden.

Das erste Teilziel dieser Arbeit liegt in der Definition geeigneter Naherreichbarkeitsindikatoren. Hierzulande werden in der kommunalen Flächennutzungs- und Verkehrsplanung trotz erheblich verbesserter Datengrundlagen im Vergleich zu früheren Jahrzehnten mehrheitlich (noch) sehr einfache verkehrliche Erreichbarkeitsindikatoren verwendet (siehe Schwarze 2008, S. 3f.). Zwar können sie einzelne Aspekte beispielsweise der Erschließungs- oder Verbindungsqualität anschaulich wiedergeben, das originäre Ziel von Erreichbarkeitsplanung allerdings, die Sicherung der Erreichbarkeit von Aktivitäten, bilden sie nicht ab. Hierzu eignen sich komplexere, verkehrsmittel- und aktivitätsspezifische Erreichbarkeitsindikatoren, so wie sie schon lange in der Erreichbarkeitsforschung genutzt werden. Da sie hinsichtlich ihrer Komplexität skalierbar sind, gilt es im Rahmen dieser Arbeit, geeignete Naherreichbarkeitsindikatoren zu definieren, die einerseits komplex genug sind, um die Wechselwirkungen zwischen Flächennutzung und Verkehr adäquat wiederzugeben, die andererseits aber auch einfach genug sind, um gut nachvollziehbar und vermittelbar zu bleiben.

Hierin besteht das zweite Teilziel dieser Arbeit. Das aus den definierten Naherreichbarkeitsindikatoren hergeleitete Indikatorensystem soll bei kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozessen praktisch nutzbar sein. „If adequately defined, accessibility can be directly related to both the qualities of the transport system (e.g. travel speed) and the qualities of the land use system (e.g. functional densities and mixes). At the same time, it can be directly related to economic goals (access to workers, customers, suppliers), social goals (access to employment, goods and services, social contacts) and environmental goals (resource-efficiency of the associated activity and mobility patterns)” (Bertolini, le Clercq und Kapoen 2005, S. 207). Im Rahmen dieser Arbeit sollen durch das Indikatorensystem vor allem verkehrsmittel- und aktivitätsspezifische Erreichbarkeitsengpässe und -ungleichheiten erfasst werden. Die Bedeutung unter-

schiedlicher Aktivitätstypen und unterschiedlicher Verkehrsmittel für die jeweils nachfragerrelevante Bevölkerungsgruppe soll hierbei beachtet werden. Zudem sollen Einzelmaßnahmen der Flächennutzungsplanung, Verkehrsplanung oder relevanter Fachplanungen sowie Maßnahmenbündel und Szenarien bezüglich ihrer sozial-räumlichen Auswirkungen auf die Naherreichbarkeit in den Wohnquartieren evaluiert werden können.

Das dritte Teilziel dieser Arbeit umfasst die technische Durchführung der Erreichbarkeitsberechnungen. Geoinformationssysteme sind flexible, leistungsfähige Werkzeuge für die Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation raumbezogener Daten. Sie werden in den kommunalen Verwaltungen, unter anderem auch in der Flächennutzungs- und Verkehrsplanung, angewandt. Durch Programmierung können sie für spezifische Nutzungszwecke angepasst werden. Die Berechnung der Naherreichbarkeitsindikatoren und die Veranschaulichung der Ergebnisse sollen in dieser Arbeit durchweg mit einem Geoinformationssystem erfolgen. Dies bietet den Vorteil, dass der Import der Inputdaten, die Aufbereitung der Daten, die Organisation der Daten, die Netzwerkanalyse, die Erreichbarkeitsberechnung und die Erstellung von Karten in einem einheitlichen System ohne Redundanz durchgeführt werden können. Für die Implementierung der Verfahren wird die Software ArcGIS® der Firma ESRI verwendet. Eigene Programmentwicklungen erfolgen in der Programmiersprache Python. Eine zentrale Rolle nimmt die Datenverfügbarkeit und -integration ein. Geeignete Datenquellen sind zu eruieren, insbesondere vor dem Hintergrund, dass das entwickelte Verfahren Grundlage eines kontinuierlichen Naherreichbarkeitsbeobachtungssystems (Monitoring) für die kommunale Planung werden könnte.

Das vierte Teilziel dieser Arbeit besteht in der exemplarischen Erprobung der entwickelten Methode auf ihre Praxistauglichkeit. Hierzu wird eine beispielhafte Naherreichbarkeitsanalyse für das Gebiet der Stadt Dortmund durchgeführt. Die Stadt Dortmund stellt ein für diese Zwecke gut geeignetes Laboratorium dar, da sie trotz oder vielleicht auch aufgrund ihres großstädtischen Charakters sehr unterschiedliche Siedlungstypen beinhaltet. Neben der überregional bedeutenden, handelsorientierten Innenstadt ist Dortmund durch verschiedenste urbane Stadtquartiere, kleinstadtcharakteristische Nebenzentren, vorstädtische Grundzentren und dörfliche Ortschaften gekennzeichnet. An dem Fallbeispiel der Stadt Dortmund werden die dort vorhandenen Naherreichbarkeitsverhältnisse exemplarisch ausgewertet. Um unmittelbare Hinweise für die Nutzbarkeit der entwickelten Methode zu erhalten, soll hierbei die Auseinandersetzung mit dem Bewertungsansatz, nicht aber die Herausarbeitung von planerischen Handlungskonzepten zur Verbesserung der Naherreichbarkeitsbedingungen im Vordergrund stehen.

Es bleibt zu erwähnen, dass diese Arbeit als unabhängige wissenschaftliche Abhandlung weder in einem konkreten Planungszusammenhang noch im Zusammenhang mit einem bestimmten geförderten Forschungsvorhaben entstanden ist. Auch handelt es sich bei ihr nicht um eine von Hypothesen geleitete, empirisch-analytische wissenschaftliche Dissertation im klassischen Sinn. Im Bereich der forschungsbezogenen Raumwissenschaft angesiedelt, soll diese Arbeit nach wissenschaftlichen Grundsätzen konzipierte Lösungswege raumplanerischer Problemstellungen liefern. Sie wird vom Autor als eine theoretisch-methodische Abhandlung kommunalplanerischer Handlungsmöglichkeiten verstanden. Der Zweck dieser Arbeit liegt darin, methodische sowie praxisrelevante Erfahrungen in der systematischen, quantitativen Analyse von Naherreichbarkeit auf der Ebene von Wohnquartieren in Kommunen zu sammeln. Auf den Ergebnissen aufbauend könnten zukünftig geeignete Instrumente für die kommunale Naherreichbarkeitsplanung

und -beobachtung weiterentwickelt werden. Nach Ansicht des Autors sollte dies im Idealfall in einem Zusammenschluss von Entwicklern und Nutzern, also mit Beteiligung der betroffenen Institutionen, Akteure und Bürger erfolgen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Vorgehensweise orientiert sich an der aufgestellten Zielsetzung. Nach einer Präzisierung der zentralen Begriffe werden geeignete Erreichbarkeitsindikatortypen bestimmt, Best-Practice-Beispiele aus dem nationalen und internationalen Raum evaluiert sowie Anforderungen und Möglichkeiten zur Erreichbarkeitsmodellierung erörtert. Hiermit wird die theoretische Grundlage geschaffen, aus der das Indikatorensystem zur Beobachtung und Analyse der Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der Ebene von Wohnquartieren und der Modellierungsansatz hergeleitet werden. Am Fallbeispiel der Stadt Dortmund wird die entwickelte Methode im praktischen Einsatz erprobt. Im Rahmen der exemplarischen Naherreichbarkeitsanalyse werden die Potenziale und Grenzen der entwickelten Methode aufgezeigt und diskutiert. Das Fazit beinhaltet neben dieser Reflexion zudem einige Hinweise über zukünftige Weiterentwicklungs- und Umsetzungsmöglichkeiten für den Aufbau eines kommunalen Naherreichbarkeitsbeobachtungssystems. Die Struktur dieser Arbeit baut sich im Detail wie folgt auf:

Das Kapitel 2 dient zunächst dem besseren Begriffsverständnis. Auf der Grundlage einer Diskussion über anerkannte Definitionen aus der Erreichbarkeitsforschung wird der in dieser Arbeit verwendete Begriff der Naherreichbarkeit definiert und erläutert. Zur Vorbeugung von Missverständnissen wird der Erreichbarkeitsbegriff gegenüber den verwandten Begriffen Mobilität und Verkehr abgegrenzt.

Im Kapitel 3 werden die möglichen Ansätze zum Messen von Naherreichbarkeit systematisiert. Die Basis liefert eine umfassende Literaturlauswertung. Bestehende unterschiedliche Messprinzipien werden ebenso dargestellt wie die Unterschiede zwischen einfachen und komplexen Erreichbarkeitsindikatoren. Abschließend wird diskutiert, welche Erreichbarkeitsindikatortypen für kleinräumige, aktivitätsspezifische Naherreichbarkeitsanalysen zur Unterstützung der kommunalen Planungspraxis besonders geeignet sind.

Das Kapitel 4 behandelt Best-Practice-Beispiele von Naherreichbarkeitsanalysen aus dem nationalen und internationalen Raum. Auf der Grundlage einer umfassenden Internetrecherche und Literaturlauswertung werden innovative Ansätze der Modellierung von Erreichbarkeit sowie kreative Präsentationstechniken erörtert. Die Zusammenfassung liefert grundlegende Erkenntnisse für die Herleitung eines für die deutsche Planungspraxis geeigneten Indikatorensystems zur Analyse und Beobachtung der Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der Ebene von Wohnquartieren.

Im Kapitel 5 werden die Möglichkeiten und Grenzen der Modellierung von Naherreichbarkeit diskutiert. Basierend auf einer umfassenden Literaturlauswertung wird dargelegt, welche Annahmen und Festlegungen im Vorfeld einer Naherreichbarkeitsanalyse zu treffen sind, welche unterschiedlichen Ansätze zur Operationalisierung von Erreichbarkeit bestehen und welche Stärken und Schwächen bestimmte Attraktivitäts- und Widerstandsfunktionen haben. Es wird gezeigt, dass jedes Erreichbarkeitsmodell das Resultat einer zweckorientierten Abwägung zwischen Komplexität und Genauigkeit versus Vereinfachung und Anwendbarkeit ist.

Im Kapitel 6 werden die in den vorangegangenen Kapiteln gesammelten Erkenntnisse genutzt, um die eigene Methode zur Berechnung und Evaluation von Naherreichbarkeit in Wohnquartieren herzuleiten. Nach einer Aufstellung prinzipieller Anforderungen an ein Naherreichbarkeitsbeobachtungssystem werden zehn zentrale Naherreichbarkeitsindikatoren abgeleitet, mit denen die Naherreichbarkeitsverhältnisse für verschiedene Nachfragegruppen aktivitäts- und verkehrsmittelspezifisch ermittelt werden sollen. Hierauf aufbauend werden einfach zu berechnende und leicht verständliche Bewertungsindizes formuliert, die eine kontinuierliche Evaluation der Naherreichbarkeitsverhältnisse und -veränderungen ermöglichen.

Die praktische Erprobung der Methode erfolgt am Fallbeispiel der Stadt Dortmund. Im Kapitel 7 werden die Stadt Dortmund und ihr erweiterter Untersuchungsraum vorgestellt. Die eigentliche Naherreichbarkeitsanalyse wird mit dem Geoinformationssystem ArcGIS® durchgeführt. Da die angewandte Methode transparent und nachvollziehbar sein soll, werden die einzelnen Arbeitsschritte erläutert. Es wird auf das Raumbezugssystem, die Datengrundlage, die Datenaufbereitung inklusive Bevölkerungsdisaggregation, die Modellierung der Verkehrsgraphen und Aktivitätsziele, die Herleitung der Analyseparameter sowie die Berechnung der Naherreichbarkeitsindikatoren eingegangen.

Die Präsentation der Analyseergebnisse erfolgt im Kapitel 8. Mit ihr sollen der praktische Nutzen der entwickelten Methode und die vielfältigen Möglichkeiten zur Bewertung der kleinräumigen Naherreichbarkeitsverhältnisse in einer Kommune aufgezeigt werden. Im Mittelpunkt steht eine ausführliche Diskussion der kleinräumigen Analyseergebnisse nach Aktivitätstypen und Verkehrsmitteln. Es wird zudem dargelegt, wie über die Bestandsanalyse hinaus mit der hergeleiteten Methode Erreichbarkeitsveränderungen ex post im Sinne eines Monitorings oder ex ante im Sinne einer Maßnahmenbewertung untersucht und evaluiert werden können. Daran anschließend werden der Einsatz der Naherreichbarkeitsindikatoren zur Erstellung von Erreichbarkeitsprofilen von Wohnquartieren und die Eignung der Wohnquartiere für bestimmte Nachfragegruppen behandelt. Mit einer zusammenfassenden Darstellung der erzielten Ergebnisse endet das Kapitel.

Im Kapitel 9 wird das Fazit gezogen. Die entwickelte und angewandte Methode wird kritisch hinsichtlich ihrer Praktikabilität, ihrer Praxistauglichkeit, ihrer Übertragbarkeit und ihres Nutzens für die kommunale Planung hinterfragt. Zum Abschluss werden ein Ausblick auf zukünftige Anwendungsmöglichkeiten und Hinweise für weitere Forschungsbedarfe gegeben.

2 Begriffsbestimmungen

In der Wissenschaft werden „Begriffe mit klaren Bedeutungsgehalten“ benötigt (Blotevogel 1997, S. 14). Aus diesem Grund soll der zentrale Begriff Erreichbarkeit zu Beginn dieser Arbeit präzisiert werden. Dies erscheint auch deshalb erforderlich, weil das Konzept von Erreichbarkeit zwar zum essenziellen Bestandteil seriöser Verkehrsplanung gehört, es Planern und Forschern aber dennoch Schwierigkeiten bereiten kann, Erreichbarkeit exakt zu definieren (König 1980, S. 145; vgl. Hanson und Giuliano 2004).

Im Kapitel 2.1 werden nach einer aus der Alltagssprache abgeleiteten Begriffsannäherung mögliche Ursachen für die Schwierigkeiten des Definierens von Erreichbarkeit diskutiert. Anschließend erfolgt eine Auseinandersetzung mit den in der Erreichbarkeitsforschung anerkanntesten Definitionen, aus denen das dieser Arbeit zugrunde liegende Begriffsverständnis abgeleitet wird. Durch eine Gegenüberstellung der verwandten Konzepte von Mobilität und Verkehr wird das Erreichbarkeitskonzept im Kapitel 2.2 nochmals genauer abgegrenzt und verdeutlicht. Abschließend wird im Kapitel 2.3 der Begriff Naherreichbarkeit, so wie er hier verstanden und verwendet wird, gesondert erläutert.

2.1 Erreichbarkeit: eine erste Begriffsannäherung

2.1.1 Umgangssprachliche Verwendung

Eine erste begriffliche Annäherung erfolgt über die Verwendung des Wortes Erreichbarkeit im allgemeinen Sprachgebrauch. Laut Duden (2011, S. 472) weist das Verb „erreichen“ vier unterschiedliche Bedeutungen auf:

- „1. bis zu etw., an etw. reichen, um es zu berühren o. zu fassen;
2. zu jmdm., etw. hinkommen, gelangen;
3. mit jmdm., etw. in Verbindung treten;
4. durchsetzen, zustande bringen.“

Ist etwas oder jemand erreichbar, so drückt dies aus, dass die Möglichkeit besteht, etwas oder jemanden zu erreichen, zu einem Ziel zu gelangen oder einen Kontakt herzustellen. Auf den Raum bezogen bedeutet Erreichbarkeit im allgemeinen Sprachgebrauch die räumlich, zeitlich oder institutionell reglementierte Zugänglichkeit eines Ortes. Dieses umgangssprachliche Verständnis unterscheidet sich von dem Gebrauch des Begriffs Erreichbarkeit in der Raumwissenschaft beziehungsweise in der Raum- und Verkehrsplanung, wo er eine weiter gehende Bedeutung erlangt hat (siehe Mäcke 1970, S. 12). Erreichbarkeit wird nicht als die Zugänglichkeit eines (einzelnen) Ortes aufgefasst, sondern Erreichbarkeit ist, zunächst nur grob gesagt, ein verkehrlich-räumliches Maß für die Lagegunst eines Ortes in Bezug auf die Zugänglichkeit von Aktivitätsgelegenheiten oder Wirtschaftsgütern.

2.1.2 Hemmnisse einer einheitlichen Definition

Ogleich der Begriff Erreichbarkeit schon sehr lange im Wortschatz von Raumwissenschaftlern, Raum-, Stadt- und Verkehrsplanern sowie Politikern verankert ist und häufig verwendet wird, hat sich auch unter Fachleuten nie eine allgemein anerkannte Definition durchsetzen können. Der in diesem Zusammenhang oft zitierte Ausspruch von Gould (1969, S. 64) ist mitnichten veraltet, sondern auch heute noch aktuell: „Accessibility is [...] a slippery notion [...] one of those common terms that everyone uses until faced with the problem of defining and measuring it“.

Für das Fehlen einer einheitlichen, exakten Definition von Erreichbarkeit lassen sich vier grundsätzliche Ursachen ausmachen:

1. Zunächst ist Erreichbarkeit ein häufig gebrauchtes Wort, das in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet wird. In nicht raumbezogenen Studien wird Erreichbarkeit unter anderem als soziales, psychologisches, pädagogisches, linguistisches, ökonomisches, elektrotechnisches, informatisches oder gesetzliches Phänomen verstanden (siehe stellvertretend Fuchs 1992; Hopcroft, Motwani und Ullman 2003; Priese und Wimmerl 2003; Aderhold 2004). In der Summe trägt dies zu einer allgemeinen Unschärfe des Begriffs bei.
2. Hinzu kommt, dass Erreichbarkeit auch in raumbezogenen Fachrichtungen unterschiedliche Bedeutungen hat. Die zum Teil grundsätzlich unterschiedlichen Sicht- und Herangehensweisen der verschiedenen raumbezogenen Fachdisziplinen, die sich in den letzten zurückliegenden Jahrzehnten mit verkehrlich-räumlicher Erreichbarkeit befassten, haben ebenfalls ihren Anteil am Fehlen einer einheitlichen Definition von Erreichbarkeit in den Raumwissenschaften. So drückt sie beispielsweise unter Straßenbauingenieuren die Direktheit von Verbindungen oder in der Gestaltungsplanung und Architektur die Zugänglichkeit mobilitätseingeschränkter Personen aus (Litman 2011, S. 3). Und selbst wenn Erreichbarkeit, wie oben erwähnt, als verkehrlich-räumliches Lagegunstmaß innerhalb eines Siedlungs- und Verkehrssystems verstanden wird, ist es zunächst noch unklar, ob eine personenbezogene Erreichbarkeit von menschlichen Aktivitätsgelegenheiten (Arbeiten, Bildung, Einkauf, Erholung etc.) oder eine wirtschaftsbezogene Erreichbarkeit von Gütern oder durch Nachfragende gemeint ist. Eine derart große Bandbreite unterschiedlicher Begriffsauffassungen begünstigt Missverständnisse, da der Begriff Erreichbarkeit von Personen unterschiedlicher raumbezogener Fachrichtungen als scheinbar verständlich betrachtet wird, der disziplinäre Begriffsinhalt jedoch abweichend sein kann.
3. Selbst wenn feststeht, dass die Erreichbarkeit von menschlichen Aktivitätsgelegenheiten gemeint ist, werden unterschiedliche Terminologien verwendet (vgl. Envall 2007, S. 20ff.) oder der Begriff Erreichbarkeit wird von Planern und politischen Entscheidungsträgern diffus gebraucht. So steht der Begriff entweder stellvertretend für ein politisches Allgemeinziel, ein planerisches Konzept oder eine konkrete Erklärungs- und Messgröße (Pirie 1979, S. 299). Weil Erreichbarkeit in der Regel von vornherein mit positiven Assoziationen verbunden wird, wird der Begriff von Planern wie auch von Entscheidungsträgern gerne und häufig verwendet, insbesondere dann, wenn die Ziele oder der Nutzen bestimmter Planungsmaßnahmen hervorzuheben sind. Die komplexen Wirkungszusammenhänge, die sich für bestimmte Teilräume oder Bevölkerungsgruppen in Bezug auf die Erreichbarkeit auch unterschiedlich darstellen können, werden insbesondere auf strategischer Ebene nicht selten, egal ob bewusst oder unbewusst, unterschlagen oder verallgemeinert.
4. Die Operationalisierung von Erreichbarkeit ist zudem komplex. Es sind multidimensionale Annahmen zu treffen (siehe Kapitel 5). Schon in den 1970er-Jahren wies Vickerman (1974, S. 676) darauf hin, dass Erreichbarkeit nicht durch einen eindeutigen, quantifizierbaren Ausdruck zu definieren sei. Zwar lassen sich gemeinsame Ansätze, zum Beispiel in den Bereichen der Raum- und Verkehrsplanung, identifizieren, die allerdings in den einzelnen Studien problemspezifisch ausgelegt und ausformuliert werden. So gibt es je nach Untersuchungszweck und Autor in vielen Detailfragen große funktionale, konzeptionelle, theoretische und methodische Unterschiede, die zu den Unklarheiten mit beitragen (Bruinsma und Rietveld 1998, S. 499ff.).

2.1.3 Anerkannte raumwissenschaftliche Definitionen

Das Konzept von Erreichbarkeit ist aus der regionalen und kommunalen Raum- und Verkehrsplanung trotz alledem nicht wegzudenken. Es existiert zwar keine allgemein gültige Definition, dennoch treten auf der Grundlage einer umfassenden Literatur- und Zitationsanalyse deutliche Gemeinsamkeiten hervor. In Tabelle 1 sind häufig verwendete, anerkannte Definitionen aufgelistet.

Tabelle 1: Anerkannte Definitionen von Erreichbarkeit.

Autor(en)	Definition von Erreichbarkeit
Hansen 1959, S. 73	“Accessibility is defined as the potential of opportunities for interaction.”
Ingram 1971, S. 101	“Accessibility may loosely be defined as the inherent characteristic (or advantage) of a place with respect to overcoming some form of spatially operating source of friction (for example, time and/or distance).”
Vickerman 1974, S. 676	„Accessibility involves a combination of two elements: location on a surface relative to suitable destinations, and the characteristics of the transport network or networks linking points on that surface.“
Burns und Golob 1976, S. 175	“Accessibility denotes the ease with which any land-use activity can be reached from a location using a particular transportation system.“
Black und Conroy 1977, S. 1015	“A property of the arrangement of activities and the level of service on the transportation system is accessibility.“
Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 91	“Accessibility has generally been defined as some measure of spatial separation of human activities. Essentially it denotes the ease with which activities may be reached from a given location using a particular transportation system.“
König 1980, S. 1	“The concept of accessibility usually associates both an appreciation of the quality of transport conditions and an appreciation of the availability of satisfactory potential destinations with respect to a given need (e.g. looking for an employment place, shopping, leisure, ...).“
Allen, Liu und Singer 1993, S. 439	“The concept of accessibility is generally interpreted as a measure of the effort (or ease) of overcoming spatial separation.“
Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 18	“Accessibility is the main ‘product’ of a transport system. It determines the local advantage of a region relative to all regions (including itself).“
Handy und Niemeier 1997, S. 1175	“Accessibility is determined by the spatial distribution of potential destinations, the ease of reaching of each destination, and the magnitude, quality, and character of the activities found there.“
Geurs und Ritsema van Eck 2001, S. 36	“Accessibility is [...] the extent to which the land-use transport system enables (groups of) individuals or goods to reach activities or destinations by means of a (combination of) transport mode(s).“
Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Weston, Gopal und Srour 2002a, S. 1	„Accessibility is a measure of the ease with which an individual can pursue an activity of a desired type, at a desired location, by a desired mode, and at a desired time.“
Litman 2011, S. 1	“Accessibility refers to people’s ability to reach goods, services and activities, which is the ultimate goal of most transport activity.“

Die am meisten zitierte Definition von Erreichbarkeit stammt vom amerikanischen Geographen Hansen (1959). In den 1950er-Jahren entwickelte Hansen ein Wohnflächenentwicklungsmodell für die Stadtregion Washington, mit dem auf der Basis von Erreichbarkeitsmaßen und dem Anteil bebaubarer Fläche die voraussichtliche Wohnbautätigkeit für unterschiedliche Zonen abge-

leitet werden konnte. Die Berechnung der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, Einwohnern und Einkaufsmöglichkeiten mit dem Pkw erfolgte über ein Gravitationsmodell. Hansen verstand sein Erreichbarkeitsmodell als ein generalisiertes Konzept des Bevölkerungspotenzialmodells von Stewart (1948). Er definierte Erreichbarkeit knapp als das Potenzial an Gelegenheiten zur Interaktion (Hansen 1959, S. 73). Damit unterschied sich diese Definition von Erreichbarkeit von bis dato üblichen Definitionen, die sich vordringlich auf Raumüberwindungswiderstände fokussierten. Die Begriffsbestimmung Hansens kann als erste Definition verkehrlich-räumlicher Erreichbarkeit betrachtet werden. Von Smith (1975, S. 32) wurde der Terminus Gelegenheit später als geordnetes Paar von Attraktivitäts- und Raumwiderstandsfunktion bezeichnet.

Ingram (1971, S. 101) hebt in seiner Definition von Erreichbarkeit stärker den Nutzen hervor, der einem Standort für die Überwindung eines räumlichen Widerstands innewohnt. Dieser Nutzen resultiert aus der Lagegunst, die sich insbesondere aus den verkehrlichen Beziehungen zu anderen Standorten ergibt (vgl. Rietveld und Bruinsma 1998, S. 33; Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 18). Ingrams Definition verdeutlicht zugleich, dass Erreichbarkeit aus der Perspektive eines Standortes im Raum betrachtet wird. Dies zeigt sich auch bei Vickermans Definition. Er führt aus, dass die Erreichbarkeit eines Standortes über geeignete Zielstandorte und die Charakteristika der Verkehrsnetze, Standorte zu verbinden, abgebildet werde (Vickerman 1974, S. 676). Die Verknüpfung der Komponenten Standort und Raumüberwindung findet sich in beiden Definitionen wieder. Im Gegensatz zu Ingram rückt Vickerman die Zielstandorte stärker in den Fokus der Betrachtung.

Verkehr ist zumeist zielgerichtet und zweckgebunden. Die Raumüberwindung einer Person dient in der Regel der Aktivitätsausübung am Zielstandort. König (1980, S. 1) unterstreicht diese Sichtweise in seiner Definition, indem er ausführt, dass das Konzept Erreichbarkeit die Beurteilung der Qualität verkehrlicher Beziehungen mit der Beurteilung der Zugänglichkeit potenzieller Ziele für die Befriedigung eines gegebenen Bedürfnisses (z. B. Arbeiten, Einkaufen, Freizeit, ...) verknüpfe. Diese Betrachtung der Verflechtung von Raumnutzung und Raumüberwindung ist Bestandteil vieler weiterer Definitionen. Black und Conroy (1977, S. 1015) fassen in ihrer Definition zutreffend zusammen, dass Erreichbarkeit die Eigenschaft der Anordnung von Aktivitäten und die Qualität des Transportsystems abbilde. Morris, Dumble und Wigan (1979, S. 91) greifen dies auf und bezeichnen Erreichbarkeit als ein Maß für die räumliche Trennung menschlicher Aktivitäten. Sie formulieren, dass Erreichbarkeit die Leichtigkeit, mit der Aktivitäten von einem gegebenen Standort über ein bestimmtes Transportsystem erreicht werden können, abbilde (ebd.). Hiermit beziehen sie sich auf eine ältere, häufig zitierte Definition von Burns und Golob (1976, S. 175), die Erreichbarkeit ebenfalls über die Einfachheit beziehungsweise Leichtigkeit des Erreichens von Aktivitätsgelegenheiten über Verkehrsnetze an den Zielstandorten erklären. Geurs und Ritsema van Eck (2001, S. 36) definieren Erreichbarkeit als das Maß, mit dem wiedergegeben wird, in welchem Umfang das Flächennutzungs- und Verkehrssystem es Individuen ermöglicht, Aktivitäten erreichen zu können. Allen, Liu und Singer (1993, S. 439) formulieren recht knapp, dass Erreichbarkeit ein Maß für den Aufwand zur Überwindung räumlicher Trennung sei. Greift man diese Gedanken auf, lässt sich aus verkehrlicher Perspektive Erreichbarkeit als das eigentliche Hauptprodukt von Transportsystemen verstehen (Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 18).

Eine ausführlichere Definition von Erreichbarkeit, die auch die Charakteristika der am Zielort verorteten Aktivitätsgelegenheiten mit einschließt, geben Handy und Niemeier (1997). Sie erläutern, dass Erreichbarkeit durch die räumliche Verteilung potenzieller Ziele, durch die Leichtigkeit

jedes Ziel zu erreichen, sowie durch die Anzahl, Qualität und Merkmale der dort verorteten Aktivitätsgelegenheiten bestimmt werde (ebd., S. 1175). Hiermit wenden sie sich bereits ein Stück weit den Fragen der Modellierung von Erreichbarkeit zu, die in dieser Arbeit im Kapitel 5 erörtert werden. Sie unterstreichen, dass zur Bestimmung von Erreichbarkeit die Charakteristika der Aktivitätsgelegenheiten zu berücksichtigen seien.

In jüngeren Definitionen wird zusehends der von König (1980, S. 1) bereits angerissene Aspekt der Befriedigung individueller Bedürfnisse betont und somit stärker auf den Zweck verwiesen, der hinter dem Erreichbarkeitskonzept steht. Im Mittelpunkt neuer Erreichbarkeitsdefinitionen steht die durch Erreichbarkeit manifestierte „Möglichkeitsform“ (Holz-Rau 2009a, S. 797), mit der Individuen nachgefragte Aktivitäten ausüben beziehungsweise nachgefragte Güter oder Dienstleistungen beziehen können. Der Blick auf Erreichbarkeit individualisiert sich: „Accessibility refers to people’s ability to reach goods, services and activities, which is the ultimate goal of most transport activity“ (Litman 2011, S. 1). Dabei können Individuen oder Gruppen unterschiedliche Bedürfnisse aufweisen, zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche Aktivitäten nachfragen und unterschiedliche Zielorte und Verkehrsmittel bevorzugen. Eine derartige Multidimensionalität spiegelt sich in der Definition von Bhat u. a. (2002a, S. 1) wider, wenn sie formulieren, dass Erreichbarkeit ein Maß für die Leichtigkeit sei, mit der ein Individuum eine gewünschte Aktivität an dem gewünschten Ort, mit dem gewünschten Verkehrsmittel und zu der gewünschten Zeit ausüben kann.

Jede der hier aufgezählten Definitionen ist durch den jeweiligen fachlichen Hintergrund beeinflusst, sei es aus der Erreichbarkeitsforschung, Raumplanung, Verkehrsplanung oder Raumökonomik. Einige Definitionen sind äußerst umfassend, andere eher knapp gehalten. Doch unabhängig davon, welche Aspekte in den jeweiligen Definitionen hervorgehoben werden, liegt sämtlichen Definitionen eine gemeinsame Vorstellung von Erreichbarkeit als verkehrlich-räumliches Phänomen zugrunde. Diese umfasst das Zusammenwirken der beiden Komponenten Raumnutzung und Raumwiderstand, verbunden mit der Vorstellung, dass die im Raum verorteten Standorte menschlicher Aktivitäten (Wohnen, Arbeiten, Bilden, Einkaufen, Erholen usw.), die durch Zwischenräume voneinander getrennt sind, über ein Verkehrssystem verknüpft werden.

Dieses skizzierte Konzept von Erreichbarkeit wird im folgenden Abschnitt den verwandten Konzepten Mobilität und Verkehr gegenübergestellt. Die Abgrenzung ermöglicht eine klarere Einordnung des in dieser Arbeit verwendeten Begriffsverständnisses von Naherreichbarkeit, auf das systematisch im Kapitel 2.3 eingegangen wird.

2.2 Erreichbarkeit im Kontext von Mobilität und Verkehr

Das Konzept von Erreichbarkeit ist eng mit den Konzepten von Mobilität¹ und Verkehr verknüpft. Aus diesem Grund werden im Folgenden die dieser Arbeit zugrunde liegenden Begriffsverständnisse von Mobilität und Verkehr erläutert und dem Konzept der Erreichbarkeit gegenübergestellt. Weitere im wissenschaftlichen Diskurs vorzufindende Konzepte mit Überschneidungspotenzialen (zum Beispiel Nachbarschaft, Nähe, Aktivitätspotenzial, Aktionsräume,

¹ Es ist in dieser Arbeit stets die „zirkuläre räumliche Alltagsmobilität“ oder vereinfachend die „verkehrliche Mobilität“ gemeint (Zimmermann 2001, S. 529). Andere Mobilitätsarten (siehe Fuchs-Heinritz u. a. 2010) werden nicht betrachtet.

Transportkosten) werden hier nicht aufgeführt, da nicht die Diskussion verschiedener Ansätze im Vordergrund steht, sondern eine klarere Abgrenzung des Erreichbarkeitskonzeptes.

Obgleich Erreichbarkeit, Mobilität und Verkehr einen gemeinsamen Kontext haben, bedeuten sie keineswegs dasselbe. Dies spiegelt sich bereits in den unterschiedlichen Begriffsassoziationen wider. Vermitteln Erreichbarkeit und Mobilität als „Möglichkeitenformen“ (Holz-Rau 2009a, S. 797) eher angenehme Vorstellungen, da sie Teilnahmechancen offerieren, kann Verkehr zuweilen auch mit unangenehmen, einschränkenden Vorstellungen („viel Verkehr“) verbunden sein.

2.2.1 Begriffsverständnis von Mobilität

Ähnlich wie bei Erreichbarkeit evoziert der Begriff Mobilität überwiegend positive Assoziationen. Er erfreut sich „auch im Zusammenhang mit der Verkehrspolitik einer hohen Wertschätzung – im wissenschaftlichen wie allgemein-öffentlichen Gebrauch“ (Canzler und Knie 1998, S. 28). Radermacher (1997, S. 142) vergleicht Mobilität als „persönliche Entfaltungschance“, die Wahl- und Erfahrungsmöglichkeiten schafft. Mobilität ist in einer modernen Gesellschaft quasi „zum Merkmal erfolgreicher Lebensstile“ (Beckmann 2002, S. 2; vgl. Grammer und Atzwanger 1993; Bonß, Kesselring und Weiß 2004) geworden. Im Allgemeinen werden mit dem Ausdruck Mobilität Eigenschaften wie Dynamik, Vitalität, Flexibilität und vor allem Freiheit verbunden. Gleichzeitig steht dem überaus ambivalent der Begriff einer unfreiwilligen oder erzwungenen Mobilität (so Lindner, Maurer und Resch 1975) gegenüber. Gutsche und Kutter (2006, S. 13ff.) führen aus, dass eine sehr hohe Mobilität aufgrund räumlich disperser Siedlungsstrukturen und der damit zusammenhängenden Entfernungen, die überbrückt werden müssen, zur bloßen Notwendigkeit geworden sei (ebenso bei Holz-Rau 1990, S. 152; Tully und Baier 2006; Holz-Rau 2009b).

All dies lässt bereits mögliche Schwierigkeiten bei der Präzisierung des Mobilitätsbegriffs erahnen. In Abhängigkeit von der wissenschaftlichen Disziplin und vom jeweiligen Autor wird der Begriff Mobilität recht unterschiedlich verstanden und definiert. Der Ursprung des Begriffs Mobilität liegt im lateinischen Wort *mobilitas* (siehe Stowasser 1979, S. 284). Wortwörtlich übersetzt bedeutet *mobilitas* Beweglichkeit², das heißt die Bereitschaft und die Möglichkeit zu einer Bewegung – nicht aber die Verwirklichung einer solchen. Das Lateinische kennt für die Durchführung einer Bewegung die alternative Bezeichnung *motio* (siehe Stowasser 1979, S. 288). In Entsprechung zu Holz-Rau (2009a, S. 797) wird in dieser Arbeit Mobilität folgerichtig und im umfassenden Sinn als Beweglichkeit verstanden. Sie ist determiniert durch die zur Verfügung stehenden Ressourcen, zum Beispiel Wissen, Geld, Zeit, Infrastruktur, Pkw-Besitz, sowie durch die Bereitschaft zum Einsatz dieser Ressourcen.

Trotz dieser Semantik ist eine solch klare Unterscheidung zwischen Beweglichkeit und Bewegung nur selten vorzufinden, sodass an dieser Stelle auf die nicht von der Hand zu weisende Problematik eingegangen wird, dass der Begriff Mobilität in der Praxis mehrdeutig verwendet wird (vgl. Cerwenka 1999; Becker 2000). Mobilität bedeutet insofern nicht nur Beweglichkeit, vielmehr werden dem Begriff Mobilität, nicht nur im umgangssprachlichen Gebrauch, sondern auch in einer Vielzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen darüber hinaus, tatsächliche Bewegungsvorgänge zugeordnet. Dies trifft in besonderem Maße und mit nur wenigen Ausnahmen (vgl. Canzler, Kaufmann und Kesselring 2008, S. 2) auf die Sozialwissenschaften zu (siehe

² Der lateinische Ausdruck *mobilitas* umfasst in seiner Bedeutung neben Beweglichkeit und Schnelligkeit als *mobilitas animi* auch geistige Gewandtheit und zu diesen in gewisser Ambivalenz darüber hinaus Veränderlichkeit, Unbeständigkeit und Wankelmut (vgl. Stowasser 1979, S. 284).

Sorokin 1959, S. 133; Lipset und Bendix 1963, S. 1; Mackensen 1975, S. 8; Groß 2008). Aber auch in den Verkehrswissenschaften ist ein solch doppeldeutiges Mobilitätsverständnis vorzufinden (siehe CITY:mobil 1999, S. 28; Cerwenka, Hauger, Hörl und Klamer 2000, S. 38; Zängler 2000, S. 21; Ross 2000, S. 14).

Aus diesem Grund erweitern einige Autoren den Mobilitätsbegriff um ein zusätzliches, differenzierendes Attribut. Infolgedessen bezeichnen sie Mobilität einerseits im Sinne von Beweglichkeit als potenzielle Mobilität oder Mobilitätschance, andererseits im Sinne von Bewegung als realisierte Mobilität beziehungsweise Mobilitätshandeln oder -verhalten (siehe Diewitz, Klippel und Verron 1998, S. 72f.; Karg und Zängler 2004, S. 113; Hammer und Scheiner 2006, S. 18). Da Mobilität in dieser Arbeit als Beweglichkeit verstanden wird (siehe oben), wird auf eine weitere begriffliche Differenzierung verzichtet. Stattdessen wird versucht, den Begriff Mobilität aus seinem zeitgeschichtlichen Kontext näher zu fassen. Ein Blick auf die Historie offenbart eine prinzipielle Veränderung des Mobilitätsverständnisses. Einzug in den deutschen Sprachgebrauch erhielt der Begriff der Mobilität in den 1950er-Jahren vor allem aufgrund der einsetzenden Massenmotorisierung, die zu einer rasch ansteigenden Zahl an Pkw in der Bundesrepublik Deutschland führte. Allein in den Jahren zwischen 1950 und 1956 vervierfachte sich die Anzahl der Pkws von knapp 600.000 auf über 2,4 Millionen (siehe DIW 1972, S. C96). Zu dieser Zeit wurde Mobilität überwiegend mit Automobilität gleichgesetzt. Das städtebauliche Leitbild der autogerechten Stadt der 1960er-Jahre (vgl. Reichow 1959) sollte eine maximale Automobilität gewährleisten und zog in seiner Umsetzung radikale Eingriffe in bestehende kleinräumig orientierte Raumstrukturen nach sich.

Diese nach den Kriegszerstörungen sogenannte zweite Zerstörung der Stadt (vgl. Jacobs 1961; Siedler 1964; Mitscherlich 1965) führte, in Verbindung mit den Diskussionen um den sich abzeichnenden Verkehrskollaps in den Städten, die mangelhafte Verkehrssicherheit, die gesundheitlichen und ökologischen Folgen und letztendlich infolge der Ölkrisen in den 1970er-Jahren zu einem Wandel im Mobilitätsverständnis. Ausgelöst durch die wachsende Wahrnehmung des zunehmenden Verkehrs als Problem rückte statt der Optimierung der Bedingungen für den MIV die individuelle Mobilität des Menschen in seiner Vielfalt verstärkt ins Zentrum der Betrachtung. Zemlin (2005, S. 14) unterstreicht den Bezug auf die individuelle Beweglichkeit deutlich, indem er verkehrliche Mobilität als „Maß für die durch gesellschaftliche Rahmenbedingungen wie durch individuelle materielle und geistige Ressourcen beeinflussten Möglichkeiten zur Fortbewegung“ definiert (vgl. Canzler und Knie 1998, S. 39f.). Dies deckt sich mit Aussagen von Zängler (2000, S. 21) und Cerwenka (2004, S. 30), die in der verkehrlichen Mobilität eine „personenbezogene Beschreibungsgröße“ sehen.

Damit verschob sich auch der Fokus der Verkehrsplanung von einer autobezogenen Mobilität zu einer personenbezogenen Mobilität (vgl. Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 91). Spätestens ab den 1980er-Jahren wird unter Mobilität nicht mehr die reine Fahrzeugmobilität, sondern die Mobilität von Personen verstanden. Dies bedeutete in der Konsequenz für die Planung, dass neben der motorisierten Mobilität immer stärker auch die gesundheitsfördernde, ressourceneffiziente, umweltfreundliche und Naherreichbarkeit unterstützende nichtmotorisierte Mobilität gefördert wird beziehungsweise ihre Förderung zu einem bedeutenden Planungsziel wurde.

2.2.2 Begriffsverständnis von Verkehr

Der Begriff Verkehr wird im Gegensatz zum Begriff Mobilität eher negativ konnotiert. „So wird beispielsweise vom Verkehrsinfarkt, Verkehrskollaps oder Verkehrschaos gesprochen, nicht

aber vom Mobilitätsinfarkt, Mobilitätskollaps oder Mobilitätschaos“ (Lanzendorf und Scheiner 2004, S. 14). Auch begrifflich lassen sich Mobilität und Verkehr nicht gleichsetzen; im Gegenteil, sie sind zu entkoppeln. Bildet Mobilität ausschließlich die Fähigkeit und Bereitschaft eines Individuums zu einer alltäglichen Bewegung im Raum ab, so gibt Verkehr entsprechend der klassischen Begriffsdefinition von Pirath (1949, S. 3) die tatsächlichen „Ortsveränderungen von Personen, Gütern, Nachrichten und Energie“ wieder.

Unter Personenverkehr wird in dieser Arbeit daher die physische Umsetzung individueller Mobilität verstanden. Verkehr drückt in der Regel realisierte Mobilität (und auch realisierte Erreichbarkeit) aus (Holz-Rau 2009a, S. 797). Er umfasst alle tatsächlichen Bewegungen von „transportierenden Einheiten (Verkehrsmittel) auf einem bestimmten Verkehrsweg (Strecke) oder aggregiert in einem geographischen Raum innerhalb einer zeitlichen Periode nach ihrer Art und ihrem Umfang“ (Zängler 2000, S. 21). Somit handelt es sich gewissermaßen um die Überlagerung der realen Bewegungen von Individuen auf einer Strecke oder in einem Raum. Dies zeigt sich auch in der klassischen Verkehrsdefinition von Pirath (1949, S. 3), der ausdrücklich „Ortsveränderungen“ benennt und dabei die Pluralform verwendet. Verkehr ist demnach „die Summe außerhäuslicher Ortsveränderungen“ (Fiedler 1992, S. 19).

Ist Mobilität also eher ein individueller Kennwert, so besitzt Verkehr einen tendenziellen infrastruktur- oder gebietsbezogenen Aussagezusammenhang (vgl. Cerwenka, Hauger, Hörl und Klamer 2000, S. 38). Messbar ist Verkehr vor allem als Durchfluss von Verkehrsmitteln auf einer Strecke oder in einem Raum. Ihm kommt eine eher beschreibende als erklärende Bedeutung zu, da er einen Kennwert für Verhalten darstellt. Doch wie im Regelkreis Flächennutzung und Verkehr aufgeführt ist (siehe Kapitel 1.2), kann Verkehr durchaus auch auf die Erreichbarkeit und Mobilität zurückwirken. Führt eine übermäßige Verkehrsnachfrage vor allem im Problemfeld des MIV zu steigenden Streckenbelastungen und -fahrzeiten, können Einbußen der individuellen Mobilität und Erreichbarkeit die Folge sein. Von Ross (2000, S. 19) werden diese beiden Seiten ebendaher als Yin und Yang der Raum- und Verkehrsplanung bezeichnet.

2.3 Konkretisierung des Erreichbarkeitsbegriffs

2.3.1 Begriffsverständnis von Erreichbarkeit

In dieser Arbeit wird Erreichbarkeit als ein Maß für die räumlich-verkehrliche Zugänglichkeit von Orten zur Entfaltung menschlicher Aktivitäten verstanden. Es ist ein Angebotsmaß und keineswegs eine Kenngröße für Verhalten (so auch Salomon und Mokhtarian 1998, S. 131). Die hinter dem Konzept von Erreichbarkeit stehenden Fragen lauten, welche Aktivitätsorte oder Einrichtungen Individuen ausgehend von einem Standort mit welchen Verkehrsmitteln und welchem Verkehrsaufwand erreichen können, beziehungsweise welche nachgefragten Aktivitäten sie mit angemessenem Aufwand ausüben können.

Das Konzept von Erreichbarkeit stellt insofern eine Ausweitung des Mobilitätsansatzes dar (vgl. Morkisz und Wulfhorst 2010). Drückt Mobilität die Möglichkeit zur Raumüberwindung aus, so umfasst Erreichbarkeit das Zusammenspiel eben jener Mobilität, gepaart mit der Anordnung der Aktivitätsorte und -gelegenheiten im Raum. Mobilität bildet eine wesentliche Grundlage für Erreichbarkeit, sie bildet „eine wichtige Voraussetzung für die Teilhabe an verschiedenen Aktivitäten“ (Gertz und Altenburg 2009, S. VII). Die zweite, ebenso wesentliche Grundlage liefert die Verfügbarkeit und Anordnung der Aktivitätsziele und -gelegenheiten im Raum. Dieses mobilitätsbedingte, raumstrukturelle Zusammenspiel bildet Erreichbarkeit ab.

An dieser Stelle sei ausdrücklich betont, dass das dieser Arbeit zugrunde liegende Begriffsverständnis über eine möglicherweise technokratische und ausschließlich auf das raum- und verkehrsstrukturelle Gefüge orientierte Betrachtungsweise hinausgeht. Genauer gesagt basiert es auf der Vorstellung, dass mit Erreichbarkeit nicht nur die rein strukturell bedingte Effizienz eines Raum- und Verkehrssystems abgebildet wird, sondern dass sie vielmehr – wie oben bereits angedeutet – auch die dadurch bedingten Teilnahmechancen am gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Leben einschließt. In der Summe wird durch Erreichbarkeit das Beziehungsgeflecht zwischen Raum, Mobilität und Gesellschaft abgebildet. Der Zweck eines Erreichbarkeitsmodells ist es, die Teilhabechancen von Individuen oder Bevölkerungsgruppen an Grunddaseinsfunktionen wie Arbeit, Versorgung, Bildung, Kultur, Freizeit und Erholung vor dem Hintergrund demographischer, sozialer und ökonomischer Veränderungen zu ermitteln und eingreifende Maßnahmen der Raum- und Verkehrsplanung hinsichtlich ihrer Auswirkungen zu evaluieren. Darin eingeschlossen sind sowohl die lagebezogenen als auch die individuell bedingten Nutzungsbedarfe sowie Nutzungsgelegenheiten von Raum- und Verkehrsangeboten. Hiermit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass Akteure, die sich geographisch am selben Ort befinden, dennoch unterschiedliche Erreichbarkeiten aufweisen können.

Bei der Modellierung von Erreichbarkeit sollten daher die individuellen Bedürfnisse und Faktoren wie Pkw-Besitz, Zeit- und Geldbudgets mitberücksichtigt werden (siehe hierzu auch Hägerstrand 1970; Jones 1975; Lenntorp 1976; Kwan 1998). Trotz der Erweiterung des Erreichbarkeitsverständnisses bleibt Erreichbarkeit per definitionem nicht mit dem Verhalten von Individuen oder Bevölkerungsgruppen verknüpft. Vielmehr wird die individuell beeinflusste sowie raum- und verkehrsstrukturell bestimmte Zugänglichkeit zu Aktivitätsgelegenheiten – in Analogie zum Mobilitätsbegriff – als eine Möglichkeitsform beziehungsweise als ein Erreichbarkeitspotenzial verstanden.

2.3.2 Begriffsverständnis von Naherreichbarkeit

Naherreichbarkeit indes stellt sich als Unterbegriff von Erreichbarkeit dar. Mit Naherreichbarkeit ist die Erreichbarkeit von örtlichen, haushaltsnahen Aktivitätszielen und -gelegenheiten des näheren Umfelds gemeint. Zu ihnen zählen solche öffentlichen und privaten Einrichtungen, die die sogenannte Grundausstattung von Wohnquartieren ausmachen, beziehungsweise die dem engeren oder weiteren Wohnumfeld zugeordnet werden. Dies unterscheidet Naherreichbarkeitsanalysen von regionalen Erreichbarkeitsanalysen, in denen eher die Erreichbarkeit zu überörtlichen und spezialisierten Einrichtungen wie Ober- und Mittelzentren, Universitäten, Krankenhäusern, Fernbahnhöfen oder Autobahnanschlussstellen untersucht wird (vgl. Handy 1992, S. 256). Natürlich sind die Übergänge gerade in Abhängigkeit von der betrachteten zentralörtlichen Siedlungsstruktur und der Größe der Städte fließend. Tendenziell sind regionale Erreichbarkeitsanalysen jedoch eher der Landes- und Regionalplanung zuzuordnen, wohingegen Naherreichbarkeitsanalysen die kommunale Raum- und Verkehrsplanung betreffen (vgl. Handy und Clifton 2001; Limanond und Niemeier 2003; Talen 2003).

Im Zentrum von Naherreichbarkeitsanalysen stehen alltäglich ausgeübte Aktivitäten, beispielsweise das Aufsuchen des Arbeitsplatzes, des Kindergartens, des Spielplatzes, der Grundschule, des Supermarkts, der Stadtverwaltung, der Post, der Bank, des Hausarztes, des Sportplatzes usw. Die Naherreichbarkeit bildet letztlich den Sozialraum ab, in dem sich die alltäglichen und nahräumlichen gesellschaftlichen Vermittlungs- und wirtschaftlichen Austauschprozesse manifestieren. Charakteristisch ist, dass die Wege vergleichsweise kurz sind beziehungsweise

kurz sein sollten. Die Distanzsensibilität ist bei der Ausübung alltäglicher Aktivitäten besonders hoch. Die Bereitschaft, einen größeren Reiseaufwand in Kauf zu nehmen, fällt geringer aus. Wird beispielsweise für den Kauf eines Möbelstücks noch ein längerer Weg zurückgelegt, so gibt es diese Bereitschaft für Einkäufe des täglichen Bedarfs keineswegs.

Aufgrund der kürzeren Wegelängen steigt der Anteil an Wegen, die mit nicht-motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt werden – theoretisch wie praktisch. Im Konzept von Naherreichbarkeit spielt die Erreichbarkeit zu Fuß oder mit dem Fahrrad eine überaus bedeutende Rolle. Das Konzept ist insofern gleichgerichtet mit Ansätzen, die auf die Förderung sogenannter neo-traditioneller Nachbarschaften (siehe Ryan und McNally 1995) und die Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund abzielen. Die Stärkung der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren ist sowohl aus sozialen und wirtschaftlichen als auch aus ökologischen Motiven erstrebenswert (siehe Kapitel 1.3). Eine gute wohnortnahe Naherreichbarkeit unterstützt unbestritten die nachhaltige Entwicklung von Kommunen.

Zur Unterstützung entsprechender kommunaler Planungen sollte das Konzept von Naherreichbarkeit operationalisiert werden, indem die nähräumliche Erreichbarkeit von Aktivitätszielen in eine messbare und anschauliche Planungsgröße transformiert wird. Das nachfolgende Kapitel 3 enthält hierzu die entsprechenden Überlegungen. Es befasst sich mit den verschiedenen Möglichkeiten zur Quantifizierung von Erreichbarkeit.

3 Ansätze zum Messen von Erreichbarkeit

Naherreichbarkeit als Planungskonzept wird erst durch ihre Operationalisierung zielorientiert nutzbar. Die Operationalisierung durch Erreichbarkeitsindikatoren ermöglicht einerseits die Beobachtung der Naherreichbarkeitsverhältnisse und andererseits die Wirkungsanalyse von Maßnahmen, Plänen oder Programmen. Wie lässt sich aber Naherreichbarkeit zweckmäßig messen? Der Beantwortung dieser Frage wird in diesem Kapitel nachgegangen. Um eine vollständige Grundlage für die Identifizierung von geeigneten Erreichbarkeitsindikatoren für die kommunale Naherreichbarkeitsplanung zu erhalten, wurde eine umfassende Literaturlauswertung zu bestehenden Erreichbarkeitsuntersuchungen vorgenommen. Das Ergebnis dieser Auswertung ist die nachstehende Kategorisierung von unterschiedlichen Messansätzen und die nachfolgende Systematisierung von Erreichbarkeitsindikatortypen.

Im Kapitel 3.1 werden zunächst drei grundsätzlich unterschiedliche Herangehensweisen zum Messen von Erreichbarkeit diskutiert. Anschließend werden die verschiedenen Erreichbarkeitsindikatortypen erläutert, wobei zwischen einfachen Erreichbarkeitsindikatoren (siehe Kapitel 3.2) und komplexen Erreichbarkeitsindikatoren (siehe Kapitel 3.3) unterschieden wird. Eine Gesamtübersicht zur Einordnung der Erreichbarkeitsindikatortypen zeigt Abbildung 3.

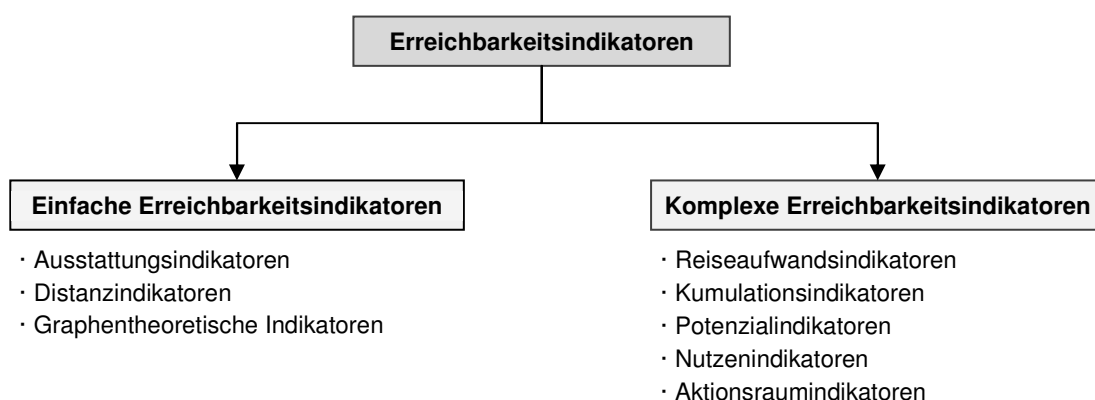


Abbildung 3: Systematisierung von Erreichbarkeitsindikatoren.

Die Systematisierung der Erreichbarkeitsindikatoren erfolgt zunächst unabhängig von den räumlichen Bezugsebenen ihrer Operationalisierung. Ein zusammenfassendes Zwischenresümee findet sich im Kapitel 3.4. Hier wird diskutiert, welche Erreichbarkeitsindikatortypen sich aus inhaltlichen und praktischen Überlegungen insbesondere für die Anwendung im Rahmen einer kommunalen Naherreichbarkeitsplanung eignen.

3.1 Unterschiedliche Messprinzipien

In der Literatur sind für die Berechnung von Erreichbarkeit sich grundsätzlich unterscheidende Herangehensweisen auszumachen, die vorangestellt diskutiert werden. Dies betrifft die Abgrenzung zwischen relativer und integraler Erreichbarkeit (siehe Kapitel 3.1.1), zwischen einfacher und komplexer Erreichbarkeit (siehe Kapitel 3.1.2) sowie zwischen standörtlicher und individueller Erreichbarkeit (siehe Kapitel 3.1.3).

3.1.1 Relative versus integrale Erreichbarkeit

Die Differenzierung zwischen relativer und integraler Erreichbarkeit geht auf Ingram (1971) zurück. Ingram (1971, S. 101) definiert relative Erreichbarkeit als ein Maß, das die Verknüpfung von zwei Orten abbildet (siehe Abbildung 4). Sind diese Orte über ein Verkehrsnetz verknüpft, so kann dieses Maß ein Raumüberwindungswiderstand sein, das heißt eine Entfernung, eine Reisezeit oder generalisierte Kosten (siehe Kapitel 5.3.1). Hierbei kann die relative Erreichbarkeit a zwischen den Orten i und j je nach Richtung asymmetrisch ausfallen. Es darf gelten:

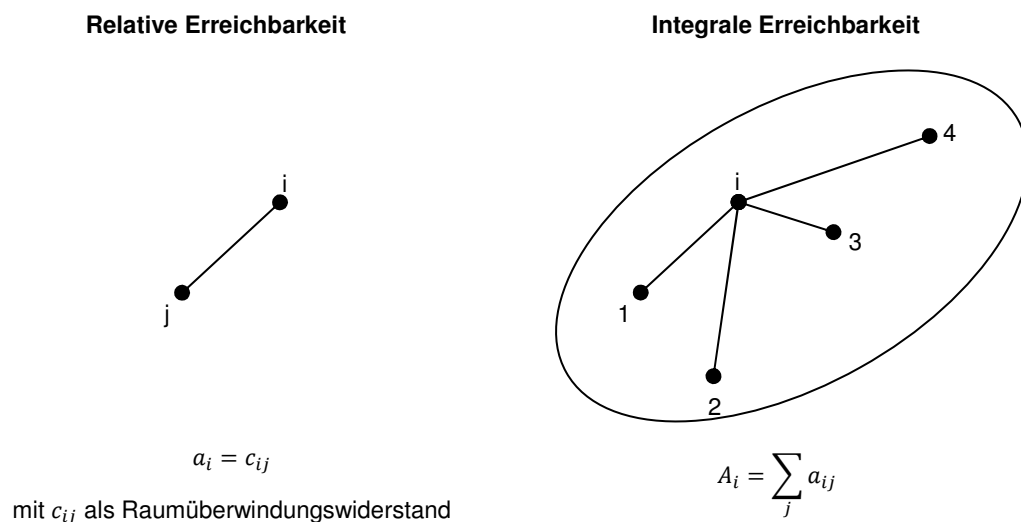
$$a_{ij} \neq a_{ji} \quad (\text{Gleichung 1})$$

Eine Asymmetrie tritt beispielsweise dann auf, wenn zwischen den Orten i und j richtungsbezogene Beschränkungen, zum Beispiel in Form von Einbahnstraßen oder Stauungen im Berufsverkehr vorliegen, die unterschiedliche Reiseaufwände nach sich ziehen. Die Definition relativer Erreichbarkeit als Wegeaufwand zwischen zwei Orten entspricht dem prinzipiellen Erreichbarkeitsverständnis im allgemeinen Sprachgebrauch (siehe Kapitel 2.1.2).

Integrale Erreichbarkeit hingegen definiert Ingram (1971, S. 102) als Maß für die Verknüpfungen eines Ortes zu allen übrigen Orten. Dabei ist die integrale Erreichbarkeit eines Ortes die Aggregation der relativen Erreichbarkeit zu allen anderen Orten:

$$A_i = \sum_j a_{ij} \quad (\text{Gleichung 2})$$

mit A_i als integrale Erreichbarkeit des Ortes i und a_{ij} als relative Erreichbarkeit zwischen den Orten i und j . Abbildung 4 veranschaulicht diese beiden Messprinzipien graphisch:



Quelle: eigene Darstellung nach Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 94

Abbildung 4: Relative versus integrale Erreichbarkeit.

Das Prinzip der integralen Erreichbarkeit unterstreicht das in der Raum- und Verkehrsplanung vorherrschende Begriffsverständnis von Erreichbarkeit (siehe Kapitel 2.1.3). Das Einbeziehen einer Aktivitätsfunktion wird von Ingram (1971), der sich in seiner Untersuchung auf die Möglichkeiten zur Abbildung von Raumüberwindungswiderständen konzentriert, allerdings bewusst unterlassen.

3.1.2 Einfache versus komplexe Erreichbarkeit

Nach dem Begriffsverständnis in dieser Arbeit sind für die Erreichbarkeit zwei miteinander korrelierende Systeme entscheidend: die individuelle Mobilität und die Anordnung der Aktivitätsziele und -gelegenheiten im Raum (siehe Kapitel 2.3). Das Zusammenspiel beider Komponenten ermöglicht die Ausübung menschlicher Aktivitäten. Eine Veränderung der Erreichbarkeitsverhältnisse eines Ortes kann aus planerischer Sicht einerseits durch eine Veränderung des Angebots an Aktivitätsgelegenheiten (Siedlungsstruktur) und andererseits durch Veränderungen in der Mobilität erreicht werden. Dabei tritt eine Verbesserung vor allem dann ein, wenn Optimierungen seitens der Flächennutzungsplanung möglichst in der Nähe des zu betrachtenden Standortes stattfinden und durch die Verkehrsplanung initiierte Mobilitätsverbesserungen auf wichtigen, für den Standort relevanten Verkehrsbeziehungen durchgeführt werden (Ruppert 1975, S. 68). Auf diesen Überlegungen basierend haben sich zwei grundlegend unterschiedliche Prinzipien zum Messen von Erreichbarkeit herausgebildet (vgl. Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 18; Kwan 1998, S. 192). Sie werden in dieser Arbeit einerseits als einfache Erreichbarkeit und andererseits als komplexe Erreichbarkeit bezeichnet. Tabelle 2 fasst die beiden Operationalisierungsansätze zusammen.

Tabelle 2: Einfache und komplexe Erreichbarkeitsindikatoren im Vergleich.

Kategorie	Einfache Erreichbarkeit		Komplexe Erreichbarkeit
Untersuchungsansatz	infrastrukturbezogen	flächennutzungsbezogen	aktivitätsbezogen
Untersuchungsgegenstand	Transportsystem	Aktivitätenangebot	Siedlungsstruktur und Transportsystem im wechselseitigen Zusammenspiel (Erreichbarkeit von Aktivitäten)
Beispielhafte Aussage	„Im Wohnquartier A befinden sich drei ÖPNV-Haltestellen.“	„Im Wohnquartier A befinden sich zwei Kindergärten.“	„82% der Grundschüler aus Wohnquartier A erreichen die nächste Grundschule zu Fuß innerhalb von zehn Minuten.“

Im erstgenannten Ansatz wird die Erreichbarkeit über einzelne Parameter der Flächennutzung *oder* des Transportsystems bemessen (hierzu mehr im Kapitel 3.2). Es wird somit nur ein System abgebildet. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass derartige Erreichbarkeitsindikatoren einfach zu operationalisieren und ihre Ergebnisse einfach zu verstehen sind. Sie können einerseits wichtige Informationen über Standorte vermitteln, vernachlässigen andererseits aber die Tatsache, dass für das Erreichen von menschlichen Aktivitätsgelegenheiten gleichermaßen die Siedlungsstruktur *und* das Transportsystem im wechselseitigen Zusammenspiel eine Rolle spielen. Das originäre Ziel von Erreichbarkeit, die Zugänglichkeit von menschlichen Aktivitätsgelegenheiten, können einfache Erreichbarkeitsindikatoren nicht unmittelbar wiedergeben.

Dies ermöglicht der zweite, aktivitätsbezogene Ansatz (hierzu mehr im Kapitel 3.3). Bei komplexen Erreichbarkeitsindikatoren werden sowohl die relevanten Eigenschaften der Siedlungsstruktur als auch die des Transportsystems in einem Erreichbarkeitsindikator vereint (Davidson 1977, S. 1401; Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 18; Kwan 1998, S. 192). Bei Schwarze (2008, S. 2) werden sie deshalb auch als „integrierte Erreichbarkeitsindikatoren“ bezeichnet. Sie entsprechen dem in dieser Arbeit dargelegten Verständnis von Erreichbarkeit am ehesten und eignen sich für den Einsatz in der integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsplanung.

3.1.3 Standörtliche versus individuelle Erreichbarkeit

Komplexe Erreichbarkeitsindikatoren unterscheiden sich nach standörtlichen und individuellen Erreichbarkeitsindikatoren. Bei standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren wird die Lagegunst eines Standortes durch die von ihm aus theoretisch erreichbaren Aktivitätsziele und -gelegenheiten bestimmt. In der Regel ist hierbei der Wohnstandort Ausgangspunkt der Betrachtung (Handy und Niemeier 1997, S. 1179), da er in den meisten Fällen am Anfang einer Wegekette steht und die dort bestehenden Erreichbarkeitsverhältnisse das tägliche Verkehrsverhalten entscheidend prägen (siehe Hanson und Giuliano 2004). Es handelt sich in der Realität zudem überwiegend um einfache Wegeketten (siehe Bauer u. a. 2011, S. 22).

Zu standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren werden in der Literatur zwei Hauptkritikpunkte geltend gemacht. Zum einen wird beanstandet, dass Wegeketten unbeachtet blieben. Vielmehr werde durch die Betrachtung eines Quellortes angenommen, dass der Ausgangspunkt aller Wege bekannt sei beziehungsweise alle Wege am selben Ort begännen (vgl. Pirie 1979, S. 304; Kwan 1998, S. 192). Falls nur die Erreichbarkeit am Wohnstandort untersucht werde, könnte dies insbesondere bei Nicht-Arbeits- beziehungsweise Nicht-Schulwegen (Einkaufen, Eltern besuchen etc.) zu verfälschten Ergebnissen führen (so zum Beispiel Ben-Akiva und Lerman 1979; Michelson 1985; Ewing, Haliyr und Page 1994). Ewing, Haliyr und Page (1994, S. 53) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass sich das Verkehrsverhalten an die Erreichbarkeitsverhältnisse am Wohnort anpasse. Beispielsweise versuchten „Suburbaniten“ schlechtere Erreichbarkeitsverhältnisse am Wohnort durch eine stärkere Verkettung von Wegen zu kompensieren. Die Folge sei eine tendenzielle Unterschätzung der realen Erreichbarkeitsverhältnisse vermeintlich peripherer Orte (so auch Kwan 2000b, S. 4; vgl. Richardson und Young 1982).

Zum anderen wird bemängelt, dass nach dem Ansatz der standörtlichen Erreichbarkeit die Erreichbarkeit für alle Individuen eines Ortes identisch sei, da ausgehend von dem Ort alle Personen die gleiche Auswahl an potenziellen Aktivitätsgelegenheiten hätten (Kwan 1998, S. 195). Dadurch werde unterschlagen, dass Individuen zum Beispiel aufgrund ihres Alters, Geschlechts, Berufs, Einkommens oder Zeitbudgets potenzielle Aktivitätsgelegenheiten nicht gleichermaßen wahrnehmen können (Dijst, de Jong und van Eck 2002, S. 415) beziehungsweise dies gegebenenfalls aufgrund ihres Lebensstils nicht möchten.

Standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren überschätzen nicht selten die realen personenbezogenen Erreichbarkeitsbedingungen, im Besonderen dann, wenn sämtliche potenziell erreichbaren Aktivitätsgelegenheiten berücksichtigt werden (vgl. Handy und Niemeier 1997, S. 1179). Diverse Untersuchungen zeigen, dass sich insbesondere zwischen Personen mit und ohne Pkw-Nutzbarkeit sowie zwischen Frauen und Männern die Fähigkeiten zum Erreichen von Aktivitätsgelegenheiten gravierend unterscheiden können (siehe Martin und Dalvin 1976; Black und Conroy 1977; Hanson und Schwab 1987; Hanson und Pratt 1995; Kwan 1999a, 1999b, 2000b). In der Konsequenz wurden ab den 1970er-Jahren individuelle Erreichbarkeitsindikatoren hergeleitet, die über eine rein örtliche Betrachtungsgrundlage hinausgehen (siehe Kwan 2000b, S. 5). Die theoretischen Grundlagen hierzu entstammen der Raum-Zeit-Geographie von Hägerstrand (1970), in der die räumlichen, zeitlichen und institutionellen Rahmenbedingungen und Einschränkungen des Handelns von Individuen thematisiert werden (siehe Lenntorp 1999). In der Regel vom Wohnstandort ausgehend werden die räumlich-zeitlich-institutionellen Handlungsmöglichkeiten eines Individuums zur Ausübung von Aktivitäten bei der Erreichbarkeitsanalyse

mitberücksichtigt. Mit individuellen Erreichbarkeitsindikatoren lassen sich sowohl personenspezifische Aktivitätenprogramme (inklusive Zeitbudgets und bekannter Aktivitätsstandorte, Wegeketten, Mobilitätschancen) als auch zum Beispiel die Öffnungszeiten von Einrichtungen abbilden (siehe Lenntorp 1978; Forer und Kivell 1981; Robertson 1981; Newsome, Walcott und Smith 1998). Es wird bei ihnen dem Umstand Rechnung getragen, dass das Handeln von Individuen durch naturgemäße Bedürfnisse wie das Schlafen mitbestimmt ist; zugleich kann ein Einkauf unter Umständen nur zu bestimmten Ladenöffnungszeiten möglich oder ein Arbeitnehmer vertraglich verpflichtet sein, zu einer vereinbarten Uhrzeit am Arbeitsplatz anwesend zu sein.

Darüber hinaus können Reise- und Aktivitätszeit als voneinander abhängig betrachtet werden (vgl. Pirie 1979, S. 306). Das Reisezeit/Aktivitätsdauer-Verhältnis (engl. travel time ratio) drückt den Zusammenhang zwischen der Anreisezeit zu einem Aktivitätsort und der Dauer der anschließenden Aktivität aus:

$$\tau = \frac{T_t}{T_t + T_s} \quad (\text{Gleichung 3})$$

mit τ als Reisezeit/Aktivitätsdauer-Verhältnis, T_t als Anreisezeit und T_s als Aufenthaltsdauer am Aktivitätsort (Dijst und Vidakovic 2000, S. 187). Empirische Untersuchungen hierzu haben zum Ergebnis, dass das Reisezeitverhältnis für verschiedene sozio-ökonomische Gruppen relativ stabil ist. Klare Unterschiede treten allerdings zwischen den verschiedenen Reisezwecken auf (siehe Dijst 1995; Dijst und Vidakovic 1997, 2000; Susilo und Dijst 2010). Aus diesen Faktoren lassen sich individuell spezifische, tägliche Aktivitätenprogramme ableiten, bei denen spezifische Aktivitäten räumlich und zeitlich fixiert sind. Zwischen ihnen sind weitere Aktivitätsmöglichkeiten flexibel gestaltbar. Dieses individuelle Erreichbarkeitspotenzial bilden individuelle Erreichbarkeitsindikatoren ab.

Personen desselben Wohnorts und mit derselben Mobilität können nach diesem Ansatz eine unterschiedliche individuelle Erreichbarkeit aufweisen. Im Gegensatz zu standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren vernachlässigen individuelle Erreichbarkeitsindikatoren weder die Zwänge oder Einschränkungen der Individuen (Hägerstrand 1970, S. 12ff.), noch sind sie „temporally naive“ (so Pirie 1979, S. 305). Interessant ist der personalisierte Ansatz vor allem aus wissenschaftlicher Sicht. Er befriedigt intellektuell eher als die verallgemeinernde standörtliche Betrachtungsweise. Stärkere Schwierigkeiten bereiten vor allem seine praktische Anwendung, da zum einen spezifische, individuelle Gegebenheiten mitberücksichtigt und zum anderen zur Berechnung der Erreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren die verschiedenen individuellen Erreichbarkeitsergebnisse aggregiert werden müssen (vgl. O’Sullivan, Morrison und Shearer 2000, S. 87). Vor allem aber sind die detaillierten Datenerfordernisse individueller Erreichbarkeitsindikatoren ein großes Hemmnis (vgl. Weber und Kwan 2002, S. 228ff.). Zudem kann die Rechenintensität stark und zuweilen bis zur Grenze des technisch Ausführbaren zunehmen, wenn individuelle Erreichbarkeitsverhältnisse für Personen mit unterschiedlichem Alter, Beruf, Einkommen, Geschlecht beziehungsweise für verschiedene Aktivitätstypen und Reisezwecke sowie Verkehrsmodi berechnet werden sollen (siehe Beckmann u. a. 2007, S. 121ff.).

Zusammen betrachtet erschwert dies die Anwendung von individuellen Erreichbarkeitsindikatoren in der Planungspraxis erheblich. In der Konsequenz haben sich bislang nur wenige operationalisierte Ansätze herausgebildet. Individuelle Erreichbarkeitsindikatoren wurden exemplarisch, vor allem retrospektiv berechnet. Beispiele finden sich bei Miller (1991, 1999), Kwan (1998), Miller und Wu (2001), Weber und Kwan (2002), Huisman und Forer (2005) oder Neu-

tens, van de Weghe, Witlox und de Maeyer (2008). Bhat u. a. (2000, S. 38) sehen weitere Nachteile in den limitierten Möglichkeiten zur Modellierung zukünftiger Entwicklungen. Dies erschwert Maßnahmenbewertungen erheblich.

Dennoch können für die Planung sowohl der standörtliche als auch der individuelle Ansatz zur Berechnung von Erreichbarkeit nützlich sein; sie können sich gar ergänzen. Nehmen standörtliche Indikatoren als Perspektive eher die Angebotsseite ein, konzentrieren sich individuelle Indikatoren vermehrt auf die Nachfrageseite. Zugleich zeigt der Trend der letzten Jahrzehnte, dass standörtliche Indikatoren durch die Berechnung der Erreichbarkeitsverhältnisse für verschiedene Reisezwecke, verschiedene Transportmodi, verschiedene Aktivitätstypen sowie verschiedene Alter, Geschlechter oder sozioökonomische Bevölkerungsgruppen immer disaggregierter werden (siehe Handy und Niemeier 1997, S. 1178ff.; Kwan 1998, S. 195). Dabei stellt jede Form der Disaggregation einen Übergang von reinen standörtlichen zu stärker individualisierten Erreichbarkeitsindikatoren dar (vgl. Pirie 1979, S. 302). Standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren werden zunehmend individualisierter berechnet, indem sie beispielsweise auch stärkeren Bezug auf spezifische Bevölkerungsgruppen und Nachfragetypen nehmen.

Eine ausführliche Diskussion über die Ansätze, Möglichkeiten und Dimensionen zur stärkeren Disaggregation und Individualisierung von standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren findet im Kapitel 5 statt. Das Kapitel 3 dient hingegen zunächst der Einordnung und Systematisierung von Erreichbarkeitsindikatortypen. Im Folgenden werden daher die in der Literatur vorgefundenen Typen beschrieben und den zuvor beschriebenen Messprinzipien zugeordnet. Hierbei wird zwischen einfachen Erreichbarkeitsindikatoren (siehe Kapitel 3.2) und komplexen Erreichbarkeitsindikatoren (siehe Kapitel 3.3) unterschieden.

3.2 Einfache Erreichbarkeitsindikatoren

Einfache Erreichbarkeitsindikatoren basieren auf der Annahme, dass die Erreichbarkeit eines Ortes durch das ihn umgebende Verkehrs- oder Aktivitätsangebot bestimmt ist. Im Vordergrund steht daher die Abbildung einzelner Parameter des Transportsystems oder der Siedlungsstruktur. Die größten Vorteile einfacher Erreichbarkeitsindikatoren liegen in ihrer schnellen Bestimmbarkeit und einfachen Nachvollziehbarkeit. Die Interpretation ihrer Ergebnisse fällt politischen Entscheidungsträgern, Planern und Laien in der Regel nicht schwer. Das primäre Anwendungsfeld einfacher Erreichbarkeitsindikatoren ist die Verkehrsplanung. Mit ihnen werden hauptsächlich die Erschließungs- oder Verbindungsqualitäten von Verkehrssystemen bemessen. Je besser die Möglichkeiten zur Interaktion am untersuchungsrelevanten Ort sind und je geringer ein erforderlicher Reiseaufwand ist, desto größer werden die Lagegunst dieses Ortes und der daraus resultierende Nutzen für Privathaushalte und Unternehmen eingeschätzt.

Der größte Nachteil von einfachen Erreichbarkeitsindikatoren liegt darin, dass keine Verknüpfung zwischen den Verkehrsangeboten und der räumlichen Verteilung der Aktivitätsziele und -gelegenheiten stattfindet. Insofern können sie das originäre Ziel von Erreichbarkeit, nämlich die Zugänglichkeit menschlicher Aktivitäten, nur sehr indirekt abbilden. Somit sind einfache Erreichbarkeitsindikatoren dem Konzept der standörtlichen Erreichbarkeit zuzuordnen. Unterschieden werden können sie nach Ausstattungsindikatoren (siehe Kapitel 3.2.1), graphentheoretischen Indikatoren (siehe Kapitel 3.2.2) und Distanzindikatoren (siehe Kapitel 3.2.3).

3.2.1 Ausstattungsindikatoren

Ausstattungsindikatoren können in verkehrliche und siedlungsstrukturelle Indikatoren unterteilt werden. Verkehrliche Ausstattungsindikatoren (engl. infrastructure indicators) beschreiben die Lagegunst eines Ortes durch die dort befindliche Quantität an Verkehrsinfrastruktur und -angeboten (Meise und Volwahn 1980, S. 126). Charakteristische Beispiele für derartige Ausstattungsindikatoren sind:

- Länge des Straßennetzes (Straßenkilometer),
- Anzahl der Autobahnanschlussstellen,
- Anzahl der Parkplätze,
- Anzahl der ÖPNV-Haltestellen,
- Fahrtenanzahl an einer Haltestelle,
- Kapazität einer ÖPNV-Linie.

Beim Gebrauch von verkehrlichen Ausstattungsindikatoren wird unterstellt, dass an lagegünstigen Orten die Verkehrsinfrastrukturdichte höher oder das Verkehrsangebot größer ist als an lageungünstigeren Orten. Oft werden unterschiedliche Orte und/oder Zeiträume miteinander verglichen.

Für das Messen der Ausstattungsindikatoren ist zuvor ein Referenzraum festzulegen. Dieses wird in der Literatur als der wesentliche Schwachpunkt angesehen, da gerade durch die Abgrenzung des zu untersuchenden Raumes das Messergebnis stark beeinflusst werden kann (Ruppert 1975, S. 52). Eine vergleichende Bewertung von Orten kann zum Beispiel dadurch verfälscht werden, dass die Orte unterschiedliche räumliche Ausdehnungen aufweisen. Eine Verbesserung kann durch eine Standardisierung nach der Flächengröße erzielt werden, wie zum Beispiel mit dem Netzwerkdichte-Indikator:

$$N = \frac{L}{A} \quad (\text{Gleichung 4})$$

mit N als Netzwerkdichte, L als Gesamtlänge des Verkehrsnetzes und A als Fläche in km^2 . Eine andere Möglichkeit zur Standardisierung bieten statistische Daten, wie zum Beispiel die Bevölkerungszahl. Übliche, in der Planungspraxis anzutreffende Ausstattungsindikatoren sind:

- Straßenkilometer pro km^2 ,
- Haltestellen je 1.000 Einwohner.

Das Problem der Verteilung der Verkehrsinfrastruktur und -angebote innerhalb der Zone bleibt dabei unberührt. Ein weiteres Manko von verkehrlichen Ausstattungsindikatoren ist, dass es kaum möglich ist, verschiedene Verkehrssysteme sinnvoll miteinander zu vergleichen. Der Anzahl an Haltestellen des ÖPNV-Netzes ist beispielsweise schwerlich die Anzahl an Stadtautobahnanschlüssen im Straßennetz entgegenzusetzen (ebd.). Die unzweifelhaften Vorteile von verkehrlichen Ausstattungsindikatoren liegen hingegen in ihrer verhältnismäßig einfachen Erhebbarkeit und in ihrer guten Nachvollziehbarkeit. Für die Verkehrsplanung eignen sie sich vor allem zur Beschreibung von Erschließungsqualitäten.

Siedlungsstrukturelle Ausstattungsindikatoren (engl. self supply indicators) beschreiben die Lagegunst eines Ortes durch die dort befindlichen Aktivitätsgelegenheiten. Bei ihnen stehen keine verkehrlichen Aspekte, sondern räumliche, zeitliche und sozio-ökonomische Kenngrößen zur Siedlungsstruktur im Vordergrund. Bei diesem Ansatz wird unterstellt, dass an lagegünstigen Orten die Quantität und Qualität der Aktivitätsangebote höher ist als an lageungünstigen Orten.

Mit siedlungsstrukturellen Ausstattungsindikatoren werden unterschiedliche Orte und/oder Zeiträume miteinander verglichen. Nach Einschätzung von Talen (2003, S. 183) gehören sie zu den am häufigsten in der raumplanerischen Praxis angewandten Erreichbarkeitsindikatoren. Zur Abgrenzung beziehungsweise als Untersuchungseinheiten dienen in der Regel statistische oder administrative Gebietseinheiten. Charakteristische Beispiele für siedlungsstrukturelle Ausstattungsindikatoren sind:

- Anzahl der Arbeitsplätze im tertiären Sektor,
- Nettoverkaufsfläche im Einzelhandel,
- Anzahl der Altenpflegeplätze.

Auch die siedlungsstrukturellen Ausstattungsindikatoren können standardisiert werden, zum Beispiel indem die Anzahl der Aktivitätsgelegenheiten in Relation zur Flächengröße oder zur Einwohner- beziehungsweise Haushaltszahl gestellt wird. Typische Beispiele sind:

- Anzahl der Kindergartenplätze je 1.000 Einwohner,
- Nettoverkaufsfläche im Einzelhandel je Hektar.

Eine weitere Variante sieht die Gegenüberstellung und Verrechnung von Angebot und Nachfrage vor (siehe Luo und Wang 2003, S. 865). Joseph und Phillips (1984), die diesen Typus als „availability measure“ (dies., S. 95) bezeichnen, bestimmten und verglichen für verschiedene Zonen in einer Region so beispielsweise die Anzahl an Einwohnern je Hausarzt. Das Verhältnis zwischen der Anzahl der Arbeitsplätze und der Erwerbstätigen in einer Zone ist ein weiteres Beispiel für einen derartigen Ausstattungsindikator.

Genau wie bei verkehrlichen Ausstattungsindikatoren beeinflusst letztendlich die Festlegung des Untersuchungsraumes die Messergebnisse erheblich. Ein Vergleich von Orten unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung wird dadurch erschwert. Hinzu kommt, dass die Aussagekraft umso mehr schwindet, je kleinräumiger der Untersuchungsraum wird (Weibull 1976, S. 369). Der größte Nachteil der aktivitätsbezogenen Ausstattungsindikatoren ist aber, dass verkehrliche Aspekte und Distanzen weitgehend unberücksichtigt bleiben. Genauso wie die rein verkehrlichen Ausstattungsindikatoren widersprechen auch sie dem dieser Arbeit zugrunde liegenden Konzept von Erreichbarkeit (siehe Kapitel 2.3).

3.2.2 Graphentheoretische Indikatoren

Graphentheoretische Indikatoren (engl. graph-theoretic oder topological indicators) basieren auf der Graphentheorie (siehe Harary 1969). Mit ihnen wird die Komplexität eines Verkehrsnetzes beschrieben. Hierbei wird angenommen, dass die Erreichbarkeit eines Ortes umso größer ist, je komplexer das ihn umgebene Verkehrsnetz ist.

Zur Bestimmung graphentheoretischer Indikatoren muss der räumliche Einzugsbereich festgelegt werden. Ihre Berechnung erfolgt anhand der in diesem Einzugsbereich liegenden graphentheoretischen Grundelemente Knoten, Kanten und Subgraphen sowie der Kantenlängen (Böckemann 1999, S. 93 ff.). Reisezeiten und -kosten werden nicht berücksichtigt. Graphentheoretische Indikatoren lassen sich in distanzunabhängige, distanzabhängige und Konnektivitätsindikatoren untergliedern.

Als *distanzunabhängige Indikatoren* gelten die Zyklomatische Zahl, der Alpha-, der Beta- und der Gamma-Index (Haggett und Chorley 1969, S. 31):

$$\text{Zyklomatische Zahl} \quad \mu = E - V + G \quad (\text{Gleichung 5})$$

$$\text{Alpha-Index} \quad \alpha = \left(\frac{E - V + G}{2 \cdot V - 5} \right) \cdot 100 \quad (\text{Gleichung 6})$$

$$\text{Beta-Index} \quad \beta = \frac{E}{V} \quad (\text{Gleichung 7})$$

$$\text{Gamma-Index} \quad \gamma = \left(\frac{E}{3 \cdot (V - 2)} \right) \cdot 100 \quad (\text{Gleichung 8})$$

mit E als Anzahl der Kanten, V als Anzahl der Knoten und G als Anzahl zusammenhängender Subgraphen. Diese auch als „direkte Verknüpfungsmaße“ (Nuhn und Hesse 2006, S. 291) bezeichneten Indizes bilden die Redundanz von Verbindungsmöglichkeiten in einem Verkehrsnetz ab. Je höher ihre Werte sind, umso komplexer und verknüpfter ist das untersuchte Verkehrsnetz (siehe Garrison und Marble 1962, 1964, 1965).

Die wichtigsten *distanzabhängigen Indikatoren* sind der Delta-, der Eta-, der Theta- und der Pi-Index. Alle vier Indizes eignen sich zur Beschreibung der Gestalt von Verkehrsnetzen und zur Charakterisierung ihrer Entwicklungsniveaus (vgl. Kansky 1963, S. 42; Haggett und Chorley 1969, S. 32ff.; Rodrigue, Comtois und Slack 2009, S. 28ff.). Mit dem Delta-Index wird der Durchmesser eines Netzes wiedergegeben, indem die Distanz des kürzesten Weges zwischen den am weitesten entfernten Randknoten bestimmt wird:

$$\text{Delta-Index} \quad \delta = \max_{ij} \{s(i, j)\} \quad (\text{Gleichung 9})$$

wobei δ der Durchmesser und $s(i, j)$ gleich der kleinsten Distanz zwischen den am weitesten entfernten Randknoten i und j ist. Je kleiner der Durchmesser ist, desto kompakter und zusammenhängender ist das Verkehrsnetz. Der Eta-Index berechnet sich aus der Division der Gesamtlänge eines Netzes durch die Anzahl der Kanten und der ähnlich aufgebaute Theta-Index aus der Division der Gesamtlänge eines Netzes durch die Anzahl der Knoten:

$$\text{Eta-Index} \quad \eta = \frac{L(G)}{E} \quad (\text{Gleichung 10})$$

$$\text{Theta-Index} \quad \theta = \frac{L(G)}{V} \quad (\text{Gleichung 11})$$

mit $L(G)$ als Gesamtlänge des Graphen und E als Anzahl der Kanten beziehungsweise V als Anzahl der Knoten. Die Werte beider Indizes werden umso kleiner, je verbundener das Verkehrsnetz ist. Der das Ausmaß eines Verkehrsnetzes beschreibende Pi-Index ist definiert als:

$$\text{Pi-Index} \quad \pi = \frac{L(G)}{\delta} \quad (\text{Gleichung 12})$$

mit π als Pi-Index, $L(G)$ als Gesamtlänge des Graphen und δ als Länge des Netzdurchmessers. Ein hoher Indexwert zeugt von einem komplexen und entwickelten Verkehrsnetz (Bökemann 1999, S. 97).

Graphentheoretische *Konnektivitätsindikatoren* sind ein knotenbezogenes Maß für den Verbindungszusammenhang innerhalb eines Verkehrsnetzes. Die Erreichbarkeit eines Knotens wird durch die Anzahl der Elemente bestimmt, die benutzt werden können oder müssen, um in einem Verkehrsnetz von einem Knoten zu allen anderen Knoten zu gelangen (Meise und Vohlwasen 1980, S. 126; vgl. Garrison 1960). Einfache praxisrelevante Beispiele sind:

- Anzahl der ÖPNV-Linien, die vom Ort A zum Ort B führen,
- Anzahl notwendiger Umsteigevorgänge vom Ort A zum Ort B.

Der Assoziationsindex (engl. associated number) hingegen gibt Auskunft über die Zentralität eines Knotens. Er wird hergeleitet als maximale kürzeste topologische Distanz im Verkehrsnetz:

$$\text{Assoziationsindex} \quad K_i = \max\{s(i, j)\} \quad (\text{Gleichung 13})$$

mit K_i als Assoziationsindex für den Knoten i und $s(i, j)$ als kürzeste topologische Distanz zwischen den Knoten i und j (König 1935, S. 63f.; Jones 1981, S. 5). Je kleiner der Assoziationsindex ist, desto zentraler liegt beziehungsweise umso besser erreichbar ist der Knoten. Der maximale Assoziationsindex im Verkehrsnetz entspricht dem Delta-Index (Gleichung 9). Der Delta-Index „kann als Sonderfall dieses Indexes bezeichnet werden“ (Bökemann 1996, S. 97).

Anwendung finden graphentheoretische Indikatoren heutzutage vor allem in der Netzplanung für den Nahverkehr (so zum Beispiel bei Porta, Crucitti und Latora 2006; Curtis und Scheurer 2009; Porta u. a. 2009). Sie werden genutzt, um verkehrsgünstige beziehungsweise -ungünstige Knotenpunkte, Redundanzen im Verkehrsnetz oder komplexe Umsteigebeziehungen aufzuzeigen und zu optimieren. Lokale Strukturen lassen sich mit graphentheoretischen Indikatoren nur schwer analysieren. Ihr größter Nachteil ist jedoch, dass sowohl die Kapazitäten und Raumüberwindungswiderstände der Netzelemente als auch die Verteilung der Aktivitätsgelegenheiten im Raum unberücksichtigt bleiben. Aus diesen Gründen sind graphentheoretische Indikatoren für die Raum- und Verkehrsplanung zur Bewertung von Maßnahmen und zur Analyse kleinräumiger Strukturen nicht geeignet (vgl. Ruppert 1975, S. 55; Pirie 1979, S. 300; Meise und Volwahn 1980, S. 126).

3.2.3 Distanzindikatoren

Mit Distanzindikatoren (engl. distance indicators), die im deutschsprachigen Raum teilweise auch als Zugänglichkeitsindizes bezeichnet werden, wird die Lagegunst eines Ortes über Raumüberwindungswiderstände in einem Verkehrsnetz wiedergegeben. Die Raumüberwindungswiderstände lassen sich als geographische beziehungsweise euklidische Distanz oder über Routen in einem Verkehrsnetz abbilden. Bei der Berechnung von Routen in einem Verkehrsnetz werden Reiseaufwände zwischen Knoten über die Kantenwiderstände, zum Beispiel als minimale Reisezeit, Reisekosten oder generalisierte Kosten, ermittelt. Mit Routensuchprogrammen oder geeigneten Geo-Informationssystemen können heutzutage kürzeste Distanzen sowie Distanzmatrizen relativ problemlos und schnell berechnet werden. Die wichtigste Voraussetzung ist das Vorhandensein eines adäquaten Verkehrsgraphen, also eines digitalen Verkehrsnetzmodells (mehr hierzu im Kapitel 5.3.5).

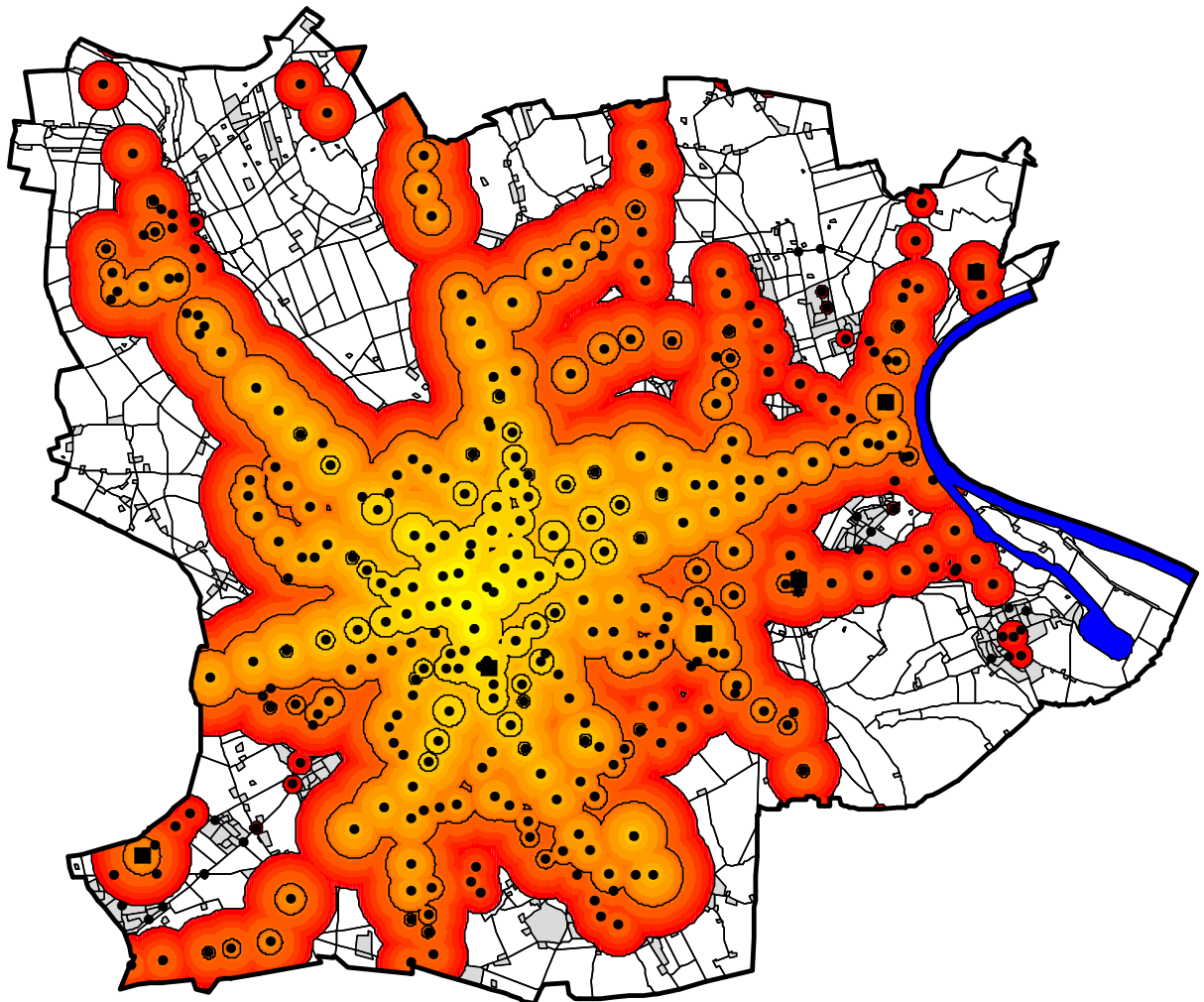
Die einfachste Form von Distanzindikatoren ist jene, für die Ingram (1971, S. 101) die Bezeichnung der relativen Erreichbarkeit einführte (siehe Kapitel 3.1.1). Die Lagegunst eines Ortes wird über einen Raumüberwindungswiderstand zwischen zwei Orten dargestellt. Beispiele solcher bilateralen Distanzindikatoren sind:

- Fußwegeentfernung zur nächsten Haltestelle,
- Reisezeit zum nächsten ICE-Bahnhof,
- Reisekosten zwischen Ort A und Ort B.

Mit Isochronenkarten können zeitliche Entfernungen anschaulich dargestellt werden. Karte 1 zeigt als Beispiel eine Abbildung der Reisezeiten mit dem ÖPNV in die Innenstadt von Krefeld. Über Farbabstufungen und Isolinien sind die Teilräume mit gleichen Reisezeiten gekennzeichnet. Die Isochronen verdeutlichen so, dass gerade die räumlichen Bereiche um die Straßen- und Stadtbahnachsen eine gute Erreichbarkeit in die Innenstadt aufweisen. Nachteilig an Iso-

chronenkarten ist, dass „zeitliche Entfernungen von nur einem Ort gezeigt werden können“ (Spiekermann und Wegener 1993, S. 460), und sie damit nur relative Erreichbarkeiten vermitteln. Dennoch werden Isochronenkarten vorwiegend in der Verkehrsplanung verwendet, ihre ältesten Anwendungsbeispiele werden von Monkhouse und Wilkinson (1978, S. 280f.) auf die 1930er-Jahre datiert. Weil sich mit ihnen Reisezeitverkürzungen gut abbilden lassen, dienen sie häufig in Form von Reisezeitdifferenzkarten auch als Argumentationsmittel für verkehrliche Infrastrukturausbaumaßnahmen.

Karte 1: Reisezeit mit dem ÖPNV in die Innenstadt Krefelds.



Legende:

Reisezeitisochronen in Minuten



- Bus-/Strassenbahn-/Stadtbahnhaltestelle
- Eisenbahnhaltestelle

Quelle: Schwarze 2005, S. 39

Einen anderen Ansatz verfolgte Timbers (1967) mit dem Routen-Faktor, der auch als Detour-Index bekannt ist (siehe Rodrigue, Comtois und Slack 2009, S. 29). Dieser Distanzindikator gibt das Verhältnis zwischen dem Raumüberwindungswiderstand in einem Verkehrsnetz und der direkten Luftlinie wieder. Der Raumüberwindungswiderstand zwischen zwei Verkehrsnetzknotten wird bei diesem Distanzindikator nicht als absolute, sondern als relative Distanz ermittelt:

$$R_{ij} = \frac{N_{ij}}{E_{ij}} \quad (\text{Gleichung 14})$$

mit R_{ij} als Routen-Faktor, N_{ij} als Verkehrsnetzwidestand und E_{ij} als euklidische Distanz zwischen den Knoten i und j . Der Routen-Faktor ist einer von einer Vielzahl unterschiedlicher Indizes, mit denen die Direktheit von Verbindungen und damit die Verkehrsnetzeffizienz gemessen wird (vgl. Haggett und Chorley 1969, S. 57ff.). Ein Vorteil der Anwendung des Routen-Faktors ist die Relativierung des Einflusses von geographischen Entfernungen auf das Ergebnis (Gutiérrez, Monzón und Pinéro 1998, S. 1339; vgl. Rodrigue, Comtois und Slack 2009, S. 26).

Bei Distanzindikatoren nach dem Prinzip der integralen Erreichbarkeit (siehe Kapitel 3.1.1) wird die Lagegunst eines Ortes durch die Summe der minimalen Raumüberwindungswiderstände zwischen diesem Knoten und allen übrigen Zielknoten eines Untersuchungsraums ermittelt (Haggett und Chorley 1969, S. 32). Die Erreichbarkeit eines Ortes i ist umso höher, je geringer die Summe der niedrigsten Raumüberwindungswiderstände zu den Zielknoten j ist:

$$A_i = \sum_j c_{ij} \quad (\text{Gleichung 15})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i und c_{ij} als minimaler Raumüberwindungswiderstand zwischen den Knoten i und j . Das so berechnete Erreichbarkeitsmaß geht auf Shimbel (1953) zurück. Es wird deshalb auch Shimbel-Index genannt (siehe Jones 1981, S. 5).

Besser als durch eine lineare Abbildung lässt sich distanzempfindliches Verhalten durch eine Potenz-, Exponential- oder Gaußfunktion modellieren (vgl. Vickerman 1974, S. 678). Demgemäß fügte Ingram (1971) dem Shimbel-Index eine generalisierende Raumwiderstandsfunktion hinzu:

$$A_i = \sum_j f(c_{ij}) \quad (\text{Gleichung 16})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i und c_{ij} als minimaler Raumüberwindungswiderstand zwischen den Knoten i und j . Die Funktion $f(c_{ij})$ wird als Raumwiderstandsfunktion bezeichnet (siehe Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 18).

Die Bandbreite unterschiedlicher Distanzindikatoren ist groß. Aus den aufgeführten Grundformen hat sich in der Forschung und Praxis eine Vielzahl von Variationen entwickelt (siehe Rodrigue, Comtois und Slack 2009, S. 28ff.). Eine verbreitete Variante ist die Berechnung der Erreichbarkeit als mittlerer Raumüberwindungswiderstand (vgl. Ruppert 1975, S. 63; Bruinsma und Rietveld 1998, S. 500):

$$A_i = \frac{1}{n} \sum_j f(c_{ij}) \quad (\text{Gleichung 17})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , n als Anzahl an Orten, c_{ij} als minimaler Raumüberwindungswiderstand zwischen den Knoten i und j sowie $f(c_{ij})$ als Raumwiderstandsfunktion. Andere Ansätze berücksichtigen das Verkehrsverhalten, indem sie die Verkehrsnachfrage zusätzlich in die Berechnung mit einschließen (vgl. Jones 1981, S. 6). Savigear (1967, S. 65) schlug hierzu die Verwendung eines reziproken Erreichbarkeitsindizes vor:

$$A_i = 1 / \frac{\sum_j c_{ij} T_{ij}}{\sum_j T_{ij}} \quad (\text{Gleichung 18})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , c_{ij} als minimaler Raumüberwindungswiderstand zwischen den Orten i und j und T_{ij} als Fahrtenanzahl zwischen den Orten i und j . Durch die Integration

der Fahrtenanzahl T_{ij} erfahren nachfragestarke Verkehrsrelationen eine höhere Bedeutung. Weitere Ansätze enthalten inter- oder multimodale Berechnungen (siehe Leake und Huzayyin 1979) oder berücksichtigen Verkehrsnetzbeschränkungen (siehe Muraco 1972).

Distanzindikatoren erfreuen sich gerade in der klassischen Verkehrsplanung besonderer Beliebtheit, da sie über ein Entfernungsmaß die Güte eines Verkehrssystems wiedergeben können und leicht zu interpretieren sind. In ihre Berechnung gehen die Raumüberwindungswiderstände zwischen zwei oder mehreren Orten ein. Im Vergleich zu komplexen Indikatoren fällt ihr Rechenaufwand entsprechend niedriger aus. Weitgehend unberücksichtigt bleibt dagegen bei ihnen der Nutzen, der sich aus dem Erreichen eines Zielortes ergeben kann. Im Unterschied zu komplexen Reiseaufwandsindikatoren (siehe Kapitel 3.3.1) fließen bei den einfachen Distanzindikatoren keine Informationen zu den an den Zielorten befindlichen Aktivitätsgelegenheiten ein. Somit wird bei ihnen die Ursache für Verkehr, nämlich das Bedürfnis zur Ausübung von Aktivitäten, außer Acht gelassen. Ihre Betrachtungsweise ist rein verkehrlich beziehungsweise infrastrukturbezogen.

De facto lassen sich einfache Distanzindikatoren und komplexe Reiseaufwandsindikatoren allerdings nicht immer eindeutig und klar abgrenzen. Teilweise ist von einem fließenden Übergang zwischen diesen Erreichbarkeitsindikatortypen auszugehen. Bei der Berechnung von Distanzindikatoren stehen zwar verkehrliche Parameter im Vordergrund, dennoch können auch hinter Knoten im Verkehrsnetz bestimmte, implizierte Nutzungen vermutet werden. Besonders deutlich wird dies bei dem in der Planungspraxis häufig verwendeten Erreichbarkeitsindikator „Reisezeit in die Innenstadt“. Die Innenstadt wird zwar als Knoten in einem Verkehrsnetz behandelt – demnach handelt es sich um einen Distanzindikator –, trotzdem wird mit dem Ziel der Innenstadt unterstellt, dass sich dort aufgrund ihrer zentralörtlichen Bedeutung vielfältige Aktivitätsgelegenheiten akkumulieren. Dies wiederum deutete dann eher auf einen komplexen Reiseaufwandsindikator hin.

3.3 Komplexe Erreichbarkeitsindikatoren

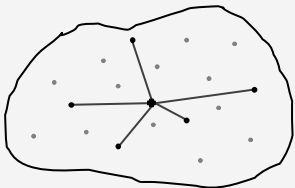
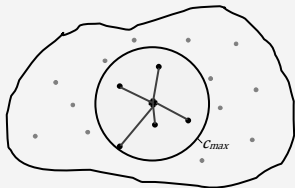
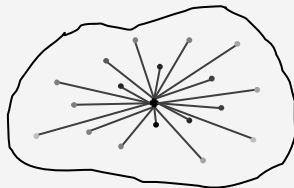
Komplexe Erreichbarkeitsindikatoren bilden die Lagegunst eines Ortes im Raum in Bezug auf die von ihm aus potenziell erreichbaren Aktivitätsziele und -gelegenheiten ab. Damit entsprechen sie dem in dieser Arbeit verwendeten Begriffsverständnis von Erreichbarkeit (siehe Kapitel 2.3). Ein komplexer Erreichbarkeitsindikator vereint die relevanten Eigenschaften sowohl der Siedlungsstruktur als auch des Transportsystems (Davidson 1977, S. 1401). Der Nutzen eines Standortes für Individuen, Haushalte oder Unternehmen resultiert aus der Verteilung der potenziellen Aktivitätsstandorte im Raum, der Leichtigkeit, diese über das Verkehrssystem zu erreichen, sowie der Quantität, Qualität und dem Charakter der dort vorhandenen Aktivitätsgelegenheiten (vgl. Handy und Niemeier 1997, S. 1175). Komplexe Erreichbarkeitsindikatoren können nach standörtlichen und individuellen Indikatoren differenziert werden (siehe Kapitel 3.1.3).

Standörtliche Erreichbarkeit ist mathematisch formuliert ein aus zwei Funktionen bestehendes Konstrukt, in dem die erste Funktion die von einem Standort erreich- und realisierbaren Aktivitätsgelegenheiten repräsentiert und die zweite Funktion den Aufwand beschreibt, der erforderlich ist, um die Aktivitätsziele über das Verkehrssystem zu erreichen:

$$A_i = \sum_j g(W_j) f(c_{ij}) \quad (\text{Gleichung 19})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , W_j als potenziell erreichbare Aktivitätsgelegenheiten am Zielort j und c_{ij} als Raumüberwindungswiderstand zwischen den Orten i und j . Die Funktion $g(W_j)$ wird als Aktivitätsfunktion und die Funktion $f(c_{ij})$ wird als Widerstandsfunktion bezeichnet (siehe Wegener u. a. 2001, S. 14). Durch die multiplikative Verknüpfung der Aktivitäts- und Widerstandsfunktion wird berücksichtigt, dass sowohl die Aktivitätsgelegenheiten als auch deren Zugänglichkeit für die Bestimmung von Erreichbarkeit relevant sind. Die Erreichbarkeit des Ortes i stellt sich als Summe des mit den Aktivitätsgelegenheiten des Ortes j gewichteten Reiseaufwands zwischen den Orten i und j dar. „Die zugrundeliegende Interpretation lautet: Je größer die Zahl der attraktiven Ziele in den Gebieten j ist und je erreichbarere diese von Gebiet i aus sind, desto größer ist die Erreichbarkeit des Gebiets i “ (ebd.). Die Spezifizierungen der Aktivitäts- und Widerstandsfunktion können unterschiedlich ausfallen. Tabelle 3 zeigt eine typisierende Übersicht komplexer, standörtlicher Erreichbarkeitsindikatoren. Je nach Ausbildung werden sie nach Reiseaufwandsindikatoren (siehe Kapitel 3.3.1), Kumulationsindikatoren (siehe Kapitel 3.3.2) und Potenzialindikatoren (siehe Kapitel 3.3.3) unterschieden.

Tabelle 3: Typisierung komplexer, standörtlicher Erreichbarkeitsindikatoren.

Indikatortyp	Reiseaufwandsindikatoren	Kumulationsindikatoren	Potenzialindikatoren
Beschreibung	Akkumulierter Reiseaufwand zu einem definierten Quantum an Aktivitätsgelegenheiten	Akkumulierte Aktivitätsgelegenheiten innerhalb eines definierten Reisebudgets	Akkumulierte Aktivitätsgelegenheiten gewichtet mit einer Widerstandsfunktion
Aktivitätsfunktion $g(W_j)$	W_j oder 1 falls $W_j \geq W_{min}$ 0 falls $W_j < W_{min}$	W_j	W_j^α
Widerstandsfunktion $f(c_{ij})$	c_{ij}	1 falls $c_{ij} \leq c_{max}$ 0 falls $c_{ij} > c_{max}$	$c_{ij}^{-\beta}$ oder $\exp(-\beta c_{ij})$ oder $\exp\left(-\frac{c_{ij}^\gamma}{\gamma}\right)$
Schematische Darstellung			

mit W_{min} und c_{max} als Konstanten und α , β und γ als Parameter
Quelle: eigene Darstellung nach Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 19 und Hyun-Mi 2005, S. 517

Nutzenbasierte Erreichbarkeitsindikatoren sind in gewisser Weise als hybrid zu bezeichnen, da sie eine individualisierte Form der Potenzialindikatoren darstellen und zugleich sowohl Elemente standörtlicher Potenzialindikatoren als auch solche individueller Erreichbarkeit beinhalten. Die Grundlage von Nutzenindikatoren bilden mikroökonomische Entscheidungs- und Verhaltenstheorien. Zumeist werden sie in der ökonomisch-orientierten Erreichbarkeitsforschung angewandt. Ihre Beschreibung erfolgt im Kapitel 3.3.4. Aktionsraumindikatoren gelten als die klassischen komplexen, individuellen Erreichbarkeitsindikatoren. Mit ihnen wird die Erreichbarkeit von Individuen auf der Grundlage der Aktionsraumtheorie (siehe Hägerstrand 1970) über individuelle räumlich und zeitlich fixierte Handlungsräume abgebildet. Sie werden im Kapitel 3.3.5 diskutiert.

3.3.1 Reiseaufwandsindikatoren

Reiseaufwandsindikatoren (engl. travel cost indicators) stützen sich auf die Annahme, dass je nach Nachfragegruppe und Reisezweck nicht sämtliche Aktivitätsgelegenheiten, sondern nur eine bestimmte Auswahl oder Obergrenze an Aktivitätsgelegenheiten von Bedeutung ist (vgl. Ruppert 1975, S. 71; Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 20).

Im Vorfeld der Berechnung müssen daher die relevanten Aktivitätsziele definiert werden. Hierbei kann es sich entweder um bestimmte Zielorte wie zentrale Orte, Verwaltungsstandorte, Schulen (siehe Handy 1992; Hillman und Pool 1997) oder um eine festgesetzte Mindestmenge an Aktivitätsgelegenheiten, wie beispielsweise eine bestimmte Anzahl an Arbeitsplätzen (siehe Wickstrom 1971), handeln. Die Formulierung des Zielerreichungsgrads spiegelt dabei zumeist ein politisch-planerisches Ziel oder ein empirisch begründetes Anspruchsniveau wider.

In Analogie zu einfachen Distanzindikatoren (siehe Kapitel 3.2.3) wird die Lagegunst eines Ortes durch den Reiseaufwand ausgedrückt, der aufgebracht werden muss, um von diesem Quellstandort zu den zuvor festgelegten Aktivitätsgelegenheiten zu gelangen:

$$A_i = \sum_j g(W_j) c_{ij} \quad \text{mit } g(W_j) = \begin{cases} W_j \text{ oder } 1 & \text{falls } W_j \geq W_{min} \\ 0 & \text{falls } W_j < W_{min} \end{cases} \quad (\text{Gleichung 20})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , W_j als Aktivitätsgelegenheiten am Zielort j , c_{ij} als Raumüberwindungswiderstand zwischen den Orten i und j sowie W_{min} als vordefinierte Auswahl zu erreichender Aktivitätsziele. Der Reiseaufwand wird in der Regel als Reisezeit, Reisekosten oder generalisierte Kosten angegeben. Durch ihn wird ein Nachteil ausgedrückt. Je niedriger A_i ist, desto höher ist die Erreichbarkeit. Fällt die Auswahl auf eine binäre Aktivitätsfunktion, so wird der zum Erreichen der festgesetzten Aktivitätsziele erforderliche Reiseaufwand aufsummiert. Beispiele hierfür sind:

- Summe der generalisierten Reisekosten zu bestimmten Einkaufseinrichtungen,
- Summe der Reisezeiten zu bestimmten Verwaltungsstellen.

Die Division durch die Anzahl der Aktivitätsgelegenheiten oder die Summe der Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ gibt den mittleren Reiseaufwand wieder, der im Vergleich zur Summe eine einfachere und nachvollziehbarere Mengenangabe mit sich bringt, wie diese Beispiele verdeutlichen:

- Mittlere generalisierte Reisekosten zu bestimmten Einkaufseinrichtungen,
- Mittlere Reisezeit zu bestimmten Verwaltungsstellen.

Komplexer wird die Interpretation der Ergebnisse hingegen, wenn die Raumwiderstandsfunktion Verhaltensparameter einschließt (siehe Handy 1992) oder die Größe und/oder andere Charakteristika der Aktivitätsgelegenheiten mitberücksichtigt werden und hierbei der Reiseaufwand mit den Aktivitätsgelegenheiten über eine entsprechende Aktivitätsfunktion gewichtet wird (siehe Ruppert 1975, S. 67f.).

Eine Sonderform stellen lokale Reiseaufwandsindikatoren dar, bei denen die minimale Distanz zum nächstgelegenen Aktivitätsziel bestimmt wird (siehe Lutter, Pütz und Spangenberg 1993; Talen 1998). Von Talen (2003, S. 183) bezeichnet diese lokalen Reiseaufwandsindikatoren in Abgrenzung zu „travel cost indicators“ als „minimum distance indicators“. Zwar vermögen sie Auskunft über das unmittelbare Umfeld eines Ortes zu geben, der weitere Kontext inklusive einer Einordnung in das restliche Siedlungssystem wird jedoch außer Acht gelassen (Wegener u. a. 2001, S. 16). Beispiele sind:

- Minimale Reisezeit zur nächsten Grundschule,
- Minimale generalisierte Reisekosten zum nächsten Flughafen.

Alles in allem eignen sich Reiseaufwandsindikatoren insbesondere für vergleichende Bewertungen mehrerer Standorte oder verschiedener Zeiträume. Ihr größter Vorteil liegt darin, dass ihre Ergebnisse sehr anschaulich und leicht zu interpretieren sind. Bei größeren Untersuchungsräumen sind Reiseaufwandsindikatoren tendenziell weniger ausgeprägt (vgl. Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 69 u. 87). Zudem hängen die Ergebnisse stark von der festgelegten Auswahl an Aktivitätszielen ab. Gerade dieser Umstand wird in der Literatur als problematisch angesehen, da es nach wie vor an Normierungen für die Selektion von Aktivitätszielen beziehungsweise wissenschaftlich begründeten Obergrenzen mangelt (ebd., S. 20; Ruppert 1975, S. 67ff.). Die Nichtintegration von Verhaltensaspekten, zum Beispiel die Vorstellung, dass näher liegende Aktivitätsziele häufiger frequentiert werden und damit stärker zu gewichten seien als weiter entfernt liegende, ist ein weiterer Kritikpunkt an Reiseaufwandsindikatoren (vgl. Wegener u. a. 2001, S. 16).

3.3.2 Kumulationsindikatoren

Kumulationsindikatoren (engl. cumulative opportunity indicators) sind aktivitätsorientiert und entsprechen dem Potenzialansatz. Hierhinter verbirgt sich die Ansicht, dass die Wahrscheinlichkeit zur Realisierung einer dem Reisezweck und -bedürfnis einer Person entsprechenden Aktivität ansteigt, je größer die Spanne potenziell erreich- und realisierbarer Aktivitätsgelegenheiten ist (Carrothers 1956, S. 94ff.). Die Lagegunst eines Ortes ist umso höher, je mehr Aktivitätsgelegenheiten mit einem für die Nachfragegruppe akzeptablen Aufwand erreicht und realisiert werden können.

Die Abbildung dieses Erreichbarkeitspotenzials basiert bei Kumulationsindikatoren auf der aktionsräumlichen Theorie von der Konstanz des Reisebudgets (siehe Zahavi 1974; Hupkes 1977; Goodwin 1979; Zahavi, Beckmann und Golob 1981; Levinson und Kumar 1994a). Demnach sind Individuen in ihrem Verkehrsverhalten nicht dadurch bestimmt, ihren Verkehrsaufwand zu minimieren, sondern vielmehr bemüht, „im Rahmen ihrer für die Raumüberwindung zur Verfügung stehenden Zeit- und Geldbudgets die Zahl der [erreichbaren] [...] Gelegenheiten zu maximieren“ (Wegener 1999, S. 21). Bei Kumulationsindikatoren wird dies berücksichtigt, indem der Raumüberwindungswiderstand über eine Stufenfunktion abgebildet wird (vgl. Jones 1981, S. 10). Es wird die Anzahl an Aktivitätsgelegenheiten bestimmt, die innerhalb einer vorgegebenen Reisebudgetgrenze erreicht werden können:

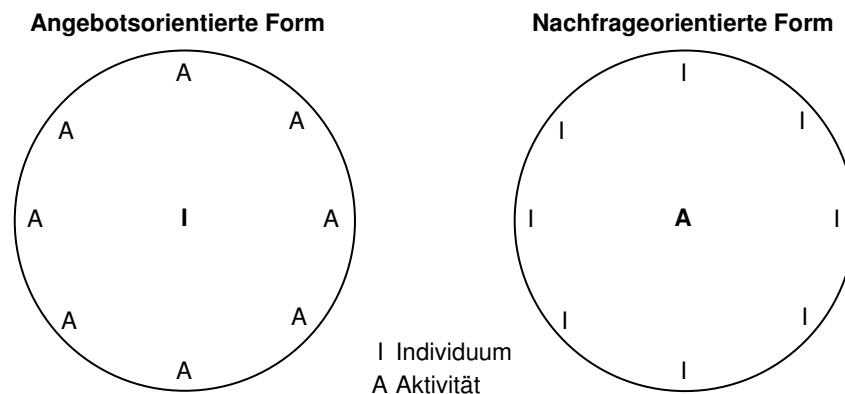
$$A_i = \sum_j W_j f(c_{ij}) \quad \text{mit } f(c_{ij}) = \begin{cases} 1 & \text{falls } c_{ij} \leq c_{max} \\ 0 & \text{falls } c_{ij} > c_{max} \end{cases} \quad (\text{Gleichung 21})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , W_j als Aktivitätsgelegenheiten am Zielort j , c_{ij} als Raumüberwindungswiderstand zwischen den Orten i und j sowie c_{max} als vordefinierte Reisebudgetgrenze, üblicherweise als Reisezeit in Minuten beziehungsweise als Reisekosten oder generalisierte Kosten bestimmt. Es handelt sich somit um eine kumulative Funktion für die innerhalb einer Reisebudgetgrenze erreichbaren Aktivitätsgelegenheiten (siehe Wachs und Kugamai 1973; Burns und Golob 1976; Kawabata und Shen 2006). Typische Beispiele sind:

- Anzahl der innerhalb von 30 Minuten Reisezeit zu erreichenden Arbeitsplätze,
- Anzahl der innerhalb von 15 Minuten Reisezeit zu erreichenden Schulplätze,
- Anzahl der mit einem Reisekostenbudget von 20 € zu erreichenden Freizeiteinrichtungen.

Diese von König (1980, S. 146) als „isochronic definition“ von Erreichbarkeit bezeichnete Funktion geht auf Törnqvist (1970) zurück, der sich in seiner Untersuchung über Geschäftskontakte am Geschäftsreisenden orientierte, der innerhalb eines Tages zu einem anderen Ort reist, seine Geschäfte dort erledigt und abends zurückkehrt. Der Kumulationsindikator wird daher von einigen Autoren auch als „daily accessibility indicator“ bezeichnet (siehe Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 19; Vickerman, Spiekermann und Wegener 1999, S. 11).

Neben der angebotsorientierten Form existiert auch eine nachfrageorientierte Form von Kumulationsindikatoren. Die Erreichbarkeit eines Ortes wird hierbei durch das Nachfragepotenzial bestimmt, das innerhalb einer Reisebudgetgrenze theoretisch besteht. Hiermit werden zum einen Einzugsbereiche von infrastrukturellen Einrichtungen oder Absatzmärkte von Vertriebs-einrichtungen abgeschätzt (engl. catchment area), zum anderen wird dieser Erreichbarkeitsindikator häufig auch in der Nahverkehrsplanung eingesetzt, wenn beispielsweise das Nachfragepotenzial von Haltestellen oder Erschließungsgrade untersucht werden (vgl. Schwarze 2005, S. 15f.). Die Unterschiede zwischen der angebots- und nachfrageorientierten Form des Kumulationsindicators werden in Abbildung 5 abstrahierend veranschaulicht:



Quelle: eigene Darstellung nach Dijst, de Jong und Ritsema van Eck 2002, S. 415

Abbildung 5: Angebots- und nachfrageorientierte Form des Kumulationsindicators.

Kumulationsindikatoren gehören ähnlich wie Reiseaufwandsindikatoren nicht ohne Grund zu den am häufigsten verwendeten komplexen Erreichbarkeitsindikatoren. Ihre größte Stärke sind die verständlichen, gut nachvollziehbaren und einfach zu vermittelnden Ergebnisgrößen. Sie reagieren sensibel auf Veränderungen in der Flächennutzung und bei Reisezeiten beziehungsweise Reisekosten, auch wenn sie für eine Evaluation von Erreichbarkeitsveränderungen über die Zeit eher ungeeignet sind (vgl. Geurs und Ritsema van Eck 2001, S. 71; Bertolini, le Clercq und Kapoen 2005, S. 211). Unterstützung bei der Interpretation ihrer Ergebnisse können sogenannte Erreichbarkeitsprofile liefern, durch die die Veränderungen der Erreichbarkeitsverhältnisse bei veränderten Reisebudgetgrenzen aufgezeigt werden und somit ein Vergleich verschiedener Varianten ermöglicht wird (siehe Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 97; Black, Kuranami und Rimmer 1982, S. 1369).

Problematisch an Kumulationsindikatoren ist, dass die Aktivitätsgelegenheiten, die innerhalb der festgelegten Reisebudgetgrenze liegen, gleichgewichtet erfasst werden. Zwischen nah und entfernt gelegenen Aktivitätszielen wird rechnerisch nicht unterschieden, sodass der tatsächliche Reiseaufwand, der zum Erreichen einer Aktivitätsgelegenheit erforderlich ist, unberücksichtigt bleibt (Pirie 1979, S. 301; Wegener u. a. 2001, S. 17). Was zählt ist einzig, ob sich ein Akti-

vitätsziel innerhalb oder außerhalb der Reisebudgetgrenze befindet. Zudem werden die Ergebnisse von Kumulationsindikatoren durch diese Begrenzung des Reisebudgets beeinflusst. In diesem Zusammenhang wird auf der einen Seite von einigen Autoren bemängelt, dass es kaum theoretisch fundierte Methoden zur Bestimmung von Reisebudgetgrenzen gäbe (vgl. Ruppert 1975, S. 125f.; Makrí und Folkesson 1999, S. 5). Auf der anderen Seite zeigt die Praxis eine Vielzahl von Beispielen, in denen entweder auf reisezweckspezifische Verkehrsverhaltensdaten zurückgegriffen wurde oder die Festlegung der Reisebudgetgrenze normativ erfolgte (siehe hierzu auch die spätere Diskussion im Kapitel 5.3.3).

3.3.3 Potenzialindikatoren

Potenzialindikatoren (engl. potential indicators) beruhen ebenso wie Kumulationsindikatoren auf dem Potenzialansatz. Die Lagegunst eines Ortes wird umso besser beurteilt, je mehr Aktivitätsgelegenheiten mit einem für die Nachfragenden akzeptablen Aufwand potenziell erreichbar und realisierbar sind. Potenzialindikatoren basieren auf der Annahme, dass die Attraktivität von Aktivitätsgelegenheiten mit deren Größe steigt, aber mit wachsendem Reiseaufwand sinkt (Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 21). Die Erreichbarkeit ist umso besser, je näher die Aktivitätsziele liegen und je größer die Attraktivität der Aktivitätsgelegenheiten ist (Handy und Niemeier 1997, S. 1177).

Wachs und König (1979, S. 702) bezeichnen diesen Ansatz als „common sense approach“. Die Verwandtschaft dieses Konzeptes mit dem räumlichen Gravitationsmodell (siehe Carey 1858; Stewart 1947, 1948) ist offenkundig. Aus theoretischer Perspektive wirkt eine derartige Ableitung nur auf den ersten Blick banal. Tatsächlich konnte eingehend nachgewiesen werden, dass Potenzialindikatoren den theoretisch komplexeren Ansätzen der mikroökonomischen Entscheidungs- und Verhaltenstheorie mathematisch gleichen (siehe hierzu Wilson 1971; Vickerman 1974; Weibull 1976; Okabe 1976; Morris, Dumble und Wigan 1979; König 1980; Jones 1981; Bröcker 1989; Bruinsma und Rietveld 1998). Eine ausführliche Diskussion hierzu findet im nachfolgenden Unterkapitel 3.3.4 über Nutzenindikatoren statt.

Da Potenzialindikatoren sowohl empirisch als auch mikroökonomisch begründet sind, gelten sie als theoretisch fundiert und akkurat hergeleitet (vgl. Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 99ff.; König 1980, S. 145ff.; Talen 1998, S. 27). Die Attraktivität der Aktivitätsgelegenheiten wird mit dem zum Erreichen des Aktivitätsorts erforderlichen Reiseaufwand gewichtet. Im Vergleich zu Nutzenindikatoren (siehe Kapitel 3.3.4) besteht der wesentliche Vorteil von Potenzialindikatoren darin, dass der oben genannte Ansatz im Vergleich zum mathematischen Nutzenmodell für Planer, politische Entscheidungsträger und Laien gut nachvollziehbar und einfach zu verstehen ist. Talen (1998, S. 27) warnt allerdings davor, dass eine solche, die Komplexität reduzierende Herleitung nicht dazu führen dürfe, dass Potenzialindikatoren unzureichend operationalisiert oder dilettantisch angewandt werden. Eine besondere Rolle kommt dabei den Festlegungen der Aktivitäts- und Widerstandsfunktion sowie ihre Parameter zu (vgl. Dalvi und Martin 1976, S. 26ff.).

Die Aktivitätsfunktion kann sowohl linear als auch nichtlinear sein. Bei einer nichtlinearen Modellierung der Attraktivität von Aktivitätsgelegenheiten erfolgt die Mengengewichtung mit dem α -Parameter (siehe Tabelle 3). Da im Prinzip keine theoriebasierten Ansätze zur Gewichtung der Attraktivitätsmaße vorliegen, werden in der Praxis die Aktivitätsgelegenheiten häufiger linear mit $\alpha = 1$ gewichtet (siehe Dalvi 1979, S. 649). Eine detaillierte Diskussion hierüber wird noch im Kapitel 5.2.2 geführt.

Die Widerstandsfunktion ist gleichfalls bedeutend, da bei Potenzialindikatoren die Erreichbarkeit eines Ortes nicht durch eine festgelegte Reisegrenze, sondern durch eine entfernungsabhängige Akzeptanzwahrscheinlichkeit ausgedrückt wird. Dies führt im Vergleich zu Kumulationsindikatoren zu einer erheblich realistischeren Abbildung des Verkehrsverhaltens. Für die Abbildung der Widerstandsfunktion haben sich verschiedene Ansätze herausgebildet.

Nach dem klassischen Ansatz, dem Erreichbarkeitsmaß von Hansen (1959), das in der Literatur auch als Gravitationsindikator oder „Hansen-Erreichbarkeit“ bezeichnet wird, wird analog zum newtonschen Gravitationsgesetz eine reziproke Potenzfunktion verwendet:

$$A_i = \sum_j W_j^\alpha c_{ij}^{-\beta} \quad \text{mit } \beta > 0 \quad (\text{Gleichung 22})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , W_j^α als gewichtete Aktivitätsgelegenheiten am Zielort j mit einem Attraktivitätsparameter von $\alpha = 1$ bei Hansen (1959) sowie $c_{ij}^{-\beta}$ als Funktion des Raumüberwindungswiderstands zwischen den Orten i und j und β als Exponent zur Beschreibung des Widerstandseffektes. Weitergehende Überlegungen zum räumlichen Interaktionsverhalten und dessen Abbildung als Widerstandsfunktion (siehe Wilson 1967) führten dazu, dass heutzutage üblicherweise die verhaltenstheoretisch begründete negative Exponentialfunktion angewandt wird:

$$A_i = \sum_j W_j^\alpha \exp(-\beta c_{ij}) \quad \text{mit } \beta > 0 \quad (\text{Gleichung 23})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , W_j^α als gewichtete Aktivitätsgelegenheiten am Zielort j und $\exp(-\beta c_{ij})$ als Raumwiderstandsfunktion zwischen den Orten i und j . Ein großer Wert für den Distanzempfindlichkeitsparameter β bedeutet hierbei, dass naheliegende Aktivitätsgelegenheiten wesentlich stärker gewichtet werden als entfernt liegende. Durch β wird die entsprechende Halbwertszeit widergespiegelt. Eine dritte, gelegentlich angewandte Variante ist die von Ingram (1971) vorgeschlagene Gauss'sche Widerstandsfunktion:

$$A_i = \sum_j W_j^\alpha \exp\left(-\frac{c_{ij}^2}{\gamma}\right) \quad \text{mit } \gamma > 0 \quad (\text{Gleichung 24})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , W_j^α als gewichtete Aktivitätsgelegenheiten am Zielort j , und c_{ij} als Raumüberwindungswiderstand zwischen den Orten i und j sowie γ als verkehrsnachfrageabbildende Konstante. Ein vergleichbarer Ansatz ist die EVA-Funktion (siehe Lohse 1977). Der Vorzug dieser Funktionskurven ist, dass sie in Quellortnähe im Gegensatz zu den anderen Widerstandsfunktionen sanfter abklingen (siehe Abbildung 20). Eine ausführliche Diskussion über Vor- und Nachteile wird im Kapitel 5.3.2 geführt.

Potenzialindikatoren sind theoretisch deutlich besser hergeleitet als Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren. Ihr Nachteil ist allerdings, dass ihre Ergebnisse nicht so einfach zu interpretieren sind. Die Erreichbarkeit eines Ortes wird bei Potenzialindikatoren nicht durch die Anzahl der Aktivitätsgelegenheiten oder durch einen Reiseaufwand ausgedrückt, sondern zumeist relativ, zum Beispiel als Prozentsatz der durchschnittlichen Erreichbarkeit aller Orte einer Untersuchungsregion, wiedergegeben (vgl. Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 22). Da solche Einheiten im Einzelnen schwierig nachzuvollziehen sind, lösten Geertman und Ritsema van Eck (1995, S. 70f.) das Potenzialmodell mathematisch in einen Potenzialindikator auf, der als Ergebnis den akkumulierten Reiseaufwand zu allen Aktivitätszielen angibt.

Trotz solcher Möglichkeiten zur Modifikation und der beschriebenen guten theoretischen Herleitung werden Potenzialindikatoren überwiegend im wissenschaftlichen Kontext und nur selten in der Planungspraxis angewandt (vgl. Schwarze 2005). Dies ist vor allem auch darin begründet, dass ihre Parameter nach stochastischen Verfahren relativ aufwendig kalibriert werden müssen, um realistische Ergebnisse zu liefern (vgl. Handy und Niemeier 1997, S. 1180).

3.3.4 Nutzenindikatoren

Nutzenindikatoren (engl. utility indicators) basieren auf mikroökonomischen Entscheidungs- und Verhaltenstheorien, die zum Beispiel auch in Verkehrsnachfragemodellen, vor allem aber in den Wirtschaftswissenschaften zur Bewertung von Regionen und Standorten zum Tragen kommen (König 1980, S. 156f.). Nutzenindikatoren stellen eine hybride Form standörtlicher und individueller Erreichbarkeit dar. Mathematisch sind sie mit Potenzialindikatoren (siehe Kapitel 3.3.3) verwandt.

Nach Ben-Akiva und Lerman (1979, S. 654) beleuchten Nutzenindikatoren als additive Erreichbarkeitsindikatoren stärker die hinter dem Verhalten von Individuen stehenden Entscheidungsprozesse. Im Vordergrund steht bei ihnen die Bestimmung des Nutzens, den Individuen aus der Realisierung einer Aktivität unter Beachtung der Kosten für die notwendige Raumüberwindung erzielen können. Dabei wird angenommen, dass Individuen aus einer gegebenen Anzahl von Aktivitäts- und Transportmöglichkeiten diejenige Kombination auswählen, die ihnen den höchsten Konsumentenmehrwert verspricht (vgl. Neuburger 1971; Cochrane 1975; Burns und Golob 1976; Williams 1976; Ben-Akiva und Lerman 1979; Martinez und Araya 2000). Berechnet werden Nutzenindikatoren nach dem Maximierungsprinzip. Die Erreichbarkeit eines Ortes wird aus der Summe der individuellen Entscheidungen zur Nutzenmaximierung abgebildet:

$$A_i = \sum_p \max_{ij} U_{ij}^p \quad (\text{Gleichung 25})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i und U_{ij}^p als Nutzenfunktion des Aktivitätsangebots am Ort j für das Individuum p am Ort i (Ben-Akiva und Lerman 1979, S. 654). Die Nutzenfunktion kann hierbei Variablen zur Attraktivität der Aktivitätsangeboten, den Raumüberwindungsaufwand sowie sozio-ökonomische Charakteristika und Präferenzen des Individuums enthalten.

Ein Vorteil von Nutzenindikatoren ist die prinzipielle monetäre Darstellbarkeit ihrer Ergebnisse. Im Vergleich zu den anderen standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren besteht ihr wesentlicher Nachteil in dem für die Berechnung erforderlichen hohen Datenaufwand. Benötigt werden Datenbasen, die die Mobilitätsmöglichkeiten und Präferenzstrukturen von Individuen oder Personengruppen enthalten. Dieser hohe Aufwand führt dazu, dass Nutzenindikatoren nur selten und überwiegend in wissenschaftlichen Anwendungen eingesetzt werden. Als weiterer Kritikpunkt gilt, dass Nutzenindikatoren auf dem beobachteten Verhalten beruhen und sie daher den aus geplanten Maßnahmen erwarteten Nutzen kaum zufriedenstellend abbilden können (vgl. Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 99ff.).

Die Bewertung der Entscheidungsalternativen erfolgt mit dem Logit-Modell (siehe McFadden 1974, 1978; Domencich und McFadden 1975) als stochastisches Nutzenmodell:

$$U_{ij}^p = V_j^p - \beta c_{ij}^p + \varepsilon_{ij}^p \quad (\text{Gleichung 26})$$

mit V_j^p als deterministischer Nutzen des Individuums p am Zielort j , c_{ij}^p als Reiseaufwand zwischen den Orten i und j , β als Parameter der Raumwiderstandsfunktion und ε_{ij}^p als zusätzliche

stochastische Nutzenkomponente. Wird nun angenommen, dass alle Individuen am Ort i diejenigen Aktivitätsziele am Ort j auswählen, die ihren Nutzen maximieren, der deterministische Nutzen am Ort j über die bekannte Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ abgebildet wird und die Zufallsvariable ε gleichverteilt und unabhängig ist, so führt dies zu:

$$A_i = \ln \left[\sum_j \exp(g(W_j)) \exp(-\beta c_{ij}) \right] \quad (\text{Gleichung 27})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , $g(W_j)$ als Aktivitätsfunktion und $\exp(-\beta c_{ij})$ als Raumwiderstandsfunktion (vgl. Bruinsma und Rietveld 1998, S. 501). An dieser Stelle wird deutlich, dass Gleichung 27 und Gleichung 23 (Potenzialindikator mit einer negativen Exponentialfunktion als Widerstandsfunktion) formal äquivalent sind (vgl. hierzu Dalvi und Martin 1976, S. 19; Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 99ff.; Jones 1981, S. 9; Bröcker 1989, S. 818f.; Handy und Nie-meier 1997, S. 1177; Bhat u. a. 2001, S. 16). Auf einen vollständigen Beleg wird in dieser Arbeit verzichtet. Stattdessen wird auf Neuburger (1971), Williams (1976; 1977) und Leonardi (1978) verwiesen, die die mathematische Verknüpfung zwischen dem Potenzialindikator mit einer negativen Exponentialfunktion und dem Konsumentenmehrwert aus einfach oder doppelt beschränkten räumlichen Interaktionsmodellen bereits ableiteten.

Die auf mikroökonomischen Grundsätzen aufgebauten Nutzenindikatoren sind allgemein akzeptiert und hinsichtlich ihrer theoretisch-wissenschaftlichen und empirischen Herleitung den oben beschriebenen standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren gegenüber im Vorteil (Handy und Nie-meier 1997, S. 1178). Aus mathematischer Perspektive stimmen Potenzial- und Nutzenindikatoren jedoch weitgehend überein. Aus dieser Tatsache wird indessen auch eine zusätzliche, mikroökonomisch-theoretische Legitimation von Potenzialindikatoren abgeleitet (siehe König 1980, S. 151; Jones 1981, S. 8f.).

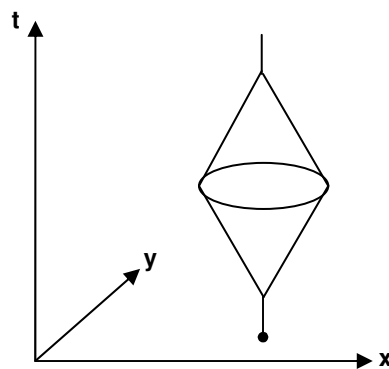
3.3.5 Aktionsraumindikatoren

Aktionsraumindikatoren (engl. potential activity area indicators) sind individuelle Erreichbarkeitsindikatoren nach dem Potenzialprinzip. Ihre Grundlage bildet die Aktionsraumtheorie von Hägerstrand (1970). Durch einen Aktionsraum werden die von einem Individuum realisierbaren räumlichen Gelegenheiten abgebildet. Seine Basis bilden dreidimensionale Raum-Zeit-Prismen, die den räumlich und zeitlich fixierten potenziellen Handlungsraum eines Individuums repräsentieren. Neben den zwei räumlichen Dimensionen stellt die Zeit die dritte Dimension des Raum-Zeit-Körpers dar. Der Aktionsraum wird durch drei Arten von Restriktionen eingeschränkt:

- Kapazitätsrestriktionen: personenbezogene nicht-räumliche Einschränkungen der Mobilität durch Geld- und Zeitbudgets, die Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln oder die Fähigkeit zu deren Nutzung;
- Kopplungsrestriktionen: Einschränkungen durch die Verknüpfung von Aktivitäten an verschiedenen Standorten und infolge der Zeitpläne von Einrichtungen und anderen Individuen;
- Institutionelle Restriktionen: Einschränkungen des Zugangs zu Einrichtungen durch öffentliche oder private Festlegungen wie Eigentum, Öffnungszeiten, Eintrittsgebühren oder Preise.

Ausgangsüberlegung bei der Bestimmung von Aktionsraumindikatoren ist die Feststellung, dass sich jedes Individuum zu einer bestimmten Zeit nur an einem bestimmten Ort befinden kann. Somit bewegt es sich auf einem individuellen Raum-Zeit-Pfad (siehe Dürr 1979, S. 7f.). Da im Tagesablauf bestimmte Aktivitäten räumlich fixiert (zum Beispiel durch den Wohnstandort), räumlich und zeitlich fixiert (zum Beispiel durch den Arbeitsplatz) sowie räumlich (zum Beispiel

durch die Standorte des Einzelhandels) und zeitlich (zum Beispiel durch Öffnungszeiten des Einzelhandels) eingeschränkt sind, können ausgehend von den räumlich und zeitlich fixierten Orten die Handlungsmöglichkeiten des Individuums durch ein individuelles, dreidimensionales Raum-Zeit-Prisma abgebildet werden (siehe Hägerstrand 1970; Lenntorp 1976; Burns 1979). Abbildung 6 veranschaulicht dieses Prinzip schematisch. Zwecks Vereinfachung sind der Quell- und Zielstandort identisch und die Raumüberwindungswiderstände gleichverteilt dargestellt. Die Außengrenzen des geometrischen Körpers beschreiben die für das Individuum maximal erreichbaren Orte im Raum-Zeit-Gefüge. Innerhalb dieses Raum-Zeit-Ausschnitts können theoretisch Wege absolviert und Aktivitätsgelegenheiten ausgeübt werden. Das Volumen des Raum-Zeit-Prismas kann hierbei als individuelles Erreichbarkeitsmaß aufgefasst werden.



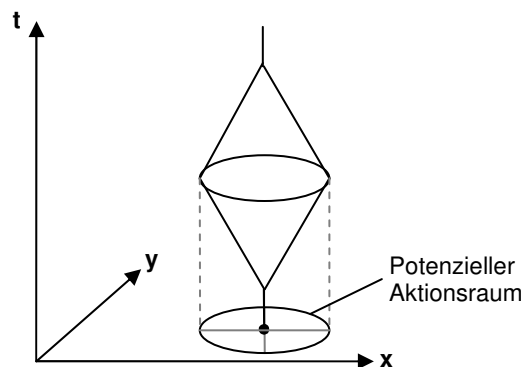
Quelle: eigene Darstellung angelehnt an Miller 1991, S. 290

Abbildung 6: Schematische Darstellung eines Raum-Zeit-Prismas.

Der Tagesverlauf eines Individuums wird durch mehrere Raum-Zeit-Prismen abgebildet, wenn zum Beispiel die Berechnung für mehrere Aktivitätsorte durchgeführt wird (siehe Forer und Kivell 1981, S. 498). Die Verschneidung der einzelnen Raum-Zeit-Prismen definiert den gesamten Erreichbarkeitsprismenkörper (siehe O'Sullivan, Morrison und Shearer 2000, S. 89). Die Geometrie wird hierbei umso komplexer, je mehr Aktivitäten beziehungsweise Wege berücksichtigt werden und je detaillierter der Modellierungsgrad ist (siehe Burns 1979; Miller 1991; Kwan 1998). Mit modernen dreidimensionalen Geoinformationssystemen können die individuellen Erreichbarkeitsprismenkörper berechnet und dargestellt werden (siehe Kwan 2000a; Huisman und Forer 2005; Neutens, van de Weghe, Witlox und de Maeyer 2008).

Zweidimensionale Aktionsraumindikatoren repräsentieren die räumlich abgrenzbare Verteilung aller potenziellen Aktivitätsorte einer Person als zweidimensionale Fläche. Für seine geometrische Modellierung haben sich unter Berufung auf die Aktionsraumtheorie von Hägerstrand (1970) verschiedene Ansätze herausgebildet. Bei Lenntorp (1976) entspricht die Projektion eines Erreichbarkeitsprismenkörpers auf die zweidimensionale räumliche Oberfläche dem potenziellen Aktionsraum, der in Form einer Ellipse dargestellt wird. Abbildung 7 zeigt dieses Prinzip in Bezug auf das in Abbildung 6 dargestellte Raum-Zeit-Prisma. Zahavi, Beckmann und Golob (1981) leiteten auf der Basis der Nutzentheorie ellipsenförmige „travel probability fields“ ab, indem die Aktivitätsgelegenheitsdichte als Nutzenfunktion mit dem Reiseaufwand als Kostenfunktion geometrisch verschnitten wird (siehe auch Beckmann, Golob und Zahavi 1983, S. 595ff.). Eine andere Variante ist die Berechnung von Konfidenzellipsen, bei denen der Aktionsraum über das räumlich realisierte individuelle Verhalten wiedergegeben wird. Größe und Ausrichtung

der Ellipsen sind auf der Grundlage von kartesischen Koordinaten nachweisbar aufgesuchter Aktivitätsorte bestimmbar (siehe Newsome, Walcott und Smith 1998; Schwarze und Schönfelder 2001).



Quelle: eigene Darstellung angelehnt an Miller 1991, S. 290

Abbildung 7: Ellipsenförmiger Aktionsraum auf Grundlage eines Raum-Zeit-Prismas.

Alle auf diese Weise konstruierten Aktionsräume decken die Erdoberfläche flächenhaft ab. Miller (1991, S. 291) kritisiert dies, da Raumbewegungen in aller Regel nur über Verkehrswege möglich seien. Er hält diese Art der Modellierung für zu abstrakt. Als Entgegnung leitet er mit einem Geoinformationssystem verkehrnetzbasierter, diskreter Aktionsräume her (siehe Miller 1991; 1999; Miller und Wu 2000; auch bei Neutens, van de Weghe, Witlox und de Maeyer 2008). O'Sullivan, Morrison und Shearer (2000) nutzen diesen Ansatz zur Berechnung der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV über fahrplangenaue Reisezeiten aus digitalen Fahrplandaten.

Für die Bestimmung des eigentlichen Erreichbarkeitsmaßes von Aktionsraumindikatoren wird zumeist der aggregierte tägliche Aktionsraum verwendet (vgl. Kwan 1998, S. 202). Das Erreichbarkeitsmaß kann hierbei auf unterschiedliche Arten berechnet werden. Als einfacher Index zählt die Flächengröße des modellierten Aktionsraums. Auch gewichtete Flächengrößen können berechnet werden (siehe Bhat u. a. 2000, S. 36). Die individuelle Erreichbarkeit ist demnach umso besser, je größer die ermittelte Fläche des modellierten Aktionsraums ist. Weitergehende Aktionsraumindikatoren gleichen Ausstattungsindikatoren (siehe Kapitel 3.2.1). Die individuelle Erreichbarkeit wird über die Quantität an Verkehrsinfrastruktur oder -angeboten abgebildet, die sich innerhalb der modellierten Aktionsräume befinden. Typische Maße sind:

- Länge des Straßennetzes (Straßenkilometer),
- Länge des ÖPNV-Netzes,
- ÖPNV-Fahrzeugkilometerleistung.

Die individuelle Erreichbarkeit ist dabei umso besser, je höher die Verkehrsinfrastrukturdichte und je größer das Verkehrsangebot ist. Andere Aktionsraumindikatoren ähneln Kumulationsindikatoren (siehe Kapitel 3.3.2). Mit ihnen wird entsprechend die kumulierte Anzahl an Aktivitätsgelegenheiten, die sich innerhalb des modellierten Aktionsraums befinden und somit potenziell erreichbar sind, bemessen (siehe Kwan 1998, S. 202). Sie sind dem Konzept der komplexen Erreichbarkeit zuzuordnen (siehe Kapitel 3.1.2).

Auch wenn die Ansätze individueller Erreichbarkeitsindikatoren nachvollziehbar und die Ergebnisse von Aktionsraumindikatoren verständlich sind, schränken die hohen Daten- und Rechenanforderungen ihre praktische Anwendbarkeit doch massiv ein. Ihr Einsatzgebiet liegt daher

bislang im wissenschaftlichen Kontext. Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die Möglichkeiten zur räumlichen Aggregation sowie zur Modellierung zukünftiger Entwicklungen als sehr limitiert angesehen werden (vgl. Bhat u. a. 2000, S. 38).

3.4 Zwischenfazit

Basierend auf einer umfassenden Literaturanalyse sind in diesem Kapitel unterschiedliche Ansätze zum Messen von Erreichbarkeit zusammengefasst und diskutiert worden. Insgesamt steht das planerische Konzept von Erreichbarkeit auf einer gut fundierten theoretischen Basis. „Accessibility indicators have now received better and more precise theoretical treatment than is usually assumed“ (König 1980, S. 145). Dies gilt im besonderen Maße für Potenzial- und Nutzenindikatoren, die sowohl aus der mikroökonomischen Entscheidungs- und Verhaltenstheorie abgeleitet als auch empirisch begründet sind.

Die dargestellten Erreichbarkeitsindikatortypen unterscheiden sich vor allem hinsichtlich ihrer Komplexität. Aufgrund der vielfältigen denkbaren Anwendungsfelder und -zwecke hat das aufgezeigte Spektrum verschiedenartiger Ansätze zum Messen von Erreichbarkeit durchaus seine Berechtigung: „It is important to strike the right balance between measures which are consistent with the accessibility needs of the actors involved on the one hand and to communicate by planners using the measure, on the other hand“ (Straatemeier 2008, S. 128; vgl. Bertolini, le Clercq und Kapon 2005).

Während einfache Indikatoren nur sektorale Analysemöglichkeiten, zum Beispiel in Bezug auf die infrastrukturelle Ausstattungsqualität von Räumen oder die Erschließungs- oder Verbindungsqualität von Verkehrssystemen, bieten, vereinen komplexe Erreichbarkeitsindikatoren die wesentlichen Aspekte und Zusammenhänge aus siedlungsstrukturellen und verkehrlichen Angeboten in einem einzelnen Erreichbarkeitsmaß. Für die mit dieser Arbeit verbundenen Zwecke ist der integrale Ansatz zur Berechnung von Erreichbarkeit dem relativen vorzuziehen. Nur die komplexen Erreichbarkeitsindikatoren können das originäre Planungsziel, die durch die Raumstruktur und Mobilität determinierte Naherreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten, umfassend abbilden und quantifizieren. Mit ihnen lassen sich sozial-räumliche Disparitäten in der Nah- und Grundversorgung aufzeigen sowie mit einem Naherreichbarkeitsbeobachtungs- und -bewertungssystem die Nutznießer und Verlierer von Erreichbarkeitsveränderungen identifizieren.

Die Literaturobwertung zeigte, dass die Bandbreite an komplexen, für die kommunale Naherreichbarkeitsplanung geeigneten Erreichbarkeitsindikatoren groß ist. Vom Grundsatz lassen sich komplexe Erreichbarkeitsindikatoren in standörtliche und individuelle Indikatoren unterscheiden, wobei eine Annäherung der standörtlichen an die individuellen Indikatoren festzustellen ist. Die Erreichbarkeitsmodellierung nach dem standörtlichen Ansatz bei Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren wird durch eine zunehmende Disaggregation, zum Beispiel in Bezug auf die untersuchten Reisezwecke, Bevölkerungsgruppen, Verkehrsmittel, den Raumbezug usw. zunehmend verfeinert, auch wenn die vergleichende Analyse der Erreichbarkeitsbedingungen an unterschiedlichen (Wohn-)Orten als übergeordneter Anwendungszweck erhalten bleibt. Der individuelle Modellierungsansatz hingegen ist stark auf das Individuum und dessen räumlich-zeitlich-institutionellen Handlungsbeschränkungen fokussiert.

Die Literaturobwertung zeigte deutlich auf, dass kein Erreichbarkeitsindikatortyp frei von Nachteilen ist. Tabelle 4 fasst die jeweiligen Vor- und Nachteile zusammen, die die einzelnen Er-

reichbarkeitsindikatorotypen bieten. Wegen der hohen Datenanforderungen und der in der Praxis kaum verfügbaren Datenmenge stellt der individuelle Ansatz bei Nutzen- und Aktionsraumindikatoren für kommunale Planungszwecke keine sinnvoll anwendbare Methodenalternative gegenüber herkömmlichen standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren dar (siehe hierzu auch die Praxisbeispiele im Kapitel 4). Für den Einsatz innerhalb einer kommunalen Naherreichbarkeitsplanung sind vor allem die komplexen, standörtlichen Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren zweckentsprechend und praktikabel. Während sich Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren durch ihre gute Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit auszeichnen, bilden Potenzialindikatoren das menschliche Verhalten besser ab. In der Praxis sind sie jedoch schwieriger anzuwenden, da ihre Verhaltensparameter determiniert werden müssen. Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren eignen sich wiederum besser zur normativen Festsetzung politisch-planerisch gewünschter Erreichbarkeitsstandards (siehe Leonhardt, Gertz, Haberer und Mailer 2009, S. 24). Auf die Möglichkeiten für eine abgewogene Herleitung eines zweckmäßigen standörtlichen, komplexen Naherreichbarkeitsindikators wird noch ausführlich im Kapitel 5 eingegangen.

Tabelle 4: Vor- und Nachteile der komplexen Erreichbarkeitsindikatorotypen.

Indikatorotyp	Vorteile	Nachteile
Reiseaufwandsindikatoren	<ul style="list-style-type: none"> - Verständlichkeit des Ansatzes - Einbindung von Mindeststandards - Einfache Berechenbarkeit - Nachvollziehbarkeit und Kommunizierbarkeit der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbiträre Definition der Aktivitätsziele, insbesondere bei Aktivitäten mit Wahlfreiheit - Unrealistische Abbildung menschlichen Verhaltens
Kumulationsindikatoren	<ul style="list-style-type: none"> - Verständlichkeit des Ansatzes - Einbindung von Mindeststandards - Einfache Berechenbarkeit - Nachvollziehbarkeit und Kommunizierbarkeit der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbiträre Definition der Grenzbedingung - Problematische Gleichbehandlung naher und ferner Aktivitätsziele innerhalb des definierten maximalen Reiseaufwands - Unrealistische Abbildung menschlichen Verhaltens
Potenzialindikatoren	<ul style="list-style-type: none"> - Verhaltenstheoretische Grundlage - Realistische Abbildung menschlichen Verhaltens 	<ul style="list-style-type: none"> - Notwendige Bestimmung der Funktionsparameter - Problematische Interpretier- und Kommunizierbarkeit der Ergebnisse
Nutzenindikatoren	<ul style="list-style-type: none"> - Verhaltenstheoretische Grundlage - Realistische Abbildung menschlichen Verhaltens - Disaggregierter, individualisierter Ansatz - Monetarisierbarkeit der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplexität des Ansatzes - Hoher Datenaufwand - Notwendige Bestimmung der Funktionsparameter - Problematische Interpretier- und Kommunizierbarkeit der Ergebnisse
Aktionsraumindikatoren	<ul style="list-style-type: none"> - Disaggregierter räumlich-zeitlicher Ansatz - Berücksichtigung individueller Handlungsmöglichkeiten und -einschränkungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplexität des Ansatzes - Sehr hoher Daten- und Rechenaufwand - Notwendige Bestimmung der Funktionsparameter - Diffizile Aggregation der individuellen Ergebnisse - Diffizile Modellierbarkeit zukünftiger Entwicklungen

Verschiedene empirische Vergleichs- und Sensitivitätsstudien belegen, dass die Entscheidung für einen bestimmten komplexen, standörtlichen Erreichbarkeitsindikatorotyp nur unwesentliche Auswirkungen auf die Rangordnung der Ergebnisse einer Erreichbarkeitsanalyse hat (siehe

Guy 1983; Kwan 1998; Bruinsma und Rietveld 1996; Song 1996; Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997; Bhat u. a. 2001). Auf Kumulations- und Potenzialindikatoren trifft dies im Besonderen zu. Ihre Ergebnisse lieferten hinsichtlich der Ergebnisrangordnung kaum Unterschiede. Etwas anders verhält es sich bei Reiseaufwandsindikatoren, deren Modellergebnisse stärker von denen der anderen Indikatortypen abweichen. Doch auch die Ergebnisse von Reiseaufwandsindikatoren können – abhängig von ihrer konkreten Implementierung – mit den Ergebnissen von Kumulations- und Potenzialindikatoren korrelieren. Morris, Dumble und Wigan (1979, S. 97) schlussfolgern hieraus, dass die Gemeinsamkeiten komplexer, standörtlicher Erreichbarkeitsindikatoren letztendlich bemerkenswerter seien als ihre Unterschiede. Tatsächlich unterscheiden sich die Ergebnisse der drei Erreichbarkeitsindikatortypen vor allem in Bezug auf die relativen Erreichbarkeitsdifferenzen (siehe Guy 1983; Song 1996; Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997; Kwan 1998; Bhat u. a. 2001), wobei Disparitäten, jeweils abhängig von den gewählten Verhaltensparametern, mit Potenzialindikatoren am deutlichsten hervorgehoben werden können.

Das Kapitel 3 diente zunächst der theoretischen Einordnung und allgemeinen Systematisierung möglicher Ansätze zum Messen von Erreichbarkeit. Eine detaillierte Diskussion zur Modellierbarkeit von Naherreichbarkeit mit komplexen, standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren wird im Kapitel 5 geführt. Im nachfolgenden Kapitel 4 wird der Stand der Praxis beleuchtet, indem nationale und internationale Anwendungsbeispiele von Naherreichbarkeitsanalysen vorgestellt werden.

4 Praxisbeispiele von Naherreichbarkeitsanalysen

Nach der Konkretisierung des Naherreichbarkeitsbegriffs im Kapitel 2 und der Erörterung der Möglichkeiten zum Messen von Naherreichbarkeit im Kapitel 3 setzt sich dieses Kapitel mit der realen Anwendung von Erreichbarkeitsindikatoren in der kommunalen Planungspraxis auseinander. Im Unterschied zu nationalen und überregionalen Erreichbarkeitsanalysen waren systematische Erreichbarkeitsanalysen mit nähräumlichem Bezug bis vor ungefähr zehn Jahren kaum vorzufinden. Dies erstaunt insofern, als auch Städte und Stadtregionen sowie ihre politischen Entscheidungsträger schon lange auf der Suche nach besseren Möglichkeiten für den Nachweis der Effektivität und Nachhaltigkeit potenzieller Entscheidungen sowie nach besseren Steuerungsmöglichkeiten der kommunalen Flächennutzungs- und Verkehrsentwicklungen waren (vgl. Bhat u. a. 2000, S. 15). Als praktische Hinderungsgründe dürften (neben finanziellen Aspekten) vor allem methodische Schwierigkeiten und Datenprobleme infrage kommen. Spätestens mit der Einführung der nationalen Erreichbarkeitsplanung in England im Jahr 2006 und der damit verknüpften Verpflichtung für die örtlichen Verkehrsplanungsbehörden, einen lokalen Erreichbarkeitsplan für den eigenen Geltungsbereich aufzustellen, ist die Nachfrage nach Naherreichbarkeitsmodellen auch andernorts spürbar gestiegen.

Auf der Grundlage einer umfassenden Literatur- und Internetrecherche werden in diesem Kapitel international renommierte Best-Practice-Beispiele von Naherreichbarkeitsanalysen vorgestellt und diskutiert. Allerdings ist diesem Kapitel voranzustellen, dass schon allein aufgrund der Vielzahl an weltweiten Beispielen kein lückenloses Bild wiedergegeben werden kann. Einschränkend kommt hinzu, dass (vor allem aufgrund fehlender Sprachkenntnisse) keine Praxisbeispiele aus dem französischen, skandinavischen, osteuropäischen und asiatischen Raum, die in der jeweiligen Landessprache veröffentlicht wurden, dargestellt werden können. Insofern handelt es sich bei diesem Kapitel um eine eingeschränkte Zusammenstellung des Stands der Praxis. Nichtsdestotrotz können die hier dargestellten Ansätze und Fallstudien, auch nach Auswertung international bedeutender wissenschaftlicher Fachzeitschriften, zu den am weitesten entwickelten Instrumenten zur Analyse von Naherreichbarkeit gezählt werden. Die zusammengestellten Anwendungsbeispiele geben somit einen umfangreichen Einblick in den Stand der Anwendung von Naherreichbarkeitsanalysen. Der Einfachheit halber werden sie in diesem Kapitel nach Ländern sortiert aufgeführt, auch um auf die jeweiligen nationalen Planungsspezifika eingehen zu können. Beispielen aus England (siehe Kapitel 4.1) folgen Ansätze aus den Vereinigten Staaten von Amerika (siehe Kapitel 4.2), Australien (siehe Kapitel 4.3), Neuseeland (siehe Kapitel 4.4), den Niederlanden (siehe Kapitel 4.5), Portugal (siehe Kapitel 4.6), Österreich (siehe Kapitel 4.7) und Deutschland (siehe Kapitel 4.8). Im Kapitel 4.9 werden die aufgeführten Naherreichbarkeitsmodelle und Analyseansätze zusammengefasst und in Bezug auf ihre Übertragbarkeit auf ein zu entwickelndes Indikatorensystem zur Analyse und Beobachtung von Naherreichbarkeitsverhältnissen im kommunalen Planungskontext in Deutschland diskutiert.

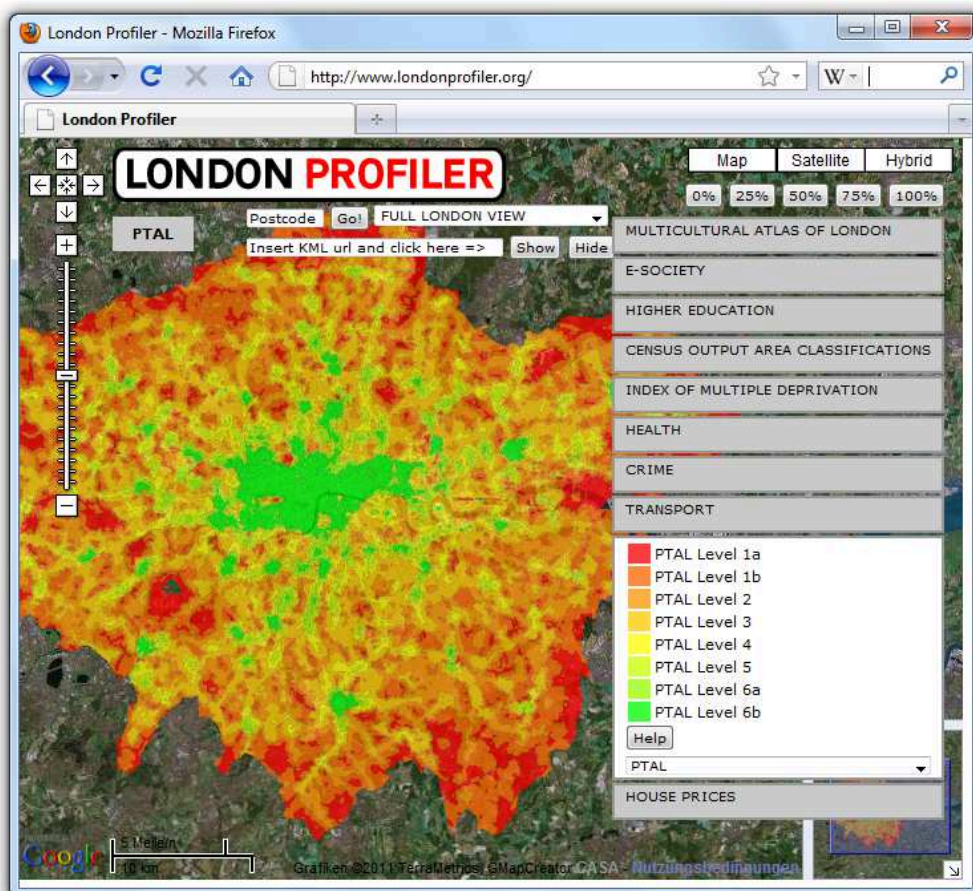
4.1 Beispiele aus England

Derzeit existiert einzig in England eine staatlich geregelte Erreichbarkeitsplanung auf kommunaler Ebene. Während in der Hauptstadtmetropole London systematische Naherreichbarkeitsanalysen im Rahmen der Nahverkehrsplanung schon seit vielen Jahren durchgeführt werden (siehe Kapitel 4.1.1), wurde das formale Instrument des lokalen Erreichbarkeitsplans 2006 landesweit eingeführt (siehe Kapitel 4.1.2).

4.1.1 Londoner PTAL- und ATOS-Modell

In der Metropolregion London gehören systematische Erreichbarkeitsanalysen schon seit vielen Jahren zum Standardwerkzeug der Nahverkehrsplaner. 1999 etablierte Transport for London (TfL)³ mit dem PTAL-Modell (PTAL = Public Transport Accessibility Level) ein einfaches, gut funktionierendes System zur Analyse und Beobachtung der ÖPNV-Erreichbarkeit in London, das inzwischen auch außerhalb Londons eingesetzt wird (siehe Steer Davies Gleave 2011). Das ATOS-Modell (ATOS = Access to Opportunities and Services) ist eine inhaltliche Weiterentwicklung des PTAL-Modells. Beide Modelle werden im Folgenden vorgestellt.

Mit dem PTAL-Modell lässt sich die Qualität des ÖPNV-Angebots auf einer räumlichen Auflösungsebene von Rasterquadraten über 100 x 100 Metern wiedergeben. Hierzu wird ein einfacher Erreichbarkeitsindex berechnet, der aus den Gehzeiten zu den im Umfeld liegenden Haltestellen sowie der Anzahl und Attraktivität der dort verkehrenden Linien ermittelt wird (siehe London Transport 1999). Das PTAL-Modell unterscheidet acht Qualitätsklassen, wobei ein PTAL-Level von 6b die beste Erreichbarkeitsstufe und ein PTAL-Level von 1a die schlechteste Erreichbarkeitsstufe darstellt (Cooper 2003, S. 6). Die Ergebnisse des Erreichbarkeitsmodells werden unter anderem von der Bauleitplanung für die Festlegung der erforderlichen Anzahl an Pkw-Stellplätzen bei Neuerschließungen genutzt. Abbildung 8 gibt einen Einblick in die Internet-Präsentation der Erreichbarkeitsergebnisse des PTAL-Modells.



Quelle: <http://www.londonprofiler.org>, 10.10.2011

Abbildung 8: Ergebnisse des PTAL-Modells in London (Screenshot).

³ Transport for London (TfL) ist eine verkehrliche Dachorganisation, die unter dem Vorsitz des Bürgermeisters die Londoner Verkehrssysteme (u. a. London Underground, London Rail, London Buses usw.) koordiniert.

Mit dem PTAL-Modell kann zwar die Attraktivität des ÖPNV-Angebots eines Wohnumfeldes, nicht aber die Naherreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten bestimmt werden. Aus diesem Grund wurde, basierend auf diesem Ansatz, das ATOS-Modell entwickelt (vgl. Jones, Wixey, Totheridge und Christodoulou 2005, S. 7f.). Mit dem ATOS-Modell können Erreichbarkeitsindikatoren berechnet werden, die die Reisezeiten zu Fuß oder per Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV zu den nächsterreichbaren Aktivitätszielen zur morgendlichen Hauptverkehrszeit zwischen 8:15 Uhr und 9:15 Uhr wiedergeben (siehe Cooper, Wright und Ball 2009). Es werden die folgenden Reiseaufwandsindikatoren berechnet:

- durchschnittliche Reisezeit zu den nächsterreichbaren 10.000 hoch- bzw. niedrigqualifizierten Arbeitsplätzen,
- durchschnittliche Reisezeit zu den nächsterreichbaren drei Grundschulen,
- durchschnittliche Reisezeit zu den nächsterreichbaren drei Schulen der Sekundarstufe I,
- durchschnittliche Reisezeit zu den nächsterreichbaren drei Schulen der Sekundarstufe II,
- durchschnittliche Reisezeit zu den nächsterreichbaren drei Hausarztpraxen,
- Reisezeit zum nächsterreichbaren Grundzentrum oder Supermarkt,
- Reisezeit zu der nächsterreichbaren öffentlichen Grün- und Freifläche.

Zur Abbildung der Aktivitätsgelegenheiten werden Zensusdaten und adressgenaue GIS-Daten herangezogen. Die Berechnung der Erreichbarkeitsindikatoren erfolgt allerdings nicht wie beim PTAL-Modell auf der Ebene von kleinräumigen Rasterquadraten, sondern für statistische Zonen, die im Mittel eine Flächengröße von 29 Hektar aufweisen. Analog zum PTAL-Modell werden die Ergebnisse in standardisierten, einfach zu verstehenden ATOS-Qualitätsklassen zusammengefasst (dies., S. 9). In Schottland wird das Modell ebenfalls verwendet, es wird zur Bestimmung des dortigen „Public Transport Accessibility Index“ angewandt (siehe Derek Halden Consultancy 2006).

4.1.2 Accessibility Planning in England

Die Weiterentwicklung des Londoner PTAL-Ansatzes zu einem aktivitätsspezifischen Erreichbarkeitsmodell geht einher mit einer grundlegenden Veränderung der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Nahverkehrsplanung in England. Ausgangspunkt dieser Entwicklung war die politische Entscheidung der Labour-Regierung unter Premierminister Blair, die Sicherung der Erreichbarkeit von Aktivitätszielen als zentrales Ziel der nationalen Verkehrspolitik festzulegen (vgl. Halden 2009, S. 1). Der „Transport Act 2000“ schuf die rechtliche Grundlage, dass Planungen und Strategien zur Sicherung der Erreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten seitdem in die „Local Transport Plans“⁴ zu integrieren sind (vgl. DfT 2006a, S. 6). Im Vorwort zur international viel beachteten Studie „Making the Connections“ der Social Exclusion Unit (2003), in der der Zusammenhang zwischen Erreichbarkeit, sozialer Exklusion in den Bereichen Gesundheitsversorgung, Arbeit und Bildung, Armut und Kriminalität dargelegt wird, erklärte der damalige Premierminister, die neu eingeführte Erreichbarkeitsplanung sei ein Instrument „to find

⁴ „Local Transport Plans“, die im Turnus von fünf Jahren aufzustellen sind, entsprechen inhaltlich in etwa den deutschen Verkehrsentwicklungsplänen auf örtlicher Ebene. Sie „stellen ein strategisches Instrument zur Planung und Umsetzung kommunaler Maßnahmen im Bereich der Verkehrsentwicklung dar. [...] Gemäß Section 108 Abs. 4 Transport Act liegt die Zuständigkeit für die Aufstellung [...] bei den örtlichen Verkehrsplanungsbehörden (Local Transport Authorities). Dies sind die Grafschaften („County Councils“) in England und Wales sowie die Personenverkehrsbehörden („Passenger Transport Authorities“) in den sieben größten Agglomerationen („Metropolitan Counties“ und London)“ (Albrecht 2010, S. 16f). Auf Deutschland übertragen entsprechen die britischen Grafschaften in etwa den Kreisen und kreisfreien Städten.

and solve local problems, checking whether people experiencing social exclusion can reach the services they need, and identifying action to take if they can't. Action could be through improving public transport, introducing more innovative travel options, or changing the location or delivery of the services people need. Alongside this, we're unveiling a range of specific measures to help people access jobs, learning, healthcare and all the other activities that are a part of everyday life" (Social Exclusion Unit 2003, S. v).

Die Federführung für die Umsetzung der Erreichbarkeitsplanung in England obliegt dem Department for Transport. Gemeinsam mit dem Department for Health und dem Department for Education and Skills wurde eine „Accessibility Planning Guidance“ (siehe DfT 2006a) erarbeitet, in der die Richtlinien für die örtliche Erreichbarkeitsplanung vorgegeben sind. Die erste Version wurde im Jahr 2004 veröffentlicht. Ergänzt wird die „Accessibility Planning Guidance“ durch eine „Technical Guidance“ (siehe DfT 2006b), die zusätzliche Hinweise zur Erreichbarkeitsmodellierung, zur sinnvollen Formulierung quantitativer Erreichbarkeitsindikatoren sowie zur Nutzung bereitgestellter Datenquellen liefert.

Die englische Erreichbarkeitsplanung ist als fünfstufiger, rückgekoppelter Planungsprozess angelegt (vgl. DfT 2006a, S. 10ff.). Abbildung 9 veranschaulicht das empfohlene Ablaufschema. Über eine strategische Zustandsanalyse werden landesweit Bevölkerungsgruppen und Räume identifiziert, die hinsichtlich der Erreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten benachteiligt sind. Die Planungsbehörden vor Ort vertiefen diese Problemanalyse ortsspezifisch und leiten gemeinsam mit den involvierten örtlichen Behörden und Unternehmen zielführende Handlungskonzepte und Maßnahmen zur Sicherung und Verbesserung der Erreichbarkeitsverhältnisse ab. Diese werden hinsichtlich ihrer Wirkungen untersucht. Zur Umsetzung geeignete Maßnahmen werden im örtlichen Erreichbarkeitsplan festgehalten. Um staatliche Fördermittel erhalten zu können, sind die Planungen und Abwägungsentscheidungen mit dem Department



Quelle: vereinfachte Darstellung nach DfT 2006a, S. 10

Abbildung 9: Modellhaftes Ablaufschema der Erreichbarkeitsplanung in England.

for Transport abzustimmen (vgl. Department of the Environment, Transport and the Regions 2000, S. 27ff.). Über ein Erreichbarkeitsbeobachtungssystem werden die Erreichbarkeitsveränderungen kontinuierlich erfasst und die implementierten Maßnahmen evaluiert.

Eine zentrale Rolle nehmen hierbei die sogenannten Kernerreichbarkeitsindikatoren ein. Sie werden landesweit vom Department for Transport berechnet und zur Verfügung gestellt. Für ihre Ermittlung wird auf national konsistente Datenbanken zurückgegriffen, sodass sie auf einer einheitlichen Datengrundlage beruhen (siehe DfT 2010, S. 11f.). Ortspezifische Aspekte sind dagegen von den Planungsbehörden vor Ort durch zusätzliche, örtliche Erreichbarkeitsindikatoren zu erfassen und abzudecken (siehe DfT 2006, S. 20ff.). Zur Unterstützung bei der Berechnung und Visualisierung von Erreichbarkeit werden sowohl vom Department for Transport als auch von privaten Unternehmen entsprechende Softwaretools angeboten (zum Beispiel das Tool Accession™ des DfT; siehe Jones, Wixey, Totheridge und Christodoulou 2005). Es liegen die Ergebnisse der nationalen Kernerreichbarkeitsindikatoren für die Jahre 2005 bis 2013 vor. Die Erreichbarkeitsberechnung erfolgt für insgesamt acht verschiedene Aktivitätstypen (siehe Tabelle 5). Dabei kommen drei verschiedene Indikatorarten zur Anwendung (DfT 2010, S. 3):

- Lokale Reisezeitindikatoren geben die minimale Reisezeit an, die benötigt wird, um das zeitlich nächstgelegene Aktivitätsziel zu erreichen.
- Quellenindikatoren geben die Anzahl der Aktivitätsgelegenheiten wieder, die potenziell innerhalb einer festgelegten Reisezeitgrenze erreichbar sind. Tabelle 5 zeigt die aus dem nationalen Zensus abgeleiteten, berechneten unteren und oberen Reisezeitgrenzen für die acht Aktivitätstypen. Ergänzend zum Kumulationsindikator (siehe Kapitel 3.3.2) werden auch zeitlich gewichtete Potenzialindikatoren (siehe Kapitel 3.3.3) ermittelt.
- Zielindikatoren geben den prozentualen Anteil der nachfragenden Bevölkerungsgruppe an, der einen Aktivitätsort innerhalb der festgelegten unteren und oberen Reisezeitgrenze erreichen kann.

Bei den Kernerreichbarkeitsindikatoren wird unterschieden zwischen der Erreichbarkeit eines Aktivitätstyps mit dem MIV, dem Fahrrad und dem ÖPNV, bei dem Fußzugangs- und -abgangswege mitberücksichtigt werden. Als räumliche Bezugsebene dienen „Lower Layer Super Output Areas“ (LSOA), eine in England gebräuchliche statistische Raumbezugseinheit. Im Durchschnitt umfasst eine LSOA 1.500 Personen, die Mindestanzahl beträgt 1.000 Personen. Bezogen auf die Stadt Dortmund entspräche die Untergliederung in LSOA in etwa der in Dortmund neu geplanten Raumbezugsebene der rund 300 statistischen Quartiere (mehr hierzu im Kapitel 7.2). Eine ausführliche methodische Beschreibung der Kernerreichbarkeitsindikatoren liefert die „Core Accessibility Indicators Guidance“ (siehe DfT 2010).

Neben der landesweiten Veröffentlichung der Erreichbarkeitsverhältnisse für jede LSOA werden die Ergebnisse der Kernerreichbarkeitsindikatoren aggregiert, inhaltlich ausgewertet und für die jeweiligen räumlichen Zuständigkeitsbereiche der einzelnen örtlichen Planungsbehörden sowie für die nationale Ebene publiziert. Hierdurch sind einerseits Vergleiche und Kontrollen möglich, andererseits können diese Informationen für die (am Erreichbarkeitsplanungsprozess nicht beteiligten) Bürger auch die Chance bieten, bessere Standort- und Verkehrswahlentscheidungen zu fällen und in einen stärkeren Dialog mit staatlichen Institutionen und Anbietern von Verkehrsdienstleistungen zu treten (vgl. Halden 2009, S. 8).

Tabelle 5: Kernerreichbarkeitsindikatoren der Erreichbarkeitsplanung in England mit Reisezeitgrenzen.

Aktivitätstyp	Reisezeitgrenzen		Kernerreichbarkeitsindikator
	untere	obere	
Arbeitsplätze	20 Min.	40 Min.	% der Personen im erwerbsfähigen Alter (16-74 Jahre), die innerhalb von 20/40 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad mehr als 500 Arbeitsplätze erreichen können
			% der Empfänger von Arbeitslosengeld, die innerhalb von 20/40 Minuten mit dem ÖPNV/dem Fahrrad mehr als 500 Arbeitsplätze erreichen können
Grundschulen	15 Min.	30 Min.	% der Grundschüler, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV eine Grundschule erreichen können
			% der Grundschüler mit Berechtigung für eine freie Schulmahlzeit, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV eine Grundschule erreichen können
Schulen der Sekundarstufe I	20 Min.	40 Min.	% der Sekundarstufen I-Schüler, die innerhalb von 20/40 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad eine Schule der Sekundarstufe I erreichen können
			% der Sekundarstufen I-Schüler mit Berechtigung für eine freie Schulmahlzeit, die innerhalb von 20/40 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad eine Schule der Sekundarstufe I erreichen können
Schulen der Sekundarstufe II	30 Min.	60 Min.	% der 16- bis 19-Jährigen, die innerhalb von 30/60 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad eine Schule der Sekundarstufe II erreichen können
Hausarztpraxen	15 Min.	30 Min.	% der Haushalte, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV eine Hausarztpraxis erreichen können
			% der Haushalte ohne Pkw, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV eine Hausarztpraxis erreichen können
Krankenhäuser	30 Min.	60 Min.	% der Haushalte, die innerhalb von 30/60 Minuten mit dem ÖPNV ein Krankenhaus erreichen können
			% der Haushalte ohne Pkw, die innerhalb von 30/60 Minuten mit dem ÖPNV ein Krankenhaus erreichen können
Lebensmittelgeschäfte	15 Min.	30 Min.	% der Haushalte, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad ein Lebensmittelgeschäft erreichen können
			% der Haushalte ohne Pkw, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad ein Lebensmittelgeschäft erreichen können
Stadt-/Nebenzentren	15 Min.	30 Min.	% der Haushalte, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad ein Stadt-/Nebenzentrum erreichen können
			% der Haushalte ohne Pkw, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad ein Stadt-/Nebenzentrum erreichen können

Quelle: nach Chapman und Weir 2008, S. 29

Die Etablierung eines Erreichbarkeitsbeobachtungssystems für die kommunale Ebene, die Bandbreite der landesweit berechneten Erreichbarkeitsindikatoren sowie die für eine landesweite Erreichbarkeitsanalyse beachtenswerte Kleinräumigkeit sind einzigartig. Alles in allem zählt

England mit diesem Anstoß zu den führenden Ländern im Bereich der angewandten Erreichbarkeitsmodellierung. Auf lokaler Ebene sind inzwischen viele Erreichbarkeitsanalysen durchgeführt worden. In der Regel wurden dabei dieselben Aktivitätstypen berücksichtigt wie bei den nationalen Kernerreichbarkeitsindikatoren. In einigen Fällen jedoch wurde zusätzlich – in Anlehnung an den Abschlussbericht der Social Exclusion Unit (2003) – die Erreichbarkeit von Apotheken und/oder frischen Lebensmitteln in die lokalen Erreichbarkeitspläne mit aufgenommen. Jede kommunale Behörde kann den eigenen Bedürfnissen entsprechend spezifische lokale Erreichbarkeitsindikatoren formulieren (vgl. Chapman und Weir 2008, S. 28). Allerdings wurden nur sehr wenige Erreichbarkeitsanalysen unterhalb der Ebene der LSOA durchgeführt, indem zum Beispiel Rasterzellen als Raumbezugssystem verwendet wurden (siehe als ein Positivbeispiel: Baker, MacDonald, Bravery und Hurst 2010 für den Wolverhampton City Council).

Bishop (2007) hält in einer vergleichenden Studie fest, dass sich die Erreichbarkeitspläne der ersten Generation hinsichtlich ihrer Qualität stark unterschieden. Immerhin 15 Prozent aller Pläne verfolgten seiner Einschätzung nach eine als zugleich ambitioniert und überzeugend zu bezeichnende Strategie zur Verbesserung der Erreichbarkeit (ders., S. 9). Zugleich resümiert er, dass sich die Planungsbehörden zu Beginn angesichts des Datenvolumens, des Rechenaufwands und des erforderlichen personellen und zeitlichen Einsatzes überfordert sähen (vgl. Halden, Jones und Wixey 2005, S. 32). Erst im Verlauf der Planungsprozesse zeigte sich, dass die Erreichbarkeitsplanung und die dadurch erforderliche Abstimmung zwischen Flächennutzungsplanung, Verkehrsplanung, anderen Fachplanungen und Verkehrsunternehmen zu einer Stärkung der Interessen der Verkehrsplanung führte (Bishop 2007, S. 8). Auch Halden (2009), der an dem Aufbau der Erreichbarkeitsplanung im Vereinigten Königreich konzeptionell beteiligt war, stellt in einer ersten retrospektiven Zwischenbetrachtung eine Reihe positiver Aspekte heraus. Neben einer seiner Meinung nach spürbar gestiegenen Verständnis für die Notwendigkeit zur integrierten Planung und dem neuen, selbstverständlichen Umgang der Behörden und Ämter bei Erreichbarkeitsfragen miteinander, zeigt er anhand eines konkreten Beispiels in Liverpool auf, wie wirksam das Instrument der Erreichbarkeitsplanung sein kann. In Liverpool wurde der avisierte Umzug eines Krankenhauses in die Peripherie von der zuständigen Health Authority deshalb verworfen, weil dargelegt werden konnte, dass die laufenden Kosten für die einzurichtenden Busangebote, die erforderlich wären, um die Erreichbarkeit des Krankenhauses zu wahren, insgesamt höher lägen als ein Neuaufbau in der bestehenden Innenstadtlage (ders., S. 4). Auch in anderen Fällen fanden Erreichbarkeitsanalysen verstärkt Eingang in die Standortplanung (siehe Baker, MacDonald, Bravery und Hurst 2010).

Seitens der Planungspraxis dagegen wird beanstandet, dass die vom Department for Transport zur Verfügung gestellten Verkehrsnetzdaten und Raumwiderstandsmatrizen fehlerbehaftet und zum Teil lückenhaft seien (vgl. Halden 2009, S. 8). Zudem sei nach Envall (2007, S. 226) offenkundig geworden, dass die in politischen Planungs- und Entscheidungsprozessen verwendeten Indikatoren sehr einfach konzipiert sein müssten, um von allen Akteuren verstanden und akzeptiert zu werden. In Bezug auf die Spezifikation der Kernerreichbarkeitsindikatoren sehen viele Anwender und Erreichbarkeitsforscher inhaltlichen Entwicklungsbedarf. Titheridge, Achuthan, Mackett und Solomon (2009) bemängeln beispielsweise, dass Fragen zur sozialen Exklusion älterer und immobiler Personen nicht ausreichend abgebildet würden. Halden (2009, S. 8) schließt an, dass angesichts des hinter der Erreichbarkeitsplanung stehenden Ansatzes der Verhinderung sozialer Exklusion die Berücksichtigung von Kostenaspekten notwendig sei. Auch die unzureichende Integration des zur Modellierung von Naherreichbarkeit relevanten Fußgän-

gerverkehrs wird als Schwachstelle wahrgenommen. Bislang scheinen sich die in den Planungsprozess eingebundenen Nahverkehrsunternehmen verkehrlich vor allem auf ihre vorrangigen Interessenbereiche und die motorisierten Verkehrsmodi zu stützen (vgl. Envall 2007).

4.2 Beispiele aus den Vereinigten Staaten

Nach einer allgemeinen Einordnung zur Verwendung von Erreichbarkeitsindikatoren als Bewertungsinstrument in der amerikanischen Planungspraxis (siehe Kapitel 4.2.1) werden in diesem Abschnitt zwei konkrete Anwendungsbeispiele aus den Stadtregionen Baltimore (siehe Kapitel 4.2.2) und Minneapolis/St. Paul (siehe Kapitel 4.2.3) behandelt.

4.2.1 Regional Transport Plans

Erreichbarkeit ist ein explizites Ziel der Regionalplanung in den Vereinigten Staaten (King 2009, S. 20). Der „Intermodal Surface Transportation Efficiency Act“ aus dem Jahr 1991, die „Environmental Justice Initiatives“ Mitte der 1990er-Jahre und der „Transportation Equity Act for the 21st Century“ aus dem Jahr 1998 trugen dazu bei, dass das Konzept der Erreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten eine feste Komponente der regionalen Verkehrsplanung der „Metropolitan Planning Organisations“ wurde. Allerdings weichen sowohl der Hintergrund als auch die Umsetzung vom Ansatz der Erreichbarkeitsplanung in England ab. Erreichbarkeit wird vornehmlich als Instrument stadt-regionaler Verkehrs- und Infrastrukturplanung betrachtet.

Umweltgesetze verlangen, „dass Städte, die Bundesmittel für Verkehrsinvestitionen beantragten, die Auswirkungen der geplanten Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen auf die Siedlungsentwicklung nachweisen [mussten]. Das hatte zur Folge, dass nahezu jede größere Stadtregion in den USA ein integriertes Flächennutzungs- und Verkehrsmodell unterhielt“ (Wegener 2009, S. 77), mit dem auch die erwarteten Erreichbarkeitsveränderungen berechnet werden können. Abgesehen davon haben die für die regionale Verkehrsplanung verantwortlichen „Metropolitan Planning Organisations“ im Turnus von drei Jahren einen strategischen „Regional Transportation Plan“ für ihren Geltungsbereich aufzustellen. Auf diese Weise werden regelmäßig für jede Region Aussagen zum Zustand und zur langfristigen Gestaltung der Verkehrsangebote und damit auch zur Erreichbarkeit getroffen. Welche Indikatoren dabei allerdings angewandt werden, liegt in der Entscheidungsgewalt der jeweiligen „Metropolitan Planning Organisation“.

Bei der Durchführung von Erreichbarkeitsanalysen gilt das Augenmerk in der Regel der intra-regionalen Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem MIV. Die Arbeitsplatz-Erreichbarkeit wird gemeinhin als „proxy for access to all opportunities“ herangezogen (Chapman und Weir 2008, S. 35). Im Fokus steht dabei der MIV. Nur wenige „Metropolitan Planning Organisations“ betrachten in gleicher Weise die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV. Stadtregionen, die sich besonders intensiv mit Erreichbarkeitsfragen und „Transportation equity“ (siehe Litman 2002) auseinandersetzen, sind unter anderem Albany (NY), Albuquerque (NM), Baltimore (MD), Columbus (OH), Dallas/Fort Worth (TX), Hartford (CT), Minneapolis/St. Paul (MN) und die kalifornischen Countys Imperial County, Los Angeles County, Orange County, Riverside County, San Bernardino County und Ventura County (vgl. King 2009; Bhat u. a. 2000, S. 11f.; Bhat u. a. 2002a, S. 2f.). Im Folgenden werden einige dieser Best-Practice-Beispiele aus der regionalen Verkehrsplanung näher vorgestellt.

In Kalifornien haben sich die sechs Countys Imperial County, Los Angeles County, Orange County, Riverside County, San Bernardino County und Ventura County zur „Southern California Association of Governments“ zusammengeschlossen. Der Ansatz gilt als das Vorzeigebispiel in den Vereinigten Staaten für die Etablierung eines Erreichbarkeitsbeobachtungssystems (vgl. Chapman und Weir 2008, S. 34). Die „Southern California Association of Governments“ bestimmt die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, differenziert nach Einzelhandels- und Dienstleistungsarbeitsplätzen, sowie von Parks für fünf verschiedene Einkommensgruppen und acht verschiedene Demographietypen. Hinsichtlich der Verkehrsmittel wird zwischen dem MIV und den jeweiligen Kombinationen MIV und ÖPNV sowie zu Fuß und ÖPNV unterschieden (siehe Southern California Association of Governments 2008). Die Modellierung erfolgt über Kumulationsindikatoren. Zu Evaluationszwecken werden unter anderem die folgenden Indikatoren herangezogen:

- Anteil der Bevölkerung, der innerhalb von 30 Minuten den Arbeitsplatz während der Hauptverkehrszeit erreicht (Verkehrssimulationsergebnisse),
- prozentualer Anteil der innerhalb von 30 Minuten Fahrzeit mit dem MIV, MIV+ÖPNV oder zu Fuß+ÖPNV erreichbaren Einzelhandels-/Dienstleistungsarbeitsplätze an allen Einzelhandels-/Dienstleistungsarbeitsplätzen der Region,
- prozentualer Anteil der innerhalb von 30 Minuten Fahrzeit mit dem MIV, MIV+ÖPNV oder zu Fuß+ÖPNV erreichbaren Grün- und Parkflächen an der gesamten Grün- und Parkfläche der Region.

Eine etwas andere Methode wurde im Bundesstaat Texas entwickelt. An der Universität Austin widmete sich ein Forscherteam der Entwicklung des „Urban Accessibility Index“ (siehe Bhat u. a. 2002a). Der Ansatz zur Bestimmung der Erreichbarkeit mit dem „Urban Accessibility Index“ geht vom Prinzip her auf frühere Bemühungen zur Förderung einer erreichbarkeitsbasierten, nachhaltigen Verkehrsplanung zurück (siehe Sherman, Barber und Kondo 1974; Allen, Liu und Singer 1993). Das Hauptziel der Weiterentwicklung war die Bereitstellung eines GIS-Werkzeugs, mit dem die örtlichen Planungsbehörden die Erreichbarkeitsverhältnisse selbst messen und beobachten können. Da sich in Texas die GIS-basierte Verkehrsplanungssoftware TransCAD bereits im Gebrauch befindet, wurde das Instrument als ein integratives Erweiterungspaket (Add-in) für TransCAD kreiert. Mit dem entwickelten und im Einsatz befindlichen Softwarepaket können Planungsinstitutionen zonenbasierte Kumulations- und Potenzialindikatoren berechnen und visualisieren. Die hierzu notwendigen Datengrundlagen lassen sich dabei direkt aus den bundesstaatlichen Datenbanken zu Zensus- und Verkehrsnetzdaten importieren (siehe Bhat u.a. 2002b). Als Aktivitätsziele können Arbeitsplätze (unterschieden nach Basissektor, Einzelhandel und Dienstleistungssektor) und Parkflächen ausgewählt werden. Die Erreichbarkeitsberechnung war zu Beginn ausschließlich auf den Pkw-Verkehr ausgerichtet, inzwischen können auch ÖPNV-Ereichbarkeitsverhältnisse analysiert werden (siehe Bhat u. a. 2006).

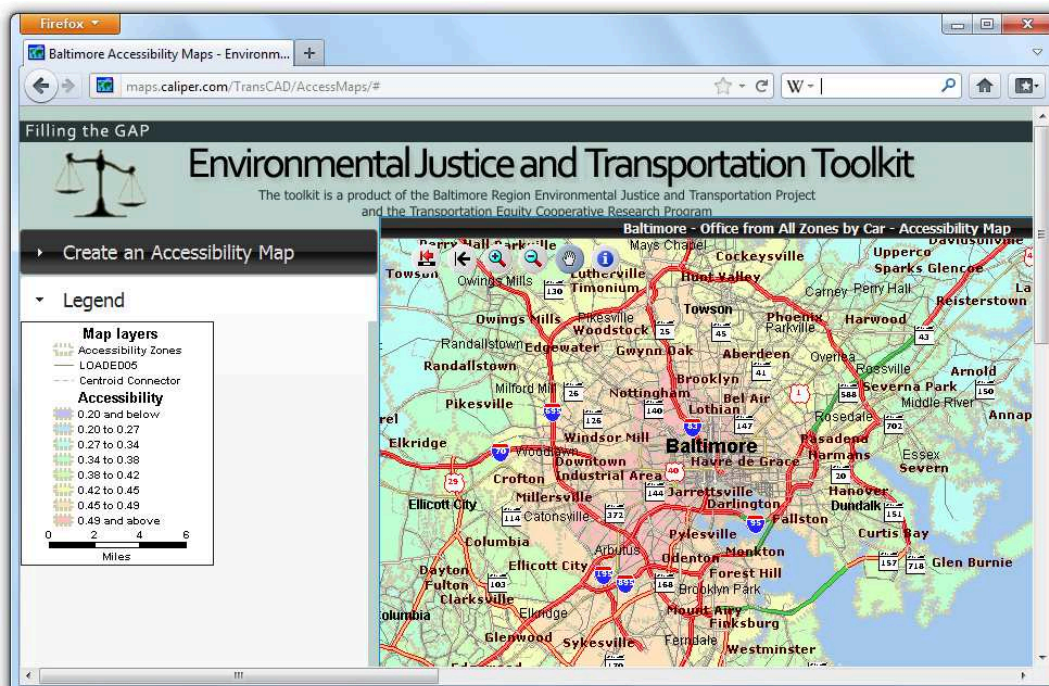
Der an den Universitäten Michigan und Maryland entwickelte „Metropolitan Accessibility Index“ (siehe Levine, Grengs und Shen 2009; Grengs 2010) ermöglicht den intermodalen Vergleich regionaler Erreichbarkeitsverhältnisse für den MIV und ÖPNV. Die Berechnung der Erreichbarkeit erfolgt hierbei mit einem Potenzialindikator auf der räumlichen Ebene von Verkehrszellen. In verschiedenen amerikanischen Metropolregionen kam dieser Ansatz bereits zum Einsatz (siehe Grengs, Levine, Shen und Shen 2010).

Bei den hier skizzierten regionalplanerischen Methoden steht vor allem die Analyse der intraregionalen Erreichbarkeit mit motorisierten Verkehrsmitteln im Vordergrund. Aufgrund dieses planerischen Hintergrunds wird das Thema Naherreichbarkeit nicht behandelt. Trotzdem zeigen die Beispiele einige gute Ansätze in Bezug auf die praktische Anwendbarkeit und die Integration von Daten.

4.2.2 Accessibility Calculator and Maps (Baltimore)

Im Auftrag des Baltimore Metropolitan Planning Council wurde der „Baltimore Accessibility Calculator“ (siehe BREJTP 2008) entwickelt, mit dem auf der räumlichen Ebene von „Neighbourhoods“ die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen für vierzehn verschiedene Kategorien ermittelt werden kann:

- Arbeitsplätze im Lebensmitteleinzelhandel,
- Arbeitsplätze im Einzelhandel,
- Arbeitsplätze im Gesundheitswesen,
- Arbeitsplätze in Sozialeinrichtungen,
- Arbeitsplätze in Grundschulen,
- Arbeitsplätze in Highschools,
- Arbeitsplätze in Colleges,
- Arbeitsplätze in Postämtern,
- Arbeitsplätze in Banken,
- Arbeitsplätze im Primärsektor,
- Arbeitsplätze im Sekundärsektor,
- Arbeitsplätze im Handel,
- Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor,
- sonstige Arbeitsplätze.



Quelle: <http://maps.caliper.com/TransCAD/AccessMaps/>, 11.12.2011

Abbildung 10: Interaktives „Baltimore Accessibility Map“-Tool (Screenshot).

Angewandt werden Kumulationsindikatoren, mit denen die Anzahl der Arbeitsplätze des jeweiligen Sektors wiedergegeben werden, die innerhalb von 15, 30 oder 45 Minuten mit dem MIV oder dem ÖPNV erreichbar sind. Die Indikatoren werden hierbei differenziert nach ethnischen Gruppen und Einkommensgruppen berechnet. Zusätzlich wird ein aggregierter Erreichbarkeitsindex bestimmt, bei dem die Pkw-Verfügbarkeit von Haushalten berücksichtigt wird. Für „Neighbourhoods“, in denen mehr als die Hälfte aller Haushalte über einen Pkw verfügt, wird die Anzahl der mit dem MIV erreichbaren Arbeitsplätze je Pkw dargestellt. Bei „Neighbourhoods“, in denen weniger als die Hälfte aller Haushalte über einen Pkw verfügt, wird der Index als Durchschnitt aus der Erreichbarkeit mit dem MIV und der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV gebildet (siehe ebd.). Neben dem Einbeziehen von „Neighbourhoods“ und der damit verbundenen Kleinräumigkeit der Berechnung wurde besondere Aufmerksamkeit auf eine transparente Darstellung der Erreichbarkeitsergebnisse gelegt. Hierdurch soll der Diskurs gezielt unterstützt werden. Die Erreichbarkeitsergebnisse können im Internet in Tabellenform aufgerufen werden. Das „Baltimore Accessibility Map“-Tool erlaubt zudem die interaktive Wiedergabe von Erreichbarkeitskarten (siehe BREJTP 2010). Abbildung 10 zeigt einen Screenshot des Tools.

Der Ansatz der Erreichbarkeitsberechnungen ist in der Stadtregion Baltimore kleinräumiger und inhaltlich tiefergehend als in den meisten anderen Regionen in den Vereinigten Staaten. Die Einbindung von Bildungs-, Sozial- und Gesundheitseinrichtungen – auch wenn dies bislang nur über die Stellvertretergröße der Arbeitsplätze geschieht – erscheint als ein Schritt in die richtige Richtung. Trotz alledem entspricht auch dieser Ansatz nicht dem dieser Arbeit nahekommenden Konzept der „Neighbourhood Accessibility“ (siehe Handy 1993; Cervero und Kockelman 1997; Talen 1998; Barton 2000; Handy und Clifton 2000, 2001; Talen 2003; Krizek 2003; Twigg, Barnard, Mohan und Jones 2006; Hasting 2009; Brown, Khattak und Rodriguez 2009), bei dem die Erreichbarkeit von wohnungsnahen Aktivitätszielen darüber hinaus ausdrücklich auch über nicht-motorisierte Verkehrsmittel, zum Beispiel für Fußgänger oder Fahrradfahrer, ausgedrückt wird.

4.2.3 Metro Accessibility Matrix (Minneapolis/St. Paul)

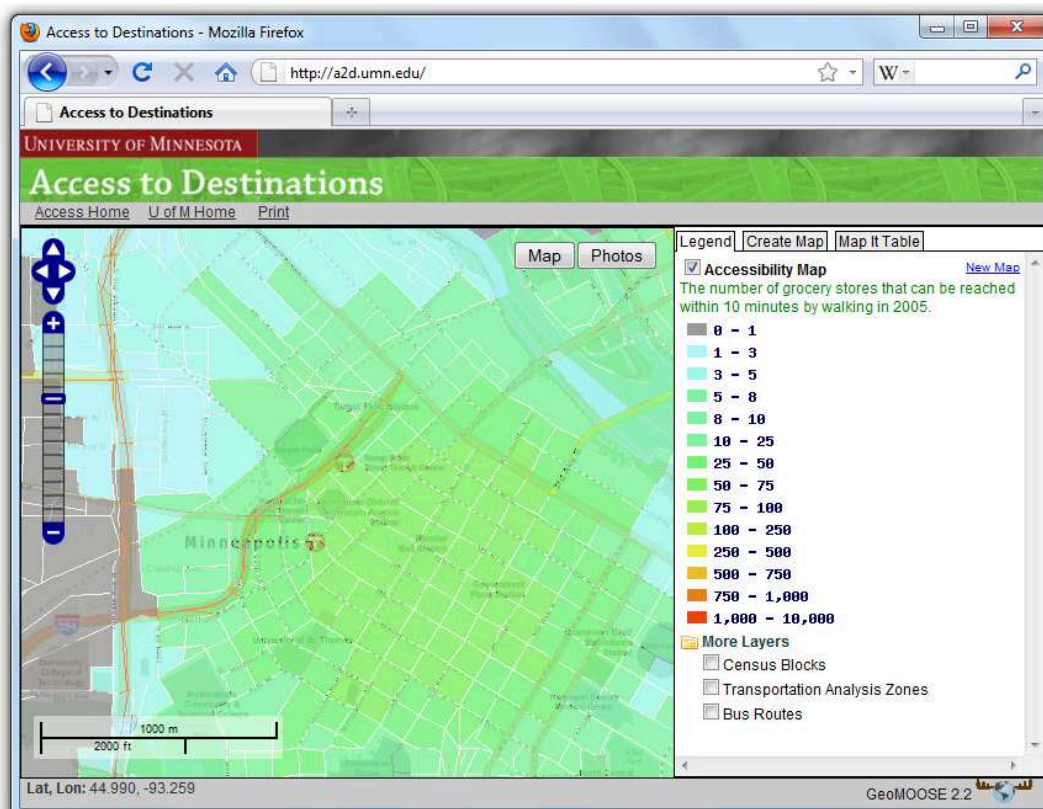
Ein umfassendes Konzept zur Analyse und Lösung von Erreichbarkeitsproblemen in amerikanischen Stadtregionen wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Access to Destinations“ erarbeitet (siehe Levinson, Krizek und Gillen 2005). Ausgelöst durch spürbare Verkehrs- und Erreichbarkeitsprobleme in der Untersuchungsregion Minneapolis/St. Paul lag das Ziel dieses Programms in einem besseren Verständnis von Erreichbarkeit und der Herausarbeitung von praktikablen Lösungsansätzen für die kommunale Ebene. Unter der Leitung der University of Minnesota wurden grundlegende Forschungsergebnisse im Bereich der Bestimmung von Reisezeiten mit nichtmotorisierten Verkehrsmitteln und der Berechnung von Naherreichbarkeit in Kommunen erzielt (siehe El-Geneidy und Levinson 2006; Krizek, El-Geneidy, Iacono und Horning 2007; Davis und Xiong 2007; Iacono, Krizek und El-Geneidy 2008; Kwon und Klar 2008; Davis, Hourdos, Xiong und Morris 2010).

Ein zweites, wesentliches Arbeitsergebnis war die Entwicklung der „Metro Accessibility Matrix“, einem Internettool für die Untersuchungsregion Minneapolis/St. Paul, mit dem interaktiv Erreichbarkeitskarten dargestellt werden können (siehe Levinson, Marion und Iacono 2010; University of Minnesota 2011). Die „Metro Accessibility Matrix“ basiert auf einer Geodatenbank, die die Berechnung von Naherreichbarkeitsverhältnissen auf der kleinräumigen Ebene von Zensusblöcken für die Jahre 1995, 2000 und 2005 ermöglicht (siehe Krizek 2008). Differenziert nach den

vier Verkehrsmitteln Pkw, ÖPNV, Fahrrad und zu Fuß und nach verschiedenen Tageszeiten können die Naherreichbarkeiten mit einem Kumulationsindikator dargestellt werden. Hierbei können die folgenden neun Aktivitätsziele ausgewählt werden:

- Arbeitsplätze,
- Beschäftigte,
- Bekleidungsgeschäfte,
- Geschäfte mit Gütern für den langfristigen Bedarf,
- Lebensmittelgeschäfte,
- große Warenhäuser,
- Unterhaltungsgeschäfte,
- Restaurants,
- Parks.

Mit dem Tool können Verkehrs- und Flächennutzungsplaner, politische Entscheidungsträger, nicht-staatliche Organisationen, Bürgerinitiativen oder auch private Haushalte interaktiv die Naherreichbarkeit zu ausgewählten Aktivitätstypen und Tageszeiten mit ausgewählten Verkehrsmitteln und für ausgewählte maximale Reisezeiten einsehen. Abbildung 11 zeigt einen Screenshot, in dem exemplarisch die fußläufige Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften im Jahr 2005 dargestellt ist.



Quelle: <http://a2d.umn.edu/>, 13.10.2011

Abbildung 11: Interaktives „Metro Accessibility Matrix“-Tool (Screenshot).

Die Erarbeitung des Erreichbarkeitskatalogs der „Metro Accessibility Matrix“ erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen den Wissenschaftlern und den örtlichen Planungsbehörden. Sowohl auf die Verbreitung der Forschungs- und Analyseergebnisse als auch auf die Einbettung in die Planungspraxis wurde sehr viel Wert gelegt. Regelmäßige Konferenzen bekräftigten den inten-

siven Austausch und das wechselseitige Lernen (siehe University of Minnesota 2011). Die „Metro Accessibility Matrix“ gibt einen umfassenden Einblick in die vergangene und aktuelle Naherreichbarkeit von Aktivitätsgelegenheiten. Obgleich die Naherreichbarkeit zu zentralen öffentlichen Einrichtungen wie Schulen, Krankenhäusern, Behörden etc. unberücksichtigt bleibt, stellt die „Metro Accessibility Matrix“ doch aktuell das weltweit umfangreichste, öffentlich nutzbare Instrument zur interaktiven Veranschaulichung von Naherreichbarkeitsinformationen dar. Zusätzlich zu den Erreichbarkeitskarten lassen sich noch Isochronenkarten, Routenkarten oder Flächennutzungskarten, die die Verteilung der Aktivitätsgelegenheiten zeigen, aufrufen. Des Weiteren sind für jeden Zensusblock statistische Daten und vorab berechnete Erreichbarkeitsinformationen abrufbar.

Der Umfang des Projektes, das über acht Jahre von 2004 bis 2012 lief und an dem bis zu zwölf Forscher beteiligt waren, zeigt sehr deutlich, wie komplex und zeitaufwändig Datenaufbereitung, Berechnung und Evaluation von Naherreichbarkeit sind. In der letzten Phase des Projektes wurden mit Hilfe der Kumulationsindikatoren für 60 verschiedene Kombinationen von Verkehrs- und Flächennutzungsszenarien die zwischen den Jahren 2010 und 2030 erwarteten Erreichbarkeitsveränderungen untersucht (siehe Anderson, Levinson und Parthasarathi 2011, 2012). Die Auswertung zeigte, dass Veränderungen in Verkehrsnetzen eher örtlich wirksam sind, während Veränderungen in der Flächennutzung tendenziell regionale Effekte nach sich ziehen und insgesamt effektiver sind. Für die Erreichbarkeit ist dabei die Zentralisierung der Bevölkerung wichtiger als die von Arbeitsplätzen. Am günstigsten schnitt ein Szenario ab, in dem sowohl neue Arbeitsplätze als auch neue Wohnungen ausschließlich an integrierten, zentralen Standorten geschaffen werden (siehe dies. 2011, S. 17ff.). Des Weiteren konnte durch die Studie belegt werden, dass Erreichbarkeitsindikatoren ein praktikables Planungsinstrument für die vergleichende Bewertung von kommunalen Verkehrs- und Flächennutzungsmaßnahmen darstellen, wie auch die Autoren schlussfolgern: „The results of this study show that accessibility measures are a viable tool for comparing planning scenarios“ (dies. 2012, S. 24).

4.3 Beispiele aus Australien

In Australien hat die Auseinandersetzung mit Erreichbarkeitsfragen eine lange Tradition, insbesondere vor dem Hintergrund eines extremen Gegensatzes zwischen Stadt und Land. Nach einer Darstellung von verschiedenen Ansätzen für eine Erreichbarkeitsplanung in Australien (siehe Kapitel 4.3.1) werden als konkrete Best-Practice-Beispiele die „Accessibility Constraint Maps“ (siehe Kapitel 4.3.2) und das LUPTAI-Modell (siehe Kapitel 4.3.3) diskutiert.

4.3.1 Accessibility Planning in Australien

In Australien wurde Ende der 1990er-Jahre im Auftrag des Commonwealth Department of Health and Aged Care das Programm Metro ARIA (Accessibility/Remoteness Index of Australia) entwickelt. Mit ihm wurde auf der räumlichen Bezugsebene von Rasterzellen mit einer Flächengröße von 1 km² flächendeckend die Erreichbarkeit von Gesundheits-, Einkaufs-, Bildungs- und Finanzzentren sowie Bahnhöfen mit dem MIV bestimmt (siehe Department of Health and Aged Care und GISCA 2001). Zur Ermittlung der Erreichbarkeit musste eine landesweite Datenbank mit Aktivitätszielen aufgebaut werden. Die eigentliche Berechnung erfolgte über die Distanzen im Straßenverkehrsnetz.

Traditionell gilt die Raumplanung in Australien als äußerst auto-orientiert. Auftretende Verkehrs- und Erreichbarkeitsprobleme führen jedoch gerade in den Metropolregionen zu einem allmählichen Umdenken bei der Stadtplanung (vgl. Daniels und Mulley 2010, S. 5). In der Metropolregion Melbourne wurde mit dem TAMI-Projekt (Transport, Accessibility and Mobility Indicators) ein lokales Monitoringsystem installiert, in das Erreichbarkeitsindikatoren zu Einrichtungs- und Aktivitätszentren, Verkehrsangeboten, Parkplatzangeboten und fußläufigen Einzugsbereichen von Haltestellen integriert sind. Ein Indikator bemisst den Anteil der Gesamtbevölkerung einer Gemeinde, der die Innenstadt mit dem ÖPNV innerhalb von 30 Minuten Reisezeit erreichen kann (siehe Scheurer, Mayes und Raimondo 2008). Dieser Indikator wurde im Rahmen des Planungsprozesses für die Regionalstrategie Melbourne 2030 zur Bewertung unterschiedlicher Szenarien angewandt.

Auf Seiten der ÖPNV-Planung wird in der Metropolregion Melbourne das Erreichbarkeitsmodell SNAMUTS (Spatial Network Analysis for Multimodal Urban Transport Systems) eingesetzt. Mit ihm kann ein aggregierter Erreichbarkeitsindex berechnet werden, der sich aus sechs, vorwiegend graphentheoretischen Erreichbarkeitsindikatoren zusammensetzt (siehe Curtis und Scheurer 2009, S. 37). Er beinhaltet:

- die mittlere ÖPNV-Reisezeit zu allen Knoten im ÖPNV-Netz,
- die mittlere Anzahl an Umsteigevorgängen zu allen Knoten im ÖPNV-Netz,
- das mittlere Reisezeitverhältnis zwischen ÖPNV und Pkw zu allen Knoten im ÖPNV-Netz,
- die Anzahl an Einwohnern und Arbeitsplätzen, die innerhalb von 30 Minuten ÖPNV-Reisezeit erreichbar sind,
- die Anzahl der an einem Knoten verkehrenden ÖPNV-Linien (inklusive Taktfrequenz),
- die Wichtigkeit des Knotens als Umsteigehaltestelle.

Mit dem SNAMUTS-Modell können Erreichbarkeitsveränderungen im ÖV gut abgebildet und Szenarien umfassend bewertet werden (vgl. Scheurer, Horan und Bajwa 2009). Die Verwendung einer achtstufigen Skala veranschaulicht die Ergebnisse des SNAMUTS-Erreichbarkeitsindex. Allerdings bleibt seine Berechnung auch wegen seiner graphentheoretischen Erreichbarkeitsindikatoren (siehe Kapitel 3.2.2) teilweise recht abstrakt. Dennoch wird eine Entwicklung deutlich. Seit Mitte der 2000er-Jahre wächst die Zahl der australischen Städte und Stadtregionen, die sich mit Erreichbarkeitsplanung befassen. Diese Bestrebungen fanden durch einen nationalen Politikwechsel Unterstützung. Initiiert durch Maßnahmen der damaligen Labor-Regierung unter Premierminister Rudd wurde die australische Stadt- und Nahverkehrsplanung deutlich gestärkt. Zudem führt Australien – ähnlich wie in England zu beobachten – einen intensiven Diskurs über sozial-räumliche Ungleichheiten und Ungerechtigkeiten (siehe Currie, Stanley und Stanley 2007). Das Social Inclusion Board veröffentlichte im Jahr 2010 einen Bericht der Regierung, der die Notwendigkeit und den Weg zu einem stabilen und sozial gerechten Australien hervorhebt (siehe Social Inclusion Unit 2010). In ihm heißt es: „Locational disadvantage will also be tackled through better strategic planning of our cities. [...] [The Council of Australian Governments] will encourage future urban development that delivers social inclusion by promoting equitable access to education, employment, health, transport and other important services“ (ebd., S. 17). Durch den Regierungsbericht wurden auch bereits bestehende Bestrebungen unterstützt, eine dem englischen Vorbild folgende staatlich geförderte (Nah-)Erreichbarkeitsplanung („Accessibility Planning“) in Australien einzuführen.

Untersuchungen zur Übertragbarkeit des englischen Ansatzes auf die australischen Verhältnisse bestehen bereits. Von den Verkehrswissenschaftlerinnen Daniels und Mulley (2010) wurden

detaillierte Vorschläge vorgelegt, wie er auf die Verhältnisse im Bundesstaat Neusüdwaales übertragen und in den politischen und planerischen Kontext als neues Instrument eingebettet werden kann. Tabelle 6 zeigt ihre Empfehlungen für ein Indikatorensystem, in dem Aktivitätsziele und Erreichbarkeitsindikatoren für eine Erreichbarkeitsplanung in urbanen Räumen, die über entsprechende ÖPNV-Angebote verfügen, festgelegt werden. Im Fokus steht die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV von Stadt-/Nebenzentren, Grundschulen, Tertiärbildungseinrichtungen, Hausarztpraxen, Krankenhäusern und Arbeitsplätzen, für die konkrete Erreichbarkeitsstandards formuliert wurden. Die ausgeprägte Orientierung des Beitrags von Daniels und Mulley (2010) am Original der englischen Erreichbarkeitsplanung (siehe Kapitel 4.1.2) ist unverkennbar. Sie betonen in diesem Zusammenhang (dies., S. 8), dass der ursprünglich europäische Ansatz für Australien nicht eins zu eins übertragbar sei. Insbesondere in ländlichen Regionen mit schlechtem oder gar keinem ÖPNV-Angebot müsse ein alternatives, stärker auf den Pkw ausgerichtetes Zielsystem angewandt werden. Dasselbe gelte für die normativen Erreichbarkeitsstandards, die stark an die jeweiligen Siedlungsstrukturen angepasst werden müssten.

Tabelle 6: Indikatorensystem für Neusüdwaales: Aktivitätsziele und Erreichbarkeitsindikatoren.

Aktivitätsziel	Erreichbarkeitsindikator
Stadt-/Nebenzentren	% der Bevölkerung, die innerhalb von 30 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV ein Stadt-/Nebenzentrum erreichen können
Grundschulen	% der Einwohner im Grundschulalter, die innerhalb von 15 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad eine Grundschule erreichen können
Tertiärbildung	% der Jugendlichen, die innerhalb von 30 Minuten mit dem ÖPNV eine Berufsakademie oder eine Fachschule erreichen können
	% der Jugendlichen, die innerhalb von 60 Minuten mit dem ÖPNV eine Universität erreichen können
Hausarztpraxen	% der Bevölkerung, die innerhalb von 15 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV eine Hausarztpraxis erreichen können
Krankenhäuser	% der Bevölkerung, die innerhalb von 30/60 Minuten mit dem ÖPNV ein Krankenhaus erreichen können
Arbeitsplätze	% der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter, die innerhalb von 30 Minuten mit dem ÖPNV mindestens ein Viertel der Arbeitsplätze des Planungsgebiets erreichen können

Quelle: nach Daniels und Mulley 2010, S. 8

Australien steht zurzeit womöglich am Anfang einer staatlich geregelten Naherreichbarkeitsplanung. Das Themenfeld Naherreichbarkeit und soziale Inklusion steht schon länger auf der politischen Agenda und es wurden einige Förderprogramme für Kommunen eingerichtet. Im Bundesstaat Victoria beispielsweise werden kommunale planerische Maßnahmen, die der Verbesserung der Naherreichbarkeit zu Fuß oder mit dem Fahrrad dienen, durch das „Local Area Access Program“ gefördert. Im Folgenden werden zwei Anwendungsbeispiele vertieft behandelt.

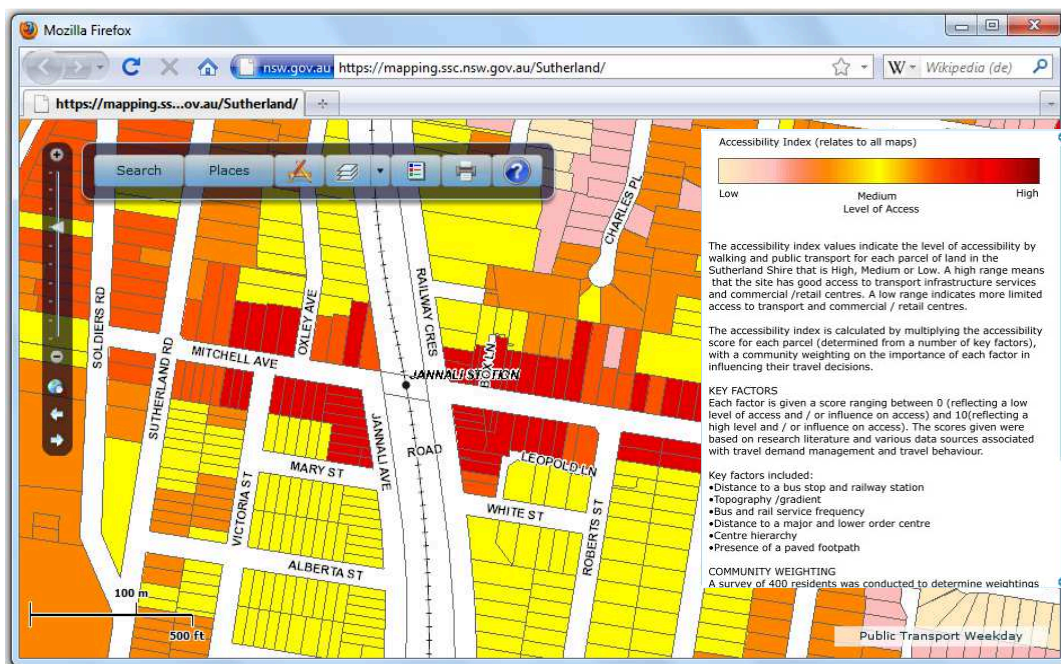
4.3.2 Accessibility Constraint Maps (Sutherland Shire)

Die Gemeindeverwaltung Sutherland Shire südlich von Sydney im Bundesstaat Neusüdwaales verfolgt einen auf das Konzept von Naherreichbarkeit zielenden Planungsansatz. Sie setzte mit den „Accessibility Constraint Maps“ einen äußerst einfachen und kostengünstigen Ansatz zur Bestimmung der Naherreichbarkeitsverhältnisse zu Fuß und mit dem ÖPNV um. Das Kernstück

bildet ein bevölkerungsgewichteter, grundstücksscharfer Erreichbarkeitsindex, der sich aus den folgenden Faktoren zusammensetzt:

- Distanzen zum nächsten Bahnhof und zur nächsten ÖPNV-Haltestelle,
- Topographie/Steigung,
- ÖPNV-Angebotsqualität (entsprechend den Angaben des Landesverkehrsministeriums),
- Distanzen zur Innenstadt und zum nächsten Nebenzentrum,
- Zentrenhierarchie,
- Existenz eines gepflasterten Bürgersteiges.

Die Werte der Faktoren werden über ein Punktesystem festgelegt. Für die Gewichtung der einzelnen Faktoren wurden Personenbefragungen durchgeführt (siehe Koernicke 2007, S. 3). Die Ergebnisse des Erreichbarkeitsindex werden in „Accessibility Constraint Maps“ festgehalten. Im Internet sind die „Accessibility Constraint Maps“ für die Gemeinde Sutherland Shire als interaktive Karten für jedermann einsehbar. Sie werden von Stadt- und Verkehrsplanern zur Beurteilung örtlicher Bau- und Verkehrsmaßnahmen genutzt und dienen Stadtvertretern, Investoren, Unternehmen und Bürgern als Planungsgrundlage (ebd.). Abbildung 12 zeigt einen Ausschnitt der „Accessibility Constraint Map“. Grundstücke, die in der Gemeinde eine überdurchschnittlich gute Naherreichbarkeit zu Fuß und mit dem ÖPNV aufweisen, werden durch dunkelrote Farbtöne hervorgehoben.



Quelle: <https://mapping.ssc.nsw.gov.au/Sutherland/>, 16.10.2013

Abbildung 12: „Accessibility Constraint Map“ (Screenshot).

Der Ansatz der „Accessibility Constraint Maps“ ist sehr auf die Bedürfnisse vor Ort zugeschnitten. Seine Besonderheiten liegen zum einen in der sehr stark vereinfachenden Erreichbarkeitsmodellierung und zum anderen in der grundstücksscharfen Berechnung. Aktualisierungen lassen sich vergleichsweise schnell und unkompliziert vornehmen. Wissenschaftliche Untersuchungen über die Wirkungen auf die Stadtentwicklung sind leider noch nicht verfügbar.

4.3.3 Land Use and Public Transport Accessibility Index (LUPTAI)

Bei dem an der Griffith University in Brisbane entwickelten Erreichbarkeitsmodell LUPTAI (Land Use and Public Transport Accessibility Index) steht die Bewertung der Erreichbarkeitsverhältnisse zu unterschiedlichen Aktivitätszielen im Vordergrund (siehe Pitot, Yigitcanlar, Sipe und Evans 2006). Tabelle 7 zeigt eine Übersicht der im LUPTAI-Modell berücksichtigten Aktivitätskategorien und -ziele. Erreichbarkeitsberechnungen können mit dem Modell sowohl für das Zufußgehen als auch für die Verkehrsmittelkombination aus Zufußgehen und ÖPNV-Nutzung durchgeführt werden. Als Raumbezugssystem dienen kleinräumige Rasterquadrate mit einer Länge von 50 Metern (siehe Yigitcanlar, Sipe, Evans und Pitot 2007, S. 6).

Tabelle 7: Aktivitätskategorien und -ziele im LUPTAI-Modell.

Aktivitätskategorie	Aktivitätsziele
ÖPNV	Bushaltestellen, Bahnhaltepunkte
Arbeitsplätze	repräsentiert durch Gewerbe- und Geschäftsflächen
Gesundheit	Apotheken, Zahnärzte, Arztpraxen, Krankenhäuser
Einkaufen	Einkaufszentren, Zeitungshändler (stellvertretend für örtliche Geschäftszentren)
Finanz- und Postwesen	Geldautomaten, Banken, Postämter
Bildung	Grundschulen, weiterführende Schulen, Hochschulen

Quelle: nach Pitot, Yigitcanlar, Sipe und Evans 2006, S. 4

Erstmalig zum Einsatz kam das LUPTAI-Modell bei der strategischen Verkehrs- und Flächennutzungsplanung in der australischen Stadt Gold Coast im Bundesstaat Queensland, inzwischen wird es international in vielen weiteren Stadtregionen und Städten angewandt (zum Beispiel in Auckland in Neuseeland oder in Ipswich in England). In Deutschland wurde es von der Technischen Universität München zur Analyse der Erreichbarkeitswirkungen von Flächennutzungsplanungen im Bereich des Schienekorridors der Taunusbahn genutzt (siehe Bahn.Ville 2-Konsortium 2010).

Um die Kommunikationsprozesse mit und zwischen den Planungspraktikern und örtlichen Beteiligten zu vereinfachen, basieren sämtliche Bewertungen im LUPTAI-Modell auf leicht verständlichen Ordinalskalen. So wird die Erreichbarkeit einer Rasterzelle entweder als null (none), schlecht (poor), niedrig (low), mittel (medium) oder hoch (high) klassifiziert. Die Klassifizierung für das Zufußgehen ist von der Distanz und für die ÖPNV-Nutzung von der Fußwegedistanz zur Haltestelle und der Reisezeit abhängig. Bei Letzterem wird zwischen dem öffentlichen Straßenpersonennahverkehr (ÖSPV) und dem Schienenpersonennahverkehr (SPNV) unterschieden. Aus einer dem Modell zugehörigen Bewertungsmatrix kann die (an die örtlichen Gegebenheiten anpassbare) Zuordnung der Erreichbarkeitsklassifizierung abgelesen werden. Tabelle 8 zeigt ein solches Schema beispielhaft für die Erreichbarkeit von weiterführenden Schulen in der Stadt Gold Coast. Aus den Erreichbarkeitswerten der einzelnen Aktivitätskategorien wird ein aggregierter Erreichbarkeitsindex, der LUPTAI-Index gebildet. Hierzu werden die einzelnen Erreichbarkeitswerte einer Rasterzelle gleichgewichtet zusammengeführt. Der LUPTAI-Index besteht wie die Einzelwerte aus fünf Kategorien. Die Erreichbarkeit kann entweder null (none), schlecht (poor), niedrig (low), mittel (medium) oder hoch (high) betragen. Aus dem Verhältnis der Erreichbarkeit zur Einwohnerdichte werden in einem abschließenden Bewertungsschritt planeri-

sche Handlungsempfehlungen abgeleitet. Diese Bewertung erfolgt wiederum mittels einer einfachen Matrix, in der Erreichbarkeits- oder Dichteverhältnisse gegenübergestellt sind und aus der die empfohlenen Planungsmaßnahmen abgelesen werden können. Tabelle 9 zeigt eine solche Matrix. In Gebieten mit einer hohen Erreichbarkeit, aber niedriger Einwohnerdichte sollten Nachverdichtungsmaßnahmen angestrebt werden; in Gebieten mit einer schlechten Erreichbarkeit, aber hohen Einwohnerdichte sollten Erreichbarkeitsverbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden, zum Beispiel durch eine Aufwertung des Fußgängerverkehrs und ÖPNV-Angebots (siehe Bahn.Ville 2-Konsortium 2010). Das LUPTAI-Modell ist für den Einsatz in der

Tabelle 8: LUPTAI-Bewertungsmatrix für weiterführende Schulen (Beispiel).

		Zu Fuß	ÖSPV (Bus)						SPNV (Bahn)							
			Reisezeit in Minuten						Reisezeit in Minuten							
			0	10	20	30	40	50	60+	0	10	20	30	40	50	60+
Fußwegedistanz in Metern	0	H	M	M	M	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	100	H	M	M	M	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	200	H	M	M	M	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	300	H	M	M	M	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	400	H	M	M	M	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	500	H	L	L	L	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	600	H	L	L	L	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	700	M	L	L	L	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	800	M	L	L	L	L	L	P	P	M	M	M	L	L	P	P
	900	L	P	P	P	P	P	P	P	L	L	L	L	L	P	P
	1000	L	P	P	P	P	P	P	P	L	L	L	L	L	P	P
	1100	P	N	N	N	N	N	N	N	P	P	P	P	P	P	P
	1200	P	N	N	N	N	N	N	N	P	P	P	P	P	P	P
	1300+	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

H: High M: Medium L: Low P: Poor N: None

Quelle: nach Pitot, Yigitcanlar, Sipe und Evans 2006, S. 6

Tabelle 9: LUPTAI-Bewertungsschema zur Ableitung planerischer Maßnahmen.

		LUPTAI-INDEX				
		High	Medium	Low	Poor	None
Einwohnerdichte (Wohnungen/ha Nettobauland)	Very Low (unter 5)	NV	NV	NV	OK	OK
	Low (5-10)	NV	NV	OK	OK	OK
	Medium (10-15)	NV	OK	OK	OK	EM
	High (15-30)	OK	OK	OK	EM	EM
	Very High (über 30)	OK	OK	EM	EM	EM

NV: Nachverdichtungsmaßnahmen (ungünstiges Erreichbarkeit/Einwohnerdichte-Verhältnis)

OK: Ausgewogenes Erreichbarkeit/Einwohnerdichte-Verhältnis

EM: Erreichbarkeitsverbesserungsmaßnahmen (ungünstiges Erreichbarkeit/Einwohnerdichte-Verhältnis)

Quelle: nach Pitot, Yigitcanlar, Sipe und Evans 2006, S. 11

örtlichen Planungspraxis entwickelt worden. Vor allem überzeugt es wegen der guten Kommunizierbarkeit seiner Ergebnisse. Abstriche müssen bei diesem Ansatz in Bezug auf die Genauigkeit der Ergebnisse der Erreichbarkeitsmodellierungen gemacht werden.

4.4 Beispiele aus Neuseeland

In Neuseeland ist die Planung von Naherreichbarkeitsverhältnissen ein Themenfeld, für das Kommunen seit Längerem staatliche Unterstützung erfahren können. Im Folgenden werden der Hintergrund des „Neighbourhood Accessibility Plans“ vorgestellt (siehe Kapitel 4.4.1) und die Ansätze des „Neighbourhood Walkability Index“ (siehe Kapitel 4.4.2) sowie des „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ (siehe Kapitel 4.4.3) diskutiert. Das danach folgende Kapitel 4.4.4 befasst sich mit einer möglicherweise kommenden Fortführung dieser Ansätze zu einer staatlich geregelten, landesweiten Erreichbarkeitsplanung nach englischem Vorbild.

4.4.1 Neighbourhood Accessibility Plan

Die Regierung Neuseelands macht sich seit Mitte der 2000er-Jahre für die Verbesserung der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Kommunen stark (siehe Abley und Williams 2008; Joyce und Dunn 2009, 2010). Das neuseeländische Verkehrsministerium hat 2005 das Förderprogramm „Getting there – on foot, by cycle“ (siehe Ministry of Transport 2005) aufgelegt, das kommunale Projekte unterstützt, die Mobilitätsverbesserungen im Fußgänger- und Fahrradverkehr zum Ziel haben. Ergänzt wurde dieses Programm durch ein im Jahr 2007 eingeführtes Förderprogramm, das Kommunen und Stadtbezirke bei der Aufstellung eines „Neighbourhood Accessibility Plan“ sowie bei der Umsetzung der in ihm aufgeführten Maßnahmen unterstützt (siehe New Zealand Transport Agency 2009a). Verantwortlich für das Management und die Umsetzung des Programms ist die dem Verkehrsministerium direkt unterstellte Behörde der New Zealand Transport Agency.

Mit dem „Neighbourhood Accessibility Plan“ sollen vor allem örtliche Maßnahmen zur Förderung der Naherreichbarkeit von Einrichtungen wie Schulen, Arztpraxen, Gemeinde- sowie Stadtteilzentren und Einkaufszentren zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit dem ÖPNV oder über Fahrgemeinschaften umgesetzt werden. Eine Mittelvergabe erfolgt für Wohngebiete („Neighbourhoods“), die üblicherweise eine Fläche von ein bis vier Quadratkilometern aufweisen. Die Abgrenzung können die Kommunen vornehmen. Das Programm fördert sowohl städtische als auch ländliche „Neighbourhoods“. Um Fördermittel zu erhalten, muss ein vorgeschriebener, formalisierter Planungsablauf eingehalten werden, der sowohl eine empirisch-analytische Zustandsbewertung, aus der förderfähige Maßnahmen abzuleiten sind, als auch eine ausführliche Monitoring- und Evaluationsphase nach der Implementierung der Maßnahmen umfassen soll (siehe New Zealand Transport Agency 2009b). Hierzu wurden von den Universitäten Auckland, Canterbury, Massey und Otago in einem gemeinsamen Forschungsvorhaben Durchführungsempfehlungen aufgestellt (siehe Mavoa, Witten, Pearce und Day 2009). Von den Wissenschaftlern wird vorgeschlagen, dass die Erreichbarkeitsanalysen auf der räumlichen Ebene der „Meshblocks“ (Straßenblöcke) durchgeführt werden sollten. Die „Meshblocks“ sind die kleinste statistische Bezugsebene für die nationalen Zensusdaten. In Bezug auf den Methodeneinsatz werden drei unterschiedliche Erreichbarkeits- und Analysemodelle empfohlen: Neben dem LUPTAI-Erreichbarkeitsmodell aus Australien (siehe Kapitel 4.3.3) eigneten sich ihrer Meinung nach die Berechnungsansätze für den „Neighbourhood Walkability Index“ (siehe Kapitel 4.4.2) und den „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ (siehe Kapitel 4.4.3) am besten.

4.4.2 Neighbourhood Walkability Index

Mit dem „Neighbourhood Walkability Index“ (siehe Leslie u. a. 2007) wird die fußläufige Naherreichbarkeit über vier einfach zu ermittelnde Indikatoren gemessen:

- Straßenkonnektivität (Anzahl der Straßenkreuzungen pro Quadratkilometer innerhalb einer Pufferzone von 20 Metern um die „Meshblocks“),
- Wohnungsdichte (Anzahl der Wohnungen dividiert durch die Wohnbauandfläche),
- Nutzungsdurchmischung (Berechnung des Entropie-Index (siehe Song und Rodríguez 2005) über die Flächengrößen unterschiedlicher Nutzungsarten),
- Einzelhandelsgrundflächenzahl (Verhältnis zwischen Einzelhandelsgrundfläche und Grundstücksfläche).

Diese vier Indikatoren werden standardisiert ermittelt und zu einem Gesamtindikator zusammengefasst (siehe hierzu auch Stevens 2005; Leslie, Butterworth und Edwards 2006; Krambeck 2006; Frank, Devlin, Johnstone und van Loon 2010; Abley und Turner 2011). Die fußläufige Naherreichbarkeit ist in einem Wohnquartier umso besser, je größer die Straßenkonnektivität, die Wohnungsdichte, die Nutzungsdurchmischung und die Einzelhandelsgrundflächenzahl sind. Bei dem „Neighbourhood Walkability Index“ handelt es sich um ein leicht zu ermittelndes und stark generalisierendes Erreichbarkeitsmaß nach dem Konzept der einfachen Erreichbarkeit. Mit ihm lassen sich zwar planerische Maßnahmen stark vereinfachend bewerten, das originäre Ziel von Erreichbarkeit, die Zugänglichkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten, bildet er jedoch nicht ab.

4.4.3 Neighbourhood Destination Accessibility Index

Hier geht der „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ (siehe Mavoja, Witten, Pearce und Day 2009, S. 13ff.) deutlich weiter. Er bemisst sich aus der fußläufigen Erreichbarkeit von bis zu 31 unterschiedlichen Aktivitätszielen, die ihrerseits acht Aktivitätskategorien zugeordnet werden (siehe Tabelle 10). Die konkreten Aktivitätsziele können landesweit vorliegenden Datenbanken als geokodierte Adressdaten entnommen werden.

Der „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ wird über ein Punktebewertungsverfahren ermittelt, bei dem die einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren der Aufteilung nach Aktivitätskategorien entsprechend gewichtet werden. Die Gewichtungsfaktoren drücken die Relevanz der jeweiligen Aktivitätskategorie für die Naherreichbarkeit aus. Die einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren nehmen einen Wert zwischen eins und null an. Der Wert beträgt eins, wenn das betrachtete Aktivitätsziel innerhalb einer Fußwegeentfernung von 800 Metern vom Wohnquartier liegt. In diesem Fall werden die Aktivitätsziele als fußläufig erreichbar gezählt. Andernfalls beträgt der Erreichbarkeitswert null. Eine Ausnahme hiervon stellen die Kategorien ÖPNV und Erholung dar. Hier wird der Erreichbarkeitswert nicht nach dem binären Bewertungssystem bemessen. Stattdessen werden die jeweiligen Ziele, die sich innerhalb der 800 Meter-Grenze befinden, wie bei einem Kumulationsindikator aufaddiert. Der jeweilige Indikatorwert ergibt sich aus einer durch Terzile bestimmten gedrittelten Klassenbildung (siehe dies., S. 15).

Der „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ bemisst sich aus der Gesamtsumme aus den gemittelten Erreichbarkeitswerten einer Aktivitätskategorie, multipliziert mit ihrem Gewichtungsfaktor. Bei diesem Ansatz handelt es sich um ein Erreichbarkeitsmodell, bei dem die fußläufige Naherreichbarkeit von Aktivitätsgelegenheiten über ein einfaches Scoringmodell wiedergegeben wird. Kritisch zu hinterfragen ist vor allem die Auswahl und Aggregation der Aktivitäts-

ziele, die Gewichtung der Kategorien und die Festlegung einer einheitlichen Entfernungsgrenze von 800 Metern für alle Aktivitätsziele.

Tabelle 10: Gewichtetes Indikatorensystem des „Neighbourhood Destination Accessibility Index“.

Aktivitätskategorie	Gewichtung	Aktivitätsziele
Bildung	4	- Kigas/Kitas - Grundschulen - Schulen der Sekundarstufe I - Schulen der Sekundarstufe II
ÖPNV	5	- ÖPNV-Haltestellen und Bahnhaltepunkte
Erholung	5	- Grünflächen [in m ²] - Sporteinrichtungen - Strandfläche [in m ²]
Kultur	3	- Museen und Kunstgalerien - Bibliotheken - Kirchen - Kinos - Stadthalle/Gemeindezentrum - „Marae“ (kultischen Zwecken vorbehaltene Areale) - Cafés und Restaurants - Alkohol-Verkaufsstellen (Hotels, Bars, Clubs, Alkoholgeschäfte)
Lebensmittel	5	- Supermärkte - Nachbarschaftsläden - Tankstellen - Fast-Food-Geschäfte - Fleischereien und Fischhändler - Bäckereien - Gemüsehändler
Finanzwesen	3	- Banken und Geldautomaten - Postfilialen
Gesundheit	2	- Hausarztpraxen - Apotheken - Plunkets (Gesundheitseinrichtungen für Babys und Kleinkinder)
Einzelhandel	4	- Einkaufszentren - Videotheken - Opportunity shops (Karitative Second-Hand-Läden)

Quelle: nach Mavoa, Witten, Pearce und Day 2009, S. 29

4.4.4 Accessibility Planning in Neuseeland

Einhergehend mit der Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung der Naherreichbarkeitsverhältnisse wuchs in Neuseeland die Erkenntnis, dass die traditionellen Verkehrsnachfrage-Modelle viele der aktuellen Fragen von politischen Entscheidungsträgern und Verkehrs- und Raumplanern unbeantwortet lassen. Die Erreichbarkeit von Einrichtungen mit Daseinsvorsorgefunktionen und die Sicherung der Daseinsvorsorge in allen Teilräumen ist in einem vergleichsweise dünn besiedelten Land wie Neuseeland eine herausfordernde Aufgabe. Die New Zealand Transport Agency initiierte daher ein Forschungsrahmenprogramm, um zu prüfen, wie Erreichbarkeit in Neuseeland einerseits sinnvoll gemessen und andererseits auf politischer Ebene eine landesweite „Accessibility Planning“ schrittweise eingeführt werden kann (siehe Abley und Hal-

den 2013). In den Zielen dieses Programms äußert sich eine starke Orientierung am englischen Vorbild. In Auftragsstudien von Derek Halden Consultancy (2007) und Chapman und Weir (2008) wird aufgezeigt, wie der englische Ansatz nach Neuseeland adaptiert und unter Beibe-

Tabelle 11: Vorschlag für Kernerreichbarkeitsindikatoren in Neuseeland.

Aktivitätskategorie	Erreichbarkeitsindikator
Schulbildung (Grundschule, Sekundarstufe I)	% der Einwohner im Grundschulalter, die innerhalb von 15/30 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV eine Grundschule erreichen können
	% der Einwohner im Grundschulalter aus sozial benachteiligten Gebieten*, die innerhalb von 15/30 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV eine Grundschule erreichen können
	% der Einwohner im Schulpflichtalter, die innerhalb von 20/40 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad eine Schule der Sekundarstufe I erreichen können
	% der Einwohner im Schulpflichtalter aus sozial benachteiligten Gebieten*, die innerhalb von 20/40 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad eine Schule der Sekundarstufe I erreichen können
Weiterführende Schulbildung	% der Einwohner zwischen 16 und 25 Jahren, die innerhalb von 30/60 Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV/mit dem Fahrrad eine weiterführende Schule erreichen können
Arbeitsplätze	% der Einwohner im erwerbsfähigen Alter (16-65), die innerhalb von 30/60 Minuten mit dem Auto/mit dem ÖPNV/zu Fuß den Arbeitsplatz** erreichen können
	% der Arbeitslosengeldempfänger, die potenzielle Arbeitsplätze** innerhalb von 30/60 Minuten mit dem ÖPNV/zu Fuß erreichen können
Krankenhäuser	% der Haushalte, die innerhalb von 30/60 Minuten mit dem Auto ein Krankenhaus erreichen können
	% der Haushalte, die mit dem ÖPNV ein Krankenhaus erreichen können (ohne Zeitgrenze)
Hausarztpraxen	% der Haushalte, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem Pkw eine Hausarztpraxis erreichen können
	% der Haushalte ohne Pkw-Verfügbarkeit, die innerhalb von 20/40 Minuten mit dem ÖPNV eine Hausarztpraxis erreichen können
Supermärkte (urban) und Lebensmittelgeschäfte (ländlich)	% der Haushalte, die innerhalb von 15/30 Minuten mit dem Pkw einen Supermarkt/ein Lebensmittelgeschäft erreichen können
	% der Haushalte ohne Pkw-Verfügbarkeit, die innerhalb von 20/40 Minuten mit dem ÖPNV einen Supermarkt/ein Lebensmittelgeschäft erreichen können
Gemeindeverwaltung/Sozialamt	% der Haushalte, die innerhalb von 30/60 Minuten mit dem Pkw/dem ÖPNV die Gemeindeverwaltung/das Sozialamt erreichen können
	% der Haushalte, die durch den Einsatz mobiler Bürgerbüros (z.B. durch Heartland Services oder Outreach Services) erreicht werden

* In Neuseeland gibt es ein Bewertungsschema des Ministry of Education, durch das unter Verwendung von Zensusdaten auf Straßenblockebene (Haushaltseinkommen, Arbeitslosigkeit, Wohnungsbelegung, Bildungsniveau und Anteil der Sozialleistungsempfänger) der sozio-ökonomische Status der Einwohner im Einzugsgebiet einer Schule ermittelt wird. Die Skala reicht von eins (sozial schwach) bis zehn (sehr wohlhabend). Als sozial benachteiligte Gebiete werden die Gebiete der Dezile eins bis vier betrachtet.

** Für die Berechnung dieses Erreichbarkeitsindikators ist noch die Anzahl der zu erreichenden Arbeitsplätze zu definieren. In England waren dies 500 (siehe Tabelle 5, Kapitel 4.1.2). Angesichts einer unteren Reisezeitgrenze von 30 Minuten und einer oberen Reisezeitgrenze von 60 Minuten müsste die Anzahl der Arbeitsplätze wahrscheinlich bedeutend höher liegen, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

haltung des zentralistischen Planungssystems landesweit auf den politischen Ebenen implementiert werden könnte. Es wird vorgeschlagen, hierbei zwischen einer nationalen und einer lokalen Erreichbarkeitspolitik zu unterscheiden (Chapman und Weir 2008, S. 56ff.). Die nationale Erreichbarkeitspolitik soll auf regionaler Ebene durch „Regional Accessibility Plans“ umgesetzt werden. Auf lokaler Ebene sollen die bewährten „Neighbourhood Accessibility Plans“ beibehalten werden. Vorgaben für die regionale und lokale Erreichbarkeitsplanung sollte die New Zealand Transport Agency liefern. So sollen durch sie beispielsweise landesweite Kernerreichbarkeitsindikatoren zur Verfügung gestellt werden. Diese sollen die Grundlage für die Evaluation der regionalen und lokalen Erreichbarkeitspläne und ihrer Maßnahmen sowie die Basis für ein einheitliches Monitoringsystem zur Erreichbarkeit in Neuseeland darstellen. Tabelle 11 zeigt die von Chapman und Weir (2008, S. 80) hierfür benannten Kernerreichbarkeitsindikatoren. Insgesamt nimmt der Pkw beziehungsweise die Erreichbarkeit von Einrichtungen mit dem Pkw aufgrund der außerhalb der Agglomerationen vorhandenen sehr ländlichen Siedlungsstrukturen in Neuseeland eine bedeutend gewichtigere Rolle als in England (siehe Kapitel 4.1.2) ein. Als Aktivitätsziele sind Bildungseinrichtungen, Arbeitsplätze, Krankenhäuser und Hausarztpraxen, Supermärkte/Lebensmittelgeschäfte und Verwaltungsstandorte vorgesehen. Mit den Kernindikatoren soll der Anteil der Nachfragegruppe wiedergegeben werden, der die Zieleinrichtungen innerhalb einer bestimmten Reisezeit erreichen kann. Bei der Erreichbarkeit von Grundschulen und Schulen der Sekundarstufe I wird beispielsweise noch nach den Schülern differenziert, die sozial benachteiligten Gebieten entstammen.

Das Unternehmen Abley Transportation Consultants wurde von der New Zealand Transport Agency beauftragt, ein für die Erreichbarkeitsplanung in Neuseeland einsetzbares Analysewerkzeug zu entwickeln, mit dem diese Erreichbarkeitsindikatoren ermittelt werden können (siehe Poland 2010, S. 20). Mit dem inzwischen im Einsatz befindlichen GIS-basierten Tool lässt sich die Erreichbarkeit zu den in der Tabelle 11 aufgeführten Aktivitätszielen auf der räumlichen Ebene von Straßenblöcken bestimmen. Als Verkehrsmittel werden der Pkw, der ÖPNV, der Fußgängerverkehr und der Fahrradverkehr betrachtet. Die Auswertungsmöglichkeiten schließen sowohl Kumulations- als auch Potenzialindikatoren ein (siehe Abley 2010, S. 9f.).

Erste praktische Erfahrungen wurden in den Stadtregionen Gisborne und Heretaunga Plains gesammelt, eine weitere Fallstudie wurde in Christchurch durchgeführt (siehe Poland 2010, S. 20). Basierend auf den Praxiserfahrungen wurde die Methode der Modellierung von Erreichbarkeit in Neuseeland weiterentwickelt und zu aggregierten Erreichbarkeitsindizes zusammengefasst (siehe Abley und Halden 2013, S. 100ff.). Für die Aggregation werden die Erreichbarkeitsindikatoren auf einen Wertebereich standardisiert, der zwischen null und eins liegt. Ein Wert von eins charakterisiert eine sehr gute Naherreichbarkeit des Aktivitätsziels von dem Straßenblock. Ein Wert von null liegt vor, wenn eine Aktivitätskategorie nicht erreicht werden kann. Bei der Bildung des Gesamtindex werden sechs nachfragerrelevante Altersgruppen berücksichtigt:

- 0- bis 4-Jährige (Vorschulalter),
- 5- bis 9-Jährige (Grundschüler),
- 10- bis 19-Jährige (Schüler weiterführender Schulen),
- 20- bis 24-Jährige (Studierende bzw. Berufsanfänger),
- 25- bis 64-Jährige (Erwerbstätige),
- 65-Jährige und ältere (Rentenalter).

Der Gesamtindex wird in einem dreistufigen Verfahren ermittelt. In einem ersten Schritt werden die modalen Erreichbarkeitswerte für den Pkw-Verkehr, ÖPNV, Fahrrad- und Fußgängerverkehr zu einem multimodalen altersgruppen- und aktivitätsspezifischen Erreichbarkeitsindex aufsummiert. Für diese Aggregation wird die Erreichbarkeit nach Verkehrsmittel gewichtet, wobei das Gewicht eines Verkehrsmittels die angenommene Relevanz dieses Verkehrsmittels zur Ausübung der Aktivität in einer Altersgruppe widerspiegelt (ebd., S. 166ff.). Tabelle 12 zeigt beispielhaft die verwendete Gewichtungsmatrix für die 25- bis 64-Jährigen.

Tabelle 12: „Accessibility Planning“ in Neuseeland: Gewichtung der Verkehrsmittel nach Aktivitätsziel am Beispiel für die Altersgruppe der 25- bis 64-Jährigen.

Aktivitätsziel	Verkehrsmittel			
	Zu Fuß	Fahrrad	ÖPNV	Pkw
Hausarzt	0,20	0,10	0,30	0,40
Krankenhaus	0,10	0,05	0,35	0,50
Grundschule	0,00	0,00	0,00	0,00
Weiterführende Schule	0,00	0,00	0,00	0,00
Erwachsenenbildung	0,00	0,00	0,00	0,00
Lebensmittelgeschäft	0,40	0,40	0,10	0,10
Supermarkt	0,20	0,15	0,25	0,40

Quelle: nach Abley und Halden 2013, S. 167

In einem zweiten Schritt werden die multimodalen Erreichbarkeitsindizes zu einem altersgruppenspezifischen Erreichbarkeitsindex aggregiert. Dieser Aggregationsschritt basiert auf Annahmen zur Relevanz der einzelnen Aktivitätsarten für die einzelnen Altersgruppen. Tabelle 13 veranschaulicht die verwendete Gewichtung. Für 5- bis 9-Jährige ist das wichtigste Aktivitätsziel beispielsweise die Grundschule. Für Erwachsene spielt die Grundschule dagegen keine Rolle mehr, stattdessen rückt die Erreichbarkeit von Einrichtungen zur Erwachsenenbildung, von Lebensmittelgeschäften beziehungsweise Supermärkten und von medizinischen Einrichtungen in den Vordergrund.

Tabelle 13: „Accessibility Planning“ in Neuseeland: Gewichtung der Aktivitäten nach Altersgruppen.

Aktivitätsziel	Altersgruppe					
	0-4 J.	5-9 J.	10-19 J.	20-24 J.	25-64 J.	65+ J.
Hausarzt	0,80	0,20	0,05	0,10	0,15	0,30
Krankenhaus	0,20	0,05	0,05	0,05	0,10	0,15
Grundschule	0,00	0,60	0,10	0,00	0,00	0,00
Weiterführende Schule	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00
Erwachsenenbildung	0,00	0,00	0,10	0,40	0,20	0,05
Lebensmittelgeschäft	0,00	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15
Supermarkt	0,00	0,05	0,05	0,30	0,40	0,35

Quelle: nach Abley und Halden 2013, S. 168

Im dritten Arbeitsschritt werden die altersgruppenspezifischen Erreichbarkeitsindizes entsprechend dem prozentualen Anteil der Altersgruppe an der Gesamtbevölkerung zu einem Gesamtindex zusammengefasst. In der Studie von Abley und Halden (2013) wurde der Ansatz bei der Bewertung von Maßnahmen in der Stadt Christchurch positiv getestet. Weitergehende Prüfungen stehen nach Ansicht der Autoren allerdings noch aus (ebd., S. 127ff.).

Durch die Förderung der Erreichbarkeitsforschung durch die New Zealand Transport Agency wurden die Methoden zum Messen von Naherreichbarkeit in Neuseeland fortlaufend und praxisorientiert weiterentwickelt. Einige Kommunen und Stadtregionen konnten hiervon bereits profitieren. Die politische Verabschiedung einer gesetzlichen Regelung für die Implementierung einer nationalen „Accessibility Planning“ (inklusive dazugehöriger Richtlinien und Planungshilfen für die regionalen und örtlichen Planungsakteure) wurde allerdings noch nicht umgesetzt.

4.5 Beispiel aus Portugal

In der Dissertation von Silva (2008) wurde am Beispiel der Stadtregion Porto zur Analyse von Naherreichbarkeit das Konzept der „Structural Accessibility Layers“ (siehe Kapitel 4.5.1) entwickelt, das inzwischen in die Raum- und Verkehrsplanungsprozesse der Stadtregion Porto eingebettet wurde (siehe Silva und Pinho 2010). Ein weiterer Anwendungstest, der 15 Aktivitätstypen einschließt, findet in der Stadtregion Kopenhagen statt (siehe Pinho, Silva und Reis 2010).

4.5.1 Structural Accessibility Layer (Porto)

Der Ansatz der „Structural Accessibility Layers“ ist ein indikatorenbasiertes Planungsinstrument, das am Beispiel der Stadtregion Porto entwickelt wurde und eine integrierte Raum- und Verkehrsplanung fördern soll. Die Grundlage bilden Erreichbarkeitsindikatoren, die auf der räumlichen Ebene von Zensusblöcken die Erreichbarkeit zu achtzehn unterschiedlichen Aktivitätstypen bemessen (siehe Silva 2008, S. 71ff.). Tabelle 14 zeigt die betrachteten Aktivitätskategorien und -ziele sowie ihre Gewichtungen, die aus dem Verkehrsaufkommen dieses Aktivitätstyps hergeleitet wurden. Die Erreichbarkeitsanalyse erfolgt für den Pkw-Verkehr, den ÖPNV und den Fußgängerverkehr zunächst separat.

Die jeweilige Erreichbarkeit wird über einen abgewandelten, verkehrsmittelspezifischen Kumulationsindikator berechnet, bei dem die über die durchschnittlichen Wegedauern abgeleiteten Reisezeitgrenzen mit dem Pkw 30 Minuten, mit dem ÖPNV 45 Minuten und beim Fußgängerverkehr 20 Minuten betragen. Ist ein betrachtetes Aktivitätsziel innerhalb dieser Reisezeitgrenze erreichbar⁵, so wird der Gewichtungswert für dieses Aktivitätsziel dem verkehrsmittelspezifischen Gesamterreichbarkeitswert hinzugerechnet. Da die Summe der achtzehn aktivitätsspezifischen Gewichtungsfaktoren eins beträgt, kann der verkehrsmittelspezifische Gesamterreichbarkeitswert ebenfalls maximal eins betragen. In diesem Fall wären alle Aktivitätsziele innerhalb der Reisezeitgrenze erreichbar. Für die Erreichbarkeit mit dem Pkw wurde dieser Maximalwert in nahezu allen Teilräumen erreicht. Anders verhält es sich bei der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV und zu Fuß, die sich räumlich deutlich unterscheidet. Gerade für die weniger urbanen und nicht an den ÖPNV angeschlossenen Gebiete wurden erkennbar schlechtere Erreichbarkeitswerte ermittelt.

⁵ Die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen wird vereinfachend über die Erreichbarkeit von Stadtteilzentren abgebildet.

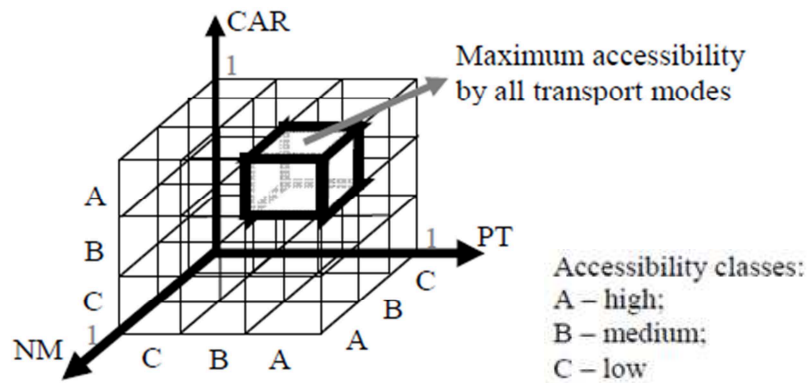
Tabelle 14: Gewichtung der „Structural Accessibility Layers“.

Aktivitätskategorie	Aktivitätsziel	Gewichtung
Schulen	Grundschulen	0,04
	Weiterführende Schulen	0,05
	Universität	0,03
Freizeit/Unterhaltung	Park- und Grünflächen	0,08
	Restaurants	0,02
	Kinos	0,02
	Theater	0,01
	Sporteinrichtungen	0,08
	Sonstiges (z.B. Museen, Büchereien, Diskotheken etc.)	0,01
Einkaufen	Lebensmittelgeschäfte	0,08
	Einzelhandelsgeschäfte (Nicht-Lebensmittel)	0,02
Gesundheit	Apotheken	0,02
	Krankenhäuser/Kliniken	0,02
Sonstiges	Kommunale Verwaltung	0,02
	Postfilialen	0,02
	Bankfilialen	0,05
	Sonstiges (z.B. Versicherungs-, Rechtsanwalts-, Architekturbüros)	0,02
Arbeiten	Arbeitsplätze	0,41

Quelle: nach Silva 2008, S. 104

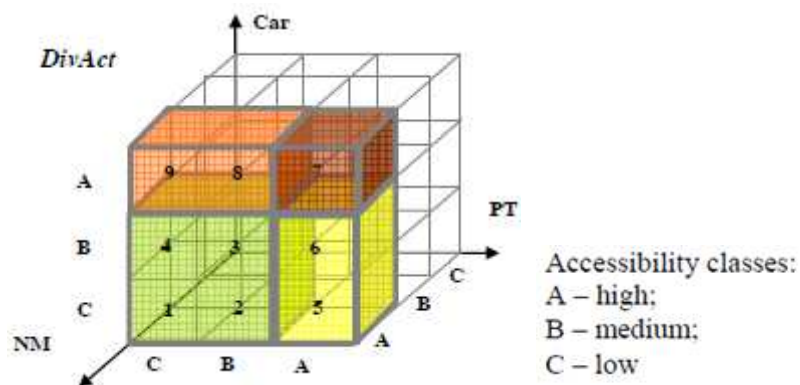
Ein Schwerpunkt der Arbeit von Silva (2008) lag auf der Kommunikation der Ergebnisse der Erreichbarkeitsanalyse. Zur besseren Verständlichkeit wurden die verkehrsmittelspezifischen Gesamtwerte Erreichbarkeitsklassen zugeordnet. Ein Erreichbarkeitswert größer als 0,85 repräsentiert eine hohe Erreichbarkeit (Erreichbarkeitsklasse A), ein Wert zwischen 0,5 und 0,85 eine mittlere Erreichbarkeit (Erreichbarkeitsklasse B) und ein Wert kleiner als 0,5 eine niedrige Erreichbarkeit (Erreichbarkeitsklasse C). Für die vergleichende Bewertung der verkehrsmittelspezifischen Erreichbarkeit wurde ein dreidimensionaler Bewertungswürfel entwickelt, bei dem die Erreichbarkeitswerte für den Pkw, den ÖPNV und den Fußgängerverkehr auf jeweils einer Achse eingetragen werden. Der Bewertungswürfel ist als dreidimensionale Matrix in 27 Bereiche unterteilt, die den verschiedenen Erreichbarkeitsklassen entsprechen. Abbildung 13 zeigt den entsprechenden Bewertungswürfel.

Die 27 Bereiche wurden wiederum neun Bewertungsclustern zugeordnet. Sie dienen zur Ableitung der Entwicklungspotenziale für nachhaltige Raum- und Verkehrsstrukturen und ein nachhaltiges Verkehrsverhalten. Abbildung 14 zeigt ein Beispiel. Das gelb markierte Cluster markiert zum Beispiel einen Bereich, bei dem die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV und zu Fuß als hoch



Quelle: Silva 2008, S. 82

Abbildung 13: Bewertungswürfel der „Structural Accessibility Layers“.



Quelle: Silva 2008, S. 84

Abbildung 14: Cluster im Bewertungswürfel der „Structural Accessibility Layers“.

eingestuft wurde, die Pkw-Erreichbarkeit aber gleichzeitig nur mittelmäßig beziehungsweise niedrig ist. Dies wiederum böte günstige Bedingungen für die Nutzung von ÖPNV-Angeboten und nicht-motorisierten Verkehren (Silva 2008, S. 83f.; Pinho, Silva und Reis 2010, S. 7).

4.6 Beispiele aus den Niederlanden

Auch in den Niederlanden bemüht man sich intensiv, das Konzept von Erreichbarkeit stärker als bisher in die planerischen Strategie- und Entscheidungsprozesse zu integrieren. Die sogenannte ABC-Standortplanung zählt dabei zu den internationalen Vorzeigebispielen integrierter Standortpolitik für Unternehmen (siehe Kapitel 4.6.1). Mit dem „Joint Accessibility Design“ wird der Versuch unternommen, Erreichbarkeitsmodelle zu entwickeln, die direkt zu einer gemeinsamen Entscheidungsfindung der Beteiligten im Planungsprozess beitragen können (siehe Kapitel 4.6.2).

4.6.1 ABC-Standortplanung

In den Niederlanden hat die Integration von Flächennutzungs- und Verkehrsplanung eine lange Tradition. Im 1988 aufgestellten vierten Raumordnungsbericht (ndl. „Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening“) wurde erstmals das Leitbild einer kompakten Stadt als Ziel niederländischer Stadtentwicklung festgehalten (siehe VROM 1988). Zu den zentralen Zielen zählten die Reduktion des innerstädtischen MIV und die Verlagerung vom MIV auf den Umweltverbund. Hierzu

sollten beschäftigungs- und publikumsintensive Betriebe gezielt an den Standorten angesiedelt werden, die eine hohe Erreichbarkeit mit dem Umweltverbund aufweisen.

Zur Umsetzung dieses Konzepts ist das regulative Instrument der ABC-Standortplanung (ndl. „ABC-lokatiebeleid“) eingeführt worden (siehe Rijksplanologische Dienst 1990). Das Instrument bietet Städten die Möglichkeit, innerhalb ihrer kommunalen Bauleitplanung eine erreichbarkeitsorientierte Ansiedlung von Gewerbe- und Dienstleistungsunternehmen sowie öffentlichen und sozialen Einrichtungen an geeigneten Standorten zu verwirklichen beziehungsweise an ungeeigneten Standorten zu verhindern. Vereinfachend kann dieses Konzept mit der Forderung „the right business in the right place“ umschrieben werden (Chapman und Weir 2008, S. 37).

Den Kern der ABC-Standortplanung bildet die Zuordnung von privatwirtschaftlichen und öffentlichen Unternehmen zu geeigneten Standorten (vgl. Martens und van Griethuysen 1999). Hierzu werden die potenziellen Standorte über Erreichbarkeitsprofile klassifiziert. Aufgrund ihrer Lage zu Haltestellen des ÖPNV und zu Autobahnen werden die Standorte in die Kategorien A, B und C eingestuft. A-Standorte sind optimal an den ÖPNV angeschlossen, liegen in der Nähe eines wichtigen ÖPNV-Knotenpunktes (zum Beispiel des Hauptbahnhofs) und befinden sich in innenstädtischen Gebieten mit Parkraumbewirtschaftung. B-Standorte sind relativ gut sowohl an den ÖPNV (zum Beispiel den Vorstadtbahnhof, Straßenbahnhaltepunkt) als auch an das Straßennetz (zum Beispiel die Hauptverkehrsstraße) angebunden und befinden sich in städtischen Gebieten mit Parkraumbewirtschaftung. A- und B-Standorte fördern die Nutzung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes. C-Standorte hingegen haben in der Regel eine schlechte ÖPNV-Erreichbarkeit, sind aber überdurchschnittlich gut mit Kraftfahrzeugen zu erreichen. Meist liegen sie an Autobahnen oder Fernverkehrsstraßen und befinden sich am Rande städtischer Gebiete. Standorte außerhalb bestehender Siedlungsbereiche werden gemäß der ABC-Standortplanung lediglich als Reststandorte angesehen (Meißner 1999, S. 114).

Die Erreichbarkeitsprofile der Standorte werden mit den Mobilitätsprofilen der Unternehmen abgeglichen. Diese geben die Frequenz bzw. Dichte der Beschäftigten und Besucher, die Bedeutung und den Umfang des Kfz-Geschäftsverkehrs, sowie die Bedeutung und den Umfang von Gütertransporten über die Straße wieder. Aus der Überlagerung der Mobilitätsprofile der Unternehmen und der Erreichbarkeitsprofile der potenziellen Standorte ergibt sich die Zuordnung der Betriebe zu geeigneten Standorten. Unternehmen mit hoher Beschäftigten- und Besucherdichte sowie geringer Straßenverkehrsabhängigkeit werden über das Instrument kommunaler Genehmigungsverfahren A-Standorten, Unternehmen mit mittlerer Beschäftigten- und Besucherdichte sowie mittlerer Straßenverkehrsabhängigkeit B-Standorten und Unternehmen mit hoher Straßenverkehrsabhängigkeit, jedoch geringer Beschäftigten- und Besucherdichte C-Standorten zugewiesen. Tabelle 15 fasst das Bewertungsraster der niederländischen ABC-Standortplanung zusammen.

Beim niederländischen Ansatz der ABC-Standortplanung handelt es sich um ein einfaches Verfahren, über das die Ansiedlung von Unternehmen auf der Basis einfacher, vorgegebener Erreichbarkeitsprofile geregelt wird. Es findet zwar eine gewisse Integration von Flächennutzungs- und Verkehrsplanung statt, von einer Naherreichbarkeitsplanung im wirklichen Sinn ist diese sehr begrenzte Standortpolitik allerdings (noch) weit entfernt. Die Zielsetzung dieses Ansatzes liegt in einer Reduktion der Pkw-Abhängigkeit beziehungsweise der Verkehrsverlagerung zum Umweltverbund. Aufgrund des interkommunalen Wettbewerbs sind in der praktischen Real-

Tabelle 15: Bewertungsraster der niederländischen ABC-Standortplanung.

Standort	Erreichbarkeitsprofil	Mobilitätsprofil
A-Standort	<ul style="list-style-type: none"> - optimale ÖPNV-Anbindung - restriktive Parkraumbewirtschaftung - umweltverbundgeeignete Gestaltung 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Beschäftigten- und Besucherintensität - niedrige Bedeutung des Kfz-Geschäftsverkehrs - niedrige Bedeutung des Straßengüterverkehrs
B-Standort	<ul style="list-style-type: none"> - gute ÖPNV-Anbindung - gute Straßenanbindung - Parkraumbewirtschaftung - umweltverbundgeeignete Gestaltung 	<ul style="list-style-type: none"> - mittlere Beschäftigten- und Besucherintensität - mittlere Bedeutung des Kfz-Geschäftsverkehrs - geringe bis mittlere Bedeutung des Straßengüterverkehrs
C-Standort	<ul style="list-style-type: none"> - optimale Anbindung an das überörtliche Straßennetz - ÖPNV-Anbindung ist nicht entscheidend 	<ul style="list-style-type: none"> - niedrige Beschäftigten- und Besucherintensität - hohe Bedeutung des Kfz-Geschäftsverkehrs - hohe Bedeutung des Straßengüterverkehrs

Quelle: angelehnt an Apel, Lehmbrock, Pharoa und Thiemann-Linden 1998, S. 41ff.

sierung Umsetzungsschwierigkeiten festzustellen. Trotzdem konnten in vielen Fällen Ansiedlungen „auf der grünen Wiese“ vermieden werden. Eine vertiefende Einordnung zur Wirksamkeit und Umsetzbarkeit der ABC-Standortplanung lieferten Spit (1996), Priemus, Kreukels und Spaan (1997) oder Meißner (1999).

4.6.2 Joint Accessibility Design

Aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte und eines tief verankerten Gemeinschaftsverständnisses, das unter anderem vielleicht auf die Umweltbedingungen des Landes (zum Beispiel im Rahmen der Landsicherung und -gewinnung) zurückzuführen ist, hat die räumliche Planung in den Niederlanden einen relativ hohen Stellenwert (Fischer und Foßner 2002, S. 153). Das niederländische Planungsverständnis orientiert sich am Konsensprinzip. Dabei ist die Erreichbarkeitsplanung auf das Finden einer abgestimmten Balance aus Angebot und Nachfrage ausgerichtet. Ein häufig anzutreffendes Planungsziel ist es, die passenden Erreichbarkeitsverhältnisse zu erzeugen: „Interventions in the transport system aimed at creating the right accessibility conditions at locations where particular spatial development is favored“ (Straatemeier 2008, S. 136). Die Planungsprozesse sind generell durch intensive Beteiligungs- und Aushandlungsprozesse geprägt (Voß 1997, S. 117).

Vor diesem Hintergrund wurde das Prinzip des „Joint Accessibility Design“ entworfen (siehe Groenendijk, le Cercq und Bertolini 2003), das seit Mitte der 2000er-Jahre in den Niederlanden bei der Neuaufstellung regionaler und kommunaler Flächennutzungspläne, zum Beispiel in Almere und den Stadtregionen Amsterdam, Rotterdam/Den Haag, Randstadt-Zuidvleugel, angewandt wird (siehe Bertolini, le Clercq und Kapon 2005; Straatemeier und Bertolini 2008; Straatemeier 2008). Mit dem Ansatz des „Joint Accessibility Designs“ wird der Versuch unternommen, Erreichbarkeitsmodelle direkt in planerische Strategie- und Entscheidungsprozesse zu integrieren. „Differences in accessibility conditions could be the subject of a planning debate and planning strategies could be developed to increase or lessen the variety of accessibility conditions within a region depending in the goals policymakers want to achieve. In this way, accessibility can be used as a policy design tool to generate alternative solutions“ (Straatemeier 2008, S. 128). Das Ziel liegt in einer durch Wissenschaftler, Planer und Politiker gemeinschaftlich erarbeiteten Strategie zur Integration der Flächennutzungs- und Verkehrsplanung (siehe te Brömmelstroet 2010).

Um das Konzept von Erreichbarkeit als „planning framework“ (Straatemeier 2008, S. 128) trotzdem nutzen zu können, soll das größte Hemmnis überwunden werden, das in den vielschichtigen Kommunikationsproblemen zwischen den jeweiligen Akteuren aus der Verkehrs- und Flächennutzungsplanung gesehen wird: „Somehow it is difficult for people who think in terms of places and activities [land use planners] and people who think in terms of networks and flows [transportation planners] to communicate with each other“ (Straatemeier und Bertolini 2008, S. 1). Der dialogische Planungs- und Politikprozess wird daher von wissenschaftlich orientierten Mediatoren geleitet. Der Ansatz sieht die Ausrichtung von thematisch ausgerichteten Workshops vor, in denen vier aufeinander folgende Arbeitsschritte zu behandeln sind:

1. Formulieren ökonomischer, sozialer und räumlicher Erreichbarkeitsziele,
2. Analysieren und Interpretieren gemeinsam hergeleiteter Erreichbarkeitsindikatoren,
3. Rekapitulieren szenarienbedingter Erreichbarkeitsveränderungen,
4. Entwerfen integrierter Erreichbarkeitsstrategien.

Die bisherigen Erfahrungen zeigten, dass eine wesentliche Grundvoraussetzung für die Akzeptanz und Durchführung eines „Joint Accessibility Design“ die Übersetzung allgemeiner politischer Ziele (beispielsweise ökonomische Entwicklung, soziale Gerechtigkeit, Verkehrsvermeidung und -verlagerung) in Erreichbarkeitsziele (beispielsweise Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem ÖPNV, Naherreichbarkeit von Bildungseinrichtungen, Erreichbarkeit durch Kunden) ist (Straatemeier 2008, S. 136; siehe hierzu auch Derek Halden Consultancy und University of Westminster 2004). Aus wissenschaftlicher Perspektive erschien es anfänglich als hinderlich, dass das Erreichbarkeitskonzept von Praktikern und Entscheidungsträgern zwar als Bewertungsansatz für Verkehrsmaßnahmen, nicht aber als normatives Zielkonzept einer integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsplanung verstanden wurde. „If adequately defined, accessibility can be directly related to both the qualities of the transport system (e.g. travel speed) and the qualities of the land use system (e.g. functional densities and mixes). At the same time, it can be directly related to economic goals (access to workers, customers, suppliers), social goals (access to employment, goods and services, social contacts) and environmental goals (resource-efficiency of the associated activity and mobility patterns)“ (Bertolini, le Clercq und Kapoen 2005, S. 207). Um diese Transferleistung vollbringen zu können, mussten Mediatoren entsprechende Impulse geben. Erst dadurch gelang es, einen Konsens in Bezug auf die Erreichbarkeitsziele und -indikatoren herbeizuführen. Gerade diese zu Beginn stehende Abstimmung wurde als ein langwieriger, schrittweiser Lernprozess aller beteiligten Akteure wahrgenommen (siehe Straatemeier und Bertolini 2008, S. 2).

Als förderlich für die Verknüpfung von Erreichbarkeitsindikatoren mit Erreichbarkeitszielen stellte sich die Verwendung von Kumulationsindikatoren heraus (siehe Geurs, van Wee und Rietveld 2006). Kumulationsindikatoren geben die Anzahl definierter Aktivitätsgelegenheiten wieder, die innerhalb einer bestimmten Reisezeit erreichbar sind. Sie erwiesen sich als allgemein verständlich und wurden von allen Beteiligten akzeptiert. Erst zu einem späteren Zeitpunkt und bei ausreichender Erfahrung der Beteiligten im Umgang mit Erreichbarkeitsanalysen lassen sich gegebenenfalls auch komplexere Erreichbarkeitsindikatoren wie Potenzialindikatoren heranziehen. Zum Einstieg sollten nach niederländischer Erfahrung jedoch allenfalls Kumulationsindikatoren verwendet werden (Bertolini, le Clercq und Kapon 2005, S. 218). Bei der Ergebnisdarstellung haben sich zudem Isochronenkarten als geeignet und stimulierend für die Diskussion über Flächennutzungs- und Verkehrsszenarien herausgestellt (Straatemeier und Bertolini 2008, S. 7).

Durch den niederländischen Ansatz des „Joint Accessibility Design“ konnten wichtige Erfahrungen für die breite Anwendung von Erreichbarkeitsindikatoren in der Planungspraxis gesammelt werden. Ihre Anwendung im Rahmen der Aufstellung regionaler und kommunaler Flächennutzungspläne trug wesentlich zur Akzeptanz des Konzepts von Erreichbarkeit bei. Allerdings dürfen die Erreichbarkeitsindikatoren anfänglich nicht zu komplex und überfrachtet sein. In den niederländischen Fallstudien lag der Schwerpunkt vor allem auf der Analyse der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, Bevölkerung und Freiraum. Zukünftig soll der Ansatz dahingehend weiterentwickelt werden, dass auch kleinräumige Naherreichbarkeitsanalysen unter Einbindung des Fußgänger- und Fahrradverkehrs durchgeführt werden können.

4.7 Beispiele aus Österreich

In Österreich wird auf regionaler Ebene in regelmäßigen Abständen die Erreichbarkeit von regionalen Zentren analysiert (siehe ÖROK 2011). Lokale Erreichbarkeitsmodelle dagegen werden bislang nur spärlich eingesetzt. Im Folgenden werden das Wiener Erreichbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.7.1), das eine baublockscharfe Abbildung der ÖPNV-Erreichbarkeit ermöglicht, und zwei Ansätze, mit denen adressscharf Wohnstandorte bewertet werden können, diskutiert. Hierbei handelt es sich um ein im Rahmen des Forschungsvorhabens „mobility2know“ an der TU Wien entwickeltes Erreichbarkeitsmodell (siehe Kapitel 4.7.2) und ein in der Stadt Salzburg eingesetztes Modell (siehe Kapitel 4.7.3).

4.7.1 ÖPNV-Erreichbarkeitsmodell in Wien

Die Abteilung Stadtentwicklung und Stadtplanung des Magistrats der Stadt Wien ließ in den Jahren 2008 bis 2009 ein Erreichbarkeitsmodell entwickeln, mit dem die kürzeste ÖPNV-Reisezeit zum nächsten Stadtteilzentrum analysierbar ist (siehe Prinz und Herbst 2008). Das ÖPNV-Erreichbarkeitsmodell wurde vollständig in das Geoinformationssystem ArcGIS® der Firma ESRI implementiert. Die Abbildung der ÖPNV-Erreichbarkeit erfolgt auf der räumlichen Ebene von Baublöcken. Hierzu wurden ca. 10.000 Baublockanalysepunkte generiert, die dem Schwerpunkt der Hauskoordinaten innerhalb eines Baublocks entsprechen. Ausgehend von diesem Schwerpunkt erfolgt die Analyse der ÖPNV-Reisezeit anhand der ÖPNV-Fahrpläne und über das Fußwegenetz, über das die Verknüpfung der Baublockanalysepunkte mit den zehn nächstgelegenen ÖPNV-Haltestellen im Suchradius von maximal 1.000 Metern erfolgt. Die Gesamtreisezeit ermittelt sich aus der Gehzeit zur Einstiegshaltestelle, der Wartezeit zwischen dem Erreichen der Einstiegshaltestelle und der Abfahrt des Verkehrsmittels sowie der Fahrzeit bis zur Haltestelle des nächsten Stadtteilzentrums.

Das Wiener ÖPNV-Erreichbarkeitsmodell ermöglicht wiederkehrende statistische Auswertungen zur wohnortbezogenen Angebotsqualität im ÖPNV in Wien und liefert zentrale Informationsgrundlagen für eine bedarfsorientierte Angebotsplanung. Die Besonderheit dieses Ansatzes liegt in seiner technischen Umsetzung und Anwendbarkeit als integrative Prozessmodellkette in ArcGIS®. Durch die GIS-gestützten Prozessmodelle wird die Wiederholbarkeit der Berechnungen mit geänderten Parametern unterstützt. Allerdings lassen sich mit dem Modell keine Fragen zur Erreichbarkeit von unterschiedlichen Aktivitätszielen beantworten. Im Rahmen weiterer Anwendungsfälle soll der Untersuchungsansatz jedoch fortlaufend weiterentwickelt werden (siehe Krampe, Prinz und Herbst 2010; Prinz, Krampe, Lenz und Herbst 2011).

4.7.2 mobility2know-Erreichbarkeitsmodell

Von der TU Wien wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „mobility2know“ ein Erreichbarkeitsmodell entwickelt, mit dem die Lagegunst von Wohnstandorten anhand eines Katalogs von Erreichbarkeitsindikatoren bemessen wird (siehe Kramar, Kalasek und Seidl 2011). Tabelle 16 zeigt die einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren. Der Katalog umfasst 17 Erreichbarkeitsindikatoren für den MIV, 13 für den Fahrradverkehr und neun für den Fußgängerverkehr. Erreichbarkeitsindikatoren für den ÖPNV konnten aufgrund fehlender Fahrplandaten nicht berechnet werden. Die Vielzahl der Erreichbarkeitsindikatoren resultiert aus dem Grundgedanken, dass das Erreichbarkeitsmodell die jeweiligen Erreichbarkeitsbedürfnisse des Menschen möglichst präzise abbilden soll. Die Wahl des betrachteten Verkehrsmittels und des gewählten Erreichbarkeitsindikatorstyps wurde vom Aktivitätstyp abhängig gemacht. Bei Aktivitätszielen wie Kindergärten oder Volksschulen, die überwiegend zu Fuß wahrgenommen werden, wird die fußläufige Naherreichbarkeit berechnet. Bei höherrangigen Aktivitätszielen wie Kliniken wird hingegen die Erreichbarkeit mit dem Pkw betrachtet (ebd., S. 12). Aktivitätsziele ohne Wahlfreiheit (zum Beispiel Volksschule) oder mit vergleichbaren Angebotsqualitäten (zum Beispiel Apotheken) werden mit Reiseaufwandsindikatoren berechnet. Aktivitätsziele mit beschränkter oder unbeschränkter Wahlfreiheit (zum Beispiel Arbeitsplätze, Freizeiteinrichtungen) werden mit Kumulations- oder Potenzialindikatoren berechnet (ebd.). Als Anwendungsfeld der Studie dienten verschiedene Gemeinden in Österreich.

Der Aufbereitung der Verkehrsnetze wurde besondere Aufmerksamkeit gewidmet (siehe ebd., S. 17ff.). Die verwendeten TeleAtlas-Straßendaten enthielten nur Informationen zu den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten. Weil die Berechnung der Pkw-Erreichbarkeiten nicht in einem unbelasteten Netz, in dem die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten sämtlich erzielbar sind, erfolgen sollte, wurden eigene streckenbezogene durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten hergeleitet, die aus der räumlichen Verteilung der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte abgeleitet wurden. Unter Hinzuziehung von Referenzdaten zu Streckengeschwindigkeiten wurden die maximalen Fahrgeschwindigkeiten auf Autobahnen über den Faktor 0,69 und auf allen anderen Straßen über den Faktor 0,33 reduziert. Bei der Aufbereitung der Fußgänger- und Radverkehrsnetze wurden steigungsabhängige Geschwindigkeiten angenommen. Hierzu wurden die Verkehrsnetze in einem Geoinformationssystem mit dem SRTM-Höhenmodell verschnitten.

Zur Reduzierung der Datenmenge und zur Erleichterung der Auswertung wurden die einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren zu gebündelten Erreichbarkeitsindizes aggregiert. Mit den gebündelten Erreichbarkeitsindizes wird die verkehrsmittelspezifische Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, von öffentlichen Dienstleistungsangeboten sowie von privaten Dienstleistungsangeboten abgebildet. Damit die einzelnen Erreichbarkeitsindikatortypen zusammengeführt werden konnten, wurden ihre jeweiligen Werte zuvor mittels einer Z-Transformation normiert. Anschließend konnte die inhaltliche Analyse der Erreichbarkeit von Wohnstandorten in unterschiedlichen Raumtypen Österreichs vorgenommen werden. Im Ergebnis weisen die zusammengefassten Erreichbarkeitsindizes „zwar entsprechend der lokalen Gegebenheiten kleinräumige Unterschiede auf, doch bewegen sich die einzelnen Werte innerhalb eines Bezirkes meist in einem ähnlichen Wertebereich [...]. Die Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur der Bezirke bildet dabei grobe Rahmenbedingungen, von denen die lokalen Erreichbarkeiten der einzelnen Standorte stark beeinflusst werden“ (ebd., S. 42). Zwischen Untersuchungsbezirken gleichen Raumtyps wurden eher geringe Erreichbarkeitsunterschiede festgestellt.

Tabelle 16: Einzelindikatoren des „mobility2know“-Bewertungssystems der TU Wien.

Kategorie	Aktivitätsziele/-gelegenheiten	Verkehrsmittel	Indikatortyp	Parameter
Arbeiten	Arbeitsplätze	Rad	Kumulationsindikator	RZG = 60 Min.
	Arbeitsplätze	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Arbeitsplätze	Rad	Potenzialindikator	HWZ = 10 Min.
	Arbeitsplätze	MIV	Potenzialindikator	HWZ = 10 Min.
Bildung	Kindergarten/Kinderbetreuung	Rad	Reiseaufwandsindikator	-
	Kindergarten/Kinderbetreuung	zu Fuß	Reiseaufwandsindikator	-
	Volksschule	Rad	Reiseaufwandsindikator	-
	Volksschule	zu Fuß	Reiseaufwandsindikator	-
	Höhere Schule (AHS/BHS)	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Volkshochschule	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
Gesundheit	Allgemeine Arztpraxis	Rad	Reiseaufwandsindikator	-
	Allgemeine Arztpraxis	zu Fuß	Reiseaufwandsindikator	-
	Allgemeine Arztpraxis	MIV	Reiseaufwandsindikator	-
	Apotheke	Rad	Reiseaufwandsindikator	-
	Apotheke	zu Fuß	Reiseaufwandsindikator	-
	Apotheke	MIV	Reiseaufwandsindikator	-
	Krankenhaus/Klinik	MIV	Reiseaufwandsindikator	-
Versorgung	Lebensmittelhändler/Supermarkt	Rad	Reiseaufwandsindikator	-
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	zu Fuß	Reiseaufwandsindikator	-
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	MIV	Reiseaufwandsindikator	-
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	Rad	Kumulationsindikator	RZG = 10 Min.
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	zu Fuß	Kumulationsindikator	RZG = 10 Min.
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 15 Min.
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	Rad	Potenzialindikator	HWZ = 5 Min.
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	zu Fuß	Potenzialindikator	HWZ = 5 Min.
	Lebensmittelhändler/Supermarkt	MIV	Potenzialindikator	HWZ = 5 Min.
Freizeit und Gemeinschaft	Fitnesscenter/Bäder/Saunas	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Fitnesscenter/Bäder/Saunas	Rad	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Kinos/Theater/Museen/Galerien	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Kinos/Theater/Museen/Galerien	Rad	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Sport-/Kulturvereine/religiöse Org.	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Gasthäuser/Restaurants/Bars/Cafés	MIV	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Gasthäuser/Restaurants/Bars/Cafés	Rad	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
	Gasthäuser/Restaurants/Bars/Cafés	zu Fuß	Kumulationsindikator	RZG = 30 Min.
Verwaltung	Gemeindeamt/Magistrat	MIV	Reiseaufwandsindikator	-
	Gemeindeamt/Magistrat	Rad	Reiseaufwandsindikator	-
	Gemeindeamt/Magistrat	zu Fuß	Reiseaufwandsindikator	-
	Bezirkshauptmannschaft/Bezirksamt	MIV	Reiseaufwandsindikator	-
	Amt der Landesregierung	MIV	Reiseaufwandsindikator	-

RZG = Reisezeitgrenze HWZ = Halbwertszeit

Quelle: nach Kramar, Kalasek und Seidl 2011, S. 26f.

4.7.3 Erreichbarkeitsmodellierung in Salzburg

Für den Magistrat und das Land Salzburg wurde zur Unterstützung von Innenentwicklung ein multikriterielles räumliches Indikatorensystem entwickelt, das eine nachhaltige Siedlungsentwicklung mess- und beobachtbar macht (siehe Prinz und Reithofer 2005; Prinz 2007; Spitzer und Prinz 2010; Spitzer u. a. 2010; Krampe und Prinz 2011; Schnürch 2011). „Dabei wird die Nähe des Wohnstandorts zu Einrichtungen der Grundversorgung wie Schulen, Kindergärten, Nahversorgung, ÖPNV integrativ analysiert. Ziel ist die Unterstützung einer verstärkten regionalen Abstimmung der Siedlungsentwicklung und Raumnutzung mit infrastrukturellen Raumpotenzialen“ (Spitzer u. a. 2010, S. 4). So lässt sich durch Nachverdichtung zum einen die Auslastung bestehender Infrastruktur erhöhen, zum anderen lassen sich Versorgungsdefizite identifizieren.

Die Grundlage des Indikatorensystems bildet ein Erreichbarkeitsmodell, mit dem adressscharf für jeden Wohnstandort anhand eines detaillierten Fußwegenetzes die fußläufigen Distanzen zu den unterschiedlichen Aktivitätszielen aus den Bereichen Umwelt und Freiraum, soziale Infrastruktur, Nahversorgung, ÖPNV-Angebote etc. bestimmt werden können. Die infrastrukturelle Attraktivität der Wohnstandorte kann dann über einen Gesamtindex durch Gewichtung der einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren abgebildet werden. In jüngeren Ansätzen wurden die Hauskoordinaten als räumliche Bezugsebene aufgegeben und stattdessen Rasterquadrate von 50 Metern Kantenlänge verwendet, um ein „kontinuierliches Bild bei der Visualisierung der Ergebnisse zu erhalten“ (Schnürch 2011, S. 54).

4.8 Beispiele aus Deutschland

Das Auseinandersetzen mit Erreichbarkeitsfragen gehört zum festen Bestandteil der kommunalen strategischen Planung in Deutschland, zum Beispiel im Rahmen der Kreisentwicklungs-, Stadtentwicklungs-, Verkehrsentwicklungs- oder Nahverkehrsplanung. Allerdings kommen in der gängigen Praxis hierbei nur vereinzelt indikatorengestützte, quantitative Naherreichbarkeitsmodelle zum Einsatz. Kapitel 4.8.1 gibt einen kurzen Überblick zum Stand der kommunalen Planungspraxis. Die Ausführungen spiegeln dabei eine verallgemeinernde Einschätzung des Autors wider, die inhaltlich auf Fachgesprächen beruhen, die mit unterschiedlichen kommunalen Vertretern und Planern geführt wurden. Eine systematische und vertiefende Auseinandersetzung war aus zeitlichen Gründen nicht möglich. In Kapitel 4.8.2 wird mit dem Erreichbarkeitsatlas der Metropolregion München ein Best-Practice-Beispiel diskutiert. In München wurde ein skalierbares Erreichbarkeitsmodell entwickelt, das in einer späteren Phase zu einem Monitoringsystem für die laufende Beobachtung örtlicher Erreichbarkeitsverhältnisse ausgeweitet werden soll. Anwendungen von kleinräumigen Erreichbarkeitsmodellen in Deutschland finden sich seit dem Jahr 2006 im Zusammenhang mit der regionalen Daseinsvorsorgeplanung, die durch die Bundesregierung in ausgewählten ländlich strukturierten Regionen als Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) gefördert wurde. Zur Unterstützung der Entwicklung geeigneter Strategien für die Anpassung der sozialen Infrastrukturen an die sich verändernden Nachfragestrukturen wurden hier systematische Erreichbarkeitsanalysen durchgeführt, mit denen die bestehenden und zukünftigen Erreichbarkeitsverhältnisse von Einrichtungen der Daseinsvorsorge untersucht wurden. Kapitel 4.8.3 gibt einen Einblick in die innerhalb des MORO-Aktionsprogramms „Regionale Daseinsvorsorge“ durchgeführten Erreichbarkeitsmodellierungen.

4.8.1 Stand der kommunalen Planungspraxis

Auf der Ebene der kommunalen strategischen Entwicklungsplanungen sind zahlreiche inhaltliche Überschneidungsbereiche mit dem Konzept von Naherreichbarkeit anzutreffen. In der Kreis- und Stadtentwicklungsplanung werden Erreichbarkeitsfragen behandelt, insbesondere bei der Aufstellung formeller und informeller Kreis- und Stadtentwicklungskonzepte sowie fachspezifischer Masterpläne zu Einzelhandel, Wohnen, Wirtschaftsmarkt usw. Deren Wichtigkeit steht für die Planungspraxis außer Frage. Praktisch vollzieht sich ihre Berücksichtigung jedoch für gewöhnlich in Form intuitiver Vorstellungen und verbal-argumentativer Darlegungen. Nur vereinzelt erfolgt eine GIS-gestützte Überlagerung der Einzugsbereiche von zentralen Orten oder Einrichtungen mit Siedlungsflächen als kartographische Darstellung. Viele der eingesetzten quantitativen Analysemethoden sind relativ einfach und rudimentär. Oft werden Prüfungsschemata, Punktbewertungsverfahren oder auf euklidischen Distanzen beruhende, einfache Reiseaufwandsindikatoren genutzt (siehe beispielhaft Stadt Dortmund 2009). Integrierte Erreichbarkeitsindikatoren werden in der Regel nicht berechnet, auch wenn generell die Verwendung geeigneter Indikatoren im Rahmen einer Maßnahmenbewertung und eines Erfolgsmonitorings befürwortet wird (siehe Wehrheit 2002).

Das Gros quantitativer Erreichbarkeitsanalysen in der kommunalen strategischen Entwicklungsplanung findet im Bereich der Verkehrsentwicklungsplanung statt. Naherreichbarkeitsplanung und kommunale Verkehrsplanung sollten sich gegenseitig implizieren: „Eine der zentralen Aufgaben der kommunalen Verkehrsplanung besteht [...] in der Sicherung der Erreichbarkeit alltagsnotwendiger Gelegenheiten für Personen ohne Auto“ (Holz-Rau 2010, S. 46). Mit dem Verkehrsentwicklungsplan und dem Nahverkehrsplan existieren zwei unterschiedliche Instrumente. Im Verkehrsentwicklungsplan werden mittel- bis langfristig die Grundsätze für die zukünftige kommunale oder regionale Verkehrsentwicklung festgehalten. Als angebotsorientierter Rahmenplan zielt er zumeist darauf ab, die Belange von Umwelt, Flächennutzung und Verkehr aufeinander abzustimmen und die Chancengleichheit aller Verkehrsmittel zu gewährleisten beziehungsweise den Umweltverbund zu stärken. Als freiwilliges und lediglich verwaltungsintern bindendes Planungsinstrument leidet der Verkehrsentwicklungsplan jedoch nicht selten unter Qualitätsdefiziten und an seiner tatsächlich gegebenen Unverbindlichkeit (vgl. Wolfram 2009). Daher arbeitet die Verkehrswissenschaft intensiv an methodischen (und rechtlichen) Verbesserungsvorschlägen (siehe Wolfram u. a. 2010; FGSV 2011). In der Planungsrealität wird die Sicherung und Verbesserung der Naherreichbarkeit beziehungsweise Nahmobilität mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes üblicherweise als Ziel formuliert. Zur Maßnahmenbewertung kommen nicht selten Verkehrssimulationsmodelle zur Anwendung. Im Vordergrund steht bei ihnen die Vorausschätzung der zukünftigen Verkehrsströme und -aufwände, jedoch nicht die Abbildung von Erreichbarkeitsveränderungen. Erreichbarkeitsmodellierungen sind zwar Bestandteil von Verkehrssimulationen, sie unterliegen allerdings nicht einem normativen Charakter, wie dies zum Beispiel der Fall wäre, wenn im Sinne einer gezielten Erreichbarkeitsplanung Erreichbarkeitspotenziale und Gerechtigkeitsaspekte behandelt würden.

Ein Beispiel für die Durchführung einer aktivitätsorientierten Erreichbarkeitsanalyse liefert der Verkehrsentwicklungsplan der Landeshauptstadt München (2006, S. 30f.). Die zonenbasierte Analyse erfolgte jeweils separat für den MIV und den ÖPNV, ihr Zweck war die vergleichende Bewertung unterschiedlicher Planungsszenarien. Durch die Resultate aus den Erreichbarkeitsanalysen konnten die zu erwartenden Erreichbarkeitsverbesserungen aufgezeigt werden. Hier-

zu wurden in dem eher regional orientierten Ansatz die folgenden beiden Kumulationsindikatoren berechnet:

- Anzahl der Bevölkerung, die die Innenstadt innerhalb von 15, 30 und 45 Minuten Reisezeit erreichen kann,
- Anzahl der von einem geplanten Güterverteilstützpunkt aus innerhalb von 15, 30 und 45 Minuten Reisezeit erreichbaren Arbeitsplätze.

Das zweite Instrument ist der Nahverkehrsplan, der in den 1990er-Jahren vom Gesetzgeber eingeführt wurde (vgl. Barth 2000). Er ist ein sektorales Steuerungsinstrument für den ÖPNV und bildet die Grundlage für die ÖPNV-Angebotsgestaltung (Derichs 2002, S. 11). Die Aufgaben- und Finanzverantwortung für den ÖPNV wurde (zumeist kommunalen) Aufgabenträgern übertragen (vgl. Löw 2000). Der Nahverkehrsplan sollte im Turnus von fünf Jahren aktualisiert werden. Auf der Grundlage der vorhandenen und geplanten Siedlungsstrukturen sowie der vorhandenen und prognostizierten Verkehrsstrukturen ist das angemessene ÖPNV-Angebot zu bestimmen (siehe Horn 2002). Insofern könnten Nahverkehrsplaner ihn – ähnlich wie bei den „Local Transport Plans“ in England – als ein zielweisendes Instrument zur Sicherung und Verbesserung der Erreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten (mit dem ÖPNV) einsetzen.

Als Pflichtinstrumente bieten Nahverkehrspläne eine gute Grundlage zur Überprüfung des Anwendungsstandes von Erreichbarkeitsindikatoren in der kommunalen verkehrsplanerischen Praxis. Durch Schwarze (2005) wurden 31 nordrhein-westfälische Nahverkehrspläne dahingehend analysiert, wie in ihnen Erreichbarkeit als planerische Kenngröße thematisiert wurde und welche Erreichbarkeitsindikatoren konkret angewandt wurden. Die Evaluation zeigte, dass bei der Aufstellung von Nahverkehrsplänen eine Vielzahl unterschiedlicher Erreichbarkeitsindikatoren zugleich verwendet wurde. Bei den meisten handelte es sich um einfache Indikatoren wie Ausstattungs- oder Distanzindikatoren (ebd., S. 17ff.). Mit ihnen lassen sich verkehrliche Aspekte wie die Erschließungs- oder Verbindungsqualitäten der ÖPNV-Angebote bestimmen. Aktivitätsspezifische Erreichbarkeiten können sie allerdings nicht abbilden. Immerhin wurde in 90 Prozent der untersuchten Fälle die Reisezeit mit dem ÖPNV in die Innenstadt beziehungsweise zu zentralen Orten berechnet. Dahinter verbirgt sich die Annahme, dass sich an den Zielorten vielfältige Aktivitätstypen und -gelegenheiten akkumulieren. Eine aktivitätsspezifische Analyse von (Nah-)Erreichbarkeit wurde in keinem der ausgewerteten Nahverkehrspläne durchgeführt.

4.8.2 Erreichbarkeitsatlas der Metropolregion München

Die Europäische Metropolregion München hatte die TU München mit der Erstellung eines Erreichbarkeitsatlases beauftragt. Mit dem Pilotprojekt sollten eine Grundlage für die Gestaltung zukunftsfähiger Mobilität geschaffen, Handlungsstrategien aufgezeigt sowie ein regionales und später auch lokales Erreichbarkeitsmonitoring etabliert werden (vgl. Büttner, Keller und Wulforth 2010, S. 2). Die erste, im Jahr 2010 fertig gestellte Version des Erreichbarkeitsmodells ist zonenbasiert. Auf Stadtteilebene werden die regionalen ÖV- und MIV-Erreichbarkeitsverhältnisse mit Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren betrachtet und verglichen. Tabelle 17 zeigt die berechneten einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren als Übersicht. Die Berechnung der Pkw-Reisezeiten basierte auf OpenStreetMap-Daten, die ÖV-Reisezeiten wurden durch die Integration von HAFAS-Fahrplandaten in die Software VISUM fahrplanfein bestimmt. Zur besseren Veranschaulichung wurden die Erreichbarkeitsergebnisse über eine einfache,

Tabelle 17: Erreichbarkeitsindikatoren des Erreichbarkeitsatlases der Metropolregion München.

Indikatortyp	Erreichbarkeitsindikator
Reiseaufwandsindikator	<ul style="list-style-type: none"> - Reisezeit zur Münchener Innenstadt - Reisezeit zum Hauptbahnhof München - Reisezeit zum Flughafen München - Reisezeit zum nächsten IC-Bahnhof - Reisezeit zur nächsten Autobahnanschlussstelle (nur MIV) - Reisezeit zum nächsten Oberzentrum - Reisezeit zum nächsten Mittelzentrum - Reisezeit zu Kliniken der Versorgungsstufe II
Kumulationsindikator	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Skigebiete, die innerhalb von 90 Minuten zu erreichen sind - Anzahl staatlicher Schlösser, die innerhalb von 60 Minuten zu erreichen sind
Potenzialindikator	<ul style="list-style-type: none"> - Potenzialerreichbarkeit von Einwohnern - Potenzialerreichbarkeit von Wissenschaftsstandorten

Quelle: Büttner, Keller und Wulfhorst 2010.

sechsstufige Bewertungsskala klassifiziert (siehe ebd., S. 33). Ein interaktiv bedienbares Tool ermöglicht die Erzeugung und Visualisierung benutzerspezifischer Erreichbarkeitskarten im Internet (siehe EMM 2011).

Bei dem implementierten Erreichbarkeitsatlas handelt es sich bislang nicht um ein Instrument, mit dem Naherreichbarkeit berechnet wird. Der Schwerpunkt liegt auf der Herausstellung der Lagegunst und Standortqualitäten der Region. Entsprechend ist diese erste, regional orientierte Version des Erreichbarkeitsatlases in erster Linie eine umfassende Vermarktungsstrategie für den Wirtschaftsstandort Metropolregion München. Der derzeitige Stand des Erreichbarkeitsatlases wird aber zugleich als initialer Schritt zu einem Analyse- und Planungswerkzeug verstanden, mit dem zukünftig auch die Erreichbarkeiten im nichtmotorisierten Verkehr und zu öffentlichen und gewerblichen Aktivitätszielen und -gelegenheiten auf kleinräumiger Ebene ermittelbar sind (Büttner, Keller und Wulfhorst 2011, S. 21). Eine Pilotstudie zur Erreichbarkeit von Einrichtungen der Grundversorgung wurde hierzu im Landkreis Aichach-Friedberg bereits durchgeführt (siehe Büttner, Keller und Wulfhorst 2011). Hierauf aufsetzend soll der Münchener Erreichbarkeitsatlas zukünftig weiterentwickelt werden.

4.8.3 Erreichbarkeitsmodellierungen im MORO-Aktionsprogramm „Regionale Daseinsvorsorge“

In Deutschland ist durch die Gesetzgebung vorgesehen, dass „die Erreichbarkeit von Einrichtungen und Angeboten der Grundversorgung für alle Bevölkerungsgruppen [...] zur Sicherung von Chancengerechtigkeit in den Teilräumen in angemessener Weise zu gewährleisten ist; dies gilt auch in dünn besiedelten Regionen“ (ROG §2 (2) Nr. 3). Als Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) wurden und werden durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur⁶ (BMVI) ländlich strukturierte Regionen gefördert, eine Regionalstrategie zur Sicherung der Daseinsvorsorge zu erarbeiten. „Die Folgen des demographischen Wandels und knapper werdende öffentliche Mittel erfordern eine grundlegende Überprüfung und Anpassung der Leistungen und Angebote sowie der Standards der öffentlichen Daseinsvorsorge“ (BBSR 2011). Mit

⁶ Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) wurde am 17. Dezember 2013 in Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) umbenannt und erhielt einen veränderten Zuschnitt.

dem „Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge“ begann im Jahr 2012 mit 21 involvierten Modellregionen das bislang umfangreichste Förderprogramm (vgl. BMVI 2014). Die Erreichbarkeitsmodellierung zählt zu den empirisch-analytischen Grundbausteinen, die in vorangegangenen MORO-Vorhaben bereits getestet wurden (vgl. BBSR 2009; BMVBS und BBSR 2009). Der Ansatz und die in sieben Modellregionen gemachten Erfahrungen sind in zwei Leitfäden dokumentiert (siehe BMVBS 2010, S. 45ff.; BMVBS und BBSR 2011, S. 30ff.).

Das Ziel der Erreichbarkeitsanalysen ist es, ausgehend von den Wohnstandorten die Zugänglichkeit der Bevölkerung zu Einrichtungen der Daseinsvorsorge zu ermitteln. Als Raumbezugssystem dienten Wohnbauflächen oder kleinräumige Rasterzellen, zum Beispiel von 250 x 250 Metern (siehe BMVBS 2010, S. 44ff.). Über kartographisch und tabellarisch aufbereitete Erreichbarkeitsprofile werden die Stärken und Schwächen der Erreichbarkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge identifiziert. Im „Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge“ wurden zwei Phasen der Erreichbarkeitsmodellierung unterschieden. In der ersten Phase wurde die aktuelle Erreichbarkeitssituation ermittelt, während die zweite Phase der analytischen Bewertung von Erreichbarkeitsszenarien diente. Die dabei betrachtenden Infrastrukturen, Einrichtungen, Verkehrsmittel und strategischen Szenarien wurden abhängig vom jeweiligen Handlungsbedarf von den Modellregionen bestimmt. Mit den Szenarien wurden für den Zeithorizont des Jahres 2030 die Folgen der demographischen Veränderungen und der damit verknüpften Schließungen, Neuplanungen und/oder Zusammenlegungen von Einrichtungen für die Erreichbarkeitsbedingungen der Bevölkerung analysiert. Häufig wurde noch in der ersten, analytischen Phase das hypothetische Erreichbarkeitsszenario „Wegfall des nächsten Standorts“ durchgespielt, um einen ersten Einblick in die Gefährdungssituation einzelner Teilräume zu erhalten.

Als Erreichbarkeitsindikatoren wurden zumeist Reiseaufwandsindikatoren verwendet, mit denen für den Status quo und das Prognosejahr 2030 die Entfernung und Reisezeit zur nächsterreichbaren Einrichtung abgebildet wurden. Tabelle 18 gibt einen Einblick in die Bandbreite der untersuchten Themenbereiche. Besonders häufig und intensiv setzten sich die Modellregionen mit der hausärztlichen Versorgung, der Nahversorgung, den schulischen Bildungsangeboten, der Gefahrenabwehr und dem Nahverkehr auseinander.

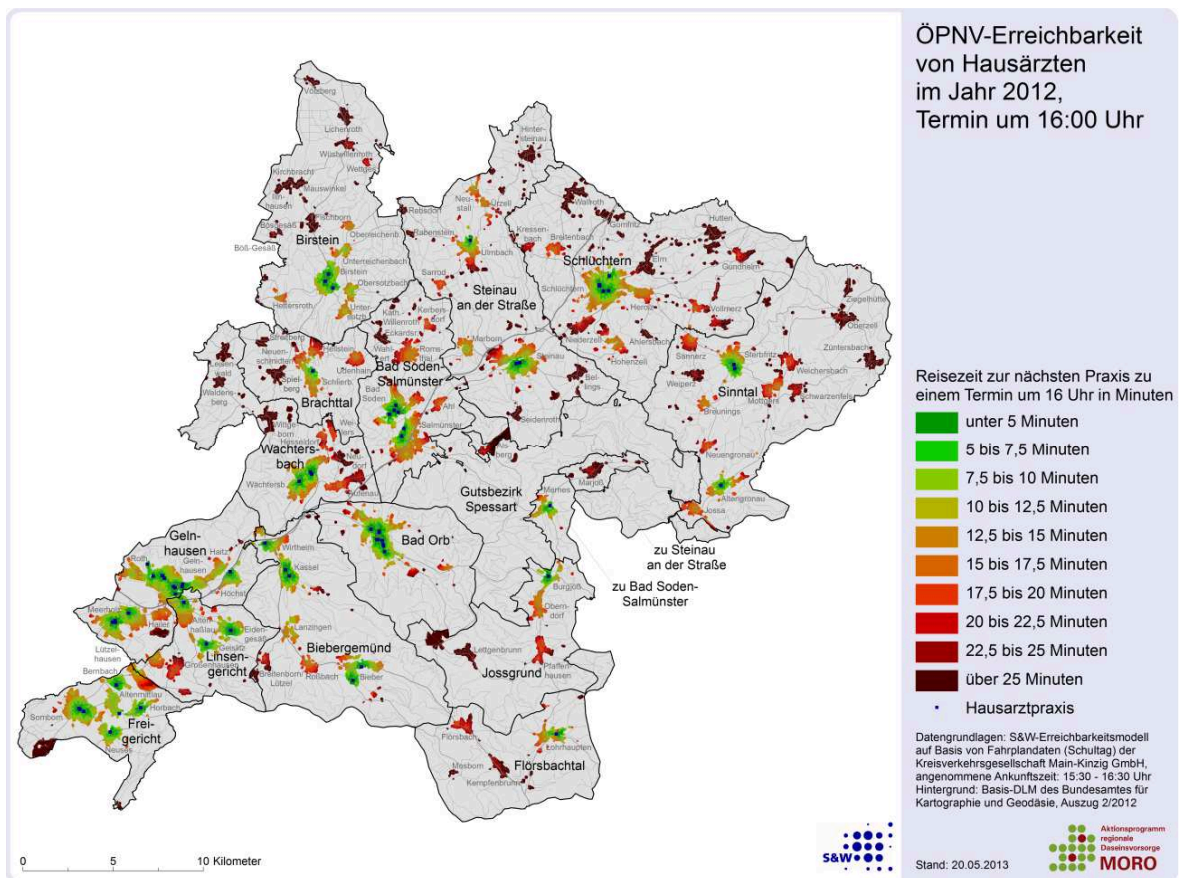
Tabelle 18: Beispielhafte Aktivitätsziele im „Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge“.

Aktivitätskategorie	Aktivitätsziele
Schulische Bildung	Grundschulen, Schulen der Sekundarstufen I und II, berufsbildende Schulen, Förderschulen, ...
Kulturelle Bildung	Bibliotheken, Musikschulen, Volkshochschulen, ...
Medizinische Versorgung	Hausärzte, Fachärzte, Apotheken, Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen, ...
Nahversorgung	Supermärkte, Dorfläden, Bäcker/Metzgereien (jeweils mit erweitertem Angebot), ...
Kinderbetreuung	Kinderkrippen, Kindergärten, Kindertagesbetreuungseinrichtungen, ...
Gefahrenabwehr	Feuerwachen, Feuerwehrgerätehäuser, ...
ÖPNV	ÖPNV-Haltestellen, ...

Quelle: nach Schwarze und Spiekermann 2014, S. 62.

Die Erreichbarkeitsanalysen führten in den 21 Modellregionen sechs verschiedene Modell-anwender durch. Insbesondere hinsichtlich ihrer inhaltlichen Komplexität und des Automatisierungsgrads unterschieden sich die angewandten Erreichbarkeitsmodelle zum Teil deutlich (Schwarze und Spiekermann 2014, S. 63ff.). Bei den komplexeren Modellansätzen⁷ wurden bis zu vier Verkehrsmittel (Pkw, zu Fuß, Fahrrad und ÖPNV) berücksichtigt. Zusätzlich wurden die Eintreffzeiten von Feuerwehren oder Rettungswagen untersucht. Vor der Durchführung der Erreichbarkeitsanalysen für die individuellen Verkehre mussten die Straßen- und Wegenetze inklusive aller Fahrrad- und Fußwege routingfähig aufbereitet werden. Hierzu wurden je nach Modell entweder die amtlichen digitalen Basisdaten, das Basis-DLM der Landesvermessung oder die öffentlich zugänglichen OpenStreetMap-Daten verwendet. „Annahmen zu Staus oder Abbiege- und Einbahnstraßenregeln wurden aufgrund fehlender Informationen nicht berücksichtigt, beeinflussen in den ländlichen Regionen den Verkehrsfluss und die Reisezeiten aber auch nicht“ (ebd., S. 64). Zur Durchführung der Erreichbarkeitsanalyse für den öffentlichen Verkehr wurden die digitalen Fahrplandaten in ein routingfähiges, multimodales Netzmodell transformiert, sodass die Berechnung der Reisezeiten mit dem ÖPNV auf einer Kombination aus Zu-fußgehen und öffentlichen Verkehrsangeboten basierte. Die Reisezeiten wurden häufig als Tür-zu-Tür-Reisezeiten modelliert, das heißt, dass die Pkw- und Fahrradreisezeiten neben den

Karte 2: ÖPNV-Erreichbarkeit von Hausärzten in der Modellregion SPESsARTRegional für einen Termin um 16:00 Uhr.



Quelle: Schwarze und Spiekermann 2013, S. 27

⁷ Beispielhaft genannt seien die Erreichbarkeitsmodelle der privaten Büros Gertz Gutsche Rümenapp - Stadtentwicklung und Mobilität aus Hamburg, Müller-Teut & Bork aus Kiel sowie Spiekermann & Wegener, Stadt- und Regionalforschung (S&W) aus Dortmund.

Fahrzeiten auch zeitliche Annahmen bei der Abfahrt und Ankunft zu den Dispositions-, Parkplatzsuch- und Abstellzeiten enthalten. Auf diese Weise wurde eine Vergleichbarkeit der Reisezeiten mit den ÖPNV-Reisezeiten gewährleistet, die sich aus den fahrplangemäßen Fahrzeiten inklusive aller Geh-, Warte- und Umsteigezeiten zusammensetzten. Die Auswertung der Erreichbarkeitsberechnungen erfolgte überwiegend über Erreichbarkeitsprofile, Erreichbarkeitsgrade und Karten. Karte 2 zeigt ein beispielhaftes Ergebnis. Dargestellt ist die ÖPNV-Erreichbarkeit von Hausärzten an einem schulpflichtigen Werktag für einen Hausarzttermin um 16 Uhr. Grüne Farbtöne markieren in der Abbildung Teilräume mit einer überdurchschnittlichen ÖPNV-Erreichbarkeit von Hausarztpraxen, rote Farbtöne kennzeichnen dagegen Orte mit unterdurchschnittlichen Erreichbarkeitsverhältnissen. Die Erreichbarkeitsberechnung wurde für 100 x 100 Meter große Rasterzellen durchgeführt, die die Wohnstandorte repräsentieren. Die Zieleinrichtungen wurden adressscharf erhoben. In der Abbildung wurden die Wohnsiedlungsflächen zur besseren Veranschaulichung der Ergebnisse um einen Puffer von 100 Metern optisch vergrößert.

Insgesamt gesehen zählt das Themenfeld „Regionale Daseinsvorsorge“ zu dem Einsatzgebiet, in dem derzeit in Deutschland die meisten planungsrelevanten Erreichbarkeitsanalysen durchgeführt werden. Einige der Ansätze unterscheiden nach verschiedenen Aktivitätszielen sowie Verkehrsmitteln und können mittlerweile auch die für die Naherreichbarkeit relevanten nicht-motorisierten Verkehrsmittel mit modellieren. Bei den Erreichbarkeitsanalysen kommen bevorzugt Reiseaufwandsindikatoren zum Einsatz, die ausgehend von den kleinräumigen Wohnstandorten die Reisezeiten zum nächstgelegenen Ziel einer Einrichtungsart bemessen. Die Erreichbarkeitsmodelle werden fortlaufend weiter entwickelt und angewandt (siehe PTV 2013; Spiekermann 2013).

4.9 Zwischenfazit

Ziel dieses Kapitels war das Identifizieren und Auswerten internationaler Best-Practice-Beispiele von Naherreichbarkeitsanalysen. Es wurden verschiedene Ansätze diskutiert, denen zum Teil auch unterschiedliche Zielvorstellungen zugrunde lagen. Während bei der „Accessibility Planning“ in England oder Australien die Reduzierung einer sozialen Exklusion im Fokus steht, liegt das Interesse in den Vereinigten Staaten oder den Niederlanden in der Verkehrsverlagerung. Der Schwerpunkt in Deutschland liegt vor dem Hintergrund einer schrumpfenden Bevölkerung in der Sicherung der Daseinsvorsorge, in Neuseeland soll die fußläufige Naherreichbarkeit in den Wohnquartieren verbessert werden. Tabelle 19 fasst die Merkmale der hier diskutierten, in der Praxis angewandten Erreichbarkeitsmodelle zusammen.

Die Evaluation der unterschiedlichen Modellansätze zeigte, dass der Übergang von intraregionalen Erreichbarkeitsanalysen zu Naherreichbarkeitsanalysen keineswegs klar abgrenzbar wäre, sondern eher fließend verläuft. So geht die Analyse der Erreichbarkeit alltäglicher, wohnungsnaher Einrichtungen der Grundversorgung (zum Beispiel Kindergärten, Grundschulen, Supermärkte) häufig mit der Betrachtung spezialisierter Einrichtungen der gehobenen Versorgung (zum Beispiel Volkshochschulen, Krankenhäuser etc.) einher. Das Raumbezugssystem ist hierbei ausreichend kleinräumig. Um auch die Naherreichbarkeit adäquat messen zu können, sollten als räumliche Analyseebene – wie in den meisten dargestellten Beispielen – mindestens Wohnquartiere oder besser noch Baublöcke oder Rasterzellen als Raumbezugsebene gewählt werden.

Tabelle 19: Unterschiedliche Modellansätze zur Analyse von (Nah-)Erreichbarkeit.

Modellansatz	Länderkürzel [*]	Raumbezugsebene	Zielarten	Zu Fuß	ÖPNV	Fahrrad	MIV	Indikatorarten ^{**}	Sonstige Besonderheit
ATOS-Modell	GB	Statistische Zonen	8	X	X			RA	Gesamtindex
Accessibility Planning in England	GB	Lower Super Output Areas	8		X	X	X	RA, KU	Evaluationsindikatoren
S. California Ass. of Governments	USA	Verkehrszellen	4		X		X	KU	Evaluationsindikatoren
Urban/Metropolitan Accessibility Index	USA	Verkehrszellen	4		(X)		X	KU, PO	Gesamtindex
Accessibility Calculator	USA	Neighbourhoods	14		X		X	KU	Gesamtindex Internettool
Metro Accessibility Matrix	USA	Zensusblöcke	9	X	X	X	X	KU	Internettool
TAMI	AUS	Zensusblöcke	1		X			KU	Evaluationsindikatoren
SNAMUTS	AUS	k.A.	3		X		X	AU, GR, DI, RA, KU	Gesamtindex
Accessibility Planning Neusüdwales	AUS	Zensusblöcke	6	X	X	X	X	RA, KU	erst in der Konzeptionsphase
Accessibility Constraint Maps	AUS	Grundstücke	2	X	X			AU, RA	Scoringmodell Gesamtindex
LUPTAI	AUS	Rasterzellen 50 x 50 m	15	X	X			RA	Ordinalskala Gesamtindex
Neighbourhood Walkability Index	NZ	Baublöcke	-	X				AU	Gesamtindex
Neighbourhood Accessibility Index	NZ	Baublöcke	31	X				RA	Gesamtindex
Accessibility Planning in Neuseeland	NZ	Baublöcke	10	X	X	X	X	RA, KU, PO	Evaluationsindikatoren
ABC-Standortplanung	NL	Standorte	-		X		X	AU	Standortprofilbildung
Structural Accessibility Layers	PT	Zensusblöcke	18	X	X	(X)	X	KU	Gesamtindex Clusterbildung
ÖPNV-Erreichbarkeitsmodell Wien	AT	Baublöcke	1	X	X			RA	
mobility2know-Studie	AT	Hauskoordinaten	16	X	(X)	X	X	RA, KU, PO	Gesamtindex
Erreichbarkeitsmodell in Salzburg	AT	Hauskoordinaten	7	X				RA	Gesamtindex
Erreichbarkeitsatlas München	DE	Stadtteile	12		X		X	RA, KU, PO	Ordinalskala
Diverse Modelle Daseinsvorsorge	DE	Rasterzellen/ Wohnflächen	variabel	X	X	X	X	RA	Anwendungsleitfaden

* GB: Großbritannien USA: Vereinigte Staaten von Amerika AUS: Australien NZ: Neuseeland
NL: Niederlande PT: Portugal AT: Österreich DE: Deutschland

** AU: Ausstattung Indikator GR: Graphentheoretischer Indikator DI: Distanzindikator
RA: Reiseaufwandsindikator KU: Kumulationsindikator PO: Potenzialindikator

Die Untersuchung zeigte auch, dass Bandbreite und Anzahl der untersuchten Aktivitätsarten groß sind. In nahezu allen Fällen wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Aktivitätstypen zugleich betrachtet. So werden bei der Berechnung des „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ (Neuseeland) 31 verschiedene Aktivitätsziele analysiert. Beim „Structural Accessibility Layer“ (Porto) waren es 18, in der mobility2know-Studie (Österreich) immerhin noch 16 und beim „Land Use and Public Transport Accessibility Index“ (Australien) 15. Unter den betrachteten Aktivitätsarten zählten schulische Bildungseinrichtungen (insbesondere Grundschulen), Lebensmittelgeschäfte, Hausarztpraxen und typische zentralörtliche Einrichtungen oder Arbeitsplätze zu den häufigsten Zielen.

In der Regel erfolgten Berechnung und Auswertung der Erreichbarkeitsergebnisse getrennt nach den einzelnen Aktivitätstypen. In einigen Fällen wurden hiernach die Ergebnisse der aktivitätsspezifischen Erreichbarkeiten zu einem Gesamtindex zusammengeführt. Im ATOS-Modell (London u. a.), LUPTAI-Modell (Australien u.a.) und in der mobility2know-Studie (Österreich) fand die Gesamtindexbildung vergleichsweise pauschalisiert statt, indem die einzelnen Erreichbarkeitswerte gleichgewichtet aggregiert wurden. Im Unterschied dazu wurden bei den „Accessibility Constraint Maps“ (Sutherland Shire, Neusüdwales), dem „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ (Neuseeland), den „Structural Accessibility Layers“ (Porto) oder dem Attraktivitätsindex im Salzburger Erreichbarkeitsmodell die einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren für die Zusammenführung in einem Gesamtindex gesondert gewichtet. Für die „Accessibility Constraint Maps“ wurden hierzu Personenbefragungen durchgeführt, die „Structural Accessibility Layers“ orientierten sich am Verkehrsverhalten. Bei den übrigen Ansätzen wurden Scoringmodelle angewandt, die auf eigenen Annahmen beruhen.

Zumeist wurde die Erreichbarkeit nach Verkehrsmitteln getrennt ausgewertet. Wenn eine Grenzlinie zwischen intraregionalen Erreichbarkeitsanalysen und Naherreichbarkeitsanalysen gezogen werden sollte, könnte dies nach den untersuchten Verkehrsmitteln erfolgen. Nach dem Verständnis in dieser Arbeit sollten Naherreichbarkeitsanalysen neben dem MIV und ÖPNV stets auch den nichtmotorisierten Fußgänger- und/oder Fahrradverkehr enthalten. An dieser Stelle unterschieden sich die Beispiele aus der Praxis deutlich. Bislang wurden alle vier Verkehrsmittel nur bei der „Metro Accessibility Matrix“ (Minneapolis/St. Paul), der „Accessibility Planning“ in Neusüdwales und Neuseeland und der Erreichbarkeitsmodellierung im Rahmen der regionalen Daseinsvorsorge in Deutschland berücksichtigt. In der mobility2know-Studie (Österreich) konnte eine vorgesehene Analyse der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV aus datentechnischen Gründen nicht umgesetzt werden (siehe Kapitel 4.7.2). Bei der Modellierung von ÖPNV-Reisezeiten wurden häufig die Verkehrsmittelarten ÖPNV und zu Fuß kombiniert, zum Beispiel im ÖPNV-Erreichbarkeitsmodell von Wien, im LUPTAI-Modell, bei den „Structural Accessibility Layers“ oder den Erreichbarkeitsmodellen, die im „Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge“ zum Einsatz kamen. Angesichts des bei Naherreichbarkeitsanalysen erforderlichen Detaillierungsgrades erfolgen die Modellierungen sehr präzise. Die ÖPNV-Reisezeiten setzen sich in der Regel aus der Gehzeit vom Startpunkt zur Einstiegshaltestelle, einer angenommenen Wartezeit beim Ersteinstieg, den fahrplangenauen ÖPNV-Fahrzeiten sowie gegebenenfalls notwendigen Umsteigezeiten und der Gehzeit von der Endhaltestelle zum Zielpunkt zusammen.

Vergleicht man die verwendeten Erreichbarkeitsindikatortypen, so kommen unter den komplexen Indikatoren bevorzugt Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren zum Einsatz. Relativ selten wurden Potenzialindikatoren angewandt, deren Ergebnisse allerdings auch schwieriger zu kommunizieren sind. Dies deckt sich mit dem Kommunikationsprinzip des „Joint Accessibility

Design“ in den Niederlanden (siehe Kapitel 4.6.2), wonach in der anfänglichen Etablierungsphase Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren aufgrund ihrer besseren Nachvollziehbarkeit den zwar besser hergeleiteten, allerdings auch bedeutend schwieriger zu verstehenden Potenzialindikatoren vorzuziehen seien.

In der Praxis wurde mit den Reiseaufwandsindikatoren zumeist die kürzeste Reisezeit zur nächstgelegenen Einrichtung (zum Beispiel bei der „Accessibility Planning“, im LUPTAI-Modell oder bei der Erreichbarkeitsmodellierung im Rahmen des „Aktionsprogramms regionale Daseinsvorsorge“) dargestellt. Häufig wurden mit ihnen die Erreichbarkeit von Kindergärten, Grundschulen, Stadtzentren und Ähnlichem berechnet. Das ATOS-Modell ist eine Ausnahme, hier wurde ein Reiseaufwandsindikator eingesetzt, mit dem die Erreichbarkeit zu einer definierten Auswahl an Einrichtungen ermittelt wurde. Mit Kumulationsindikatoren wurde die Anzahl der Aktivitätsgelegenheiten abgebildet, die innerhalb einer Reisezeitgrenze zu erreichen ist. Vor allem wenn die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, Lebensmittelgeschäften, Einzelhandelsflächen oder Park- und Grünflächen untersucht wurde, wurde auf diesen Indikatortyp vertraut (zum Beispiel in der „Accessibility Planning“ in England, im „Accessibility Calculator“ oder bei dem „Metro Accessibility Index“). Die Potenzialindikatoren wurden eher in wissenschaftlichen Kontexten verwendet, vornehmlich zur Bestimmung der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen oder Einwohnern (so zum Beispiel in der mobility2know-Studie, bei dem „Urban/Metropolitan Accessibility Index“ oder dem Erreichbarkeitsatlas der Metropolregion München).

Visualisiert wurden die berechneten Erreichbarkeitsindikatoren für gewöhnlich in Kartenform, häufig kamen Isochronen-/Reisezeit-Karten zum Einsatz. Einige Stadtregionen machten die Ergebnisse über interaktive Webtools einer breiten Öffentlichkeit im Internet zugänglich, zum Beispiel das PTAL-Modell in London, die „Accessibility Maps“ in Baltimore, die „Metro Accessibility Matrix“ in Minneapolis/St. Paul oder der Erreichbarkeitsatlas der Metropolregion München. Beim PTAL/ATOS-Modell, LUPTAI-Modell, den „Accessibility Structural Layers“ und dem Erreichbarkeitsmodell der Metropolregion München wurden die Modellergebnisse ordinal klassifiziert, zum Beispiel farblich unterschieden durch Ampelfarben oder textlich abgestuft im Sinne von sehr guter Erreichbarkeit bis mangelhafter Erreichbarkeit. Dies ermöglicht Unbeteiligten und Laien eine bessere Einordnung der Modellergebnisse.

Einige der diskutierten Modellansätze beinhalteten zudem spezifische Evaluationsindizes. Sie ermöglichen eine bessere Einordnung der Entwicklung von Naherreichbarkeitsverhältnissen. Für die „Accessibility Planning“ in England wurden Kernerreichbarkeitsindikatoren definiert, mit denen Erreichbarkeitsgrade wiedergegeben werden können. Erreichbarkeitsgrade geben den prozentualen Anteil der nachfragenden Bevölkerungsgruppe an, die die Zieleinrichtung innerhalb einer definierten Reisezeit erreichen kann. Für ein kontinuierliches Erreichbarkeitsmonitoring wurden daher Mindestkriterien definiert, zum Beispiel in Form einer maximal zumutbaren Reisezeit. Der Ansatz mit den mittels Reiseaufwandsindikatoren berechneten Erreichbarkeitsgraden wurde wegen seiner guten Aussagekraft, Verständlichkeit und Vergleichbarkeit von anderen Ländern adaptiert, zum Beispiel seitens der Southern California Association of Governments, im Melbournier TAMI-Modell, von der „Accessibility Planning“ in Neusüdwaales und Neuseeland oder bei der Erreichbarkeitsmodellierung im Rahmen der regionalen Daseinsvorsorgeplanung in Deutschland. Eine andere Art von Evaluationsindizes sind intermodale Vergleichsindikatoren. Mit ihnen wurden die Erreichbarkeitsdisparitäten unterschiedlicher Verkehrsmittel untersucht sowie die Nachhaltigkeit von Raum- und Verkehrsstrukturen bewertet, so zum Beispiel beim „Metro Accessibility Index“ oder den „Structural Accessibility Layers“.

Die steigende Anzahl der in den zurückliegenden Jahren entwickelten kleinräumigen Erreichbarkeitsmodelle verdeutlicht die wachsende Bedeutung von Naherreichbarkeit für die kommunale Raum- und Verkehrsplanung. Die Untersuchung in diesem Kapitel lässt den Schluss zu, dass eine nachhaltige Auseinandersetzung mit Naherreichbarkeitsmodellen besonders dort zu erwarten ist, wo ihre Anwendung gefördert wird oder durch die Gesetzgebung rechtliche Verbindlichkeiten festgelegt wurden. Im Idealfall besteht, wie bei der „Accessibility Planning“ in England oder dem „Neighbourhood Accessibility Plan“ in Neuseeland, Planungspflicht.

Das im Folgenden zu entwickelnde Indikatorensystem, mit dem die Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren bemessen und evaluiert werden sollen, sollte eine ausreichende Bandbreite verschiedener Aktivitätstypen sowie den MIV, ÖPNV, Fußgänger- und Fahrradverkehr umfassen. Die relevanten, hierbei zu analysierenden Aktivitätsziele sollten im Idealfall in enger Abstimmung mit den politischen und planerischen Akteuren vor Ort definiert werden. Im Rahmen dieser Arbeit ist dies allerdings nur sehr eingeschränkt realisierbar. Als Erreichbarkeitsindikatoren sollten tendenziell Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren eingesetzt werden. Potenzialindikatoren könnten, soweit möglich und sinnvoll, ebenfalls integriert werden, gegebenenfalls nachträglich zu einem späteren Zeitpunkt. Zur Abbildung von Betroffenheit sollten die Naherreichbarkeitsindikatoren nachfragegruppenspezifisch gewichtet werden. Ebenso sollten aus den Naherreichbarkeitsindikatoren Evaluationsindizes hergeleitet werden, die die sozial-räumlichen und intermodalen Erreichbarkeitsunterschiede gleichbleibend abbilden. Sie machen ein zweckmäßiges, kontinuierliches Naherreichbarkeitsbeobachtungssystem für Wohnquartiere erst möglich. Idealerweise sollten die Bewertungsindizes mit den politischen und planerischen Akteuren abgestimmt und von ihnen normative Erreichbarkeitsmindeststandards festgelegt werden.

Bevor das zum Messen und Beobachten der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren bestimmte Indikatorensystem im Kapitel 6 hergeleitet wird, wird im folgenden Kapitel 5 ein ergänzender Blick auf die umfangreichen Möglichkeiten zur Konkretisierung von Naherreichbarkeitsindikatoren und die Modellierung von Naherreichbarkeit im Detail geworfen.

5 Modellierbarkeit standörtlicher Erreichbarkeit

Zum Messen von Naherreichbarkeit sind komplexe, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren besonders geeignet (siehe Kapitel 3). In der Praxis werden für die kleinräumige Erreichbarkeitsanalyse und -planung vorrangig Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren genutzt (siehe Kapitel 4). Sie sind zum einen theoretisch fundiert und bilden den Zusammenhang zwischen Siedlungsstruktur und Verkehrsangeboten adäquat ab. Zum anderen sind sie leicht nachvollziehbar und ihre Ergebnisse sind gut kommunizierbar, insbesondere bei Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren. Jedoch ist zur präzisen Abbildung von Naherreichbarkeit nicht einzig die Auswahl des Erreichbarkeitsindikatortyps entscheidend. Ebenso wichtig ist die Festlegung, wie mittels des Indikators standörtliche Erreichbarkeit modelliert wird. Im Folgenden wird ein Überblick über die Modellierbarkeit standörtlicher Erreichbarkeit gegeben.

In diesem Kapitel soll das Wissen um die Dimensionen, Möglichkeiten und Grenzen bei der Modellierung standörtlicher Erreichbarkeit vertieft werden. Dies schafft die Voraussetzung, für die Zwecke dieser Arbeit geeignete Naherreichbarkeitsindikatoren zu formulieren. Denn für die Abbildung von Naherreichbarkeit sind neben dem mathematischen Konstrukt des Erreichbarkeitsindikators weitere Faktoren relevant. So sind vielfältige Annahmen zur Modellierung der Siedlungs-, Verkehrs- und Nachfragestrukturen zu treffen. Da diese Entscheidungen einen großen Einfluss auf die Analyseergebnisse ausüben, müssen sie gut durchdacht sein. Nach wie vor gilt das von Wilson (1971, S. 1ff.) Formulierte, nachdem im Vorfeld der Modellierung standörtlicher Erreichbarkeit vier miteinander verknüpften Fragen zu beantworten sind:

1. Welche Quellen und Ziele werden betrachtet?
2. Welcher Disaggregierungsgrad und -typ ist erwünscht?
3. Wie wird die Attraktivität gemessen?
4. Wie wird der Raumwiderstand gemessen?

Ausgehend von diesen vier grundsätzlichen Fragen werden die Optionen der Modellierbarkeit standörtlicher Erreichbarkeit in diesem Kapitel erörtert. Basierend auf einer umfassenden Literaturauswertung werden die notwendigen Überlegungen zur Grundkonzeption und Festlegung des Untersuchungsrahmens diskutiert (siehe Kapitel 5.1). Anschließend folgen detaillierte Ausführungen zur Modellierbarkeit der beiden zentralen Erreichbarkeitsfunktionen, der Aktivitätsfunktion (siehe Kapitel 5.2) und der Widerstandsfunktion (siehe Kapitel 5.3). Das Kapitel schließt mit einem Zwischenfazit (siehe Kapitel 5.4).

5.1 Grundkonzeption der Erreichbarkeitsanalyse

Vor der eigentlichen Erreichbarkeitsanalyse muss der Untersuchungsrahmen spezifiziert werden. Es sind der Untersuchungszweck (siehe Kapitel 5.1.1), die Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix (siehe Kapitel 5.1.2), der Untersuchungsraum (siehe Kapitel 5.1.3), das räumliche Bezugssystem (siehe Kapitel 5.1.4), das zeitliche Bezugssystem (siehe Kapitel 5.1.5) und der Erreichbarkeitsindikator (siehe Kapitel 5.1.6) zu bestimmen.

5.1.1 Untersuchungszweck

Komplexe Erreichbarkeitsindikatoren bemessen die Lagegunst von Standorten (siehe Kapitel 3.3). Ein Standort weist eine gute Erreichbarkeit auf, wenn vom ihm aus viele attraktive Aktivitätsziele und -gelegenheiten mit geringem Aufwand erreichbar sind. Das Erkennen von Teilräumen mit verhältnismäßig guter beziehungsweise schlechter Erreichbarkeit oder die Darstel-

lung einer Rangfolge in der Lagegunst von Orten innerhalb eines Untersuchungsraums sind typische Untersuchungsziele. Ebenso lassen sich Maßnahmen der Raum- und Verkehrsplanung hinsichtlich ihrer Effizienz und Wirkung auf die Raum- und Verkehrssysteme bewerten. Durch intermodale Erreichbarkeitsvergleichsanalysen kann beispielsweise die Ungleichheit in der Erreichbarkeit beziehungsweise die Konkurrenzfähigkeit des Umweltverbands gegenüber dem MIV analysiert werden. So lassen sich Rückschlüsse auf Verkehrsverlagerungs- oder Verkehrsvermeidungseffekte ziehen, die in Planungsprozesse und -maßnahmen einfließen können. In der angebotsorientierten Erreichbarkeitsanalyse wird eine etwas andere Perspektive eingenommen. Hier werden die Dienstleistungen und Infrastrukturangebote des Untersuchungsraums einer sich ändernden Nachfrage gegenübergestellt und hinsichtlich ihrer Erreichbarkeit und Tragfähigkeit untersucht. Erreichbarkeitsanalysen und -szenarien ermöglichen eine fundierte Beurteilung unterschiedlicher Strategien zur Anpassung der Grundversorgungsangebote und liefern so wichtige Entscheidungsgrundlagen zum Umgang mit dem demographischen Wandel.

Sozial-räumliche Erreichbarkeitsuntersuchungen befassen sich hingegen mit Aspekten wie Gerechtigkeit, sozialer Exklusion und Erschwinglichkeit. Ihr Fokus liegt auf der Analyse von Erreichbarkeitsunterschieden zwischen armen und reichen Haushalten, Frauen und Männern, Menschen ohne und mit Pkw-Verfügbarkeit beziehungsweise zwischen verschiedenen Siedlungstypen, zum Beispiel zwischen zentralen und peripheren oder urbanen und ländlichen Teilräumen. Dabei geht es vor allem um die Fragen, ob bestimmte Bevölkerungsgruppen oder Gebiete aufgrund einer unzulänglichen Erreichbarkeit systematisch benachteiligt sind und wie Benachteiligungen durch planerische Maßnahmen, die die Nahmobilität und Naherreichbarkeit fördern, behoben werden können (vgl. Grengs 2009).

In aller Regel werden Wohnorte als Ausgangspunkte von Erreichbarkeitsanalysen verwendet. Im Gegensatz zu individuellen Erreichbarkeitsindikatoren werden bei standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren nur sehr selten Wegeketten betrachtet. Der Ansatz von Fotheringham (1986), bei dem für die Bestimmung der Erreichbarkeit des Quellortes die Erreichbarkeiten an den potenziellen Zielorten über einen mehrstufigen, hierarchischen Prozess mit einfließen, stellt insofern eine Ausnahme dar. Bezüglich der Fragen, wie Wegeketten bei Erreichbarkeitsanalysen berücksichtigt werden können und ob eine Integration einen entscheidenden Mehrwert für die Analysen von Erreichbarkeit darstellt, besteht noch Forschungsbedarf. Im Allgemeinen werden die Erreichbarkeitsverhältnisse am Wohnort als bedeutend und prägend für das tägliche Verkehrsverhalten angesehen (siehe Kapitel 3.1.3). Der Wohnort steht für gewöhnlich am Anfang einer möglichen Wegekette, zudem finden die meisten Wege in einfachen Wegeketten statt (vgl. Bauer u. a. 2011, S. 22). Für die Verwendung wohnortbezogener Erreichbarkeitsindikatoren sprechen neben dem vor allem auch Daten- und Kapazitätsprobleme, so dass in Naherreichbarkeitsanalysen praktisch vor allem wohnortbezogene Erreichbarkeitsindikatoren zum Einsatz kamen (siehe Kapitel 4).

Eine Individualisierung der Erreichbarkeit an Wohnorten erfolgt über die Berechnung der Erreichbarkeit aus der Sicht unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen. Vor der Erreichbarkeitsanalyse sollte der für den Untersuchungszweck notwendige Grad der Individualisierung festgelegt werden. Unterschiedliche Akteure haben unterschiedliche Reisebedürfnisse, üben unterschiedliche Aktivitäten aus, weisen eine unterschiedliche Mobilität auf und fragen unterschiedliche Aktivitätsziele und Verkehrsmittel nach. Zur Analyse individuell spezifischer Erreichbarkeitsverhältnisse können die Wohnorte verhaltenshomogener Bevölkerungsgruppen anhand geostatistischer Informationen identifiziert werden. Eine Klassifizierung erfolgt dann über demographi-

sche oder sozio-ökonomische Merkmale. Bei der Erreichbarkeitsanalyse werden vor allem unterschiedliche Gewichtungen hinsichtlich der Aktivitätsziele und Verkehrsmittel der definierten Bevölkerungsgruppen angeführt oder ihre sonstigen Einschränkungen, zum Beispiel wirtschaftliche, sprachliche, kulturelle, politische, zeitliche oder andere Barrieren, mit modelliert (siehe Black und Conroy 1977; Black, Kuranami und Rimmer 1982; Hanson und Schwab 1987; Shen 1998; DHC 2004, 2007; Bhat u. a. 2000). Damit die Erreichbarkeit präzise und zweckentsprechend modelliert werden kann, sollte der Untersuchungszweck vor Beginn der Erreichbarkeitsanalyse möglichst exakt definiert werden.

5.1.2 Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix

Erreichbarkeit ist durch das Zusammenwirken der beiden Komponenten Raumnutzung und Raumwiderstand bestimmt, das heißt, im Raum verortete Aktivitätsziele werden über ein Verkehrssystem, über das der Raum durchquert werden kann, zugänglich und nutzbar gemacht. Zu Beginn einer jeden Erreichbarkeitsuntersuchung sollten in Abhängigkeit vom Untersuchungszweck die relevanten, zu analysierenden Reisezwecke und Verkehrsmittel festgelegt werden. Als hierfür zweckmäßig erweist sich die Aufstellung einer entsprechenden Untersuchungsmatrix, in der die zu beachtenden Aktivitätsziele und Verkehrsmittel festgehalten werden. Tabelle 20 zeigt eine beispielhafte Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix. Bei Bedarf lassen sich der Matrix zur Abbildung zusätzlicher Verkehrsmittel weitere Spalten und zur Abbildung zusätzlicher Aktivitätsziele weitere Zeilen hinzufügen.

Tabelle 20: Beispielhafte Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix.

	Pkw	ÖPNV	Fahrrad	Zu Fuß	...
Arbeitsplätze	X	X			..
Schulplätze		X	X	X	..
Lebensmittelgeschäfte	X	X	X	X	..
Parks		X	X	X	..
...

Quelle: nach El-Geneidy und Levinson 2006, S. 3

Bei einer Naherreichbarkeitsanalyse sollten unbedingt auch die nicht-motorisierten Verkehrsmittel betrachtet werden. Weitere Verkehrsmittel, die der Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix hinzugefügt werden können, können einzelne Verkehrsmittel des öffentlichen oder privaten Personenverkehrs sein. So könnte beispielsweise die Erreichbarkeit mit Schul- oder Nachtbussen separat untersucht werden, um die Erreichbarkeitsverhältnisse mit den verschiedenen Verkehrsmodi untereinander zu vergleichen. Ebenso wäre es denkbar, die üblicherweise nur Personenverkehrs umfassende Analyse um Wirtschafts- oder Güterverkehre zu ergänzen. Die konkrete Auswahl sollte vom Untersuchungszweck abhängig gemacht werden.

Neben der unimodalen Betrachtungsweise, bei der die Naherreichbarkeitsverhältnisse mit den jeweiligen Verkehrsmitteln einzeln analysiert werden, könnte auch eine intermodale oder multimodale Betrachtung erfolgen. Eine direkte Verknüpfung von Verkehrsmitteln könnte durch eine kombinierte Kostenfunktion, in die alle Verkehrsmodi integriert werden, realisiert werden (siehe Kapitel 5.3.1). Für die kommunale Planung ist dieses Vorgehen nicht zu empfehlen. Im Zuge

einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Planung sollten die Erreichbarkeitseffekte, die von den unterschiedlichen Verkehrsmodi ausgehen, differenziert und separat betrachtet werden.

Noch größer als bei den Verkehrsmitteln ist die Auswahl potenziell analysierbarer Aktivitätsziele. Tabelle 21 enthält – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – Beispiele für Aktivitätskategorien und -ziele, die je nach Untersuchungszweck zum Bestandteil einer Erreichbarkeitsanalyse auf regionaler und kommunaler Ebene werden könnten. Die Auswahl der betrachteten Aktivitätsziele sollte wohl dosiert erfolgen. Gerade zu Beginn eines Prozesses ist es ratsam, sich zunächst auf die wichtigsten Aspekte zu konzentrieren. Eine zu große Zahl an einzeln untersuchten Aktivitätszielen führt schnell zur Unübersichtlichkeit und gegebenenfalls zur Konfusion bei der Auswertung. Zudem kann neben der Informationsbewältigung auch die Datenbereitstellung problematisch sein. Vorteilhafter ist es, wenn man sich auf die wichtigsten Reisezwecke beschränkt. Das Department of Transport (2010, S. 8) zum Beispiel konzentriert sich auf acht sogenannte „key services“, für die im Rahmen der „Accessibility Planning“ in England die nationalen Kernerreichbarkeitsindikatoren berechnet werden (siehe Kapitel 4.1.2). Auch in den anderen Fallstudien, die im Kapitel 4 vorgestellt wurden, lag die maximale Anzahl an betrachteten Aktivitätszielen im ein- beziehungsweise niedrigen zweistelligen Bereich (siehe Tabelle 19).

Tabelle 21: Beispielhafte Aktivitätskategorien und -ziele.

Aktivitätskategorie	Aktivitätsziele
Arbeiten	Arbeitsplätze (z.B. differenziert nach Sektoren), Ausbildungsplätze, ...
Bildung	Grundschulen, Schulen der Sekundarstufen I und II, Berufskollegs, Berufs- und Fachschulen, Fachhochschulen, Hochschulen, Universitäten, Förderschulen, ...
Nahversorgung	SB-Warenhäuser, Lebensmittelgeschäfte, Verbrauchermärkte, Supermärkte, Dorfläden, Nachbarschaftsläden, Bäckereien, Fleischereien, Gemüsehändler, Drogerien, Getränkemärkte, Kioske, ...
Gesundheit	Hausärzte, Fachärzte, Zahnärzte, Apotheken, Krankenhäuser, Kliniken, ...
Einzelhandel	Einzelhandelszentren, Einkaufszentren, Kaufhäuser, Fachgeschäfte, Fachmärkte, ...
Soziales	Kinderkrippe, Kindergärten, Kindertagesstätten, Jugendtreffs, Seniorentreffs, Seniorenheime, Freunde, Bekannte, Verwandte, karitative Einrichtungen, religiöse Organisationen, Sakralbauten, ...
Kultur	Bibliotheken, Büchereien, Musikschulen, Volkshochschulen, Sehenswürdigkeiten, Museen, Galerien, Theater, Opern, Kinos, Kulturzentren, Kulturvereine, Musikclubs, ...
Freizeit	Spielplätze, Park- und Grünflächen, Waldflächen, Naturschutzgebiete, Seen, Strandflächen, Promenaden, Kleingärten, Zoologische Gärten, Aquarien, Freizeitparks, Cafés, Bars, Restaurants, Gaststätten, Diskotheken, ...
Sport	Sportplätze, Bolzplätze, Sportvereine, Schwimmbäder, Freibäder, Saunas, Fitnessstudios, ...
Verkehr	Bahnhöfe, ICE-/IC-Haltepunkte, ÖPNV-Haltestellen, Park & Ride, Parkhäuser, Parkplätze, Tankstellen, Autobahnanschlussstellen, Flughäfen, ...
Verwaltung	Kommunalbehörden, Bezirksbehörden, Polizeistationen/-inspektionen, Feuerwehren, Finanzämter, Agenturen für Arbeit, ...
Sonstige Dienstleistung	Geldautomaten, Bankfilialen, Postämter, ...

Nachdem das Gerüst der Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix aufgestellt worden ist, können die jeweiligen Aktivitäten/Verkehrsmittel-Kombination gewichtet werden, um den jeweiligen Stellenwert zu unterstreichen. Abbildung 15 veranschaulicht das Prinzip. Während für Schüler bei-

spielsweise die Erreichbarkeit von schulischen Bildungseinrichtungen bedeutend ist, stehen bei Erwerbstätigen die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen im Vordergrund. Für 10- bis 18-Jährige fällt das Gewicht für die Erreichbarkeit von Schuleinrichtungen entsprechend höher aus als bei anderen Nachfragegruppen. Sollen mit der Erreichbarkeitsanalyse nachfragegruppenspezifische Erreichbarkeitsbedingungen untersucht werden, wird die Erreichbarkeit in aller Regel für jede Nachfragegruppe separat berechnet. In diesem Fall ist es sinnvoll, für jede Nachfragegruppe eine eigene Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix inklusive Gewichtung zu erarbeiten.

Nachfragegruppe: 18- bis 24-Jährige	Pkw	ÖPNV	Fahrrad	Zu Fuß	...
Arbeitsplätze	20	20	10	10	...
Nachfragegruppe: 10- bis 18-Jährige	Pkw	ÖPNV	Fahrrad	Zu Fuß	...
Arbeitsplätze	-	-	-	-	..
Lebensmittelgeschäfte	-	5	10	10	..
Hausärzte	-	10	10	10	..
Schulen	-	25	10	10	..
...

Abbildung 15: Beispielhafte Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrizen für einzelne Nachfragegruppen.

Das Identifizieren der relevanten Aktivitätsziele und Verkehrsmittel ist nicht immer einfach. Daher kann es zweckmäßig sein, als Anhaltspunkte empirische Daten, planerische Überlegungen oder politischen Beschlüsse einzubeziehen. Gegebenenfalls könnte auch eine Haushaltsbefragung mit individueller Bewertung der Aktivitäten/Verkehrsmittel-Relationen durchgeführt werden (siehe El-Geneidy und Levinson 2006, S. 3).

5.1.3 Untersuchungsraum

Für die Analyse der Erreichbarkeit ist das Untersuchungsgebiet räumlich abzugrenzen. Je nach Untersuchungszweck umfasst ein Untersuchungsraum eine Stadtregion, eine Kommune oder einen einzelnen Stadtteil. Bei der Ermittlung der Erreichbarkeit werden außerhalb des Untersuchungsraums befindliche Verkehrswege und Aktivitätsgelegenheiten nicht berücksichtigt. Es besteht die Gefahr, dass die Erreichbarkeitswerte durch eine zu eng gefasste Abgrenzung des Untersuchungsraums verfälscht werden können (Bleisch 2005, S. 76; siehe Fotheringham und Wong 1991; Sheppard und McMaster 2004). Gerade am Rand des Untersuchungsraums liegende Zonen könnten „einen geringeren Erreichbarkeitswert zugewiesen [bekommen], als sie wirklich aufweisen müssten“ (Ruppert 1975, S. 131). Von daher sollte der Untersuchungsraum so abgegrenzt werden, dass das funktionale Wirkungssystem zur Bestimmung der Erreichbarkeit im Wesentlichen abgebildet wird (Andersson und Karlsson 2002, S. 14). Hierbei lässt sich die Problematik mit zu niedrigen Erreichbarkeitswerten in den Randlagen auf zwei unterschiedliche Arten lösen: Einerseits können die zu niedrigen Erreichbarkeitswerte der Randzonen des Untersuchungsraums durch entsprechende Korrekturfaktoren erhöht werden (Ruppert 1975, S. 132f.). Andererseits kann der Untersuchungsraum so weit um das eigentliche Analyse- und Plangebiet hinaus ausgedehnt werden, bis er sämtliche relevanten Zusammenhänge und Wirkungsbeziehungen beinhaltet. Abbildung 16 veranschaulicht diese beiden Wege schematisch.

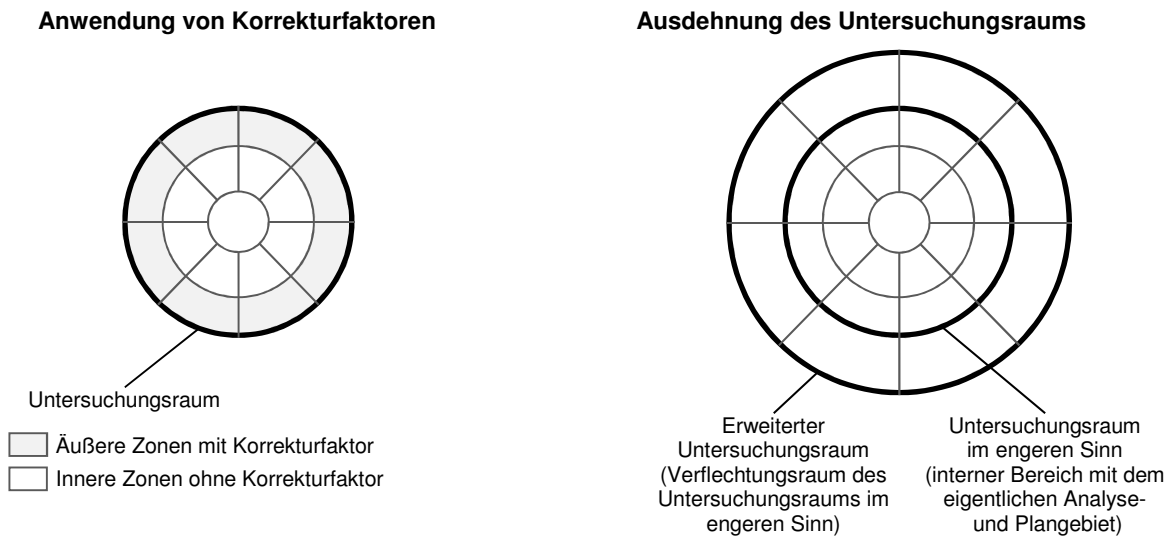


Abbildung 16: Möglichkeiten zur präzisen Abbildung der Erreichbarkeitsverhältnisse in den Randzonen des Untersuchungsraums.

Die Ausdehnung des Untersuchungsraums, das heißt der zweite Weg, hat sich in der Anwendung durchgesetzt und wird heutzutage favorisiert (siehe Fröhlich und Axhausen 2004). Hierbei kennzeichnet der Untersuchungsraum im engeren Sinn den internen Bereich des Untersuchungsareals. Er stellt das eigentliche Analyse- und Plangebiet dar, für das die Erreichbarkeitsanalyse durchgeführt wird. Der erweiterte Untersuchungsraum setzt sich aus dem Untersuchungsraum im engeren Sinn und seinem äußeren Verflechtungsraum, dem externen Bereich, zusammen. Er umfasst die Gesamtheit der für die Berechnung der Erreichbarkeit im Analyse- und Plangebiet möglichen Aktivitätsziele und -gelegenheiten und enthält sämtliche notwendige Verkehrswege.

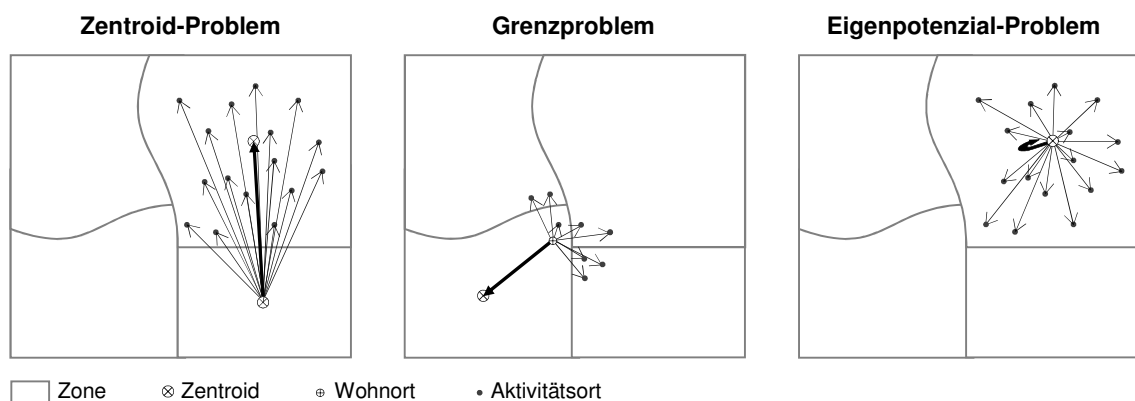
Wenn das Untersuchungsgebiet für die Erreichbarkeitsberechnungen wie umschrieben ausgedehnt wird, ist bei der Ergebnisaufbereitung darauf zu achten, dass nur die Ergebnisse des Analyse- und Plangebiets ausgewertet werden. Die Ausmaße des erweiterten Untersuchungsraums sind vom Untersuchungsraum im engeren Sinn, seinen Verflechtungen außerhalb und dem Untersuchungszweck abhängig. Gegebenenfalls lassen sich zu seiner Abgrenzung Pendlerstatistiken heranziehen. Alternativ könnten räumliche Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden.

5.1.4 Räumliches Bezugssystem

Der definierte Untersuchungsraum ist in räumliche Bezugseinheiten, für die die Erreichbarkeit berechnet wird, zu untergliedern. Die Wahl des räumlichen Bezugssystems ist insofern sehr bedeutend, da die räumliche Auflösung den Grad der feststellbaren Interaktion vorgibt (Dalvi und Martin 1976, S. 32) und somit die Möglichkeit zur Wahrnehmung und Bestimmung von (Nah-) Erreichbarkeit beeinflusst (siehe Voges und Naudé 1983). Üblicherweise wird der Untersuchungsraum in möglichst gleichwertige Raumeinheiten eingeteilt. Diese Raumeinheiten sind die Quellorte, unter Umständen bei zonenbasierter Abbildung der Aktivitätsziele auch die Zielorte der Erreichbarkeitsanalyse (siehe unten). Wie die Auswertung der kommunalen Planungspraxis im Kapitel 4 zeigte, ist die Bandbreite der angewandten Raumbezugssysteme groß. So fußen die Analysen in der Praxis auf statistischen Bezirken, Wohnquartieren, Baublöcken, Grundstü-

cken oder Rasterzellen (siehe Tabelle 19). Darüber hinaus sind aber auch hybride, also sich überlagernde, aggregierbare Zonensysteme denkbar (vgl. Schürmann und Spiekermann 2011, S. 50f.).

Die eigentliche Berechnung der Erreichbarkeit erfolgt modelltechnisch nicht flächenbezogen, sondern knotenbezogen über einen Verkehrsgraphen. Dies beinhaltet eine Generalisierung. „Die gebräuchlichste Form der Generalisierung ist die Annahme, dass die Quell- und Zielaktivitäten in den zentralen Knotenpunkten der Gebiete, [...] [den so genannten Zentroiden] konzentriert sind“ (Wegener u. a. 2001, S. 12). Die Zentroide werden bei der Erreichbarkeitsberechnung als stellvertretende Referenzpunkte der in den Raumeinheiten verorteten Bevölkerung und Aktivitätsziele und -gelegenheiten verwendet. Dabei kann eine Raumeinheit auch mehrere Referenzknoten enthalten. Die modellhafte Konzentration der innerhalb der flächenhaften Raumeinheiten auf Referenzpunkte verteilten wohnenden Personen und verteilt befindlichen Aktivitätsziele und -gelegenheiten zieht unweigerlich Aggregationsfehler nach sich (siehe Ben Akiva und Lerman 1979). Zu den ersten, die diese von einem gewählten Raumbezugssystem ausgehenden Effekte systematisch untersuchten, zählen Batty u. a. (1973) und Dalvi und Martin (1976). Inzwischen gelten die Auswirkungen des Zonensystems auf die Erreichbarkeitsergebnisse als gut erforscht (vgl. Wong, Lasus und Falk 1999; Bhat u. a. 2000; Hewko, Smoyer-Tomic und Hodgson 2002). Im Wesentlichen werden drei Problemfelder unterschieden: das Zentroid-Problem, das Grenzproblem und das Eigenpotenzial-Problem. Abbildung 17 gibt einen schematischen Überblick.



Quelle: nach Hewko, Smoyer-Tomic und Hodgson 2002, S. 1189f.

Abbildung 17: Typische durch das Zonensystem bedingte Aggregationsfehler.

Das Zentroid-Problem ist die erste Fehlerquelle. Sie resultiert aus einer nicht eindeutigen Abbildbarkeit des Raumwiderstands zwischen zwei Raumeinheiten (Abbildung 17, links). Verlässlich kann nur der Raumwiderstand zwischen den Zentroiden ermittelt werden, der übrige Raum bleibt unberücksichtigt. Bei benachbarten Zonen und ungleichen Zonengrößen führt das Zentroid-Problem zu einer überproportionalen Fehleinschätzung des Raumwiderstands (siehe Hillsman und Rhoda 1978). Zumeist werden peripher liegende Zonen systematisch benachteiligt, da sie bei einer Orientierung an einer typischen Zoneneinteilung zumeist eine größere Fläche aufweisen als zentral liegende Zonen. Dalvi und Martin (1976) demonstrierten, dass sich für zentrale Zonen die tendenziell geringsten relativen Erreichbarkeitsunterschiede im Vergleich zu Berechnungen mit homogener Zoneneinteilung ergeben. Je heterogener das Zonensystem ist, desto stärker wirken sich die ermittelbaren relativen Erreichbarkeitsunterschiede aus (ebd., S.

38) und desto eher kann es bei linearen Widerstandsfunktionen zu unerwünschten, zufälligen Wertesprüngen kommen (vgl. Ruppert 1975, S. 131).

Die zweite Fehlerquelle betrifft das Grenzproblem. Es tritt in den Grenzbereichen zwischen zwei Zonen in Erscheinung (Abbildung 17, mittig). Gerade für größere Zonen kann für grenznahe Wohnstandorte gelten, dass einzelne, in der Nachbarzone liegende Aktivitätsgelegenheiten besser erreichbar wären als für den angenommenen Zonenzenitroid. Dies kann in der Konsequenz zu einer systematischen Fehleinschätzung der Gesamterreichbarkeit der Zone beziehungsweise der Wohnstandorte führen (vgl. Hewko, Smoyer-Tomic und Hodgson 2002, S. 1189).

Das Eigenpotenzialproblem ist die dritte Fehlerquelle. Sie beruht auf einer Fehleinschätzung des innerzonalen Raumwiderstands, der für alle innerhalb der Zone befindlichen Aktivitätsgelegenheiten als identisch angenommen wird (Abbildung 17, rechts). Dies kann eine unzutreffende Abbildung des Eigenpotenzials der Zone zur Folge haben. Wird der innerzonale Raumwiderstand beispielsweise als zu klein angenommen oder sogar gleich null gesetzt, so führt dies zu einer methodisch bedingten Überschätzung der Erreichbarkeitsverhältnisse in dieser Zone. Dies gilt im besonderen Maße für Raumeinheiten, die eine große Fläche oder eine besonders hohe Attraktivität aufweisen. Die Bestimmung des Eigenpotenzials kann einen starken Einfluss auf die Gesamterreichbarkeit einer Zone und die Relation der Erreichbarkeit zu den anderen Zonen haben (vgl. Frost und Spence 1995, S. 1845). Eine vertiefende Diskussion zum Umgang erfolgt im Kapitel 5.3.5.

Damit den genannten Aggregationsfehlern vorgebeugt wird oder sie zumindest minimiert werden, ist es ratsam, die Raumeinheiten des Bezugssystems möglichst homogen und klein zu halten (Frost und Spence 1995, S. 1847). In aller Regel erfüllt diese Modellierungsanforderungen am besten ein rasterbasiertes Zonensystem, bei dem ein kleinräumiges, regelmäßiges Raster über den Untersuchungsraum gelegt wird. Die Rasterzellen haben eine einheitliche Flächengröße, ihre Merkmale sind sehr gut vergleichbar. Im Gegensatz zur diskreten Abbildung des Raums bei herkömmlichen, unregelmäßigen Zonensystemen wird die Erreichbarkeit durch die Rasterzonierung zudem als kontinuierliches Phänomen wiedergegeben. Dies unterstützt die allgemeine Wahrnehmung von verkehrlich-räumlicher Erreichbarkeit.

Wird anstelle des empfohlenen Rasterzellensystems dagegen ein zonenbasiertes Raumbezugssystem verwendet, so ist im Anschluss an die Zonierung das Definieren der Zonenzenitroide von größter Wichtigkeit. Ein Gebrauch ungewichteter Zentroiden im Zonenschwerpunkt verursacht für gewöhnlich eine zu hohe relative Fehlerabweichung. Besser wäre es, einen Zentroid anhand des betrachteten Merkmals zu bestimmen. Bei Einwohnerdaten beispielsweise ließe sich der Zentroid im Schwerpunkt der innerhalb der Zone überbebauten Flächen setzen. Für den Fall, dass Adressdaten vorliegen, ist die Verwendung des mittleren Adresspunktes oder – noch besser – des Adressschwerpunktes einer Zone eine geeignetere Methode zur Definition des Zentroids (Prinz und Herbst 2008, S. 8). Liegen adressscharfe statistische Daten vor, kann der Zentroid über den raumstrukturellen Datenswerpunkt gebildet werden. Die beste Repräsentativität als Wohnort besteht dann, wenn der Zentroid am Bevölkerungsschwerpunkt gesetzt wird (Hewko, Smoyer-Tomic und Hodgson 2002, S. 1186). In diesem Fall sind die Adresspunkte nach Einwohnern zu gewichten (siehe Cooper, Wright und Ball 2009, S. 4). Für andere Merkmale gilt Vergleichbares.

Bei der Festlegung des räumlichen Bezugssystems sollte beachtet werden, dass zwischen den definierten Raumeinheiten die verkehrlich-räumlichen Beziehungen gut abgebildet werden können. Die Feinheit des Raumbezugssystems sollte daher auch auf den Detaillierungsgrad der Verkehrsnetzdaten und umgekehrt abgestimmt werden. Je engmaschiger die Verkehrsnetze vorliegen, desto kleiner können die Raumeinheiten werden. Zugleich müssen den zu untersuchenden Raumeinheiten die erforderlichen Raumstrukturdaten zugeordnet werden. Hierbei handelt es sich zum einen um die Bevölkerungscharakteristika der Wohnstandorte, zum anderen um die Informationen über die Aktivitätsziele und -gelegenheiten an den Zielorten. Da die Informationen zumeist als statistische Daten vorliegen, entspricht das gewählte Raumbezugssystem in der Praxis häufig den dazugehörigen statistischen Raumeinheiten. Die fortgeschrittene Entwicklung GIS-basierter Disaggregierungsverfahren, mit denen statistische zonale Daten unter Zugriff auf zusätzliche Informationen kleinräumig verteilt werden können, und die zunehmende Verfügbarkeit adressgenauer Geodaten erleichtern die Definition kleinräumiger Bezugssysteme. Auf die Möglichkeiten zur Disaggregation von Raumstrukturdaten und die Zuordenbarkeit der Daten zu Rasterzellen wird gesondert im Kapitel 5.2.2 eingegangen. Wenn das geplante statistische Rasterzellensystem in Deutschland von den statistischen Behörden eingeführt wird, werden langfristig zudem mehr und mehr amtliche statistische Rasterdaten verfügbar sein.

5.1.5 Zeitliches Bezugssystem

Beim zeitlichen Bezugssystem ist grundsätzlich zwischen dem zeitlichen Untersuchungshorizont und dem Zeitfenster, für das die Erreichbarkeitsanalyse durchgeführt wird, zu unterscheiden. Der zeitliche Untersuchungshorizont gibt an, für welchen Zeitpunkt oder für welche Zeitpunkte (zum Beispiel unterschiedliche Jahre) die Erreichbarkeitsverhältnisse im Untersuchungsraum analysiert werden. Bei Erreichbarkeitsuntersuchungen finden häufig Ex-ante- oder Ex-post-Evaluierungen statt, bei denen die zeitlichen Erreichbarkeitszustände aus verschiedenen Jahren bewertet werden. „Zur Untersuchung der Dynamik von Erreichbarkeit können Erreichbarkeitsindikatoren für unterschiedliche Zeitpunkte berechnet werden, zum Beispiel um Veränderungen in der Erreichbarkeit aufzuzeigen, die durch Verkehrsinvestitionen oder andere [flächen- oder] verkehrspolitische Maßnahmen hervorgerufen werden“ (Wegener u. a. 2001, S. 13). Durch einen Erreichbarkeitsvergleich mit und ohne Berücksichtigung der Maßnahmen lässt sich abschätzen, wer von den Verbesserungen oder Verschlechterungen betroffen ist und ob die Veränderungen die Erreichbarkeitsunterschiede verkleinern oder erhöhen. Auch zukünftige Entwicklungen sind abbildbar. Verknüpft mit einer kleinräumigen Bevölkerungsvorausschätzung können zukünftige Erreichbarkeitsverhältnisse modelliert und damit im Sinne einer vorausschauenden Daseinsvorsorgeplanung die zukünftige Tragfähigkeit sozialinfrastruktureller Einrichtungen analysiert werden (siehe BMVBS und BBSR 2013).

Das Zeitfenster, für das die Erreichbarkeitsanalyse durchgeführt wird, benennt die zeitlich relevanten Faktoren, die es zum Untersuchungszeitpunkt zu berücksichtigen gilt. Sowohl die Nachfrage nach Aktivitäten, das Aktivitätsangebot als auch die Reisezeiten und weitere Aspekte wie Reisekomfort sind zeitsensibel. Je nach Typ können Aktivitäten bevorzugt oder zum Beispiel aufgrund von Öffnungszeiten ausschließlich zu bestimmten Jahreszeiten, an bestimmten Wochentagen oder zu bestimmten Tageszeiten ausgeübt werden. Abbildung 18 zeigt die Startzeiten, zu denen bestimmte Aktivitäten begonnen werden. Zwischen den aufgeführten Aktivitäten sind deutliche Unterschiede erkennbar. Dies überlappt sich mit verkehrlichen Einschränkungen,

die ebenfalls zeitlich variabel sind. Der MIV ist zum Beispiel durch Stauungen in Hauptverkehrszeiten betroffen. Beim ÖPNV variiert das Fahrtenangebot über den Tagesverlauf, zumeist dünnt es sich in Schwachverkehrszeiten und an Wochenenden deutlich aus (siehe Schwarze und Spiekermann 2014, S. 76f.). Auf diese Weise zeigen sich im Tages- und Wochenverlauf zeitlich unterschiedliche Nachfrage- und Angebotsmuster mit Auswirkungen auf die Erreichbarkeit (siehe Dalal, Chen, Ravulaparthu und Goulias 2011).

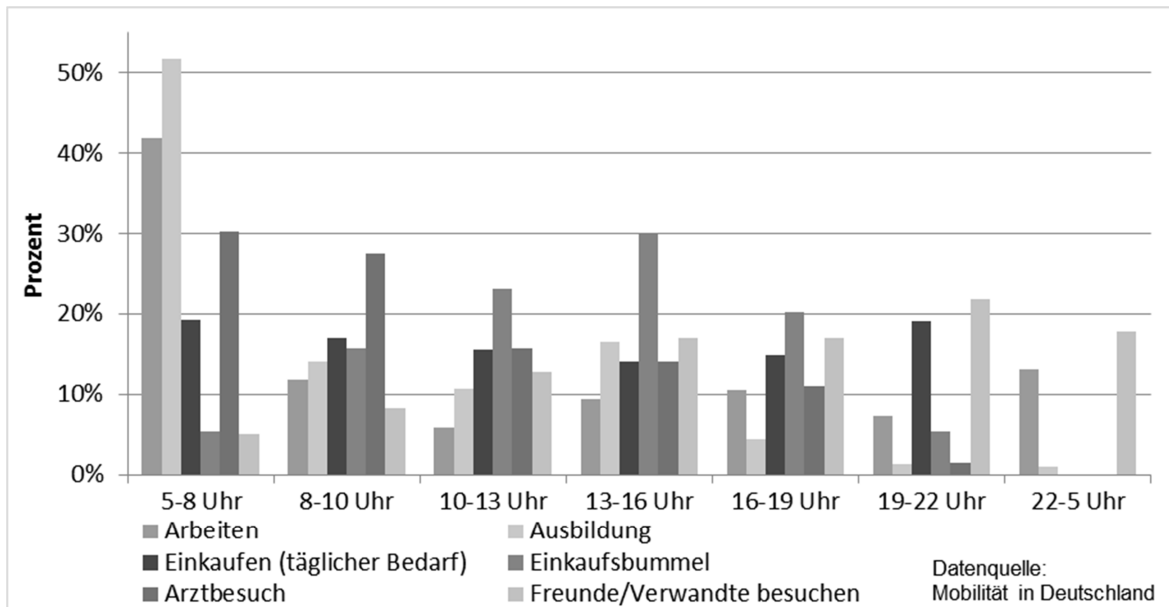


Abbildung 18: Unterschiedliche Startzeiten von ausgewählten Aktivitäten.

Vor der Erreichbarkeitsanalyse sollte der zeitliche Untersuchungsrahmen, das heißt das zu analysierende Zeitfenster festgelegt werden (Weber und Kwan 2002, S. 228). Die Erreichbarkeitsanalyse kann für ein fixes Zeitfenster erfolgen oder es können zeitlich variable Erreichbarkeitsindikatoren formuliert werden. Basierend auf empirischen Daten bestimmten Kämpf und Roth (2007) beispielsweise die Erreichbarkeit von Geschäftsreisenden anhand von sechs Zeitfenstern (5:30-9:00 Uhr, 9:00-12:00 Uhr, 12:00-15:00 Uhr, 15:00-18:00 Uhr, 18:00-21:00 Uhr, 21:00-24:00 Uhr) eines Werktages. Die für die unterschiedlichem Zeitfenster ermittelten Ergebnisse eines Tages können zu einem einheitlichen Tagesgesamterreichbarkeitswert aggregiert werden (siehe Bhat u. a. 2002, S. 22). Das Department for Transport (2010) veröffentlichte für die Aufstellung neuer „Accessibility Plans“ hierzu eine Richtlinie. In ihr wird empfohlen, die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV für halbstündige Zeitfenster zu berechnen und zeitspezifische Gewichtungsfaktoren zum Aggregieren der Ergebnisse zu verwenden (siehe Tabelle 22). Es wird nach Reisezwecken sowie Hin- und Rückfahrten unterschieden. Zeitfenster mit einem Gewichtungsfaktor von eins repräsentieren die angenommenen Hauptreisezeiten, zum Beispiel für die Hinfahrt zum Arbeitsplatz zwischen 7:30 bis 10:00 Uhr und für die Rückfahrt vom Arbeitsplatz nach Hause zwischen 16:30 bis 19:00 Uhr. Fahrten, die zu anderen Zeiten unternommen werden, erhalten ein niedrigeres Gewicht. Das Gesamterreichbarkeitsergebnis erhält man, indem man die Summe der gewichteten Einzelergebnisse durch die Gesamtsumme der Gewichte dividiert.

Tabelle 22: Zeitliche Gewichtungsfaktoren für den ÖPNV bei der „Accessibility Planning“ in England.

Zeitfenster	Arbeitsplatz	Grundschule	Sekundarschule	Hochschule	Hausarzt	Krankenhaus	Lebensmittel	Innenstadt
	Hinfahrt							
07:30 - 08:00	1	1	1	0,75	0,50	0,50	0,25	0,25
08:00 - 08:30	1	1	1	0,75	0,50	0,50	0,25	0,25
08:30 - 09:00	1	1	1	1	0,75	0,75	0,50	0,50
09:00 - 09:30	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75
09:30 - 10:00	1	1	1	1	1	1	1	1
10:00 - 10:30	0,75	0	0	1	1	1	1	1
10:30 - 11:00	0,50	0	0	1	1	1	1	1
11:00 - 11:30	0,25	0	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
11:30 - 12:00	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
12:00 - 12:30	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
12:30 - 13:00	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
13:00 - 13:30	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
13:30 - 14:00	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
14:00 - 14:30	0,25	0	0	0,50	1	1	0,75	0,75
14:30 - 15:00	0,25	0	0	0,50	1	1	0,75	0,75
15:00 - 15:30	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
15:30 - 16:00	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	1	1
16:00 - 16:30	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	1	1
16:30 - 17:00	0,25	0	0	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75
17:00 - 17:30	0,25	0	0	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75
17:30 - 18:00	0,25	0	0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
18:00 - 18:30	0,25	0	0	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50
18:30 - 19:00	0,25	0	0	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50
	Rückfahrt							
07:30 - 08:00	0,25	0	0	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25
08:00 - 08:30	0,25	0	0	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25
08:30 - 09:00	0,25	0	0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
09:00 - 09:30	0,25	0	0	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75
09:30 - 10:00	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
10:00 - 10:30	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
10:30 - 11:00	0,25	0	0	0,50	1	1	1	1
11:00 - 11:30	0,25	0	0	0,50	1	1	1	1
11:30 - 12:00	0,25	0	0	0,50	1	1	1	1
12:00 - 12:30	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
12:30 - 13:00	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
13:00 - 13:30	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
13:30 - 14:00	0,25	0	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
14:00 - 14:30	0,25	0	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
14:30 - 15:00	0,25	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
15:00 - 15:30	0,25	1	1	1	1	1	0,75	0,75
15:30 - 16:00	0,50	1	1	1	1	1	0,75	0,75
16:00 - 16:30	0,75	1	1	1	1	1	0,75	0,75
16:30 - 17:00	1	1	1	1	0,75	0,75	1	1
17:00 - 17:30	1	0,50	0,50	1	0,75	0,75	0,75	0,75
17:30 - 18:00	1	0,25	0,25	1	0,75	0,75	0,75	0,75
18:00 - 18:30	1	0	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
18:30 - 19:00	1	0	0	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50

Datenquelle: Department for Transport 2010, S. 12f.

Für ein realistisches Abbild der Erreichbarkeitsverhältnisse sollte ein zeitliches Bezugssystem definiert werden. Bei der Festlegung ist jedoch darauf zu achten, dass sich der Rechen- und Analyseaufwand mit jedem zusätzlich zu berücksichtigenden Zeitpunkt und Zeitfenster vervielfacht. Zugleich erhöhen sich die Datenanforderungen. Daher sollte vor der Erreichbarkeitsanalyse geprüft werden, ob für jeden Zeitpunkt und jedes Zeitfenster verlässliche Inputdaten vorliegen und genügend Rechnerkapazität vorhanden ist, oder ob eine diesbezügliche Modellvereinfachung nicht auch den Modellansprüchen genüge.

5.1.6 Erreichbarkeitsindikator

Kriterien und Empfehlungen zum Formulieren von Erreichbarkeitsindikatoren existieren bereits sehr lange (siehe Wilson 1971; Weibull 1976, 1980; Morris, Dumble und Wigan 1979; Pirie 1979; Bach 1981). Nach Morris, Dumble und Wigan (1979, S. 94) sollte ein Erreichbarkeitsindikator eine verhaltensbegründete Basis besitzen sowie technisch gut ausführbar und leicht zu verstehen sein. All dies trifft auf komplexe, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren zu (siehe Kapitel 3.4). Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren eignen sich für den Einsatz in der kommunalen Raum- und Verkehrsplanung und zählen zu den am häufigsten verwendeten Erreichbarkeitsindikatortypen (siehe Kapitel 4.9). Trotzdem kann kein Erreichbarkeitsindikator alle an ihn gestellten Anforderungen erfüllen. Der Zielkonflikt zwischen Abbildungsgenauigkeit, Praktikabilität und Vermittelbarkeit sollte vielmehr vor jeder Anwendung neu aufgelöst werden.

Vor einer Erreichbarkeitsanalyse sollte also geklärt werden, welcher Aktivitätstyp zu welchem Zweck untersucht und wie das Ergebnis vermittelt werden soll. Drei Kriterien können für die Wahl eines geeigneten Indikatortyps herangezogen werden: Wahlfreiheit der untersuchten Aktivität, Ergebnissensitivität und Ergebnisvermittelbarkeit. Vor der Festlegung auf einen Erreichbarkeitsindikator sollte idealerweise eine systematische Voruntersuchung zur besseren Einschätzung und Beurteilung durchgeführt werden. Ist die Wahl für einen Erreichbarkeitsindikator getroffen, lassen sich auf seiner Basis für ein Erreichbarkeitsmonitoring geeignete Evaluationsindizes ableiten. Im Folgenden werden die drei Auswahlfaktoren näher erörtert sowie die Ableitbarkeit von Evaluationsindizes diskutiert.

Wahlfreiheit der Aktivität

Für die Wahl eines geeigneten Erreichbarkeitsindikators spielt der zu analysierende Aktivitätstyp die entscheidende Rolle. Für die Berechnung der Erreichbarkeit von Kindergärten oder Grundschulen beispielsweise bietet sich die Verwendung eines Reiseaufwandsindikators an, da durch ihn die Erreichbarkeit zur nächstgelegenen Einrichtung bestimmt werden kann. Dies ist zweckmäßig, da es sich hierbei um Aktivitätsziele handelt, die dem Wohnumfeld zuzuordnen sind und für die eine gewisse (örtliche) Abhängigkeit besteht. Im Falle von Grundschulen kann gegebenenfalls sogar Schulbezirkspflicht bestehen. Ebenfalls sinnvoll ist der Einsatz eines Reiseaufwandsindikators, wenn die Erreichbarkeit von Dienstleistungen und Aktivitätszielen der Grundversorgung betrachtet wird, deren Angebote sich grundsätzlich ähneln. Bei Apotheken, Bäckereien, Zahnärzte etc. unterscheiden sich die von Mitbewerbern dieser Kategorie angebotenen Waren und Dienstleistungen bestenfalls marginal, das heißt, dass sie allesamt über ein relativ ähnliches Angebot verfügen. In diesem Fall ist es zweckmäßig, die Erreichbarkeit über den Reiseaufwand zum nächstgelegenen Aktivitätsziel zu bestimmen.

Anders verhält es sich bei Aktivitäten, für die eine gewisse Wahlfreiheit besteht. So sollte die Erreichbarkeit von Freizeiteinrichtungen nicht durch den Aufwand zum nächstgelegenen Angebot, sondern durch die Anzahl und Qualität der innerhalb einer bestimmten Reichweite potenziell erreichbaren Angebote abgebildet werden. Mit Kumulationsindikatoren lässt sich die Auswahl oder Vielfalt der Aktivitätsangebote gut wiedergeben. Für die Abbildung der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen gilt Vergleichbares. „Unter der Annahme, dass die Attraktivität eines möglichen Arbeitsplatzes mit dem Aufwand ihn zu erreichen abnimmt, können diese Angebote noch zusätzlich nach der Reisezeit abgewichtet werden“ (Kramar, Kalasek und Seidl 2011, S. 12). In diesem Fall käme also ein Potenzialindikator in Betracht. Generell gilt, dass die Erreichbarkeit von Aktivitätszielen, die einer gewissen Wahlfreiheit unterliegen, bevorzugt durch Kumulations- oder Potenzialindikatoren quantifiziert werden sollten. Da Potenzialindikatoren das menschliche Verhalten realistischer abbilden, sollten sie aus wissenschaftlicher Sicht gegenüber Kumulationsindikatoren bevorzugt werden (Bhat u. a. 2001, S. 49).

Ergebnissensitivität

Die Sensitivität der zu erwartenden Ergebnisse ist das zweite Kriterium. Zwar sind die Gemeinsamkeiten der drei Basisindikatoren bemerkenswerter als die Unterschiede (vgl. Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 97), dennoch liefern Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren bei gleicher Datengrundlage unterschiedliche Ergebnisse. Ein systematischer Vergleich wurde beispielsweise durch Guy (1983), Song (1996), Schürmann, Spiekermann und Wegener (1997), Kwan (1998) oder Bhat u. a. (2001) vorgenommen. Ihre Auswertungen zeigen, dass Erreichbarkeitsberechnungen mit Kumulations- oder Potenzialindikatoren zu ähnlichen Ergebnissen führen, die Ergebnisse von Reiseaufwandsindikatoren hiervon jedoch abweichen (siehe beispielhaft Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 63ff.). Demnach reagieren Reiseaufwandsindikatoren weniger sensibel auf Verbesserungen in der Verkehrsinfrastruktur. Ihre Ergebnisse liegen tendenziell enger beieinander (ebd., S. 69 u. 87). Reiseaufwandsindikatoren eignen sich gut für lokale, kleinräumige Untersuchungen. Kumulations- und Potenzialindikatoren hingegen können besser überörtliche Veränderungen in der Siedlungsstruktur und den Verkehrsangeboten abbilden. Hinsichtlich der Rangfolge der Ergebnisse besteht zwischen Kumulations- und Potenzialindikatoren eine hohe Korrelation, und ihre Rangunterschiede sind eher marginaler Natur. Wenn mit einer Erreichbarkeitsanalyse das Ziel verfolgt wird, die Erreichbarkeitsverhältnisse innerhalb eines Untersuchungsraums zu einem Zeitpunkt in einer Ordinalskala abzubilden, so spielt es kaum eine Rolle, ob ein Kumulations- oder Potenzialindikator angewandt wird.

Bei der Untersuchung von Erreichbarkeitsgerechtigkeit oder -ungleichheit ist die Wahl des Erreichbarkeitsindikators jedoch bedeutend (siehe Bruinsma und Rietveld 1998, S. 521; Wegener u. a. 2001, S. 22). Der gewählte Indikatortyp trägt insbesondere zur Streuung der Erreichbarkeitswerte bei. Bei der Darstellung von Erreichbarkeitsdifferenzen polarisieren Potenzialindikatoren stärker als Kumulationsindikatoren. Tendenziell werden mit Potenzialindikatoren – dies ist letztendlich durch die Mengengewichtung und durch die Widerstandsparameter beeinflusst (siehe hierzu auch Kapitel 5.3.3) – zentrale Orte übermäßig besser gestellt. Mit Kumulationsindikatoren hingegen werden auch den umliegenden Zonen gute Lagegunstwerte attestiert, wenn sie sich in der Nähe, das heißt innerhalb der Reisezeitgrenze zu den Orten mit sehr guter Erreichbarkeit befinden (vgl. Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 65). Bei Kumulationsindikatoren fließen alle Aktivitätsziele und -gelegenheiten, die sich innerhalb der definierten Reisezeitgrenze befinden, – also auch jene in den zentralen Orten – gleichgewichtet in den Er-

reichbarkeitswert ein. Bhat u. a. (2001, S. 49) schlussfolgern daraus, dass aus wissenschaftlicher Sicht und gerade bei Erreichbarkeitsanalysen in eher ländlich strukturierten Regionen Potenzialindikatoren Kumulationsindikatoren gegenüber vorzuziehen seien.

Vermittelbarkeit der Ergebnisse

Das dritte Auswahlkriterium ist die Vermittelbarkeit der Ergebnisse. Nur wenn die Ergebnisse gut nachvollziehbar und leicht kommunizierbar sind, können sie der planerischen und politischen Entscheidungsfindung dienlich sein (vgl. Bertolini, le Clercq und Kapoen 2005, S. 218). Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren haben hier gegenüber Potenzialindikatoren deutliche Vorteile. Bedingt durch die Grenzformulierung in der Aktivitäts- oder Widerstandsfunktion können ihre Ergebnisse in einfach zu verstehenden Maßeinheiten angegeben werden, beispielsweise als Reiseaufwand in Minuten oder als Anzahl erreichbarer Aktivitätsziele. Dagegen gestaltet sich die Interpretation der Ergebnisse von Potenzialindikatoren schwieriger. Bei Potenzialindikatoren lassen sich die Ergebnisse nur indirekt zur Raum- und Verkehrspolitik in Bezug setzen. Ihre Ergebnisse „können absolut nicht interpretiert werden, da sie keine intuitiv einsichtige Dimension besitzen. Aus diesem Grund werden die Werte in der Regel ins Verhältnis zu ihrem Mittelwert oder Median gesetzt, oder sie werden als Abweichungen vom Mittel, gemessen in Standardabweichungen, angegeben (z-Standardisierung)“ (Schulz und Bröcker 2007, S. 8). Hinzu kommt, dass sich Potenzialindikatoren für einen Abgleich mit politisch-normativ gesetzten Erreichbarkeitsstandards weniger gut eignen.

Für eine kommunale Naherreichbarkeitsplanung und ein Naherreichbarkeitsmonitoring sind daher Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren zu präferieren. Doch auch bei ihnen könnte die konkrete Festlegung der Grenzbedingung (zum Beispiel: die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen innerhalb von 15 Minuten versus 20 Minuten) zu Vermittlungsschwierigkeiten oder Grundsatzdiskussionen führen – unabhängig davon, ob es sich um eine empirisch begründete Herleitung oder eine politisch-planerische Definition eines Anspruchsniveaus handelt. Im Vergleich zur weitaus komplexeren Herleitung der Attraktivitäts- und Distanzempfindlichkeitsparameter bei Potenzialindikatoren liegt die Hemmschwelle für Diskussionsbeiträge niedriger. Dies wiederum ermöglicht eine stärkere Partizipation der beteiligten Akteure.

Ableitung von Evaluationsindizes

Auf der Basis des ausgewählten Erreichbarkeitsindikatortyps „lässt sich eine fast unbegrenzte Vielfalt abgeleiteter Indikatoren entwickeln“ (Wegener u. a. 2001, S. 18). Sollen mit dem gewählten Reiseaufwands-, Kumulations- oder Potenzialindikator bestimmte Aspekte abgebildet oder bewertet werden, lassen sich die Indikatoren entsprechend dem Untersuchungszweck auf vielfältige Art und Weise anpassen (siehe beispielhaft Bhat u. a. 2000, S. 16, 21f. und 25ff.). Im Folgenden werden hier die wichtigsten Bewertungsindizes vorgestellt: Erreichbarkeitsgrade, Gini-Koeffizient, Intermodal-Index und aggregierte Indizes.

Für das regelmäßige Beobachten von Erreichbarkeit werden auf der Basis von Reiseaufwandsindikatoren häufig nachfragegruppenspezifische *Erreichbarkeitsgrade* berechnet (siehe Kapitel 4 mit den Ansätzen zur „Accessibility Planning“ in England, Australien oder Neuseeland oder zur Daseinsvorsorgeplanung in Deutschland). Die Erreichbarkeitsgrade geben an, wie hoch der Anteil einer Bevölkerungsgruppe ist, für den der nächstgelegene Aktivitätsort innerhalb einer bestimmten Reisezeit erreichbar ist, zum Beispiel der Prozentsatz der Grundschüler, der die nächste Grundschule innerhalb von 15 Minuten mit dem Fahrrad erreichen kann. Mit Erreichbarkeitsgraden können Veränderungen über die Zeit oder durch konkrete Planungsmaß-

nahmen ausgelöste Erreichbarkeitsverbesserungen und -verschlechterungen in einem einfach zu verstehenden Wert abgebildet werden. Um Erreichbarkeitsgrade bestimmen zu können, sind (Mindest-)Kriterien zu definieren, zum Beispiel in Form von zumutbaren Reisezeiten.

Der *Gini-Koeffizient* ist ein Maß für die Gleichheit oder Ungleichheit von Erreichbarkeitsverhältnissen (vgl. Knox 1980). Das Maß eignet sich zur Evaluation der Erreichbarkeitsveränderungen über den Zeitverlauf. Die Grundlage des Gini-Koeffizienten ist die Lorenz-Kurve, in der eine nach aufsteigenden Erreichbarkeitswerten sortierte kumulative Verteilung der Erreichbarkeit den kumulativen Bevölkerungsanteilen gegenübergestellt wird. Die beispielhaft in Abbildung 19 gezeigten Lorenz-Kurven veranschaulichen das Prinzip.

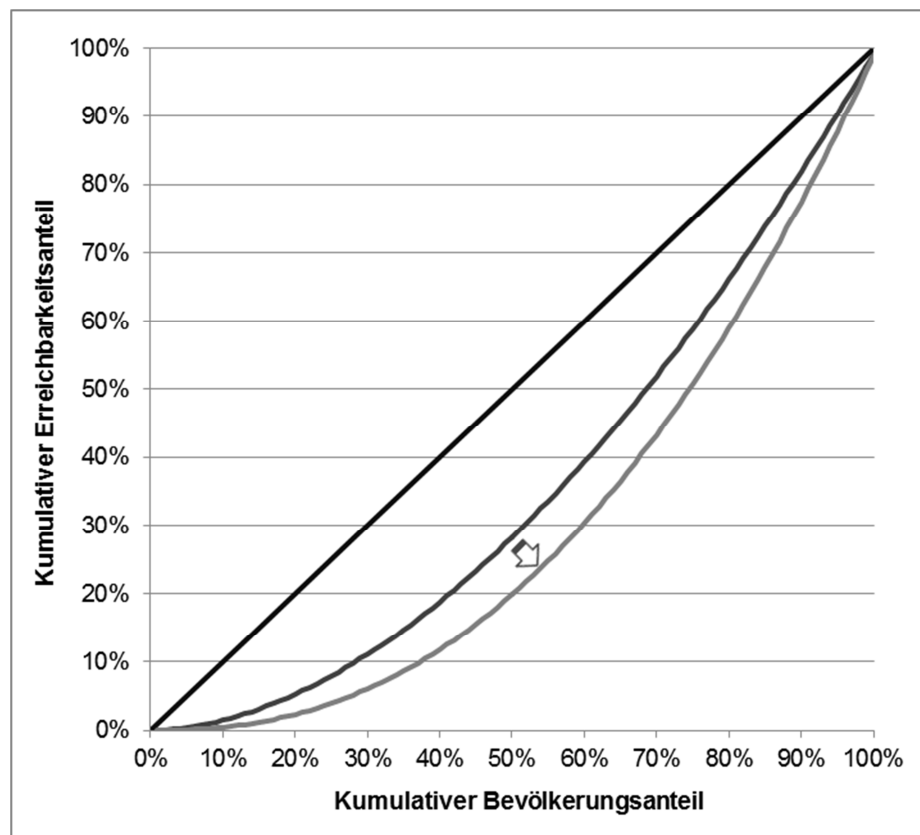


Abbildung 19: Darstellung von beispielhaften Lorenz-Kurven.

Bei der Winkelhalbierenden (45°-Linie) handelt es sich um eine Ideallinie, durch die eine Gleichverteilung der Erreichbarkeitswerte ausgedrückt wird. Je größer der Abstand zu dieser Ideallinie ist, desto stärker konzentriert sich die Erreichbarkeit auf wenige Personen. Eine Verschiebung der Erreichbarkeitsverteilung von der mittleren zur unteren Lorenzkurve in der Abbildung 19 charakterisiert somit einen Anstieg der Ungleichheit in den Erreichbarkeitsverhältnissen.

Durch den Gini-Koeffizienten G wird die Verteilung der Erreichbarkeit quantifiziert, indem das Verhältnis aus der Fläche zwischen der Winkelhalbierenden und der Lorenz-Kurve bemessen wird (Bökemann, Hackl und Kramar 1997, S. 51). Die Funktion des Gini-Koeffizienten G lautet:

$$G = 1 + \frac{1}{n} - \frac{2}{(n^2 \bar{A})} \sum_r r A_r \quad (\text{Gleichung 28})$$

mit n als Gesamtzahl der Orte, A_r als die in absteigender Reihenfolge nach dem Index r sortierten Erreichbarkeitswerte und \bar{A} als durchschnittliche Erreichbarkeit (Wegener u. a. 2001, S. 21).

Der Gini-Koeffizient weist einen Wertebereich von Null bis Eins auf, wobei der Wert Null absolute Gleichheit und der Wert Eins absolute Ungleichheit beschreibt. Ein ansteigender Gini-Koeffizient bedeutet, dass die Ungleichheit zwischen den Orten wächst.

Mit dem *Intermodalindex* können die Erreichbarkeitsverhältnisse zweier Verkehrsmittel zueinander verglichen werden (siehe Kwok und Yeh 2004). Mit ihm lässt sich beispielsweise die Konkurrenzfähigkeit des ÖPNV zum MIV wiedergegeben. So dient der Intermodalindex als Anhaltspunkt für das Verkehrsmittelwahlverhalten und bildet ein häufig proklamiertes Nachhaltigkeitsziel kommunaler Nahverkehrsplanung ab, nämlich die Stärkung des ÖPNV durch eine Verbesserung der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV im Vergleich zum MIV. Im Gegensatz zum bloßen Erreichbarkeitsverhältnis aus ÖPNV- und MIV-Erreichbarkeitswerten (siehe Shindler und Ferreri 1967) ist der Intermodalindex Q_i ein standardisiertes Maß, er wird ausgedrückt durch:

$$Q_i = \frac{A_i^{\text{ÖPNV}} - A_i^{\text{MIV}}}{A_i^{\text{ÖPNV}} + A_i^{\text{MIV}}} \quad (\text{Gleichung 29})$$

mit $A_i^{\text{ÖPNV}}$ als Erreichbarkeit mit dem ÖPNV am Ort i und A_i^{MIV} als Erreichbarkeit mit dem MIV am Ort i . Der Wertebereich liegt zwischen -1 bis +1. Ein ausgeglichenes intermodales Erreichbarkeitsverhältnis liegt bei einem Wert von Null vor. Ist der Wert kleiner als Null, ist die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV schlechter als mit dem MIV, ist der Wert größer als Null, ist die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV besser als mit dem MIV.

Die Erreichbarkeit wird für die gewählte Kombination aus Aktivitätstyp und Verkehrsmittelart für gewöhnlich zunächst einzeln berechnet (siehe Kapitel 5.1.2). Eine hohe Anzahl an Indikatoren erlaubt zwar eine detaillierte Analyse der Erreichbarkeitssituation und Wirkungszusammenhänge, doch zur Bewertung mehrdimensionaler Ergebnisse als Ganzes ist eine *Aggregation der einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren zu einem Gesamterreichbarkeitsindex* durchzuführen (siehe Levinson und Kumar 1994b; Bhat u. a. 2001, S. 50; Bhat u. a. 2002a, S. 19ff.; Doi, Nakaniishi, Sugiyama und Shibata 2006; Zhu, Liu und Yeow 2006). Ein Gesamterreichbarkeitsindex bietet den Vorteil, dass „spezifische Gegebenheiten und Besonderheiten, die zum Teil auf Zufälligkeiten oder Ungenauigkeiten in den verwendeten Daten zurückzuführen sind[, abgeschwächt werden]. Die Zusammenfassung der einzelnen Indikatoren [...] trägt damit einerseits zur Gewährleistung von robusteren und verlässlicheren Ergebnissen bei und hilft andererseits die Datenmenge in der Analyse zu reduzieren“ (Kramar, Kalasek und Seidel 2011, S. 29). Die Aggregation kann in einem mehrstufigen Prozess durchgeführt werden, zum Beispiel indem in einer ersten Stufe die aktivitätsspezifischen Erreichbarkeiten gebündelt und in einer zweiten Stufe die gebündelten Erreichbarkeitswerte der verschiedenen Verkehrsmittel zusammengefasst werden (siehe Grimm und Guykits 2002, S. 70; Kramar, Kalasek und Seidel 2011, S. 29ff.). Ein Aggregieren der einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren über die verschiedenen Aktivitätstypen und Verkehrsmittel zu einem Gesamtindex kann entweder ungewichtet (wie im LUPTAI-Modell; siehe Kapitel 4.3.3) oder gewichtet anhand der anteiligen Fahrtenhäufigkeit der Aktivitätsart und des anteiligen Modal-Splits der Verkehrsart erfolgen. Entsprechende Umsetzungsbeispiele sind in der „Accessibility Planning“ in England, beim „Neighbourhood Destination Accessibility Index“ oder in der mobility2know-Studie vorzufinden (siehe Kapitel 4). Vor dem Aggregieren sollten die Unterschiede in den Erreichbarkeitsergebnissen, die aus den unterschiedlichen Wertebereichen der einzelnen Erreichbarkeitsindikatoren herrühren können, ausgeglichen werden. Diese Normierung der Erreichbarkeitswerte einzelner Indikatoren kann über

eine Z-Transformation erfolgen, die dazu führt, dass der Mittelwert null und die Standardabweichung eins beträgt. Die Umrechnungsformel lautet:

$$z_i = \frac{A_i - \bar{A}}{\sigma} \quad (\text{Gleichung 30})$$

mit z_i als standardisierter Z-Wert sowie A_i als ursprünglicher Erreichbarkeitswert des Ortes i , \bar{A} als Mittelwert und σ als Standardabweichung der Erreichbarkeitswerte.

Einen anderen Weg gehen Martín und Reggiani (2007) oder Evangelinos, Hesse und Püschel (2011). In ihren Syntheseansätzen verwendeten sie alle drei Basisindikatoren gleichzeitig, um die jeweiligen Vorteile der einzelnen Indikatoren nutzen zu können. Der Gesamterreichbarkeitsindex bildet sich so aus den Ergebnissen der berechneten Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren. Zur Auswertung der Gesamterreichbarkeit wurden die einzelnen Indikatoren nach der Hauptkomponentenanalyse gewichtet und zu einem Gesamtindex zusammengeführt.

Unabhängig davon, welcher standörtlicher Erreichbarkeitsindikator für eine Erreichbarkeitsanalyse ausgewählt wird, sollten stets die ihm zugrunde liegenden Annahmen zur besseren Nachvollziehbarkeit transparent gemacht werden (vgl. van Wee, Hagoort, und Annema 2001, S. 200). Die folgenden Abschnitte gehen daher detailliert auf die Möglichkeiten zur Formulierung der Aktivitätsfunktion (siehe Kapitel 5.2) und der Widerstandsfunktion (siehe Kapitel 5.3) ein.

5.2 Formulierung der Aktivitätsfunktion

Die Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ ist einer der beiden multiplikativen Faktoren der standörtlichen Erreichbarkeitsfunktion. Mit ihr wird die Attraktivität der am Zielort j erreichbaren Aktivitätsgelegenheiten W_j abgebildet. Für das Formulieren der Aktivitätsfunktion sind die Definition des Attraktivitätsmaßes (siehe Kapitel 5.2.1), die Bestimmung des α -Parameters für die Mengengewichtung der Aktivitätsgelegenheiten (siehe Kapitel 5.2.2), die Disaggregation der Aktivitätsgelegenheiten (siehe Kapitel 5.2.3) und die Modellierung von Zugangsbeschränkungen und Wettbewerb (siehe Kapitel 5.2.4) entscheidend.

5.2.1 Attraktivitätsmaß

Mit der Attraktivitätsvariablen W_j wird die Attraktivität des Zielortes j bemessen. Die Maßeinheit hängt vom zu untersuchenden Aktivitätstyp ab, der in der zuvor aufgestellten Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix festgehalten wurde. Geht die Erreichbarkeitsanalyse über die Bestimmung des minimalen Reiseaufwands zum nächsten Aktivitätsort hinaus, können für die infrage kommenden Aktivitätsziele unterschiedliche Attraktivitätsmaße verwendet werden. Zur Abbildung von Aktivitätszielen durch Attraktivitätsmaße werden vor allem Variablen aus den Bereichen Demographie, Flächennutzung und Infrastruktur verwendet (vgl. Ruppert 1975, S. 121). Tabelle 23 gibt einen exemplarischen Überblick. In den meisten Fällen wird auf die Anzahl der am Zielort befindlichen Aktivitätsgelegenheiten zurückgegriffen, wobei bei zeitsensiblen Erreichbarkeitsanalysen die jeweiligen Öffnungs-, Schul- oder Arbeitszeiten mitberücksichtigt werden. Der Untersuchungszweck soll die Wahl des Attraktivitätsmaßes entscheiden. Neben inhaltlichen Gründen ist für eine Wahl faktisch aber vor allem die Datenverfügbarkeit ausschlaggebend. Im Folgenden werden die am häufigsten verwendeten Attraktivitätsmaße behandelt.

Tabelle 23: Beispiele der Abbildung von Aktivitätszielen durch Attraktivitätsmaße.

Aktivitätsziel	Attraktivitätsmaß
Arbeitsplatz	Anzahl an Arbeitsplätzen (ggf. disaggregiert nach Typ)
	Anzahl an Beschäftigten (ggf. disaggregiert nach Typ)
Ausbildungsplatz	Anzahl an Ausbildungsplätzen
Grundschule/Sekundarschule/Berufsschulen	Anzahl an Schulen
	Anzahl an Schulplätzen
	Anzahl an Lehrern
Hochschule/Universität	Anzahl an Fakultäten
	Anzahl an Studienplätzen
Einzelhandel	Anzahl an Geschäften
	Aggregierte Verkaufsfläche
	Aggregierter Einzelhandelsumsatz
	Anzahl an Einzelhandelsbeschäftigten
Allgemeinmediziner	Anzahl an Allgemeinärzten
	Anzahl an Hausarztpraxen
Krankenhäuser	Anzahl an Krankenhäusern
	Anzahl an Betten
Bibliotheken	Anzahl an Bibliotheken
Sportplätze	Anzahl an Sportplätzen
Parks und Grünflächen	Fläche in Hektar
	Anzahl an Parks und Grünflächen
Freunde/Bekannte/Verwandte	Anzahl an Personen
	Anzahl an Haushalten

Beim *Reisezweck Arbeiten* wird als Attraktivitätsmaß in nahezu allen Studien die Anzahl der Arbeitsplätze am Zielort verwendet. Als Alternative zu der Anzahl an Arbeitsplätzen wurde bei Zakaria (1974) die Anzahl der Unternehmen oder Beschäftigten gebraucht. Eine Ausnahme findet sich bei Sherman, Barber und Kondo (1974), die für die Bewertung des Zugangs zu Arbeitsplätzen die Anzahl an Arbeitsämtern betrachteten. Standardmäßig sollte als Attraktivitätsmaß die Anzahl an Arbeitsplätzen bevorzugt werden. Dies hat sich in den letzten Jahrzehnten so bewährt. Gelegentlich werden je nach Untersuchungszweck die Arbeitsplätze nach Wirtschaftssektoren, Qualifikations- oder Einkommensstufen unterschieden (siehe Black und Conroy 1977; Davidson 1977; Shen 1998; BREJTP 2008; Wang 2003). Dass diese Daten nicht immer derart aggregiert vorliegen, ist nach König (1980, S. 147) nicht gravierend. Er nimmt an, dass die Quantität an verfügbaren Arbeitsplätzen auch als Maß für die Qualität dienen kann, da die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins gut bezahlter, und damit attraktiver Arbeitsplätze mit der gesamten Anzahl an Arbeitsplätzen steige.

Bei Erreichbarkeitsanalysen für den *Reisezweck Bildung* finden zwei verschiedene Attraktivitätsvariablen vorrangig Verwendung. Zum einen wird die Erreichbarkeit nach der Anzahl der Bildungseinrichtungen in einer Zone berechnet, zum anderen nach der Anzahl der Schul- oder

Studienplätze (siehe Breheny 1978). Hierbei wird allgemein nach dem Bildungstyp unterschieden, sodass Grundschulen, Sekundarschulen, Berufsschulen, Hochschulen, Universitäten etc. getrennt betrachtet werden. In einigen Fällen wird die Anzahl der Schul- oder Studienplätze als aussagekräftigeres Attraktivitätsmaß der Anzahl an Bildungseinrichtungen bevorzugt (vgl. Chin und Foong 2006, S. 121). Weitere Attraktivitätsmaße können die Anzahl der Lehrkräfte oder die Anzahl der Fakultäten an universitären Einrichtungen sein. Andere Faktoren, die zum Beispiel die Ausbildungsqualität oder ähnliches mitberücksichtigen, wurden bei Erreichbarkeitsanalysen bislang nicht einbezogen.

Bei Erreichbarkeitsanalysen für den *Reisezweck Einkauf* gibt es keine einheitliche Vorgehensweise. Die Attraktivität im Einzelhandel plausibel zu bestimmen ist schwierig. Einfache Attraktivitätsmaße, die häufig verwendet werden, enthalten die aggregierte Verkaufsfläche im Einzelhandel (siehe Wilson 1971), den Einzelhandelsumsatz (siehe Huff 1963; Lakshmanan und Hansen 1965) oder die Anzahl der Arbeitsplätze im Einzelhandel (siehe Handy 1992; Kockelman 1997; Bhat, Carini und Misra 1999; BREJTP 2008). Je nach Untersuchungszweck kann weiterhin nach der Einzelhandelsbranche oder dem kurz- und langfristigen Bedarf unterschieden werden. Bei einer Analyse der Nahversorgung kommen beispielsweise nur Einzelhandelsgeschäfte in Betracht, in denen Lebensmittel angeboten werden. Ein wesentlicher Vorteil der genannten Attraktivitätsmaße ist es, dass man ihre Größen präzise bestimmen kann. Allerdings können sie die Attraktivität des Angebots nur eingeschränkt wiedergeben. Bei der Wahl für ein Einkaufszentrum spielen aus Verbrauchersicht zum Beispiel auch das Warensortiment, das Preis-Leistungs-Verhältnis, die Warenqualität, die Öffnungszeiten oder das allgemeine Einkaufsumfeld eine mitentscheidende Rolle. Um die Attraktivität über die Warenvielfalt besser abbilden zu können, wurde in einigen Untersuchungen die Anzahl der Geschäfte berücksichtigt (siehe Hansen 1959; Recker und Kostyniuk 1978; Levinson, Marion und Iacono 2010) oder ein Konzentrationsindex angefügt (siehe Schürmann 1999). Campbell und Chisholm (1970) berücksichtigten die Preisunterschiede der angebotenen Waren, die sich wiederum mit der Kaufkraft der verschiedenen Nachfragegruppen verknüpfen ließen. Derek Halden Consulting (2004) nahmen dies in einer Erreichbarkeitsanalyse für den englischen Verwaltungsbezirk Knowsley mit auf. Die Berechnung der dortigen Nahversorgungsverhältnisse erfolgte auf der Grundlage einer Befragung über Auswahl, Qualität und Preise von Lebensmitteln und des Preises eines definierten Warenkorbs mit gesunden Lebensmitteln. Mit dieser und jeder weiteren Erweiterung steigen allerdings die Datenanforderungen. Ein Blick in die Praxis zeigt, dass nach wie vor einfache Attraktivitätsmaße wie die Anzahl der Verkaufsfläche oder Arbeitsplätze bevorzugt angewandt werden.

Dies gilt auch für Erreichbarkeitsanalysen zur *medizinischen Versorgung* und zu *Sozial-, Kultur-, Freizeit- oder Sporteinrichtungen*, in denen das übliche Attraktivitätsmaß die Anzahl der am Ort befindlichen spezifischen Einrichtungen ist. Bei der Analyse der medizinischen Versorgung ist dies in Abhängigkeit vom Untersuchungszweck zumeist die Anzahl an Krankenhäusern, Hausärzten beziehungsweise Hausarztpraxen, Fachärzten beziehungsweise Facharztpraxen oder Apotheken (siehe Wachs und Kumagai 1973; Knox 1978; Kramar, Kalasek und Seidl 2011). Eher ungewöhnlich dagegen sind Attraktivitätsmaße wie die Anzahl niedergelassener Ärzte oder die aggregierte Dauer an Sprechstunden (siehe Knox 1978). Bei der Erreichbarkeitsanalyse von Sozial-, Kultur-, Freizeit- oder Sporteinrichtungen ist es besonders schwierig, ein über die bloße Anzahl an Einrichtungen hinaus gehendes Attraktivitätsmaß zu nutzen. Auch wenn für Privathaushalte das Kultur-, Sport- und Freizeitbudget im Vergleich zum Einkaufs-

budget in der Regel unbedeutender ist, kann man auch hier die Attraktivitätsgelegenheiten anhand des Umsatzes gewichten (siehe Vickerman 1974, S. 681). Alternative Maße sind die Besucherfrequenz oder -kapazität.

Die Attraktivität von *Park- und Grünflächen* wird sehr häufig über die Flächengröße wiedergegeben (siehe Silva 2008; Southern California Association of Governments 2008). Dies stellt ähnlich wie bei Kultur-, Freizeit- oder Sporteinrichtungen angesichts der Angebotsvielfalt und der subjektiven Bewertung solcher Flächen eine starke modellhafte Vereinfachung dar. Talen (1998) verweist darauf, dass es neben alternativer subjektiver Bewertungsmethoden auch wissenschaftlich-objektive Methoden zur akkurateren Attraktivitätsbestimmung gibt, zum Beispiel Ansätze der Landschaftsbildbewertung oder Bedürfnisermittlung nach Freiraum. Auch bestehen politisch-normative Ansätze. In der Stadt Essen beispielsweise wurde Mitte der 1970er Jahre diskutiert, ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen bebauter und unbebauter Fläche herzustellen, wobei mindestens sechs Quadratmeter Grün- und Freifläche pro Kopf als „Pantoffel-Grün“ im fußläufigen Wohnumkreis von fünf Minuten liegen sollten (siehe Die Zeit 1978).

Für die Abbildung *sozialer Kontaktmöglichkeiten* oder eines Nachfragepotenzials wird für gewöhnlich die Anzahl der am Zielort lebenden Personen (siehe Hansen 1959) oder Haushalte (siehe Dalvi und Martin 1976) bemessen. Vereinzelt wird nicht die Gesamtbevölkerung, sondern nur ein bestimmter Personenkreis betrachtet. Zakaria (1974) berechnete beispielsweise die Erreichbarkeit zu Personen, die mindestens fünf Jahre alt sind.

5.2.2 Mengengewichtung

Das Attraktivitätsmaß eines Ortes j kann in der Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ durch den α -Parameter in W_j^α exponentiell zur Menge der sich dort befindlichen Aktivitätsgelegenheiten gewichtet werden (siehe Gleichungen 22-24). Mit $\alpha > 1$ steigt die Attraktivität von Aktivitätsgelegenheiten überproportional zu deren Größe. Typischerweise wird bei Potenzialindikatoren davon Gebrauch gemacht, da sie auf der Annahme basieren, dass die Attraktivität von Aktivitätsgelegenheiten mit deren Größe steigt, aber mit wachsendem Reiseaufwand sinkt (Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 21). Mit einer solchen Mengengewichtung lassen sich beispielsweise Agglomerationsvorteile im Einzelhandel abbilden. „Ein Beispiel hierfür ist die Anziehungskraft großer Einkaufszentren, die mehr Kunden anziehen als mehrere kleine Zentren, die zusammen so groß sind wie das große Zentrum“ (Wegener u. a. 2001, S. 17). Der umgekehrte Fall tritt ein, wenn $0 < \alpha < 1$ ist. Hier wird die Attraktivität eines Ortes j unterproportional zur Menge seiner Aktivitätsgelegenheiten gewichtet. Roy (1983, S. 273f.) argumentiert aufgrund entscheidungstheoretischer Überlegungen, dass die Attraktivität eines Ortes j bei ansteigender Menge an Aktivitätsgelegenheiten nur noch unterproportional wachsen könne, da die wahrgenommene Auswahl an einem Ort mit dessen Vielfalt tendenziell sinke (vgl. auch Bhat u. a. 2001, S. 14). Diese gegensätzlichen Auffassungen bezeugen bereits die Schwierigkeiten bei der Mengengewichtung der Aktivitätsgelegenheiten. Dalvi (1979, S. 649) stellt hierzu fest, dass es keine wirklich theoriebasierten Ansätze zur Festlegung des richtigen Attraktivitätsmaß gibt. „Ziel ist es letztendlich, das empirisch beobachtbare Verhalten richtig abzubilden. Die von den Akteuren wahrgenommene Attraktivität lässt sich allerdings nicht als einzelne, separate Variable beobachten“ (Bleisch 2005, S. 67).

Vickerman (1974) demonstriert, wie die Attraktivität von Einkaufs- und Freizeiteinrichtungen aus der Besucherfrequenz hergeleitet werden kann. Einen anderen Weg gehen Schürmann, Spiekermann und Wegener (1997), die den α -Parameter mit Hilfe eines iterativen, regressionsanaly-

tischen Verfahrens kalibrieren. Im Ergebnis stellen sie fest, dass in ihrem Beispiel eine lineare Gewichtung mit $\alpha = 1$ am geeignetsten ist (ebd., S. 40). Dies entspricht dem von Hansen (1959) verwendeten und heute üblicherweise angewandten Parameterwert. Tatsächlich findet bei der Berechnung der Attraktivität mit Potenzialindikatoren in der Praxis nur äußerst selten eine Mengengewichtung statt (vgl. Linneker und Spence 1992). Ebenso wie bei Kumulationsindikatoren geht das Attraktivitätsmaß des Ortes j in aller Regel linear über die Aktivitätsfunktion $g(W_j) = W_j$ in die standörtliche Erreichbarkeit ein. Wird eine Mengengewichtung dennoch durchgeführt, so ist es wichtig, dass die Attraktivitätsmaße entsprechend dem Untersuchungszweck problemspezifisch ausformuliert und die Mengengewichtung, das heißt der α -Parameter, empirisch hergeleitet wird.

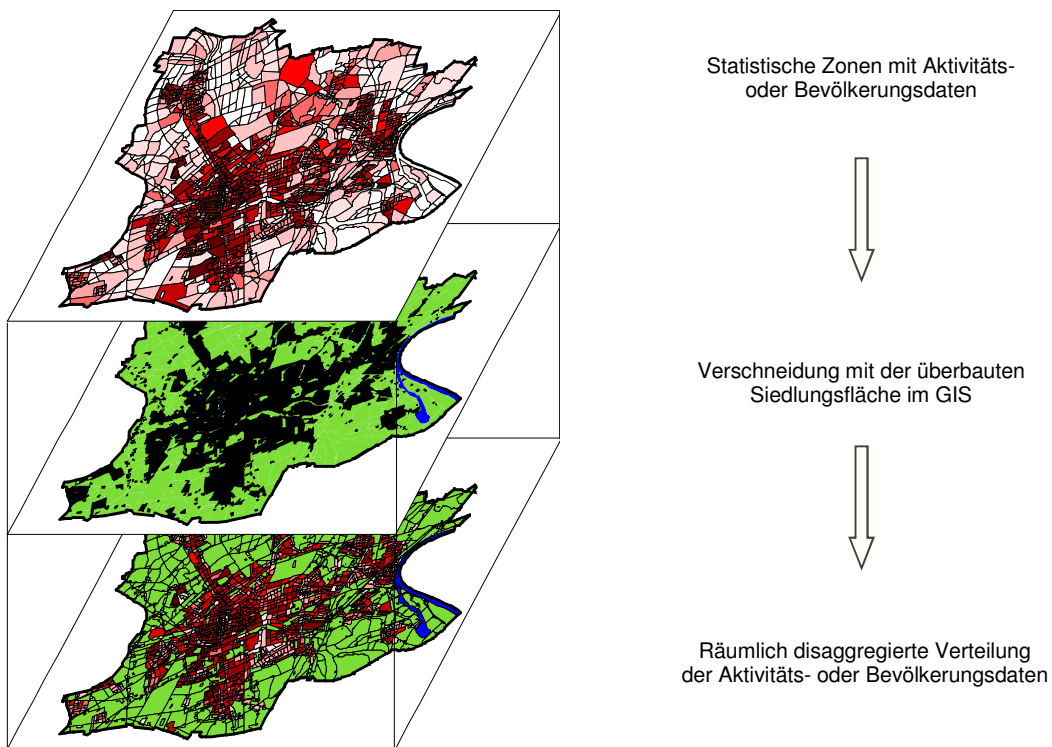
5.2.3 Disaggregation von Aktivitätsgelegenheiten

Zur Berechnung der Attraktivitätsvariablen W_j werden Geodaten über die Aktivitätsziele und -gelegenheiten an den Zielorten benötigt. Im Idealfall stehen diese Aktivitätsdaten für die räumliche Bezugsebene der Erreichbarkeitsanalyse direkt zur Verfügung oder können alternativ erhoben werden. Für den Fall jedoch, dass das räumliche Bezugssystem der Daten dem der Erreichbarkeitsanalyse abweicht, sind die Daten an das für die Erreichbarkeitsanalyse festgelegte Bezugssystem anzupassen.

Bei Naherreichbarkeitsanalysen sollte nach Möglichkeit ein kleinräumiges Rasterzellenbezugssystem angewandt werden (siehe Kapitel 5.1.4). Für Aktivitätsziele, die über Geokoordinaten dargestellt werden, stellt dies kein Problem dar. Wenn die Aktivitäts- und Bevölkerungsdaten allerdings nur zonal beziehungsweise großflächig vorliegen, müssen sie auf das Rasterzellenbezugssystem zunächst disaggregiert werden. Hierzu können GIS-basierte Disaggregierungsverfahren angewandt werden, mit denen zonale Daten unter Zugriff auf zusätzliche Informationen kleinräumig auf die Rasterzellen verteilt werden können. Es kann zwischen einfachen und komplexen Ansätzen unterschieden werden.

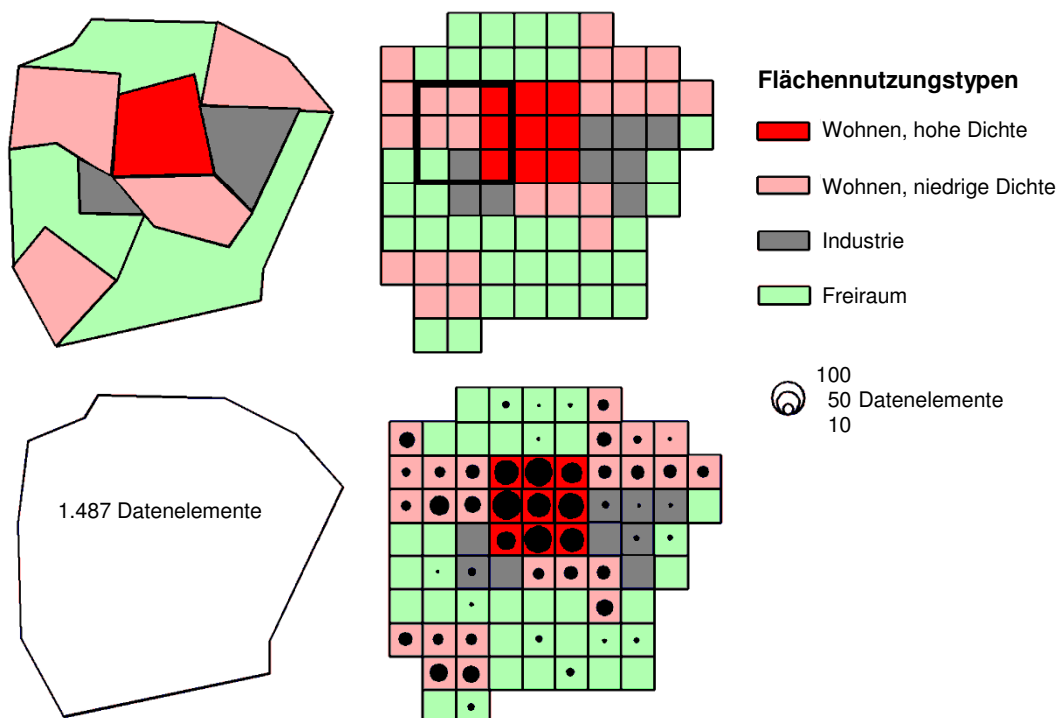
Einfache Disaggregierungsverfahren basieren auf einer GIS-Verschneidung der statistischen Ausgangsebene mit einem Layer, in dem zusätzliche Informationen zur präziseren Lokalisierung enthalten sind. Nach der Verschneidungsoperation beziehen sich die Aktivitäts- oder Bevölkerungsdaten nur noch auf eine räumliche Teilmenge der Ausgangszonen. Abbildung 20 zeigt ein Beispiel, bei dem die statistischen Zonen einer Gemeinde mit den überbauten Flächen verschnitten werden. Hierbei wird angenommen, dass auf nicht-überbauten Freiflächen keine Datenmenge verortet ist. Die statistischen Zonen werden daher um die Freiflächen reduziert, sodass als Resultat sich die Verteilung der statistischen Daten auf die bebauten Flächen beschränkt. In einem weiteren Schritt können die verteilten Daten rasterisiert, das heißt auf das Rasterzellenbezugssystem übertragen werden. Ein Nachteil dieses einfachen Disaggregierungsverfahrens liegt in der eher unrealistischen Annahme, dass die statistischen Daten innerhalb der überbauten Flächen homogen verteilt vorlägen (vgl. Li, Pullar, Corcoran und Stimson 2007, S. 8).

Bei komplexen Disaggregierungsverfahren werden den Rasterzellen des Zielbezugssystems Gewichte zugewiesen, über die die räumliche Disaggregation der Aktivitäts- oder Bevölkerungsdaten in die Rasterzellen gesteuert wird. Die Gewichte repräsentieren dabei die Wahrscheinlichkeiten, mit der die Aktivitäts- oder Bevölkerungsdaten in der Rasterzelle lokalisiert sind. In der probabilistischen Gewichtungsfunktion wird auf Flächennutzungs- und Siedlungsstrukturdaten zurückgegriffen, mit denen die Disaggregation präzisiert wird (siehe beispielhaft



Quelle: Schwarze 2002, S. 99

Abbildung 20: Einfache Datendisaggregation durch GIS-Verschneidung von statistischen Zonen mit überbauter Siedlungsfläche.



Quelle: Wegener und Spiekermann 1998, S. 123

Abbildung 21: Zweistufiges Disaggregierungsverfahren zur Verteilung statistischer Daten auf Rasterzellen anhand von Flächennutzungsdaten.

Li, Pullar, Corcoran und Stimson 2007; Huang, Ottens und Masser 2007; Milego und Ramos 2011). Bei kleinräumigen Disaggregierungsverfahren kommen in Deutschland üblicherweise Daten zur Flächennutzung, Hausumringen, Gebäudestrukturen, Gebäudehöhen und ähnlichem zum Einsatz (siehe Wegener und Spiekermann 1996; BMVBS und BBR 2008; Burgdorf 2010; BMVBS 2010; Schwarze und Spiekermann 2014). Aus der Überlagerung aller Informationen leiten sich die Gewichte jeder einzelnen Rasterzelle ab. Das Disaggregierungsverfahren ist zweistufig. Nachdem in einem ersten Arbeitsschritt die Flächeninformationen auf die Rasterzellen übertragen wurden, werden die zonal vorliegenden Daten mit Hilfe der stochastischen Gewichtungsfaktoren in einem zweiten Schritt den Rasterzellen zugewiesen. In Abbildung 21 wird dieses Prinzip schematisch veranschaulicht.

Für den zweiten Schritt, die Allokation der zonalen Aktivitäts- oder Bevölkerungsdaten auf die Rasterzellen haben sich verschiedene Herangehensweisen herausgebildet (siehe beispielhaft Fotheringham und Wong 1991; Wegener und Spiekermann 1996; Sadahiro 1999; Li, Pullar, Corcoran und Stimson 2007). Eine häufig verwendete Methode ist es, die Datenmenge einer Zone anteilig zu den Gewichten der zur Zone zugehörigen Rasterzellen zu verteilen. Jeder Rasterzelle wird der Anteil der zonalen Datenmenge zugewiesen, die dem Verhältnis des Gewichts der Rasterzelle zur Summe aller Gewichte in der Zone entspricht (siehe BMVBS und BBR 2008; BMVBS 2010). Die resultierenden Merkmalsverteilungen der disaggregierten Daten stimmen in der Summe mit den entsprechenden Verteilungen der aggregierten Eingabedaten überein, die kleinräumige Verteilung entspricht jedoch den Wahrscheinlichkeiten der Einwohnerdichten der jeweiligen verorteten Siedlungs-, Flächennutzungs- und Gebäudestrukturen. Eine andere Variante entwickelten Wegener und Spiekermann (1996). Bei ihnen werden die zonalen Daten entsprechend den anteiligen Gewichten in den Rasterzellen nicht unmittelbar zugewiesen, sondern über eine Monte-Carlo-Simulation (siehe Kalos und Whitlock 2008) verteilt. Die zu verteilende Datenmenge wird sequentiell abgearbeitet, das heißt bei einer Bevölkerungsdisaggregation beispielsweise wird jeder Person einzeln eine auf Basis der Wahrscheinlichkeiten zufällig ausgewählte Rasterzelle zugewiesen. Dies ermöglicht, dass zunächst die Erwachsenen im erwerbsfähigen Alter und danach die Kinder und Jugendlichen verteilt werden können. Hierdurch werden synthetische Haushalte gebildet, wobei sichergestellt ist, dass kein Kind in einer Rasterzelle wohnt, in der kein weiteres (erwachsenes) Familienmitglied ansässig ist. Ein weiterer Vorzug dieses Verfahrens ist es, dass die zonalen Daten den Rasterzellen als ganze Zahlen und nicht als Bruchzahlen zugeordnet werden.

5.2.4 Zugangsbeschränkungen und Wettbewerb

Die Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ bildet die Attraktivität der Aktivitätsgelegenheiten am Ort j ab. In ihrer originären Form $g(W_j) = W_j^\alpha$ (siehe Kapitel 3.3) berücksichtigt sie weder Zugangsbeschränkungen noch Wettbewerb zwischen Angebot und Nachfrage. Beides lässt sich bei der Formulierung der Aktivitätsfunktion durch Erweiterungen integrieren. Zunächst sollte allerdings geprüft werden, ob angesichts des Untersuchungsziels eine Erweiterung der Aktivitätsfunktion zweckmäßig ist. Denn das Einbeziehen von Zugangsbeschränkungen oder Wettbewerb bedeutet einerseits, dass die Methode für Außenstehende komplexer wird und die Ergebnisse der Erreichbarkeitsindikatoren weniger nachvollziehbar werden könnten. Die Modellierung von Erreichbarkeit wird andererseits realistischer. Beispielsweise limitieren Öffnungszeiten die zeitliche Zugänglichkeit von Einrichtungen. Sofern eine zeitsensible Erreichbarkeitsanalyse durchgeführt wird, sollte sich ein zeitlich variierendes Aktivitätsangebot in der Aktivitätsfunktion wider-

spiegeln. Eine andere Art einer Beschränkung liegt vor, wenn Aktivitäten nur bestimmten Personengruppen zugänglich sind. Hierfür gibt zahlreiche Beispiele: So ist der Besuch einer Grundschule Grundschulern vorbehalten. Bei Schulbezirkspflicht kann abhängig vom Wohnort oft nur eine bestimmte Grundschule besucht werden. Der Besuch einer weiterführenden Schule, zum Beispiel eines Gymnasiums setzt wiederum bestimmte Schulnoten voraus. Auch auf dem Arbeitsmarkt sind viele Stellen nur zugänglich, wenn eine spezifische Ausbildung nachgewiesen werden kann. Ein weiteres Kriterium sind Kostenfaktoren. Nicht alle Personen können sich zum Beispiel kostenintensive Einkäufe oder kostspielige Freizeitaktivitäten leisten. Solche für eine Nachfragegruppe relevanten Zugangsbeschränkungen sollten bei der Erreichbarkeitsanalyse berücksichtigt werden, indem das Attraktivitätsmaß nur jene Aktivitätsgelegenheiten beinhaltet, die für die Nachfragegruppe verwirklichtbar sind. Um Zugangsbeschränkungen modellieren zu können, wurde die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen von Wachs und Kugamai (1973) beispielsweise unterschieden nach Qualifikationen bestimmt. Generell sollten bei Erreichbarkeitsanalysen die definierten Aktivitätsziele und -angebote immer an die Bedürfnisse und Wünsche der Nachfragenden und deren Realisierungsmöglichkeiten angepasst werden (vgl. Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 94).

Wettbewerb ist ein anderer, ebenfalls zu berücksichtigender Effekt. Die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen ist nicht nur vom Angebot an Arbeitsplätzen an einem Ort abhängig, sondern auch vom Wettbewerb um diese Arbeitsplätze durch die Nachfragenden (Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 96). Shen (1998, S. 348f.) zeigte auf, dass die Nichtberücksichtigung der Nachfrage zu Fehleinschätzungen bei der Erreichbarkeit führen kann. Geurs und Ritsema van Eck (2003) untersuchten die Verknüpfung zwischen Erreichbarkeit und Wettbewerb systematisch. Sie veranschaulichten, dass die Einbindung von Wettbewerb in die Aktivitätsfunktion signifikante Auswirkungen auf die Berechnungsergebnisse hat. Dabei gilt: Je schärfer der Wettbewerb ist, desto stärker werden die Erreichbarkeitsverhältnisse negativ beeinflusst (siehe auch Jones 1981, S. 16). Doch nicht nur auf dem Arbeitsmarkt existiert Wettbewerb. Aktivitätsziele wie Bildungseinrichtungen, Gesundheitseinrichtungen oder Freizeiteinrichtungen weisen Kapazitätsgrenzen auf. Die Anzahl der Schulplätze in Schulen oder die Anzahl der aufnehmbaren Patienten in Krankenhäusern – um nur zwei Beispiele zu nennen – ist begrenzt. Dies ist mit Wettbewerbseffekten modelltechnisch gleichzusetzen.

Wie aber kann Wettbewerb in die Aktivitätsfunktion integriert werden? Bei der Grundform der Aktivitätsfunktion $g(W_j) = W_j^\alpha$ wird nur die Angebotsseite betrachtet, die Nachfrageseite und Wettbewerb sind ausgeblendet. Somit ist diese Form der Aktivitätsfunktion nur dann gültig, wenn entweder die untersuchenden Aktivitätsziele keine nennenswerten Kapazitätsgrenzen aufweisen oder die Nachfragenden regelmäßig im Raum verteilt sind (vgl. Shen 1998, S. 348). Während der zweite Fall faktisch auszuschließen ist, kann der erste Fall durchaus eintreten. Soll zum Beispiel die Erreichbarkeit von Einkaufsgelegenheiten, Parks oder Freiraum untersucht werden, spielen Wettbewerbseffekte tatsächlich keine bedeutende Rolle. In allen anderen Fällen ist die Abbildung von Wettbewerbseffekten zweckmäßig, insbesondere beim Einsatz von Potenzialindikatoren, die das Verhalten möglichst adäquat wiedergeben sollen.

Bei der Einbindung von Wettbewerb in die Aktivitätsfunktion des Erreichbarkeitsindikators kann zwischen drei Ansätzen unterschieden werden. Im ersten Ansatz wird der Wettbewerbseffekt berücksichtigt, indem das Angebotspotenzials eines Ortes mit dem Nachfragepotenzial des Ortes verrechnet wird (siehe Weibull 1976, S. 368ff.). Die Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ gleicht so einem

„availability measure“ (Joseph und Phillips 1984, S. 95), mit dem das Eigenpotenzial eines Ortes modelliert wird. Die Funktion lautet:

$$g(W_j) = \frac{W_j^\alpha}{P_j} \quad (\text{Gleichung 31})$$

mit W_j^α als gewichtetes Attraktivitätsmaß und P_j als Nachfragepotenzial am Ort j . Insgesamt werden Wettbewerbseffekte zwar berücksichtigt, allerdings ist der Ansatz wissenschaftlich nicht zufriedenstellend. Für jeden Ort wird ausschließlich der innerörtliche Wettbewerb modelliert. Die ortsübergreifende Nachfrage wird ausgeblendet, sodass dies zu eher unrealistischen Ergebnissen führt.

Im zweiten Ansatz wird daher auch das Nachfragepotenzial der umliegenden Orte mitberücksichtigt (siehe Breheny 1978; Joseph und Bantock 1982; Shen 1998). Das Angebotspotenzial am Ort j wird durch das für den Ort relevante, im Einzugsbereich befindliche Nachfragepotenzial dividiert. Die entsprechende Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ lautet:

$$g(W_j) = \frac{W_j^\alpha}{\sum_k P_k f(c_{jk})} \quad (\text{Gleichung 32})$$

mit W_j^α als gewichtetes Attraktivitätsmaß des Ortes j , P_k als Nachfragepotenzial am Ort k innerhalb des Einzugsbereichs des Ortes j und $f(c_{jk})$ als Widerstandsfunktion zwischen den Orten j und k . Mit diesem Quotienten aus Angebot und Nachfrage fließt das relative Angebotspotenzial eines Ortes in die Erreichbarkeit ein (vgl. Geurs und Ritsema van Eck 2003, S. 72). Der Nachteil dieses Ansatzes ist es, dass er sich vor allem auf die Nachfrageseite konzentriert. So entspricht das relative Angebotspotenzial nicht dem realen Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage an einem Ort, da die Aktivitätsangebote der angrenzenden Orte unberücksichtigt bleiben. Dies hat zur Folge, dass die Wettbewerbseffekte in angebotsstärkeren Räumen tendenziell überschätzt und in angebotsärmeren Räumen tendenziell unterschätzt werden (ebd., S. 85).

Mit dem dritten Ansatz wird der effektive Wettbewerb (so Jones 1981, S. 17) abgebildet, weil sowohl das Nachfragepotenzial eines Ortes als auch das von ihm zu erreichende potenzielle Angebot integriert sind (siehe Weibull 1976, S. 369ff.; Knox 1978; van Wee, Hagoort und Anema 2001). Unter Berücksichtigung des Wettbewerbs zwischen Angebot und Nachfrage berechnet sich die Erreichbarkeit eines Ortes wie folgt:

$$A_i = \frac{\sum_j W_j^\alpha f(c_{ij})}{\sum_j P_j f(c_{ij})} \quad (\text{Gleichung 33})$$

mit A_i als Erreichbarkeit des Ortes i , W_j^α als gewichtetes Attraktivitätsmaß des Ortes j und P_j als Nachfragepotenzial am Ort j , sowie $f(c_{ij})$ als Widerstandsfunktion zwischen den Orten i und j . Der Erreichbarkeitswert ist normiert. Sind für den Ort i Angebot und Nachfrage ausgeglichen, so ist (unter der Bedingung $\alpha = 1$) die Erreichbarkeit $A_i = 1$. Bei $A_i < 1$ liegt ein Nachfrageüberhang vor, bei $A_i > 1$ ist dagegen ein Angebotsüberhang vorzufinden. Die Formulierung dieses Erreichbarkeitsindikators ist besonders dann sinnvoll, wenn die Erreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten bemessen werden soll, die untereinander im Wettbewerb stehen oder Kapazitätsgrenzen aufweisen. Dies trifft beispielsweise auf Arbeitsplätze zu, kann aber genauso auch für Bildungs-, Gesundheits- oder Freizeiteinrichtungen gelten. Dass die Erreichbarkeit bei diesem Indikator nur durch eine Verhältniszahl abgebildet wird, dürfte für die Nachvollziehbarkeit und Kommunikation der Ergebnisse allerdings nachteilig sein.

Eine komplexere Möglichkeit, beidseitigen Wettbewerb in einen Erreichbarkeitsindikator zu integrieren, bietet die Anwendung der vor allem in Verkehrsmodellen vorkommenden inversen Ausgleichsfaktoren (siehe Wilson 1970, 1971). Hierbei wird über ein iteratives Schätzverfahren sichergestellt, dass die Interaktionsintensität zwischen den Wohn- und Zielorten ausgeglichen wird. So lässt sich der wechselseitig abhängige Wettbewerb zwischen dem Angebot an Aktivitätsgelegenheiten und den Nachfragern modellieren (siehe Fotheringham 1983; Martínez 1995). Die iterative Berechnung ist allerdings vergleichsweise zeitaufwändig, zudem sollten die Quell- und Zielverkehre bekannt sein (vgl. Geurs und Ritsema van Eck 2003, S. 73).

In der Praxis wird bei Erreichbarkeitsanalysen häufig darauf verzichtet, Zugangsbeschränkungen und Wettbewerb zu berücksichtigen. Die größte Hürde dürfte es wohl sein, dass Außenstehende die Methoden oft nur schwierig nachvollziehen können. Damit sind die Ergebnisse wesentlich schwieriger zu vermitteln. Bei der Wahl für eine Aktivitätsfunktion sollte dies gut abgewogen werden. Gerade für Analysen im kommunalen Kontext ist die Ergebniskommunizierbarkeit der Erreichbarkeitsindikatoren von hoher Bedeutung.

5.3 Formulierung der Widerstandsfunktion

Die Widerstandsfunktion $f(c_{ij})$ ist der zweite multiplikative Faktor in der standörtlichen Erreichbarkeitsfunktion. Mit ihr wird der Raumüberwindungsaufwand zwischen den Orten i und j abgebildet. Für das Formulieren der Widerstandsfunktion sind die Definition des zu verwendenden Widerstandsmaßes (siehe Kapitel 5.3.1), die Wahl des Funktionstyps (siehe Kapitel 5.3.2), die Bestimmung des Reiseaufwandssensibilitätsparameters (siehe Kapitel 5.3.3), die Abbildung des innerörtlichen Widerstands (siehe Kapitel 5.3.4) sowie die Modellierung des Verkehrsgraphen (siehe Kapitel 5.3.5) entscheidend.

5.3.1 Widerstandsmaß

In der Widerstandsfunktion wird der Raumüberwindungswiderstand zwischen dem Quellort i und dem Aktivitätssort j mit der Widerstandsvariablen c_{ij} bemessen. Bei Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren geht das Widerstandsmaß c unmittelbar in die Maßeinheit des Erreichbarkeitsergebnisses über. Es sollte daher vom Untersuchungszweck abhängig definiert werden. Tabelle 24 gibt einen Überblick über typische Modellansätze, mit denen Raumüberwindungswiderstände bemessen werden (siehe Bhat u. a. 2000, S. 24). Als Widerstandsmaße werden für gewöhnlich Distanzeinheiten (zum Beispiel Kilometer), Zeiteinheiten (zum Beispiel Minuten) oder Kosteneinheiten (zum Beispiel Euro) verwendet.

Die Berechnung der Luftlinienentfernung zwischen zwei Punkten, entweder als geographische, euklidische oder – in den USA bei orthogonalen Verkehrsnetzen häufig anzutreffen – als rechtwinklige Distanz (siehe Kockelman 1997; Makri und Folkesson 1999) ist ein sehr einfacher Ansatz zur Abbildung von Raumwiderständen. Einhergehend mit der Verbreitung elektronischer Routenberechnungsprogramme kommen heutzutage überwiegend Raumwiderstandsmaße zum Einsatz, die auf graphentheoretischen Algorithmen basieren. Zumeist wird in einem kantengewichteten Verkehrsgraphen (siehe hierzu Kapitel 5.3.5) der kürzeste Weg zwischen zwei Knoten mit dem originalen oder einem abgewandelten Dijkstra-Algorithmus (siehe Dijkstra 1959) berechnet. Bei dem Streckendistanz-Ansatz wird die Entfernung des Reiseweges über das Verkehrsnetz ermittelt (siehe Handy 1992; Lee und Goulias 1997; Cervero, Rood und Appleyard 1999). Geeigneter als solche Distanzmaße sind Raumwiderstandsmaße, die die Qualität eines Verkehrsnetzes mitberücksichtigen (vgl. Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 94). Dies gilt ins-

besondere für motorisierte Verkehrsmittel in urbanen Räumen. Es sind Widerstandsmaße zu bevorzugen, die relationsbezogene Reisezeiten und/oder Reisekosten enthalten. Die Fahr- oder Gehzeit kann zwischen zwei definierten Knoten eines Verkehrsgraphen bestimmt werden. Das mit deutlichem Abstand in der Praxis bei Erreichbarkeitsanalysen am häufigsten angewandte Widerstandsmaß ist die komplexere Reisezeit. In ihr sind zusätzlich zur Fahr- und Gehzeit zwischen dem Start- und Zielknoten noch die Zugangszeit vom Quellort zum Startknoten und die Abgangszeit vom Zielknoten zum Aktivitätort berücksichtigt (siehe Agyemang-Duah und Hall 1997; El-Geneidy und Levinson 2006; Cooper, Wright und Ball 2009). In die ÖPNV-Reisezeit gehen zumeist auch die Warte- beziehungsweise Umsteigezeiten ein (siehe Prinz und Herbst 2008; Schürmann und Spiekermann 2011). Bei den Individualverkehren wird die Reisezeit manchmal um Dispositions-, Warte-, Stau-, Parkplatzsuch- und/oder Abstellzeiten ergänzt (siehe Gutiérrez, Monzón und Pinéro 1998; Kramar, Kalasek und Seidl 2011; Schwarze und Spiekermann 2014).

Die letzten drei Modellansätze aus der Tabelle 24 sind dadurch gekennzeichnet, dass sie neben den objektiven Maßen als Erweiterung auch subjektive Wahrnehmungen der Raumwiderstände beinhalten können. Bei dem Ansatz der gewichteten Reisezeit wird die Reisezeit in einzelne Abschnitte untergliedert, deren Teilzeiten gesondert gewichtet werden. Die Methode fußt auf der Erkenntnis, dass Personen Zeitdauern abhängig vom Kontext anders empfinden. Bei einer Reise mit dem ÖPNV beispielsweise werden die Warte- und Umsteigezeit ungefähr zweimal zeitbeanspruchender wahrgenommen als die Fahrdauer (vgl. Wardmann 2001, S. 13f.). Für die Erreichbarkeitsanalyse mit gewichteten Reisezeiten bedeutet dies, dass die Warte- und Umsteigezeiten mit dem Faktor 2 zu multiplizieren sind (vgl. Krizek, El-Geneidy, Iacono und Horning 2007, S. 9). Die gewichtete Reisezeit entspricht in der Summe der Addition aller gewichteten Teilzeiten, zum Beispiel:

$$c_{\text{gewichtet}} = \text{Fahrzeit} + 2 \cdot \text{Wartezeit} + 2 \cdot \text{Umsteigezeit} \quad (\text{Gleichung 34})$$

Beispiele für gewichtete Pkw-Reisezeiten finden sich bei Davidson (1980), Miller und Wu (2000) oder Kwok und Yeh (2004). Zur Berechnung von Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren

Tabelle 24: Ansätze zur Abbildung von Raumüberwindungswiderständen.

Modellansatz	Typische Implementierung	Typisches Widerstandsmaß
Luftlinienentfernung	Luftliniendistanz (aus Zentroidkoordinaten)	(Luftlinien-)Kilometer
Streckendistanz	Verkehrsgraph mit Entfernungen	(Strecken-)Kilometer
Fahr-/Gehzeit	Verkehrsgraph mit Fahr-/Gehzeiten	Minuten
Reisezeit	Verkehrsgraph mit Fahr-/Gehzeiten plus Integration von Zugangs-/Abgangszeiten, Umsteigezeiten, Wartezeiten, Stauzeiten, Parksuchzeiten usw.	Minuten
Gewichtete Reisezeit	Verkehrsgraph mit Reisezeiten (s.o.) plus zusätzlicher Gewichtung einzelner Teilreisezeiten (z.B. Stehzeiten im MIV, Umsteigezeiten im ÖPNV)	Minuten
Generalisierte Kosten	Kombination aus Reisekosten, Reisezeit in Form von Zeitkosten sowie anderer Faktoren wie Komfort, Sicherheit o. ä.	Euro
Kombinierter Raumwiderstand	Aggregation der Raumwiderstände unterschiedlicher Verkehrsmittel zu einem einheitlichen Gesamtwert	Minuten/Euro

können gewichtete Reisezeiten nicht empfohlen werden. Sie erschweren die Nachvollziehbarkeit und Vermittelbarkeit der Ergebnisse, weil die gewichtete Reisezeit nicht mehr in direktem Bezug zur realen Reisezeit gesetzt werden kann.

Bei dem Ansatz der generalisierten Kosten wird der Raumwiderstand als bewertete Summe verschiedener Kostenelemente beschrieben. Bei den Kostenelementen kann es sich um Zeitkosten⁸, fixe und variable Geldkosten und auch andere entscheidungsrelevante Faktoren wie Sicherheit, Bequemlichkeit, Komfort oder Ästhetik handeln (vgl. Frost und Spence 1995, S. 1839). Bei der Analyse für den ÖPNV lassen sich zum Beispiel der Reise- und Umsteigekomfort, das Sicherheitsrisiko, die Zuverlässigkeit, die Umgebungsqualität, das Tarifsysteem oder die Informationsqualität berücksichtigen (vgl. Bhat u. a. 2000, S. 5). Bei der Analyse für den MIV sind der Fahrkomfort, das Unfallrisiko, die Umgebungsqualität, der Fahrstress oder die Parkplatzverfügbarkeit integrierbar, bei der Analyse der nichtmotorisierten Verkehre können dies zum Beispiel die Wegequalität, der Wegekomfort, die Existenz von Überquerungshilfen, das Unfallrisiko, das Sicherheitsrisiko oder die Umgebungsqualität sein. Um solche Faktoren verarbeiten zu können, schlagen Bhat u. a. (2000, S. 3) vor, die einzelnen Raumeinheiten des Untersuchungsraums über entsprechende Merkmale zu charakterisieren, zum Beispiel indem der Prozentsatz von Bushaltestellenhäuschen, der Prozentsatz komfortabler Bürgersteige, der Fahrradwegeanteil etc. bestimmt und zusammengefasst bewertet werden (siehe hierzu auch König 1980, S. 163). Alle zu berücksichtigenden Faktoren werden nach dem klassischen ökonomischen Ansatz dann monetarisiert und in einer Kostenfunktion zusammengeführt. Gleichung 35 zeigt ein häufig anzutreffendes Beispiel:

$$c_{ijm} = v_m t_{ijm} + c_m d_{ijm} + u_m k_{ijm} \dots \quad (\text{Gleichung 35})$$

mit c_{ijm} als Aufwand zwischen den Orten i und j mit dem Verkehrsmodus m , t als Reisezeit, d als Reisedistanz, k als Komfortvariable sowie v , c und u als Zeitkosten, Kosten pro Kilometer und Nutzenparameter (Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 22). Das Widerstandsmaß setzt sich aus fiktiven Gesamtreisekosten zusammen. Für die Gewichtung der jeweiligen Faktoren können Haushalts- oder Personenbefragungen herangezogen werden. Je nach Nachfragegruppe und Reisezweck können die Gewichtungsfaktoren variieren (siehe König 1980, S. 163).

Für kommunale Erreichbarkeitsanalysen ist der Einsatz von generalisierten Kosten eher kritisch zu sehen. Ähnlich wie bei den gewichteten Reisezeiten sind die Ergebnisse als Kostenwerte auch hier nur schwierig zu vermitteln. Bei der Etablierung einer regelmäßigen Anwendung von Naherreichbarkeitsindikatoren sollten zunächst Widerstandsmaße eingesetzt werden, die sehr einfach zu verstehen sind und dadurch vertrauensfördernd wirken. Angesichts steigender Treibstoffpreise und einer wahrscheinlich damit verknüpften wachsenden Mobilitätsungleichheit können Kostenaspekte zukünftig noch bedeutender werden als sie es heute bereits sind. Langfristig sollte daher die Einbeziehung von Kosten in die Naherreichbarkeitsanalyse erwogen werden. Das vornehmliche Einsatzgebiet generalisierter Kosten umfasst heute hauptsächlich Potenzial- und Nutzenindikatoren in regional-wissenschaftlichen Analysen.

⁸ Die Zeitkosten [€/h] geben an, wie viel eine Zeitspanne umgerechnet in Geldkosten Wert ist. So kann eine Stunde beispielsweise Zeitkosten im Wert von 10,- € entsprechen. Üblicherweise variieren die Zeitkosten je nach Personengruppe (z.B. Geschäftsführer versus Schüler) und Reisezweck (z.B. Arbeiten versus Freizeit). Aktuelle Herleitungen und Quantifizierungen von Zeitkosten finden sich unter anderem in Studien vom Victoria Transport Policy Institute (2009) oder vom Department for Transport (2011).

Das Gleiche trifft auf die kombinierten Raumwiderstände zu. Normalerweise werden die Erreichbarkeiten für jeweils eine Verkehrsmittelart berechnet, um Unterschiede in der Erreichbarkeit mit einzelnen Verkehrsmitteln darlegen zu können. Bei kombinierten Raumwiderständen sind die verschiedenen Verkehrsmodi in einem Erreichbarkeitsindikator zusammengefasst, „um den kombinierten Effekt alternativer Verkehrsmittelangebote für einen Standort auszudrücken“ (Wegener u. a. 2001, S. 19). Hierzu lassen sich drei Vorgehensweisen unterscheiden. Bei der ersten Methode wird für jedes Aktivitätsziel das Verkehrsmittel mit dem geringsten Reiseaufwand als Widerstandsmaß gewählt und die übrigen Verkehrsmittel werden vernachlässigt. Bei der zweiten Methode ist das Widerstandsmaß der durchschnittliche Reiseaufwand aller Verkehrsmittel. Die einzelnen Verkehrsmittel gehen formal gleichgewichtet in die Erreichbarkeitsanalyse ein. Eine Interpretation der Erreichbarkeitsergebnisse nach Verkehrsmitteln ist nicht möglich, dies müsste separat berechnet werden. Bei der dritten Methode wird ein aggregiertes Widerstandsmaß ermittelt, das die Reiseaufwände der einzelnen Verkehrsmittel zusammenfasst (siehe Mäcke 1970, S. 20f.; Spiekermann 2005, S. 13). Dabei können die generalisierten Kosten c_{ijm} der Verkehrsmittel m zwischen den Orten i und j wie folgt kombiniert werden:

$$\bar{c}_{ij} = -\frac{1}{\lambda} \ln \sum_m \exp(-\lambda c_{ijm}) \quad (\text{Gleichung 36})$$

mit \bar{c}_{ij} als aggregiertes Widerstandsmaß und λ als Sensibilitätsparameter (siehe Williams 1977). Das aggregierte Widerstandsmaß \bar{c}_{ij} hat gegenüber dem zweiten Ansatz den Vorteil, dass die Wegnahme eines Verkehrsmittels, das einen vergleichsweise hohen Reiseaufwand aufweist – zum Beispiel durch die Schließung einer langsamen Bahnlinie –, nicht zu einer verfälschenden Verbesserung der Erreichbarkeitsverhältnisse führt (Wegener u. a. 2001, S. 19). Doch auch die kombinierten Raumwiderstände scheinen für kommunale Planungszwecke nicht zielführend zu sein. Um die Erreichbarkeitseffekte differenziert betrachten zu können, sollten hier die einzelnen Verkehrsarten separat berechnet werden. Ein aggregierender Modellansatz wie mit den kombinierten Raumwiderständen sollte bestenfalls als Ergänzung dienen.

Die Diskussion, ob eher objektive Widerstandsmaße wie Reisezeiten oder subjektivierte Widerstandsmaße wie gewichtete Reisezeiten oder generalisierte Kosten verwendet werden sollten, wird kontrovers geführt. Befürworter der subjektivierte Maße sehen in objektiven Widerstandsmaßen eine nicht zu akzeptierende Vereinfachung der individuellen Wahrnehmungssituation (so zum Beispiel König 1980, S. 161; siehe auch Wilson 1971; Davidson 1980). Aus Sicht der Verhaltensforschung ist die Nutzung subjektiver Widerstandsmaße zweckmäßig und interessant (Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 94). Für die Verfechter objektiver Widerstandsmaße dagegen sollten Wirkungsanalysen politisch-planerischer Maßnahmen nach möglichst objektiven und rationalen Kriterien erfolgen (so zum Beispiel Vickerman, Spiekermann und Wegener 1999, S. 5). Nur mit ihnen lassen sich räumlich-zeitlich konsistente Vergleichsanalysen durchführen. Entsprechend der Zielsetzung in dieser Arbeit werden für die Analyse und Beobachtung standörtlicher Erreichbarkeit die objektiven Widerstandsmaße präferiert. Nicht die korrekte Abbildung des Verhaltens von Personen steht im Vordergrund, sondern die Bewertung der durch Siedlungs- und Verkehrsstruktur vorgegebenen Voraussetzungen und die Möglichkeitsformen zur Teilhabe an Aktivitäten (siehe Kapitel 2.3). Hinzu kommt, dass objektive Widerstandsmaße praktikabler, also einfacher zu berechnen sind und problemlos für Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren verwendet werden können. Zudem eignen sie sich zur Festsetzung verständlicher, normativer Mindeststandards.

Obwohl die Reisekosten für einige Bevölkerungsgruppen die größte Barriere für die Erreichbarkeit bestimmter Aktivitäten darstellen (vgl. Department for Transport 2006a, S. 54), konnten in der Literaturanalyse keine Beispiele für kostenbasierte Erreichbarkeitsanalysen zu menschlichen Aktivitätszielen ausfindig gemacht werden. Hier scheint es noch weiteren Forschungsbedarf zu geben. In der Praxis werden sehr deutlich Reisezeit-Ansätze bevorzugt, die in aller Regel allerdings auch einfacher zu kommunizieren sind. Ruppert (1975, S. 106) merkt zu der häufigen Wahl der Reisezeit als Widerstandsmaß an, dass dies durchaus tragbar sei, „solange nicht mit massiver Parkraumbewirtschaftung oder der Einführung des Nulltarifs das [...] Preisgefüge drastisch verschoben wird.“ Auch die zeitliche Stabilität der durchschnittlichen Wegedauern (siehe Kapitel 1.1.1) sind ein Argument für die Reisezeit als Widerstandsmaß (siehe Kutter 2003, S. 116). Die Zeit hat in einer modernen Gesellschaft mit hohem Lebensstandard einen besonderen Stellenwert (vgl. Michael 1993) und zählt zu den wenigen nichtsubstituierbaren Faktoren (vgl. Walther, Oetting und Vallée 1997). Für Naherreichbarkeitsanalysen ist es zweckmäßig, im Zuge einer Tür-zu-Tür-Betrachtung auch die Geh-, Warte- oder Parkzeiten bei Pkw- und ÖPNV-Fahrten zu berücksichtigen. Dies ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit der Reisezeiten zu den nicht-motorisierten Verkehrsmitteln.

5.3.2 Funktionstyp

Der Unterschied zwischen Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren resultiert vor allem aus der Form ihrer Widerstandsfunktion $f(c_{ij})$ (siehe Tabelle 3 im Kapitel 3.3). Während Reiseaufwandsindikatoren eine lineare und Kumulationsindikatoren eine binäre Widerstandsfunktion aufweisen, haben Potenzialindikatoren einen parametrisierten Funktionstyp, mit dem die Raumwiderstände aufwandsabhängig gewichtet werden. Hiermit wird berücksichtigt, dass die Akzeptanz zum Aufsuchen entfernter Aktivitätsorte mit zunehmendem Reiseaufwand abnimmt. Je nach Nachfragegruppe, Reisezweck oder Verkehrsmittel variiert die Reiseaufwandsensibilität. Die Wahl des Funktionstyps der Widerstandsfunktion hat einen hohen Einfluss auf die Erreichbarkeitsergebnisse. Durch die Formulierung des Funktionstyps soll die Reiseaufwandssensibilität möglichst lebenssecht abgebildet werden (Vickerman 1974, S. 678) und der gemessene Reiseaufwand in einen „wahrgenommenen“ Aufwand überführt werden (Löffler und Klein 1988, S. 15). Hinsichtlich des Typs der Widerstandsfunktion kann zwischen Potenz-, Exponential-, Gauß- und EVA-Funktionen unterschieden werden. Abbildung 22 veranschaulicht die Funktionstypen schematisch mit beispielhaften Parametern.

Beim klassischen Erreichbarkeitsmaß von Hansen (1959) kam als Widerstandsfunktion $f(c_{ij})$ in Analogie zum physikalischen newtonschen Gravitationsgesetz eine reziproke Potenzfunktion zum Einsatz:

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-\beta} \quad \text{mit } \beta > 0 \quad (\text{Gleichung 37})$$

mit c_{ij} als Raumwiderstand zwischen den Orten i und j sowie β als Exponent zur Abbildung der Reiseaufwandssensibilität. Die reziproke Potenzfunktion kommt heutzutage nur noch gelegentlich zum Einsatz (siehe Linneker und Spence 1992; Cevero, Rood und Appleyard 1999; Wang 2003). Weiterführende mathematisch-statistische und verhaltenstheoretische Überlegungen zum räumlichen Interaktionsverhalten führten zu einer negativen Exponentialfunktion als geeignete Variante der Widerstandsfunktion (siehe Wilson 1967, 1970; Maier und Weiss 1990). Sie zählt mit sehr deutlichem Abstand zu dem in der Praxis und Forschung am häufigsten angewandten Funktionstypen (vgl. Handy und Niemeier 1997, S. 1177). Bis heute ist die negative Exponentialfunktion die etablierte Widerstandsfunktion. Ihre Grundform lautet:

$$f(c_{ij}) = \exp(-\beta c_{ij}) \quad \text{mit } \beta > 0 \quad (\text{Gleichung 38})$$

mit c_{ij} als Raumwiderstand zwischen den Orten i und j sowie β als Gewichtungsfaktor zur Abbildung der Reiseaufwandssensibilität. Problematisch wird die Anwendung der negativen Exponentialfunktion, wenn sehr nahe und sehr weit entfernte Aktivitätsziele zugleich betrachtet werden. Nach Ansicht Ingrams (1971, S. 105) neigt die negative Exponentialfunktion zu einem zu starken Abklingen der Funktionskurve in der Nähe des Quellortes (vgl. Klein 1992, S. 51ff.). Er und einige weitere Erreichbarkeitsforscher schlugen aufgrund empirischer Analysen und praktischer Erprobungen Verbesserungen vor (siehe Ingram 1971; Lohse 1977; Haynes und Phillips 1987). Als geeignetere Variante wird eine modifizierte Gauss'sche Widerstandsfunktion befürwortet:

$$f(c_{ij}) = \exp\left(-\frac{c_{ij}^2}{\gamma}\right) \quad \text{mit } \gamma > 0 \quad (\text{Gleichung 39})$$

mit c_{ij} als Raumwiderstand zwischen den Orten i und j sowie γ als Parameter zur Modellierung der Reiseaufwandssensibilität (siehe de Jong und Ritsema van Eck 1996; Haynes, Lovett und Sünnenberg 2003). In der Planungspraxis wird diese Gauss'sche Widerstandsfunktion nur äußerst selten angewendet. Lohse (1977) führte mit der EVA-Funktion eine weitere, alternative Widerstandsfunktion ein. Sie stellt eine Verfeinerung der modifizierten Gauss'schen Widerstandsfunktion dar, ist ihr letztendlich aber recht ähnlich. In Quellortnähe weist sie eine zunächst sehr geringe Reiseaufwandssensibilität auf, die im mittleren Abschnitt zunächst stark zunimmt, danach stark abnimmt und im letzten Abschnitt relativ konstant bleibt. Die Formel lautet:

$$f(c_{ij}) = (1 + c_{ij})^{-\varphi(c_{ij})} \quad (\text{Gleichung 40})$$

$$\text{mit } \varphi(c_{ij}) = \frac{E}{1 + \exp(F \cdot (1 - c_{ij}/WP))} \quad (\text{Gleichung 41})$$

mit c_{ij} als Raumwiderstand zwischen den Orten i und j sowie E , F und WP als Parameter zur Modellierung der Reiseaufwandssensibilität. WP ist der Wendepunkt der Funktion $\varphi(c_{ij})$ (Schnabel und Lohse 2011, S. 189).

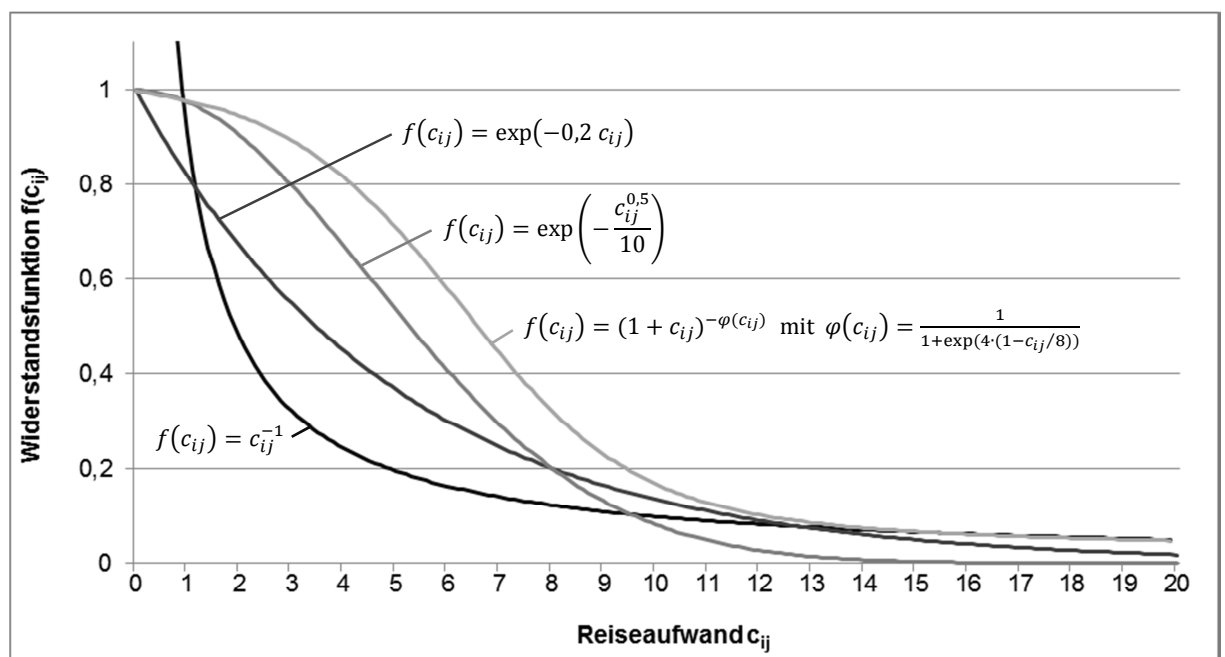


Abbildung 22: Unterschiedliche Formen der Widerstandsfunktion.

Kwan (1998) untersuchte systematisch die Auswirkungen unterschiedlicher Widerstandsfunktionen auf die Ergebnisse von Potenzialindikatoren. Sie zeigte auf, dass die resultierenden Erreichbarkeitsmuster trotz unterschiedlicher Funktionstypen mit $r > 0,9$ signifikant korrelieren und dies unabhängig davon, ob die Reiseaufwandssensibilität eher niedrig oder hoch angesetzt wurde (Kwan 1998, S. 206; siehe auch Dalvi und Martin 1976, S. 27; Luo und Wang 2003; BAK Basel Economic 2005, S. 32). Die Ergebnisse von Erreichbarkeitsanalysen mit unterschiedlichen Widerstandsfunktionen und Reiseaufwandssensibilitätsparameter lassen sich als relativ robust bezeichnen. Die Unterschiede bestehen eher darin, dass schnell fallende Funktionskurven wie die negative Exponentialfunktion dazu tendieren, die Disparitäten in der Erreichbarkeit stärker hervorzuheben. Ihre Anwendung führt zu differenzierteren Resultaten als dies bei langsam fallenden Funktionskurven wie der modifizierten Gauss'sche Funktion oder der EVA-Funktion der Fall ist. Bei ihnen sind die relativen Unterschiede weniger ausgeprägt, sodass die Erreichbarkeitsverhältnisse einer Stadtregion konvergenter und ebenmäßiger erscheinen (Bhat u. a. 2001, S. 19ff.).

Betrachtet man die planerische und wissenschaftliche Praxis, so dominiert die negative Exponentialfunktion die Anwendungen deutlich. Andere Funktionstypen werden als Widerstandsfunktionen nur äußerst selten verwendet. Der größte Vorteil gegenüber allen anderen Widerstandsfunktionen liegt bei der negativen Exponentialfunktion in ihrer theoretischen Fundierung (vgl. Handy und Niemeier 1997, S. 1177; Bleisch 2005, S. 78). Sie wurde nicht nur als empirisches Modell hergeleitet, sondern ist zugleich verhaltenstheoretisch begründet (siehe Kapitel 3.3.3 und 3.3.4). Für Naherreichbarkeitsanalysen mit Potenzialindikatoren kann sie durchaus verwendet werden. Im Zweifel sollten zur Wahl der richtigen Widerstandsfunktion Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden.

5.3.3 Reiseaufwandssensibilität

Die Reiseaufwandssensibilität drückt die Empfindlichkeit gegenüber dem Reiseaufwand aus. In der Widerstandsfunktion spiegelt der Reiseaufwandssensibilitätsparameter die Bereitschaft von Individuen zur Raumüberwindung zum Zwecke der Ausübung von Aktivitäten wider. Bei der Auswahl zwischen einem gleichwertigen Aktivitätsangebot in der Nähe des Wohnorts und in größerer Entfernung werden die näheren Aktivitätszielorte im Allgemeinen häufiger akzeptiert und aufgesucht als die entfernteren (Kutter 2003, S. 157). Mit dem Funktionsparameter wird die relative Wichtigkeit des Angebots an Aktivitätsgelegenheiten in Wohnortnähe bestimmt. Dabei variiert die Wichtigkeit beziehungsweise Raumwiderstandssensibilität je nach Reisezweck, Verkehrsmittel und Nachfragegruppe:

- *Reisezweck*: Für Freizeitaktivitäten und Arbeitswege werden in der Regel längere Wege in Kauf genommen als zum Beispiel zum Einkaufen (siehe Infas und DLR 2008a, Wegeblatt S. 41),
- *Verkehrsmittel*: Mit dem ÖPNV oder Pkw werden in der Regel längere Wege in Kauf genommen als beim Zufußgehen oder Fahrradfahren (siehe ebd.),
- *Nachfragegruppe*: Erwerbstätige oder Pkw-Besitzer nehmen in der Regel längere Wege in Kauf als Kinder, Jugendliche oder Senioren (siehe Kutter 2003, S. 113f.).

Tabelle 25 gibt eine Übersicht über die Verteilung von Wegedauern nach Nachfragegruppe, Reisezweck und Verkehrsmittel sowie die jeweilige durchschnittliche Wegedauer in Deutschland. Die Reiseaufwandssensibilität ist vom gewählten Widerstandsmaß abhängig. Ist als Wi-

Tabelle 25: Wegedauern nach Nachfragegruppe, Reisezweck und Verkehrsmittel.

Kategorie	Wegedauern in Minuten					
	< 5	5-10	10-15	15-30	> 30	Ø
Nachfragegruppe						
Erwerbstätige mit verfügbarem Auto	6,3 %	18,1 %	18,5 %	28,0 %	29,0 %	25,0 Min.
Erwerbstätige ohne Auto	4,8 %	15,5 %	16,1 %	27,5 %	35,6 %	30,3 Min.
Nichterwerbstätige mit verfügbarem Auto	6,1 %	20,8 %	21,2 %	27,9 %	23,9 %	22,2 Min.
Nichterwerbstätige ohne Auto	4,1 %	15,9 %	19,5 %	27,9 %	32,4 %	28,4 Min.
Studenten mit verfügbarem Auto	5,8 %	16,1 %	18,7 %	29,1 %	30,1 %	27,1 Min.
Studenten ohne Auto	7,2 %	11,9 %	19,3 %	29,5 %	32,0 %	27,7 Min.
Auszubildende mit verfügbarem Auto	4,7 %	16,4 %	17,3 %	31,4 %	30,0 %	25,0 Min.
Auszubildende ohne Auto	4,6 %	9,0 %	12,0 %	30,8 %	43,5 %	31,4 Min.
Kinder bis 6 Jahre	8,5 %	23,9 %	21,1 %	25,0 %	21,5 %	21,8 Min.
Schüler bis 10 Jahre	7,5 %	22,1 %	22,8 %	28,7 %	18,8 %	20,7 Min.
Schüler ab 11 Jahren	5,1 %	17,0 %	18,8 %	30,0 %	29,1 %	25,1 Min.
Reisezweck						
Arbeit	2,8 %	11,4 %	15,5 %	32,8 %	37,3 %	27,3 Min.
Ausbildung	3,4 %	16,0 %	18,5 %	32,0 %	29,9 %	22,9 Min.
Einkauf	8,7 %	28,0 %	24,3 %	25,7 %	13,2 %	14,9 Min.
Erledigung	7,5 %	20,5 %	21,3 %	29,5 %	21,1 %	19,2 Min.
Freizeit	5,3 %	15,1 %	17,1 %	26,6 %	35,5 %	32,2 Min.
Hauptverkehrsmittel						
Zu Fuß	11,3 %	22,5 %	19,5 %	21,2 %	25,5 %	23,5 Min.
Fahrrad	6,7 %	24,7 %	25,7 %	27,1 %	15,8 %	18,6 Min.
MIV-Mitfahrer	3,9 %	18,7 %	20,6 %	31,3 %	25,4 %	24,5 Min.
MIV-Fahrer	4,6 %	19,2 %	21,0 %	31,8 %	23,3 %	20,9 Min.
Öffentlicher Personenverkehr	0,6 %	2,4 %	6,2 %	26,2 %	64,0 %	47,1 Min.

Anmerkungen: Alle Angaben ohne regelmäßige berufliche Wege.
Fehlende Anteile entsprechen unplausiblen Angaben.

Quelle: Infas und DLR 2008a, Wegeblatt S. 47f.

derstandsmaß die Reisezeit gewählt worden, so sind die Annahmen zur Reiseaufwandssensibilität ebenfalls als Reisezeit zu bestimmen. Der Reiseaufwandssensibilitätsparameter sollte dann idealerweise durch örtliche empirische Daten gestützt (siehe Johansson, Klaesson und Olsson 2002) festgelegt werden. Nachfolgend werden verschiedene Methoden und Überlegungen zur Herleitung des Parameters diskutiert.

Bei Kumulationsindikatoren wird die Reiseaufwandssensibilität über eine zu definierende Reisebudgetgrenze, zum Beispiel eine maximale Reisezeit festgelegt. Um den Vergleich von Verkehrsmitteln zu ermöglichen, bietet es sich an, für jeden Reisezweck eine über alle Verkehrsmittel einheitliche Reisezeitgrenze zu nutzen. Die Reisezeitgrenze lässt sich empirisch oder normativ herleiten.

Im ersten Fall wird die Grenzbedingung auf der Grundlage einer empirischen Analyse von Verkehrserhebungsdaten ermittelt. Zumeist werden die Reisezeitgrenzen auf der Basis der 80 %- oder 90 %-Quantile festgelegt (siehe Ruppert 1975, S. 125; Bertolini, le Clercq und Kapoen 2005). Obwohl die Festlegung der Reisezeitgrenze auf empirischen Daten beruht, ist die Wahl des Richtwerts in gewisser Weise willkürlich, zumindest dann, wenn er nicht aus plausiblen Gründen hergeleitet wird (so Ruppert 1975, S. 125). Um dieses Problem zu umgehen, werden bei Erreichbarkeitsanalysen manchmal zeitlich fortlaufende Erreichbarkeitsprofile erstellt (siehe Morris, Dumble und Wigan 1979; Black, Kuranami und Rimmer 1982; Schwarze und Spiekermann 2014) oder mehrere Reisezeitgrenzen formuliert (siehe Wachs und Kumagai 1973; Luo und Wang 2003; Kawabata und Shen 2006). Bei der „Accessibility Planning“ in England beispielsweise wurden nach einer Auswertung der nationalen Erhebung zum Verkehrsverhalten zwei Reisezeitgrenzen, also eine untere und eine obere Reisezeitgrenze festgelegt (siehe Tabelle 4). Die untere Reisezeitgrenze repräsentiert den Median, die obere Reisezeitgrenze basiert auf dem 80%- bis 90%-Quantil, entsprechend auf- oder abgerundet (siehe Department for Transport 2006b, S. 6). Die kumulativen Kernerreichbarkeitsindikatoren werden für diese beiden Reisezeitgrenzen berechnet.

Im zweiten Fall handelt es sich um eine bewusst formulierte, politisch-planerische Zielsetzung, an der man sich bei der Bewertung der kommunalen Erreichbarkeitsverhältnisse orientieren kann. So könnten Anspruchsniveaus formuliert und Erreichbarkeitsmindeststandards definiert werden. Zum Beispiel könnte festgelegt werden, dass Grundschüler die nächste Grundschule innerhalb von 15 Minuten erreichen sollten (siehe Tabellen 4, 5 und 10). Für die Berechnung des Kumulationsindikators wird im Folgenden dann diese Reisezeitgrenze verwendet. Solche normative Entscheidungen werden in der Regel nicht aus dem Nichts gefällt. Zumeist dienen hierbei empirische Daten als Anhaltspunkte (siehe Bertolini, le Clercq und Kapoen 2005, S. 211). Eine weitergehende Diskussion darüber, ob zur Festlegung von Reiseaufwandssensibilitätsparametern eher ein empirischer oder ein normativer Ansatz zu verfolgen sei, wird am Ende dieses Abschnitts geführt.

Bei Potenzialindikatoren wird die Reiseaufwandssensibilität durch den oder die Funktionsparameter der Widerstandsfunktion abgebildet. Um realistische Erreichbarkeitsverhältnisse abzubilden, sollten die Funktionsparameter sorgsam kalibriert werden (vgl. Bröcker 1989, S. 817; Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 41; Kwan 1998, S. 208). Da die negative Exponentialfunktion eine empirisch *und* verhaltenstheoretisch begründete Form der Widerstandsfunktion ist und aus diesem Grund ihre Anwendung hier präferiert wird, konzentrieren sich die nachfolgenden Ausführungen zu den Möglichkeiten der Herleitung und Kalibrierung der Reiseaufwandssensibilitätsparameter für negative Exponentialfunktionen. Entsprechende Hinweise für die inverse Potenzfunktion und die modifizierte Gauss'sche Funktion finden sich bei Echenique, Crowther und Lindsay (1969, S. 296ff.) oder Vickerman (1974, S. 678). Entsprechende Hinweise zur EVA-Funktion können Schnabel und Lohse (2011, S. 189ff.) entnommen werden.

Bei der negativen Exponentialfunktion wird die Reiseaufwandssensibilität durch den β -Parameter abgebildet (siehe Gleichung 37). Veränderte β -Werte wirken umso mehr auf die Erreichbarkeitsergebnisse ein, desto ungleicher die Aktivitätsgelegenheiten im Untersuchungsraum verteilt sind (vgl. Dalvi und Martin 1976, S. 27). Je größer der β -Wert ist, desto größer ist die angenommene Reiseaufwandssensibilität beziehungsweise desto stärker beeinträchtigt der Reiseaufwand die Attraktivität der Aktivitätszielorte. Abbildung 23 veranschaulicht den Einfluss des Reiseaufwandssensibilitätsparameters β auf die negative Exponentialfunktion graphisch.

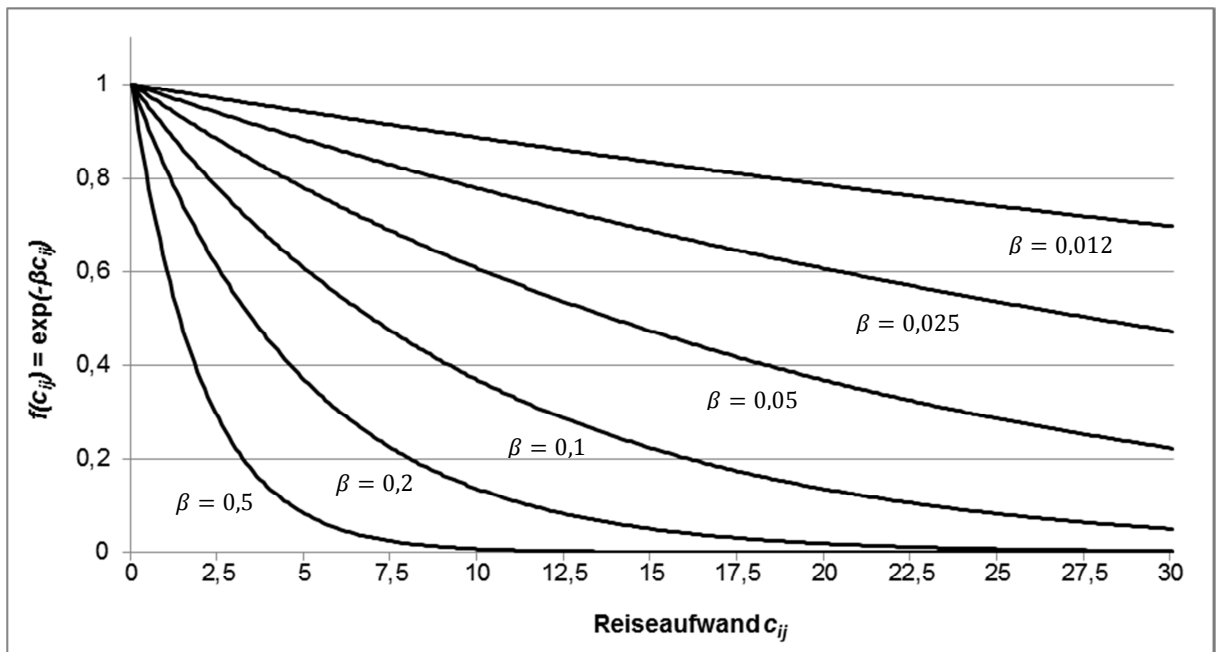


Abbildung 23: Einfluss des β -Parameters auf die negative Exponentialfunktion.

Bei einem Widerstandsmaß, das die Reisezeit in Minuten darstellt, entspricht der β -Wert der Halbwertszeit. So wird mit dem Funktionsparameter die Zeitspanne angegeben, in der sich bei der Erreichbarkeitsberechnung die Attraktivität eines Aktivitätsziels aufgrund des zur Raumüberwindung notwendigen Zeitaufwands halbiert. Tabelle 26 zeigt zur besseren Einordnung typische Halbwertszeiten für unterschiedliche Raumbezugsebenen. Bei Naherreichbarkeitsanalysen liegt der β -Wert der negativen Exponentialfunktion üblicherweise in einem Wertebereich zwischen 0,05 und 0,35. Die Halbwertszeit beträgt hierbei zwischen 2 und 14 Minuten (vgl. Andersson und Karlsson 2002, S. 11).

Tabelle 26: Typische Raumwiderstandssensibilitätswerte und Halbwertszeiten.

Raumbezugsebene	Typische Aktivität	Typischer Zeitaufwand	Typischer β -Wert	Typische Halbwertszeit
Lokal	z.B. Schulbesuch, täglicher Einkauf	< 15 Minuten	$\beta = 0,1$	ca. 7 Minuten
Intraregional	z.B. Arbeiten, Theaterbesuch	15 - 50 Minuten	$\beta = 0,05$	ca. 14 Minuten
Überregional	z.B. Dienstreise	> 50 Minuten	$\beta = 0,012$	ca. 58 Minuten

Uneinigkeit herrscht in der Erreichbarkeitsforschung über die korrekte Verfahrensweise zur Bestimmung des Funktionsparameters. Der kritische Punkt, an dem sich die Lager entzweien, besteht vor allem in der Frage, ob der Reiseaufwandssensibilitätsparameter β empirisch aus Verkehrsverhaltensdaten abgeleitet oder normativ festgelegt werden sollte. Die Mehrheit sieht in der empirischen Analyse den methodisch besseren Weg werden (so zum Beispiel Hansen 1959; Wilson 1971; Bröcker 1989; Miller 1991; Shen 1998; Geurs und Ritsema van Eck 2003; Iacono, Krizek und El-Geneidy 2008). Ihrer Meinung nach sollte der Reiseaufwandssensibilitätsparameter β am besten mit Hilfe aktueller Verkehrsverhaltensdaten aus dem Untersuchungsraum geschätzt werden. Hierbei müssen die Widerstandsmaße der empirischen Untersuchung mit denen der Erreichbarkeitsanalyse übereinstimmen. Bei der Reisezeit ist dies zu meist unproblematisch, da in der Regel entsprechende zeitbezogene Verhaltensdaten vorliegen. Wurden allerdings nur Reisedistanzen erhoben, so kann gegebenenfalls eine Umrechnung in Reisezeiten über Schätzverfahren durchgeführt werden. Ist es angedacht, eine gewichtete Reisezeit als Widerstandsmaß zu verwenden, sollten auch bei der empirischen Herleitung gewichtete Reisezeiten als Bezugsgröße genutzt werden. Hierzu empfiehlt Ruppert (1975, S. 108f.) ein auf durchschnittliche Teilreisezeiten basierendes Verfahren, mit dem die Reiseaufwandssensibilität anhand fiktiver Reisezeiten kalibriert wird.

Räumliche Interaktionsmodelle liefern die methodische Basis zur empirisch-analytischen Herleitung von Reiseaufwandssensibilitätsparametern. In ihnen werden Reiseaufwandssensibilität, Erreichbarkeit und Verkehrsströme als voneinander abhängige Größen betrachtet (siehe Sheppard 1995). Bei einem quell- und zieleitig beschränkten räumlichen Interaktionsmodell mit einer negativen Exponentialfunktion als Widerstandsfunktion ist die Anzahl der Interaktionen T zwischen den Zonen i und j wie folgt bestimmt:

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (\text{Gleichung 42})$$

$$\text{mit } A_i = \frac{1}{\sum_j B_j D_j e^{-\beta c_{ij}}} \quad (\text{Gleichung 43})$$

$$B_j = \frac{1}{\sum_i A_i O_i e^{-\beta c_{ij}}} \quad (\text{Gleichung 44})$$

mit T_{ij} als Anzahl der Interaktionen zwischen den Zonen i und j , O_i als Quellverkehrsaufkommen, D_j als Zielverkehrsaufkommen, A_i und B_j als Ausgleichsfaktoren sowie $e^{-\beta c_{ij}}$ als Widerstandsfunktion (siehe Wilson 1967; 1970). Im einfachsten Fall kann der Funktionsparameter β für die Erreichbarkeitsanalyse aus einem bereits kalibrierten Interaktionsmodell übernommen werden (vgl. Handy und Niemeier 1997, S. 1180). Anderenfalls lässt er sich mathematisch aus geeignetem Datenmaterial, beispielsweise wenn Verkehrsstrom- und Reiseaufwandsdaten vorliegen, durch Kalibrierung des Interaktionsmodells mittels Entropiemaximierung beziehungsweise Maximum-Likelihood-Schätzung herleiten (siehe stellvertretend Wilson 1970; Batty und Mackie 1972; Batty u. a. 1973; Kádas und Klafszky 1976; Fotheringham und O'Kelly 1989; Steierwald, Kühne und Vogt 2005; Batty 2010; Schnabel und Lohse 2011). Da für die Erreichbarkeitsberechnung nicht die vollständigen Verkehrsströme von Interesse sind, sondern nur das Zielwahlverhalten, kann optional auch ein quellseitig beschränktes räumliches Interaktionsmodell herangezogen werden (siehe Wilson 1970; Wang 2003). Bei einer Linearisierung des Quellverkehrs ergibt sich folgendes, vereinfachtes Interaktionsmodell:

$$T_{ij} = A_i O_i W_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (\text{Gleichung 45})$$

$$\text{mit } A_i = \frac{1}{\sum_j W_j e^{-\beta c_{ij}}} \quad (\text{Gleichung 46})$$

mit T_{ij} als Anzahl der Interaktionen zwischen den Zonen i und j , O_i als Quellverkehrsaufkommen, W_j als Attraktivität der Zone j , A_i als Ausgleichsfaktor sowie $e^{-\beta c_{ij}}$ als Widerstandsfunktion.

Eine weitere, einfachere Möglichkeit zur Bestimmung des Reiseaufwandssensibilitätsparameters bieten Regressionsmodelle. Werden beim unbeschränkten räumlichen Interaktionsmodell die Quell- und Zielverkehrsaufkommen ignoriert und beide Seiten der Formel logarithmiert, so lässt sich der gesuchte β -Parameter mittels der Kleinste-Quadrate-Methode direkt schätzen:

$$\ln T_{ij} = \ln \alpha - \beta c_{ij} \quad (\text{Gleichung 47})$$

mit T_{ij} als Anzahl der Interaktionen zwischen den Zonen i und j , α als Parameter und c_{ij} als Reiseaufwand zwischen den Zonen i und j (siehe Iacono, Krizek und El-Geneidy 2008, S. 7). Die unabhängige Variable ist der Reiseaufwand, die abhängige Variable die Anzahl der Interaktionen. Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise findet sich bei Fotheringham und O'Kelly (1989). Nicht selten liegen anstelle von Verkehrsstromdaten lediglich aggregierte, reiseaufwandsspezifische Verkehrsaufkommensdaten vor, zum Beispiel in Form einer reisezweck- und/oder verkehrsmittelspezifischen Verteilung von Wegen nach Reisedauern. In diesem Fall lässt sich die Gleichung 47 etwas umgeformt anwenden:

$$P_{pmk} = \alpha e^{-\beta c_{pmk}} \quad (\text{Gleichung 48})$$

mit P_{pmk} als prozentualer Anteil der Wege der Nachfragegruppe k mit dem Verkehrsmittel m zum Aktivitätstyp k , α als Parameter und c_{pmk} als Reiseaufwand (Shen 1998, S. 352; Iacono, Krizek und El-Geneidy 2008, S. 7). Die unabhängige Variable ist wiederum der Reiseaufwand, die abhängige Variable ist diesmal der prozentuale Wegeanteil. Sollten in der Praxis nach Nachfragegruppe, Verkehrsmittel und Aktivitätstyp unterschiedene Wegeaufwandsdaten nicht verfügbar sein – was nicht selten der Fall ist –, müssen adäquate, aggregierte Kompromisslösungen gefunden werden, mit denen möglichst valide Ergebnisse erzielt werden (siehe Haynes, Lovett und Sünneberg 2003).

Unabhängig davon, wie die Reiseaufwandssensibilitätsparameter hergeleitet wurden, sollten sie zur Sicherheit stets durch experimentelle Berechnungen und Sensitivitätsanalysen auf Plausibilität überprüft werden (Dalvi und Martin 1976, S. 26). Tabelle 27 zeigt einige in lokalen Erreichbarkeitsanalysen verwendete β -Werte samt dazugehörigen Halbwertszeiten. In allen Fällen wurde die Reisezeit in Minuten als Raumwiderstandsmaß gewählt. Alle dargestellten Werte wurden aus Verkehrsdatenbanken abgeleitet, eingeklammerte Werte kennzeichnen ein Bestimmtheitsmaß von $r^2 < 0,4$. Die hinsichtlich Aktivitätsart und Verkehrsmittel zu erwartenden Unterschiede bei der Reiseaufwandssensibilität sind erkennbar. Iacono, Krizek und El-Geneidy (2008, S. 23) verweisen in diesem Zusammenhang auf die Schwierigkeit bei lokalen Datenerhebungen für disaggregierte Analysemodelle eine ausreichende Grundgesamtheit zu erhalten. Zudem halten sie fest, dass sich der ÖPNV durch eine negative Exponentialkurve nicht oder nur sehr schlecht abdecken ließe, da Reisezeiten mit dem ÖPNV eher eine glockenförmige als eine L-Verteilung aufweisen. Shen (1998) und das Department for Transport (2010) verwandten für den ÖPNV die gleichen Reiseaufwandssensibilitätsparameter wie beim MIV. Dies bietet den Vorteil, dass die modalen Erreichbarkeitswerte vergleichbar bleiben.

Tabelle 27: In der Praxis mit negativen Exponentialfunktionen angewandte β -Parameter.

Studie	Aktivitätsart	Verkehrsmittel	β -Parameter	Halbwertszeit
Dalvi und Martin 1976	Arbeiten	Pkw	$\beta = 0,170$	4 Min.
	Einkaufen	Pkw	$\beta = 0,225$	3 Min.
	Besuchen	Pkw	$\beta = 0,225$	3 Min.
Shen 1998	Arbeiten	Pkw/ÖPNV	$\beta = 0,1034$	6 $\frac{3}{4}$ Min.
„Metro Accessibility Matrix“ (Iacono, Krizek und El-Geneidy 2008)	Arbeiten	Zu Fuß	$\beta = 0,1$	7 Min.
		Fahrrad	($\beta = 0,03$)	(23 Min.)
		ÖPNV	($\beta = 0,0102$)	(68 Min.)
	Schule	Zu Fuß	$\beta = 0,1$	7 Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,0998$	7 Min.
	Einkaufen	Zu Fuß	$\beta = 0,09$	7 $\frac{3}{4}$ Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,1$	7 Min.
		ÖPNV	($\beta = 0,029$)	(24 Min.)
	Freizeit	Zu Fuß	$\beta = 0,09$	7 $\frac{3}{4}$ Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,07$	10 Min.
„Accessibility Planning“ in England (Department for Transport 2010)	Arbeiten	Pkw/ÖPNV	$\beta = 0,022$	31 $\frac{1}{2}$ Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,091$	7 $\frac{1}{2}$ Min.
	Ausbildung	Pkw/ÖPNV	$\beta = 0,032$	21 $\frac{3}{4}$ Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,095$	7 $\frac{1}{4}$ Min.
	Grundschule	Pkw/ÖPNV	$\beta = 0,107$	6 $\frac{1}{2}$ Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,101$	6 $\frac{3}{4}$ Min.
	Schule mit Sekundarstufe	Pkw/ÖPNV	$\beta = 0,056$	12 $\frac{1}{2}$ Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,101$	6 $\frac{3}{4}$ Min.
	Einkaufen	Pkw/ÖPNV	$\beta = 0,080$	8 $\frac{1}{2}$ Min.
		Fahrrad	$\beta = 0,094$	7 $\frac{1}{4}$ Min.
Arzt/Krankenhaus	Pkw/ÖPNV	$\beta = 0,055$	12 $\frac{1}{2}$ Min.	
	Fahrrad	$\beta = 0,095$	7 $\frac{1}{4}$ Min.	

Hinweis: Werte in Klammern weisen ein Bestimmtheitsmaß von $r^2 < 0,4$ auf.

Die Kritiker des empirischen Ansatzes machen geltend, dass das gemessene Verkehrsverhalten unter Umständen nicht die „wahre“ Raumwiderstandssensibilität wiedergibt (vgl. Luo und Wang 2003, S. 875). Diese Problematik umfasst nicht nur einzelne Verkehrsmittel, vielmehr ist sie systemimmanent bei der Ableitung aus empirischen Verhaltensdaten. Fehlende beziehungsweise eingeschränkte Angebote oder mangelnde Wahlfreiheit führten *wegen* einer schlechten Naherreichbarkeit dazu, dass notwendigerweise ungünstige und längere Wege auf sich genommen werden *müssen*. In diesem Fall entspräche eine empirisch festgestellte Raumwiderstandssensibilität nicht dem tatsächlichen individuellen Erreichbarkeitsbedürfnis (siehe Rodríguez 2002). Es wird auf die Gefahr der Tautologie verwiesen, die eine empirische-analytische Herleitung mit sich bringt (siehe Vickerman 1974, S. 689; Morris, Dumble und Wigan 1979, S. 95). Da das Verkehrsverhalten von der individuellen Erreichbarkeit geprägt ist, führt die Ableitung der Reiseaufwandssensibilität aus Verkehrsverhaltensdaten nach Ansicht der Kritiker des empirischen Ansatzes zu einem nicht auflösbaren Zirkelschluss. Aus diesen Gründen ist aus ihrer Sicht der Wert für den Raumwiderstandssensibilitätsparameter β „nicht empirisch feststellbar, sondern durch Annahmen zu setzen“ (Giffinger 2010, S. 5). Zur Unter-

mauerung plausibler Annahmen können hierbei gezielte Haushaltsbefragungen vorgenommen oder Expertenmeinungen zu Rate gezogen werden. Zudem sind die angenommenen Reiseaufwandssensibilitätsparameter durch experimentelle Berechnungen und Sensitivitätsanalysen zu überprüfen (siehe Schürmann, Spiekermann und Wegener 1997, S. 40f.).

Die Entscheidung, auf welche Weise die Reiseaufwandssensibilität festgelegt wird, muss letztendlich in Abhängigkeit vom Untersuchungszweck und im Einzelfall vor Ort getroffen werden. Auch bei einer normativen Festsetzung der β -Parameter sollten, soweit möglich, die prinzipiellen Unterscheidungen zwischen den einzelnen Nachfragegruppen, Aktivitätsarten und Verkehrsmitteln berücksichtigt bleiben. In diesem Sinne erscheint eine gewisse Anlehnung an die empirischen Befunde durchaus sinnvoll. In jedem Fall sind die Methode, die getroffenen Annahmen und ihre Auswirkungen transparent zu behandeln und sie sollten erläutert werden.

5.3.4 Innerörtlicher Widerstand

Mit der Widerstandsfunktion $f(c_{ij})$ werden die Reiseaufwände c_{ij} zwischen den Quellorten i und den Zielorten j abgebildet. Da in die Erreichbarkeit auch das am Quellort bestehende innerörtliche Eigenpotenzial W_i eingehen soll, muss zur Berechnung von Potenzialindikatoren der innerörtliche Widerstand c_i festgelegt werden. Über die Frage, wie der innerörtliche Widerstand c_i festgelegt werden soll, herrscht Uneinigkeit unter den Erreichbarkeitsforschern.

Im einfachsten Fall existiert kein innerzonaler Widerstand. Wird $c_i = 0$ gesetzt, bleiben die innerörtlichen Wegeaufwände zu den Aktivitätszielen un(ter)bewertet (vgl. BAK Basel Economics 2005, S. 32). In diesem Fall geht bei negativen Exponential-, modifizierten Gauss'schen oder EVA-Funktionen die Attraktivität der innerörtlichen Aktivitätsgelegenheiten vollständig, das heißt ohne raumwiderstandsbedingte Herabgewichtung in den Erreichbarkeitswert ein. Je größer die den Quellort abgrenzende Zone und je höher die Attraktivität der innerhalb der Zone befindlichen Aktivitätsgelegenheiten ist, desto verfälschender wirkt sich diese Annahme auf das Ergebnis aus. Ein innerörtlicher Widerstand von $c_i = 0$ führt methodisch bedingt zu einer Überschätzung der Erreichbarkeitsverhältnisse (an den Quellorten). Gar unmöglich wird die Nutzung einer reziproken Potenzfunktion, da bei ihr ein Raumwiderstand von Null zu einer unendlichen Erreichbarkeit führt.

Eine alternative Möglichkeit zur Bestimmung eines innerörtlichen Widerstands bieten Näherungsmethoden. Mit ihnen wird auf der Grundlage der Zonengröße ein fiktiver durchschnittlicher innerörtlicher Widerstand c_i geschätzt. In den meisten Fällen wird die Zone als kreisförmige Fläche approximiert und die innerörtliche Distanz d_i als Funktion des Radius r_i abgeleitet, so beispielsweise schon bei Stewart (1947) mit:

$$d_i = 1/2 r_i \quad (\text{Gleichung 49})$$

Owen und Coombes (1983) empfehlen auf der Grundlage empirischer Sensitivitätsprüfungen, als innerörtliche Distanz d_i ein Drittel des Zonenradius r_i anzunehmen:

$$d_i = 1/3 r_i \quad (\text{Gleichung 50})$$

Frost und Spence (1995, S. 1836f.) bestätigen diesen Ansatz unter der Bedingung einer vom Zonenmittelpunkt radial ausgehenden abnehmenden Dichteverteilung. Unter der Voraussetzung einer Gleichverteilung schlagen Bonsall (1975) und Bröcker (1989) hingegen vor, als innerörtliche Distanz d_i zwei Drittel des Zonenradius r_i anzusetzen:

$$d_i = 2/3 \quad r_i = 2/3 \sqrt{\frac{A_i}{\pi}} \quad (\text{Gleichung 51})$$

mit A_i als Zonenfläche (siehe auch Schulz und Bröcker 2007, S. 8; van Wee, Hagoort und Anema 2001, S. 203). Eine systematische Auseinandersetzung mit den Vor- und Nachteilen solcher Approximationsmethoden findet sich bei Bröcker (1989) oder Frost und Spence (1995). Frost und Spence (1995, S. 1838) empfehlen, den innerörtlichen Widerstand fallbezogen zu bestimmen, da er zum einen von der Auflösung des definierten Raumbezugssystems und zum anderen von der Siedlungs-, Bebauungs- und Verkehrsstruktur innerhalb der Zonen abhängig ist. Die beste Möglichkeit zur Fehlerminimierung liegt zweifelsohne in der Verwendung eines Raumbezugssystems, das möglichst feingliedrig und homogen ist, wie es bei einem kleinräumigen Rastersystem der Fall ist (siehe Kapitel 5.1.4).

5.3.5 Verkehrsgraph

Zur Berechnung von Reiseaufwänden in Verkehrsnetzen muss das verkehrliche Angebot als Verkehrsgraph modelliert werden. Ein Verkehrsgraph besteht aus topologisch verknüpften Kanten und Knoten, denen Gewichte zugewiesen sind. Die Gewichte repräsentieren die angenommenen Raumüberwindungswiderstände, anhand derer im Netz der kürzeste beziehungsweise schnellste Weg zwischen zwei Knoten ermittelt werden kann. Zumeist wird der originale oder ein abgewandelter Dijkstra-Algorithmus angewandt (siehe Dijkstra 1959). Die Datenhaltung und -aufbereitung erfolgt in der Regel in einem Geoinformationssystem. Die Verkehrsgraphen liegen in diesem Fall georeferenziert vor.

Die Modellierung eines Verkehrsgraphen erfolgt üblicherweise verkehrsmittelorientiert, das heißt das Pkw-Straßennetz, ÖPNV-Liniennetz, Radwege- oder Fußwegenetz werden unimodal modelliert. Durch entsprechende Übergänge lassen sich unimodale Netzmodelle zu einem inter- oder multimodalen Verkehrsgraphen verbinden. Die Entscheidung, wie ein Verkehrsgraph modelliert wird, hängt letztendlich vom Untersuchungszweck ab. Da alle relevanten Relationen enthalten sein sollten, ist für Naherreichbarkeitsanalysen ein sehr detailliertes und großmaßstäbliches Verkehrsnetzmodell zweckmäßig, insbesondere zur Abbildung der Fahrrad- und Fußgängerverkehre. Allerdings sollte bei der Generierung des Verkehrsgraphen beachtet werden, dass mit zunehmender Feinmaschigkeit des Verkehrsnetzes auch die Rechenläufe aufwändiger werden. Im Folgenden wird erörtert, wie die Verkehrsgraphen für den Pkw-Verkehr (siehe Kapitel 5.3.5.1), ÖPNV (siehe Kapitel 5.3.5.2), Fahrradverkehr (siehe Kapitel 5.3.5.3) und Fußgängerverkehr (siehe Kapitel 5.3.5.4) sinnvoll aufbereitet werden können. Im Anschluss wird noch diskutiert, wie die für die Erreichbarkeitsanalyse relevanten Quell- und Zielorte an den generierten Verkehrsgraphen angebunden werden können (siehe Kapitel 5.3.5.5). Erst nachdem die Quell- und Zielorte als Start- und Zielknoten mit dem Verkehrsgraphen verknüpft sind, lassen sich über das Netzwerk die kürzesten beziehungsweise schnellsten Wege zwischen ihnen ermitteln.

5.3.5.1 Pkw-Verkehr

Bei der Modellierung des Graphen für den Pkw-Verkehr repräsentieren die Kanten die für Pkws befahrbaren Straßenabschnitte. Um zulässige Fahrrichtungen und Verkehrsregelungen abbilden zu können, müssen sie gerichtet sein. Als Eigenschaften können sie neben der Fahrtrichtung und den Verkehrsregelungen die Länge, die Straßenkategorie, die zulässige Höchstge-

schwindigkeit, die mittlere Fahrgeschwindigkeit, die maximale Kapazität, die Verkehrsstärke, die Fahrzeit, die Straßenbenutzungsgebühren, die generalisierten Kosten oder die Abbiegewiderstände enthalten. Kreuzungspunkte, Mautstationen oder Zentroide werden durch Knoten repräsentiert. Als Eigenschaften können sie neben dem Knotentyp die Verkehrsregelungen, die Wartezeiten, die Abbiegewiderstände oder Informationen zu Benutzungsgebühren enthalten.

Netzwerkanalysefähige Pkw-Graphen werden von kommerziellen Datenanbietern wie Navteq und TomTom Global Content, die diese Informationen bereits aufbereitet enthalten, in hoher räumlicher Genauigkeit entgeltlich angeboten. Unter Umständen liegen aber auch kalibrierte kommunale Verkehrsnetzmodelle bereits vor und können so direkt genutzt werden. Eine Alternative ist es, den Verkehrsgraph für den Pkw-Verkehr neu zu generieren. Hierzu lassen sich Straßennetzdaten aus dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) der Landesvermessungsverwaltungen oder aus OpenStreetMap entnehmen. Die frei beziehbaren Straßennetzdaten der OpenStreetMap weisen für viele Stadtregionen Deutschlands inzwischen eine gute Abdeckung und Qualität auf, dass sie ohne Weiteres in urbanen Räumen für kommunale Naherreichbarkeitsanalysen verwendet werden können (siehe Neis, Zipf, Helsper und Kehl 2007; Büttner, Keller und Wulfhorst 2010; Zimmermann 2010; Neis und Zipf 2011).

Sowohl die ATKIS- als auch die OpenStreetMap-Daten müssen aufbereitet werden, das heißt, aus diesen Inputdaten ist ein Verkehrsgraph mit einer konsistenten Topologie zu erzeugen und seinen Netzelementen sind realistische Raumüberwindungswiderstände zuzuweisen. Bei den ATKIS-Daten kann hierzu auf die linienhaften Objekte der Objektgruppe Straßenverkehr und ihre Attribute zurückgegriffen werden (siehe Schwarze und Spiekermann 2014). Für die entsprechende Aufbereitung von OpenStreetMap-Daten kann beispielsweise das von Zimmermann (2010) entwickelte Tool OSM2NetworkDataset angewendet werden, mit dem sich OpenStreetMap-Daten in ein netzwerkanalysefähiges ArcGIS®-NetworkDataset konvertieren lassen. Das hinter der Generierung des Pkw-Verkehrsgraphen stehende Prinzip ist dasselbe. Die topologische Konsistenz wird in einem Geoinformationssystem über automatisierte Fangmethoden sichergestellt. Die Zuweisung von Reiseaufwänden erfolgt über Annahmen. Aus den in den Daten vorliegenden Informationen zu Streckenlängen und Straßenkategorien lassen sich plausible Annahmen zu Raumüberwindungswiderständen (Fahrzeiten oder -kosten) herleiten, die vor der Erreichbarkeitsanalyse ausgiebig zu testen sind. Ein üblicher Ansatz ist es, den Kanten des Verkehrsgraphen die zulässige Höchstgeschwindigkeit zuzuweisen, die aus der Straßenklassifizierung abgeleitet oder – soweit verfügbar – den Streckenattributen entnommen wird. Um realistische Fahrgeschwindigkeiten abzubilden, wird häufig noch ein angenommener Geschwindigkeitsverlust, der zum Beispiel aufgrund von Streckenauslastungen, Stauungen, Schwerverkehrsanteilen oder topographischen Einflüssen entstehen kann, hinzugerechnet (vgl. Schüller 2010). Die kantenbezogene Fahrzeit wird danach über die angenommene durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit wie folgt ermittelt:

$$c_S = \frac{l \cdot 60}{v_a \cdot 1000} \quad (\text{Gleichung 52})$$

mit c_S als Streckenfahrzeit in Minuten, l als Streckenlänge in Kilometern und v_a als durchschnittliche streckenbezogene Fahrgeschwindigkeit in km/h.

Die realistische Modellierung der durchschnittlichen Pkw-Fahrgeschwindigkeiten ist für eine akkurate Wiedergabe der Erreichbarkeitsverhältnisse entscheidend. Ebenso bedeutend ist sie,

wenn eine Erreichbarkeitsvergleichsanalyse zwischen einzelnen Verkehrsmitteln durchgeführt werden soll. Beispielsweise sind beim ÖPNV die Stauzeiten bereits in den Fahrplandaten integriert. Eine Möglichkeit zur präzisen Bestimmung von Fahrgeschwindigkeit ist es, die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auf der Grundlage von stichprobenhaften Geschwindigkeitsmessungen um einen straßenklassifikationsspezifischen Faktor zu reduzieren (siehe Department for Transport 2010, S. 12). Andere Wissenschaftler wenden komplexe Schätzverfahren an, in denen die Streckenabschnitte mit der Bevölkerungs-, Arbeitsplatz- oder Bebauungsdichte, den topographischen Verhältnissen oder sonstiger verkehrsrelevanter Charakteristika in einem Geoinformationssystem verschnitten werden (siehe Schürmann und Talaat 2000, S. 29ff.; Bhat u. a. 2000, S. 3; Kramar, Kalasek und Seidl 2011, S. 16ff.). Vom Grundsatz her fallen Geschwindigkeitsreduktionen in Räumen mit großer Dichte verhältnismäßig höher aus, sind die Parksuchzeiten länger und die Parkkosten höher. Die Kalibrierung beziehungsweise Überprüfung der Annahmen lässt sich über relationsbezogene, stichprobenhafte Vergleichstests mit proprietären Routensuchprogrammen durchführen (siehe Büttner, Keller und Wulfhorst 2010, S. 56f.; Zimmermann 2010, S. 87ff.). Tabelle 28 zeigt eine Übersicht über angenommene durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten, die verschiedenen Erreichbarkeitsmodellen zugrunde liegen.

Tabelle 28: Angenommene Fahrgeschwindigkeiten in verschiedenen Erreichbarkeitsmodellen.

Straßenkategorie	Angenommene Fahrgeschwindigkeiten		
	Neis und Zipf 2011**	BBSR 2012*	DfT 2010***
Autobahn	110 km/h	90-110 km/h	100 km/h
Stadtautobahn o.ä.	90 km/h	90 km/h	80 km/h
Bundesstraße	70 km/h	55 - 75 km/h	75 km/h
Landstraße	60 km/h	45-65 km/h	65 km/h
Anbaufreie Hauptstraße	60 km/h	-	60 km/h
Angebaute Hauptstraße	55 km/h	-	35 km/h
Stadt-/ Erschließungsstraße	40 km/h	20-40 km/h	30 km/h
Wohnstraße	10 km/h	-	-

* OpenRouteService auf der Basis von OpenStreetMap (siehe Zimmermann 2010, S. 51)

** Erreichbarkeitsmodell des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

*** Empfohlene Beispielwerte für die „Accessibility Planning“ in England (umgerechnet aus mph)

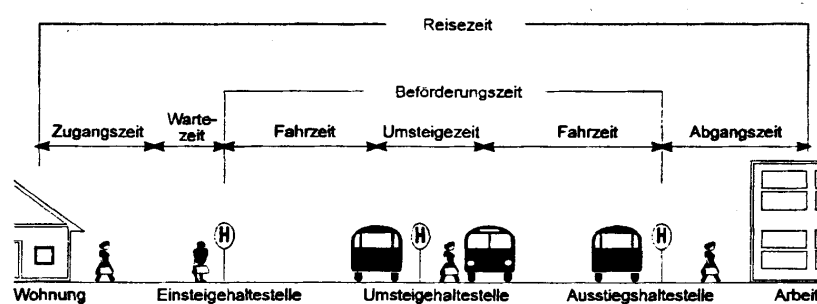
Neben den Streckenfahrzeiten bestimmen Verkehrsbeschränkungen wie Einbahnstraßen sowie Abbiegeverbote und -gebote die Routenwahl. In den OpenStreetMap-Daten werden diese Informationen vorgehalten. Sie können zur Generierung eines Pkw-Verkehrsgraphen genutzt werden (Zimmermann 2010, S. 57ff.). Die amtlichen ATKIS-Daten enthalten diese Informationen nicht.

Darüber hinaus sollten zur realistischen Abbildung von Pkw-Fahrzeiten auch die knotenpunktbedingten Wartezeiten berücksichtigt werden. Da nur wenige proprietäre Datenquellen entsprechende Knoteninformationen enthalten, werden sie in den meisten Fällen pauschal in den angenommenen kantenbezogenen durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten abgebildet. Mit den OpenStreetMap-Daten steht nun jedoch ein frei verfügbarer Datensatz zur Verfügung, in dem

knotenbezogene Informationen zur Existenz von Lichtsignalanlagen, Stoppschilder, Vorfahrtgewähren-Schilder, Übergängen etc. enthalten sind. Dies ermöglicht es, die für diese Attribute angenommenen Wartezeiten an Knotenpunkten als knotenbezogene Raumüberwindungswiderstände in den Pkw-Verkehrsgraphen zu übernehmen.

5.3.5.2 Öffentlicher Personennahverkehr

Die Generierung eines ÖPNV-Graphen stellt eine besondere Herausforderung dar. Der Reiseaufwand zwischen zwei Orten berechnet sich beim ÖPNV für gewöhnlich aus der Summe mehrerer Wegeabschnitte. Abbildung 24 verdeutlicht, dass sich die Reisezeit mit dem ÖPNV aus der Zugangszeit von dem Startort zur Einstiegshaltestelle, der Wartezeit, der Fahrzeit, einer gegebenenfalls erforderlichen Umsteigezeit und der Abgangszeit von der Ausstiegshaltestelle zum Zielort zusammensetzt. Um dies realitätsnah abbilden zu können, sollte dem Stand der Technik und Praxis entsprechend ein intermodaler ÖPNV-Verkehrsgraph modelliert werden. Hierzu sollten die Zentroide der Zonen mit den Knoten aller potenziellen Ein- und Ausstiegshaltestellen durch Kanten, die die Zu- und Abgangswege repräsentieren, verbunden werden. Weil der Zu- und Abgang zumeist zu Fuß erfolgt, sollte idealerweise der ÖPNV-Graph mit einem Fußgängerverkehrsgraphen (siehe Kapitel 5.3.5.4) verknüpft werden (siehe Cooper 2003; Prinz und Herbst 2008). Sämtliche Fußwege können über das Fußwegenetz mit modelliert werden. Eine Alternative ist ein vereinfachter Modellierungsansatz, bei dem die Zonenzentroide und die ÖPNV-Haltestellen, die im Umkreis liegen und für die Nutzung infrage kommen, über gerade, virtuelle Verbindungskanten verknüpft werden. Den virtuellen Wegen wird in Abhängigkeit von der Luftliniendistanz und einem Umwegfaktor eine angenommene Gehzeit zugewiesen. In beiden Fällen ermittelt sich die ÖPNV-Reisezeit aus der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV.



Quelle: VÖV 1981, Bild 3

Abbildung 24: Zusammensetzung der Reisezeit mit dem ÖPNV am Beispiel einer Wegekette von der Wohnung zur Arbeit.

Die Wartezeit an der Einstiegshaltestelle wird zumeist als Funktion der Fahrzeugfolgezeit abgebildet. Je niedriger die Fahrzeugfolgezeit an der Haltestelle ist, desto kürzer sind die dort angenommenen Wartezeiten. Die Wartezeit beträgt bei Takten bis 15 Minuten üblicherweise die Hälfte der fahrplanmäßigen Fahrzeugfolgezeit (vgl. Krizek, El-Geneidy, Iacono und Horning 2007, S. 5). Bei darüber hinaus gehenden Fahrzeugfolgezeiten wird unterstellt, dass sich die Mehrheit der ÖPNV-Nutzer über das Fahrplanangebot und die Abfahrtszeiten informieren (vgl. Walther 1991, S. 19). Abbildung 25 zeigt beispielhaft eine sich daraus ergebene Funktion der anzunehmenden Wartezeiten mit abflachendem Kurvenverlauf.

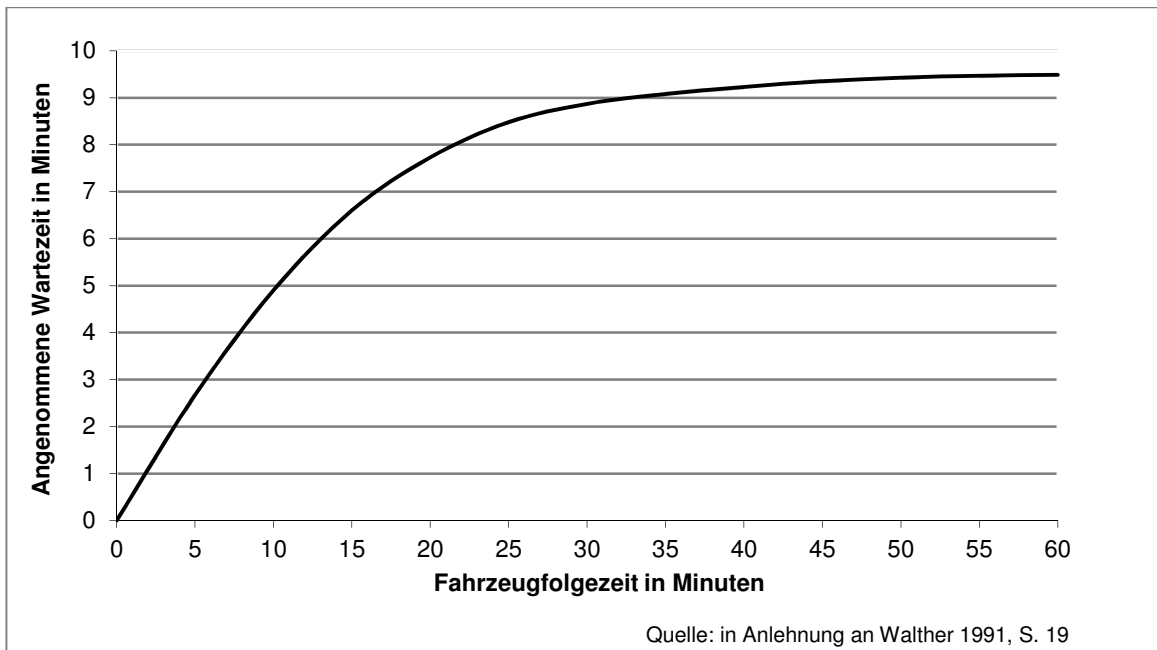


Abbildung 25: Funktion zur Abbildung der Wartezeit beim ÖPNV als Folge der Fahrzeugfolgezeit.

Für die Abbildung der Beförderungszeit, das heißt der ÖPNV-Fahrten und Umstiege existieren drei grundsätzlich unterschiedliche Modellansätze: das *streckenfeine*, das *linienfeine* und das *fahrplanfeine* Netzmodell (Schwarze 2002, S. 65). Abbildung 26 vergleicht die drei Modellansätze anhand eines Beispiels, in dem zwei Buslinien mit unterschiedlichen Takten auf demselben Streckenabschnitt zwischen zwei Haltestellen verkehren.

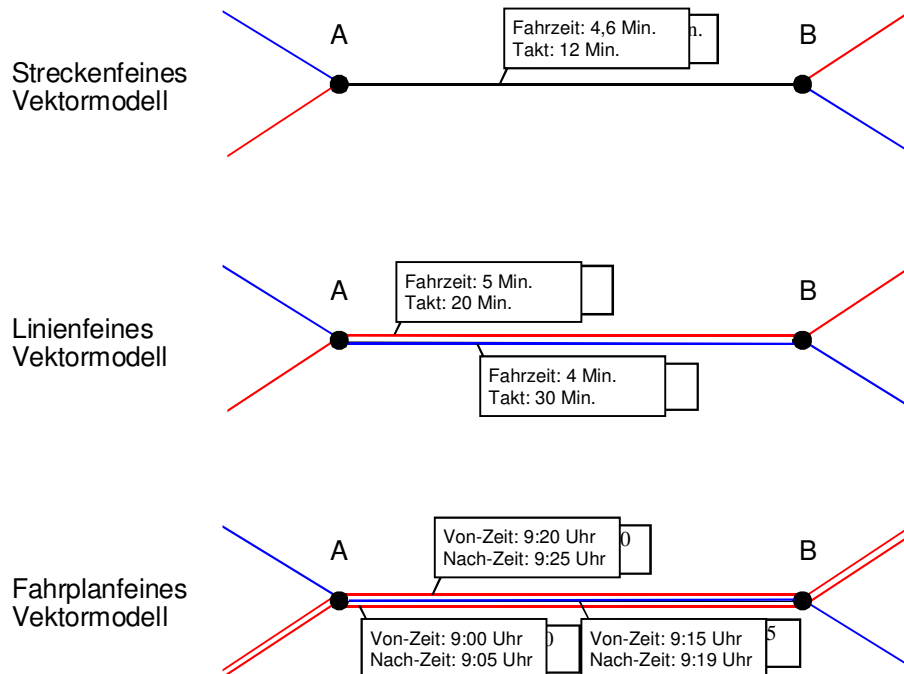
Beim *streckenfeinen* Ansatz wird im ÖPNV-Graphen jeder Streckenabschnitt durch eine Kante repräsentiert. Verkehren mehrere ÖPNV-Linien gemeinsam auf einem Streckenabschnitt, so werden die Kanteneigenschaften zusammengefasst. Der Raumüberwindungswiderstand wird beispielsweise über die mittlere Fahrzeit der ÖPNV-Linien wiedergegeben. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt in einer hohen Rechengeschwindigkeit. Von Nachteil ist es allerdings, dass eventuelle Umsteigezeiten nur sehr vage und unter Zuhilfenahme grober Annahmen über die mittlere, streckenbezogene Fahrzeugfolgezeit modelliert werden können.

Beim *linienfeinen* Ansatz wird im ÖPNV-Graphen jede auf einem Streckenabschnitt verkehrende ÖPNV-Linie durch eine Kante repräsentiert. Den Kanten werden die Attribute der jeweiligen ÖPNV-Linie zugewiesen, zum Beispiel die Fahr- und Fahrzeugfolgezeiten zwischen den Haltestellen. Umsteigezeiten lassen sich als Funktion der Fahrzeugfolgezeit möglicher Anschlusslinien modellieren. Zwar werden die Umsteigezeiten auch bei diesem Ansatz nur geschätzt, jedoch geschieht dies deutlich akkurater als beim streckenbezogenen Ansatz. Ungenau werden die Ergebnisse allerdings bei nicht getakteten ÖPNV-Angeboten, bei hohen Fahrzeugfolgezeiten, wie sie oft in ländlichen Räumen vorkommen, und bei tageszeitlich bedingten Taktwechseln.

Beim *fahrplanfeinen* Ansatz entsprechen im ÖPNV-Graphen die Kanten jeder einzelnen Fahrt einer ÖPNV-Linie. Damit repräsentiert jede Kante einen Fahrtabschnitt eines Umlaufs. Als Eigenschaften können ihnen die Streckenlänge, die ÖPNV-Kategorie, die Kapazität, die Fahrplanzeiten, die Fahrgeschwindigkeit, die Preiskategorie, die Umsteigemöglichkeiten u. ä. zugewiesen werden. Die Umsteigezeiten lassen sich mittels der Ankunfts- und Abfahrtszeiten an den Knoten exakt bestimmen.

ÖPNV-Angebot zwischen den Haltestellen A und B von 9.00 - 9.30 Uhr

Fahrplan:	Haltestelle A	9.00	Buslinie 1	9.15	Buslinie 2	9.20	Buslinie 1	Buslinie 1 : 20 Minuten-Takt
	Haltestelle B	9.05		9.19		9.25		Buslinie 2 : 30 Minuten-Takt



Quelle: Schwarze 2002, S. 66

Abbildung 26: Drei Ansätze zur Modellierung eines ÖPNV-Graphen.

Für die Bestimmung von Naherreichbarkeit sollte der fahrplanfeine Modellierungsansatz verwendet werden. Nur mit ihm lassen sich die Auswirkungen von Detailplanungen, zum Beispiel durch Fahrplanänderungen, präzise analysieren. Auch in der Praxis zählen fahrplangenaue Auswertungen mittlerweile zum Standard von Naherreichbarkeitsanalysen (siehe Kapitel 4). Zur Generierung des fahrplanfeinen ÖPNV-Graphen im Geoinformationssystem sind geokodierte Haltestellen und digitale Fahrplandaten erforderlich. Im Allgemeinen werden diese Daten von ÖPNV-Aufgabenträgern, ÖPNV-Unternehmen oder Verkehrsverbänden dezentral verwaltet. Für den Betrieb elektronischer Fahrplanauskunftssysteme (EFA) dienen sie im HAFAS-Rohdatenformat als Grundlage. In diesem Format sind sie daher oftmals digital und strukturiert bei den Landesverkehrsgesellschaften oder der Deutschen Bahn AG verfügbar. Über Software-Schnittstellen lassen sich die geokodierten Haltestellen und digitalen Fahrplandaten in einem Geoinformationssystem zu einem automatisch generierten, netzwerkfähigen ÖPNV-Graphen konvertieren (siehe Schwarze 2002; Schwarze und Spiekermann 2014). Problematisch ist dabei die Abbildung flexibler Angebotsformen wie Anrufsammeltaxis, Bürgerbusse o. ä. Um auch sie adäquat integrieren zu können, müssen entsprechende Annahmen getroffen werden. Das Department for Transport (2006b, Anhang 5) schlägt vor, für notwendige Anrufe bei der Bestellung von Anrufsammeltaxis eine pauschale Wartezeit von circa zehn Minuten aufzuschlagen und ansonsten anzunehmen, dass jede Fahrt entsprechend dem Fahrplan durchgeführt wird.

Bei der Generierung eines ÖPNV-Graphen sollte mehr noch als bei den anderen Verkehrsmitteln auf das zeitliche Analysefenster geachtet werden. Gerade bei der Analyse der ÖPNV-Erreichbarkeit kann das untersuchte Zeitfenster einen entscheidenden Einfluss auf die Ergeb-

nisse haben, da die Verkehrsangebote im ÖPNV zeitlich stark variieren können (siehe Schwarze und Spiekermann 2014, S. 67f.). Für die Erreichbarkeitsanalyse sollte daher für jedes definierte Zeitfenster ein eigener ÖPNV-Graph modelliert werden. Die Auswertung kann dann entweder für ein bestimmtes Zeitfenster durchgeführt werden oder die Ergebnisse mehrerer Zeitfenster können zu einem gewichteten Gesamtergebnis, das die ÖPNV-Erreichbarkeit darstellt, zusammengefasst werden (siehe O'Sullivan, Morrison und Shearer 2000, S. 96; Department for Transport 2010, S. 12f.).

5.3.5.3 Fahrradverkehr

Bei der Modellierung des Graphen für den Fahrradverkehr repräsentieren die Kanten Fahrradverkehrsanlagen und reguläre Straßen, auf denen das Fahrradfahren erlaubt ist. Um die zulässige Fahrrichtungen und Verkehrsregelungen abbilden zu können, müssen die Kanten gerichtet sein. Als Eigenschaften können sie neben der Fahrtrichtung und den Verkehrsregelungen die Länge, die Straßenkategorie, die mittlere Fahrgeschwindigkeit, die Steigung, die maximale Kapazität, die Verkehrsstärke, die Fahrzeit, die generalisierten Kosten, die Abbiegewiderstände sowie sonstige Komfort- oder Qualitätskriterien enthalten. Die Knoten des Fahrradverkehrsgraphen repräsentieren Kreuzungspunkte und Zentroide.

Wie bei den Straßendaten für den Pkw kommen als Alternative zu den proprietären Verkehrsnetzdaten der Anbieter Navteq und TomTom Global Content als Dateninput ATKIS-Daten oder OpenStreetMap-Daten infrage. Beide Datenquellen sind jedoch hinsichtlich ihrer Topologie für die Netzwerkanalyse erst noch aufzubereiten. Hierbei sollten ähnlich wie bei der Generierung des Pkw-Graphen (siehe Kapitel 5.3.5.1) Verkehrsbeschränkungen wie Einbahnstraßen und Abbiegeverbote und -gebote mit berücksichtigt werden. Um mit dem Fahrradverkehrs-Graphen realistische Reisezeiten zwischen zwei Orten berechnen zu können, sind den Graphenelementen Zeitwiderstände zuzuweisen. Für die Kanten können unter Anwendung von Gleichung 52 die streckenbezogenen Fahrzeiten anhand der streckenbezogenen Distanz und Fahrgeschwindigkeit ermittelt werden.

Die klassischen Fahrradtypen, die mit der eigenen Körperleistung angetrieben werden, werden mehr und mehr durch Elektrofahrräder substituiert. Elektrofahrrädern unterstützen den Fahrer beim Treten mit einem Elektromotor, im Falle von Pedelecs bis zu einer Geschwindigkeit von 25 km/h. Mit Elektrofahrrädern können Steigungen wesentlich leichter überwunden und längere Distanzen bedeutend schneller zurückgelegt werden. Da sich dadurch bedingt die Erreichbarkeitsmodellierung von Fahrrädern und Elektrofahrrädern unterscheidet, sollte zu Beginn der Erreichbarkeitsanalyse definiert werden, welcher Fahrradtyp untersucht werden soll. Da die Marktanteile klassischer Fahrräder ohne Elektroantrieb zurzeit (noch) dominierend und sie zudem günstiger in der Anschaffung und im Betrieb sind, wird empfohlen, bei einer kommunalen Naherreichbarkeitsanalyse sie als Grundlage zur Erreichbarkeitsmodellierung von Fahrradverkehren zu verwenden. Wenn allerdings eine Förderung von Elektrofahrrädern geplant ist, sollte die Naherreichbarkeit mit Elektrofahrrädern separat analysiert werden.

In verschiedenen Studien wurden die Geschwindigkeiten von Fahrradfahrern untersucht. Krizek, El-Geneidy, Iacono und Horning (2007, S. 24ff.) eruierten, dass Fahrradfahrgeschwindigkeiten zwar bei einer Spanne von ungefähr 1 km/h geringfügig auch mit dem Straßentyp oder dem Geschlecht des Radfahrers zusammenhängen, dies letztendlich aber genauso wie die Tageszeit oder der Reisezweck kaum entscheidend sei. Die festzustellende Fahrradfahrgeschwindigkeit ist vielmehr von der Physis des Radfahrenden und davon abhängig, ob es sich

um einen geübten oder unerfahrenen Radfahrer handelt (Gölz 2007, S. 15). Nach Allen, Liu und Singer (1993) liegen Radfahrgeschwindigkeiten bei freier Fahrt in der Ebene normalerweise zwischen 10 km/h und 28 km/h. Krizek, El-Geneidy, Iacono und Horning (2007, S. 3) und das Department for Transport (2010, S. 12) schlagen vor, für Erreichbarkeitsmodellierungen eine durchschnittliche Radfahrgeschwindigkeit von 16 km/h anzunehmen. In anderen Erreichbarkeitsstudien wurden etwas höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten von 18 km/h angenommen (siehe Botma 1995; Kramar, Kalasek und Seidl 2011).

Bei der Modellierung der streckenbezogenen Fahrgeschwindigkeiten sollten bei klassischen Fahrrädern Steigungen und Gefälle berücksichtigt werden, da sie einen signifikanten Effekt auf die durchschnittliche Fahrradfahrgeschwindigkeit haben. Je nach Steigung und Gefälle variieren die durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten (siehe Schopf 1992, S. 87; Gölz 2007, S. 16ff.; Zorn 2008). Mit einem Geoinformationsmodell können die Strecken des Fahrradnetzes mit einem Höhenmodell räumlich verschnitten werden. Aus der Überlagerung lassen sich für die einzelnen Streckenabschnitte im Verkehrsnetz die Steigung und das entgegengesetzte Gefälle bestimmen. Hiervon abhängig können die durchschnittlichen Fahrradfahrgeschwindigkeiten steigungs- und richtungsbezogen den Kanten des Fahrradverkehrsgraphen zugewiesen werden (siehe Kapitel 7.5.2).

Neben dem Höhenprofil wirken noch die Interaktionen mit den anderen Verkehrsteilnehmern und die Verkehrsregelungen, zum Beispiel in Form abbiege- oder lichtsignalbedingter Wartezeiten (siehe Rubins und Handy 2005), auf die Reisezeiten ein. Hinsichtlich der knotenpunktbedingten Wartezeiten ist davon auszugehen, dass sie im Fahrradverkehr genauso lang sind wie für die anderen Verkehrsmittel (vgl. Gölz 2007, S. 18). Sie können daher übereinstimmend implementiert werden.

5.3.5.4 Fußgängerverkehr

Die Generierung des Graphen für den Fußgängerverkehr ähnelt der Methode für die anderen Individualverkehrsmittel (siehe Kapitel 5.3.5.1 und 5.3.5.3). Bei der Modellierung des Fußgängerverkehrsgraphen repräsentieren die Kanten Pfade, Fußwege, Fußgängerüberwege, Bürgersteige sowie reguläre Straßen beziehungsweise Wege, auf denen das Zufußgehen nicht untersagt ist. Eine Überquerung unüberbrückbarer Barrieren, zum Beispiel Flüsse, Autobahnen etc., gilt es auszuschließen. Als Eigenschaften können die Kanten die Länge, die Kategorie, die mittlere Gehgeschwindigkeit, die Steigung, die maximale Kapazität, die Verkehrsstärke sowie Sicherheits-, Komfort- oder Qualitätskriterien enthalten. Die Knoten repräsentieren Kreuzungspunkte, Fußgängerschutzanlagen oder Zentroide. Geeignete Datenquellen sind bei allen Individualverkehrsnetzen entweder die proprietären Navteq- und TomTom Global Content-Verkehrsnetzdaten oder die ATKIS- beziehungsweise OpenStreetMap-Daten, die jedoch hinsichtlich ihrer Topologie aufzubereiten sind. Um über den Fußgängerverkehrsgraphen die Reisezeiten zwischen zwei Orten berechnen zu können, sind den Graphenelementen Zeitwiderstände zuzuweisen.

Die streckenbezogenen Gehzeiten der Kanten können nach Gleichung 52 anhand ihrer Streckenlänge und Gehgeschwindigkeit ermittelt werden. In den meisten Erreichbarkeitsstudien wird eine durchschnittliche Gehgeschwindigkeit von 4,8 km/h in der Ebene angenommen (siehe Weidmann 1995; DHC 2006; Cooper, Wright und Ball 2009; Kramar, Kalasek und Seidl 2011). Auch vom Department for Transport (2010, S. 12) wird diese Gehgeschwindigkeit empfohlen. Knoblauch, Pietrucha und Nitzburg (1996), die die durchschnittlichen Gehgeschwindigkeiten

von Personen systematisch untersucht haben, halten fest, dass es zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen gibt, wohl aber zwischen jüngeren und älteren Fußgängern. Sowohl die Reaktionszeit nach einem Lichtsignalwechsel an einem Kreuzungspunkt als auch die Gehgeschwindigkeit ist vor allem vom Alter einer Person abhängig. Weisen Fußgänger zwischen 14 bis 65 Jahren an Kreuzungspunkten eine durchschnittliche Gehgeschwindigkeit von 5,4 km/h auf, waren Personen, die älter als 65 Jahre sind, im Mittel nur noch 4,5 km/h schnell. Fast genauso schnell laufen Kinder. Diese Ergebnisse decken sich mit vergleichbaren Analysen von Coffin und Morall (1995) oder La Plante und Kaeser (2007). Es bietet sich an, bei Erreichbarkeitsanalysen für unterschiedliche Nachfragegruppen nachfragegruppenspezifische Gehgeschwindigkeiten anzunehmen.

Wegelängen und Steigungen haben ebenfalls ihren Einfluss auf die durchschnittliche Gehgeschwindigkeit. Bei längeren Wegen sinkt die durchschnittliche Gehgeschwindigkeit von Fußgängern. Bei der Erreichbarkeitsanalyse könnten längere Fußwege daher mit einem entsprechenden Zeitaufschlag versehen werden. Umsetzungsbeispiele waren in der ausgewerteten Literatur allerdings nicht aufzufinden. Anders verhält es sich bei der Modellierung der Gehgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Steigung (siehe hierzu Weidmann 1995; Jermann 2004; Kramar, Kalasek und Seidl 2011). Ähnlich wie bei der Modellierung des Fahrradverkehrs bietet es sich an, die Streckenabschnitte des Fußwegenetzes in einem Geoinformationssystem mit einem Höhenmodell zu verschneiden, um Steigungen und Gefälle der Kanten richtungsbezogen zu ermitteln. Über die hiervon abhängigen Gehgeschwindigkeiten lassen sich den Kanten des gerichteten Fußgängerverkehrsgraphen steigungsabhängige Gehzeiten zuordnen (siehe Kapitel 7.5.3).

Zur realistischen Abbildung der Reisezeiten im Fußgängerverkehr fehlen noch die Wartezeiten an den Knotenpunkten, die für das Überqueren von Straßen oder Kreuzungspunkten anfallen. Der durchschnittliche Zeitverlust von Fußgängern an lichtsignalgeregelten Übergängen wurde von Prinz und Herbst (2008, S. 3) für die Stadtregion Salzburg auf 30 Sekunden geschätzt. Dieser Richtwert (siehe hierzu auch Weidmann 1995) kann als Mittel angenommen und in Abhängigkeit zur Straßenklassifizierung und zum Verkehrsaufkommen entsprechend angepasst werden.

5.3.5.5 Anbindung der Wohn- und Aktivitätsorte

Die Routenberechnung über die generierten Verkehrsgraphen erfolgt zwischen den Knoten. Vor der Analyse der Erreichbarkeit müssen die einzelnen Zentroide, die die Wohn- und Aktivitätsorte repräsentieren (siehe Kapitel 5.1.4), daher als Knoten noch an die generierten Verkehrsgraphen angebunden werden. Hierzu bestehen im Prinzip zwei Modellierungsansätze.

Nach einer einfachen Methode werden die Erreichbarkeitsverhältnisse über das bloße Verkehrsnetzmodell bestimmt. Eine Anbindung der Zentroide an den Verkehrsgraphen im eigentlichen Sinn erfolgt nicht. Stattdessen dienen zuvor festgelegte Knoten des Verkehrsgraphen als repräsentative Stellvertreter für die Zentroiden (siehe Büttner, Keller und Wulforth 2010, S. 58). Ausgehend von ihnen werden dann die Erreichbarkeiten berechnet. Für Naherreichbarkeitsanalysen kann dieser Ansatz unter Umständen zu ungenau sein, falls kein kleinräumiges Raumbezugssystem gewählt wurde.

Bei der zweiten Methode werden die Zentroide durch virtuelle Anbindungskanten mit den umliegenden, relevanten Verkehrsknoten des Graphen verknüpft (siehe Galster 2009). Hierbei soll-

ten einige Dinge beachtet werden. Wird für die Modellierung der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV ein kombinierter, intermodaler Verkehrsgraph genutzt (siehe Kapitel 5.3.5.2), sollten die Zentroide direkt an das Fußwegenetz angebunden werden. Über die Fußwege kann dann die Verknüpfung zu den ÖPNV-Haltestellen erfolgen. Beim Individualverkehr ist zu berücksichtigen, dass die Zentroide nur mit Verkehrsknoten verbunden werden, die einen Zu- oder Abgang zum oder vom Verkehrssystem ermöglichen. So sollte beim Pkw-Verkehr beispielsweise eine Anbindung an Autobahnkreuze, an Brücken, Tunnel oder ähnliche nicht direkt zugängliche Bereiche ausgeschlossen werden. Nach der Anbindung können ausgehend von den mit dem Verkehrsgraphen verbundenen Zentroiden die Erreichbarkeitsverhältnisse berechnet werden. Um realistische Ergebnisse zu erhalten, sollte den virtuellen Anbindungskanten – je nach räumlicher Auflösung des Verkehrsgraphen – ein angenommener Raumüberwindungswiderstand für den Zu- oder Abgang zugewiesen werden. In der Regel wird für die Strecke hierzu eine über die Luftliniendistanz ermittelte Geh- oder Fahrzeit angenommen, die mit einem mittleren Umwegfaktor multipliziert wird. Der Umwegfaktor gibt hierbei das Verhältnis zwischen der Distanz im Wegenetz und der Luftlinienentfernung wieder. Im nähräumlichen Kontext liegt er üblicherweise in einer Spanne zwischen 1,2 und 1,4 (siehe Schnabel und Lohse 2011, S. 21).

Exkurs: Bestimmung von Umwegfaktoren im Dortmunder Fußwegenetz

Im Rahmen dieser Arbeit ist der Umwegfaktor im Dortmunder Fußwegenetz empirisch untersucht worden. Die Analyse erfolgte auf der Grundlage aufbereiteter OpenStreetMap-Daten für 250 Millionen zufällig ausgewählte Relationen im Fußwegenetz. Abbildung 27 zeigt ein entsprechendes Histogramm. Das Fußwegenetz von OpenStreetMap wurde als das feinmaschigste Netzmodell identifiziert (siehe Kapitel 7.5.3). Die jeweils berechneten mittleren Umwegfaktoren veranschaulicht Abbildung 28. Die Auswertung verdeutlicht, dass die Luftlinienentfernung mit $r = 0,98$ einen signifikanten Einfluss auf den mittleren Umwegfaktor hat. Abbildung 28 zeigt, dass kürzere Fußwege wesentlich höhere mittlere Umwegfaktoren aufweisen als längere Wege. Während für Relationen mit einer Luftlinienentfernung von über fünf Kilometern ein mittlerer Umwegfaktor von kleiner als 1,3 ermittelt wurde, liegt er im Bereich unterhalb eines Kilometers bereits über 1,4. Bei einer Luftlinienentfernung von einem halben Kilometer beträgt der für das

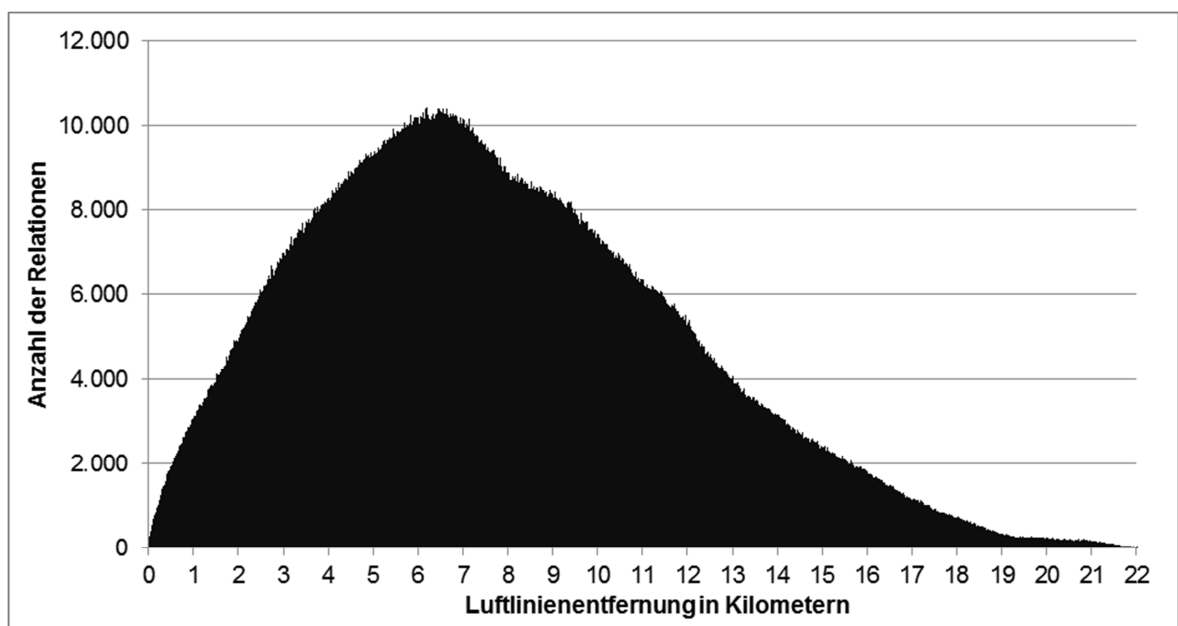


Abbildung 27: Anzahl berechneter Fußwegerelationen nach Luftlinienentfernung.

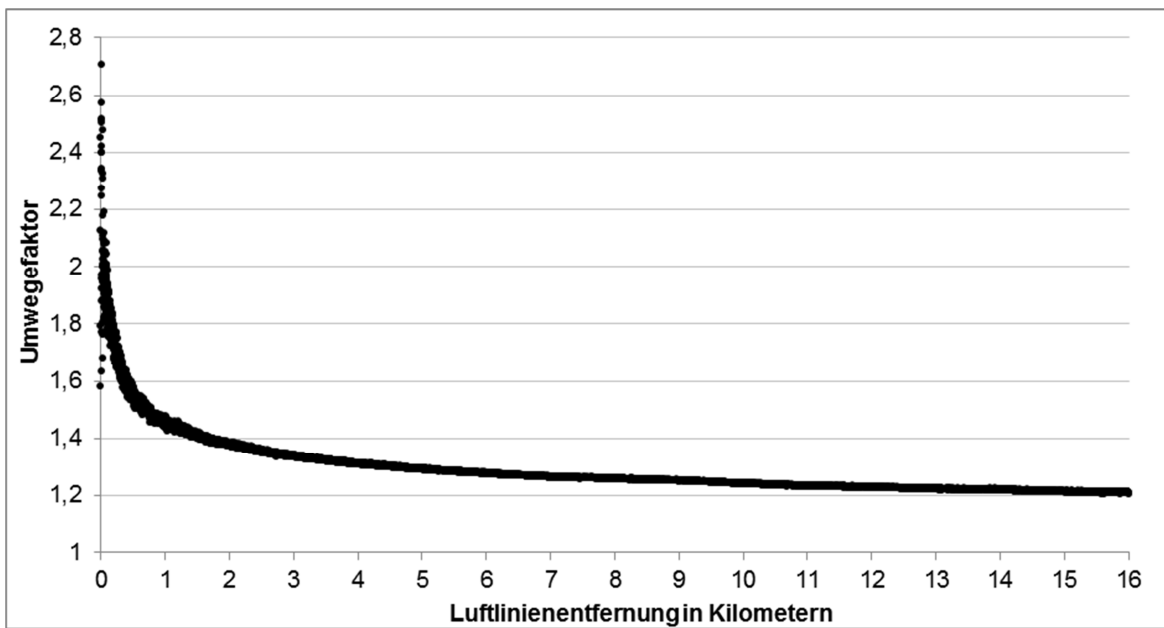


Abbildung 28: Mittlerer Umwegfaktor in Dortmund in Abhängigkeit von der Luftlinienentfernung.

Fußwegenetz ermittelte durchschnittliche Umwegfaktor sogar 1,6. Ein bei fußläufigen Erreichbarkeitsanalysen unabhängig von der Entfernung pauschal angenommener Umwegfaktor zwischen 1,2 und 1,4 könnte die Analyseergebnisse demnach verfälschen. Besser wäre es, die von der Luftliniendistanz abhängigen Unterschiede mit zu berücksichtigen, da sie auf die Erreichbarkeitsergebnisse insbesondere im Nahbereich Einfluss haben, gerade auch dann, wenn kein feinmaschiges Verkehrsnetz wie bei OpenStreetMap zugrunde gelegt werden kann.

5.4 Zwischenfazit

In den Kapiteln zuvor wurden komplexe, standörtliche Naherreichbarkeitsindikatoren wie Reiseaufwands-, Kumulations- oder Potenzialindikatoren bereits als geeignete Indikatortypen für kommunale Naherreichbarkeitsanalysen aus theoretischer und praktischer Sicht identifiziert. Auf ihrer Grundlage soll das im folgenden Kapitel zu entwickelnde Indikatorensystem zur Analyse der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren aufgebaut werden. Das Ziel dieses Kapitels war eine vertiefende Diskussion über die Möglichkeiten und Grenzen der Modellierbarkeit von Naherreichbarkeit mit den standörtlichen Naherreichbarkeitsindikatoren. Hierbei zeigte sich, dass die Betrachtung von Naherreichbarkeit mittels eines quantitativen Erreichbarkeitsmodells stets eine Approximation bedeutet. Jedes für eine Analyse eingesetzte Erreichbarkeitsmodell ist das Resultat einer zweckorientierten Abwägung zwischen Komplexität und Genauigkeit sowie Vereinfachung und Anwendbarkeit hinsichtlich der zu betrachtenden Quellen und Ziele, der Methodik zum Messen der Raumwiderstände und der Attraktivität der Ziele und des Disaggregierungsgrads der Untersuchung.

Die Grundkonzeption des Modellierungsansatzes sollte vom Untersuchungszweck abhängig gemacht werden. Für eine detailgetreue Abbildung der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren ist ein räumliches Bezugssystem zu wählen, das ausreichend detailscharf ist, um nachbarschaftliche Wohnquartiere voneinander abgrenzen zu können. Um Modellierungsfehler zu minimieren, kann ein kleinräumiges rasterbezogenes Raumbezugssystem gewählt werden. Welche Aktivitätsziele und Verkehrsmittel in der Analyse untersucht werden, wird durch die Wahl der Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix bestimmt. Um eine breite Analyse der Naher-

reichbarkeit in den Wohnquartieren zu ermöglichen, sollte die Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrix die wichtigsten wohnortnahen Aktivitätsziele der als relevant erachteten Nachfragegruppen und die Verkehrsmittel des Umweltverbunds (inklusive des für die Naherreichbarkeit relevanten Fußgängerverkehrs) umfassen. Um die Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der Basis präziser Reise- und Gehzeiten bestimmen zu können, sind die Verkehrsgraphen möglichst feinmaschig und detailliert zu modellieren. Zur besseren Vergleichbarkeit der Verkehrsmittel sollten Tür-zu-Tür-Reisezeiten berechnet werden. Der Verkehrsgraph für den ÖPNV sollte daher die fußläufigen Zu- und Abwege enthalten und als kombinierter zu Fuß/ÖPNV-Verkehrsgraph konzipiert sein. Die Berechnung der ÖPNV-Reisezeiten sollte fahrplangenau erfolgen, damit die Varianz der ÖPNV-Erreichbarkeitsverhältnisse über den Tagesverlauf darstellbar ist. Die ÖPNV-Angebote sollten, ebenso wie die Straßen und Wege bei den Individualverkehren, komplett abgebildet werden. Bei der Modellierung der Individualverkehrsgraphen sollten Faktoren, die Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit haben, berücksichtigt werden. Dies können zum Beispiel Wartezeiten an Kreuzungspunkten oder Straßensteigungen bei nicht-motorisierten Verkehren sein.

Es wurden in diesem Kapitel verschiedene Ansätze für die Modellierung der zu verwendenden Aktivitätsziele und deren Attraktivität sowie für die Modellierung der Widerstandsfunktion und die Bestimmung der zu berücksichtigenden Parameter aufgezeigt. In den folgenden beiden Kapiteln wird dargelegt, welche Methodik für eine kleinräumige, aktivitätsspezifische Naherreichbarkeitsanalyse im Rahmen dieser Arbeit Anwendung findet. Im Kapitel 6 werden die Anforderungen an das Indikatorensystem zum Messen und Beobachten von Naherreichbarkeit in kommunalen Wohnquartieren diskutiert und es wird ein entsprechendes Indikatoren- und Evaluationsystem hergeleitet. Im Kapitel 7 wird die praktische Umsetzung der Modellierung von standörtlicher Naherreichbarkeit am Beispiel der Naherreichbarkeitsanalyse für die Stadt Dortmund beschrieben.

6 Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit in Kommunen

Nachdem im Kapitel 3 die unterschiedlichen Ansätze zum Messen, im Kapitel 4 der Stand der Praxis und im Kapitel 5 die Möglichkeiten zur Modellierbarkeit standörtlicher Naherreichbarkeit erörtert wurden, wird hierauf aufsetzend in diesem Kapitel das Indikatorensystem hergeleitet, mit dem Naherreichbarkeit evaluiert werden soll. Die Definition eines praxistauglichen Systems kleinräumiger Erreichbarkeitsindikatoren, mit dem sich kommunale Naherreichbarkeitsverhältnisse auf nachbarschaftlicher Wohnquartiersebene quantifizieren und vergleichen lassen, ist ein Hauptziel dieser Arbeit. Zunächst werden im Kapitel 6.1 die Anforderungen an das Indikatorensystem formuliert, anschließend wird im Kapitel 6.2 das Evaluationsschema hergeleitet. Es unterscheidet zwischen kleinräumigen Naherreichbarkeitsindikatoren (siehe Kapitel 6.2.1), mit denen die Naherreichbarkeitsverhältnisse auf nachbarschaftlicher Ebene abgebildet werden können, und ortsteilbezogenen Bewertungsindizes (siehe Kapitel 6.2.2), mit denen über die Zeit stattfindende Erreichbarkeitsveränderungen wiedergegeben und bewertet werden können.

Im Anschluss an dieses Kapitel erfolgt die praktische Erprobung des hier entwickelten Indikatorensystems am Beispiel der Stadt Dortmund. Im Kapitel 7 wird die Modellierung von Naherreichbarkeit in Dortmund beschrieben und im Kapitel 8 werden die mit den Naherreichbarkeitsindikatoren und Bewertungsindizes erzielten Ergebnisse ausgewertet.

6.1 Anforderungen an das Indikatorensystem

Um eine regelmäßige und systematische Naherreichbarkeitsevaluation auf kommunaler Ebene etablieren zu können, muss das Indikatorensystem einige Anforderungen erfüllen. Einerseits sollte das Bewertungsschema detailliert genug sein, um alle relevanten Aspekte hinreichend genau darstellen zu können. Andererseits sollte es so einfach gehalten werden, dass es die abgebildeten Aspekte verständlich und nachvollziehbar wiedergeben kann. Üblicherweise wünschen sich die kommunalpolitisch und planerisch tätigen Akteure kompakt zusammengestellte Auswertungsergebnisse, die schnell aufgenommen und diskutiert werden können. Die Krux besteht bei der Herleitung eines Indikatorensystems zur Evaluation von Naherreichbarkeit darin, ein geeignetes System aus Naherreichbarkeitsindikatoren und Bewertungsindizes zu entwickeln, mit dem die Naherreichbarkeitsverhältnisse in den Wohnquartieren sowie die gegebenenfalls vorliegenden Erreichbarkeitsengpässe und ihre zeitlichen Veränderungen adäquat abgebildet und trotzdem einfach interpretiert werden können. Es wurden vier zentrale Anforderungen formuliert, die in den folgenden Abschnitten diskutiert werden:

- es soll ein für den Analysezweck angemessenes Indikatorensystem gebildet werden,
- es soll ein überschaubares Indikatorensystem definiert werden,
- es soll eine adäquate Abbildungsgenauigkeit gewährleistet sein,
- es sollen gut vermittelbare Ergebnisse geliefert werden.

6.1.1 Abbildung des Analysezwecks

Mit dem Indikatorensystem soll Naherreichbarkeit bemessen werden. Bei dieser Aufgabenstellung sind Erreichbarkeitsindikatoren, mit denen überörtliche, regionale Aspekte (zum Beispiel die Erreichbarkeit von ICE-Bahnhöfen, Opernhäusern, Landesbibliotheken, Universitäten etc.) behandelt werden, nicht untersuchungsrelevant. Stattdessen sind für eine Naherreichbarkeitsanalyse im Sinne dieser Arbeit Indikatoren vorzuziehen, die örtliche beziehungsweise eher täg-

lich aufgesuchte Aktivitätsziele zum Gegenstand haben. Da die Wohnorte die Bezugsorte sein sollen, sollte der Schwerpunkt der Analyse auf der standörtlichen Naherreichbarkeit von wohnumfeldnahen Einrichtungen der Daseinsvorsorge wie zum Beispiel Kindergärten, Grundschulen, Lebensmittelgeschäfte, Kommunalbehörden oder Hausarztpraxen liegen.

Hinweise über wichtige nahräumliche Aktivitätsziele liefert die bundesweite Haushaltsbefragung „Mobilität in Deutschland“ (MiD). Abbildung 29 zeigt, dass (gemäß dieser Befragung) der Hauptzweck bei Wegen unter einem Kilometer mit 24 Prozent aller Wege der Einkauf des täglichen Bedarfs ist, gefolgt von Freizeitaktivitäten wie den Besuch oder das Treffen von Freunden, Bekannten und Verwandten, sowie von privaten Erledigungen und Spaziergängen (siehe infas und DLR 2008a). Zudem zeigt die Erhebung, dass die Mehrzahl der Wege unter einem Kilometer zu Fuß zurückgelegt wird (siehe Abbildung 30). Das Fahrrad ist bei solch kurzen Distanzen

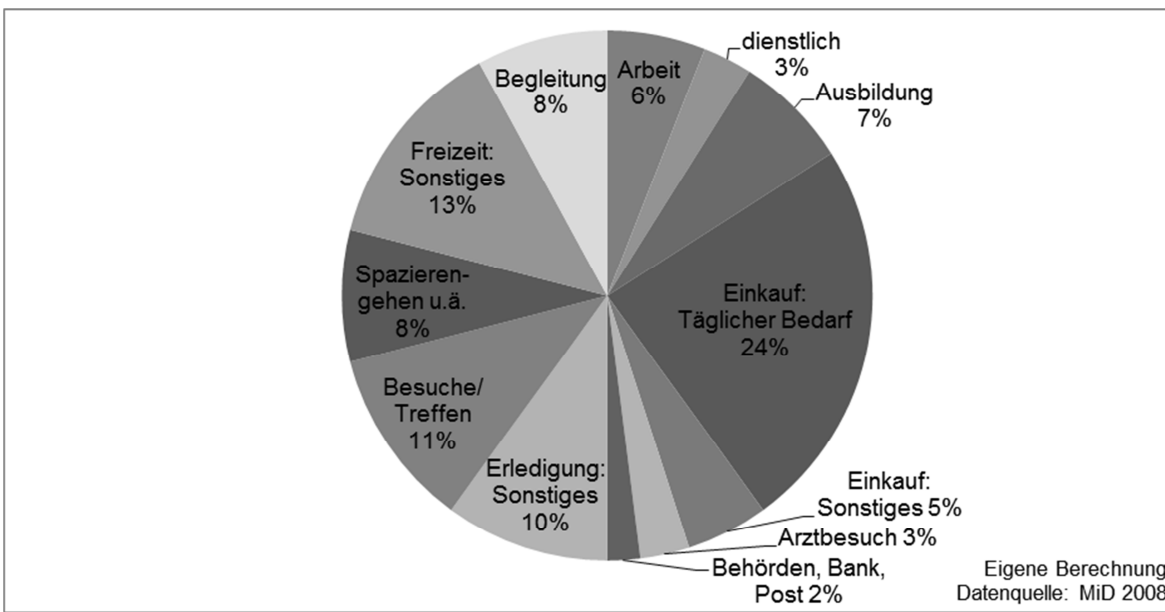


Abbildung 29: Hauptzweck bei Wegen unter einem Kilometer.

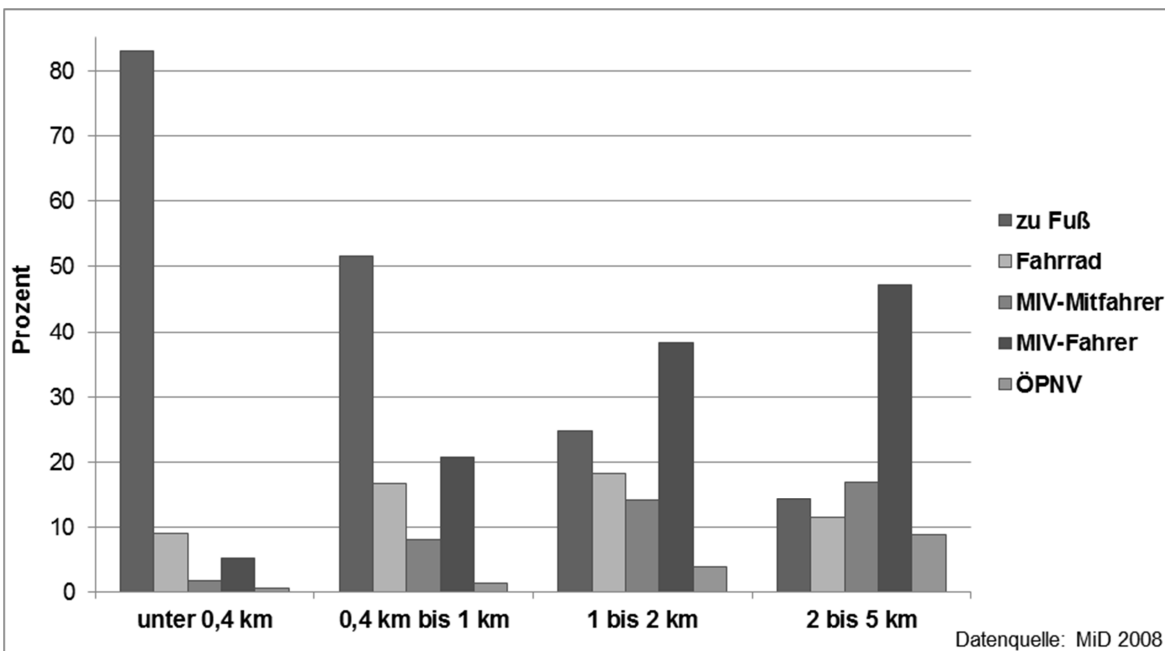


Abbildung 30: Hauptverkehrsmittel bei Wegen unter fünf Kilometern.

das am zweithäufigsten genutzte Verkehrsmittel. Ein Evaluationsschema, das Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der Ebene von Wohnquartieren aussagekräftig abbilden soll, muss die Fußgänger- und Fahrradverkehre deshalb zwingend mit einschließen. Motorisierte Verkehrsmittel gewinnen allerdings bei Distanzen über einem Kilometer rasch an Bedeutung. Die Erreichbarkeit zu Fuß und mit dem Fahrrad sollte jedoch auch in diesen Fällen mindestens gleichrangig neben der Erreichbarkeit mit dem Pkw und dem ÖPNV analysiert werden.

Die Erreichbarkeitsbedürfnisse sind individuell verschieden, dies betrifft gleichermaßen die Wahl bestimmter Aktivitätsziele als auch bestimmter Verkehrsmittel. So ist es beispielsweise plausibel anzunehmen, dass für ältere Menschen die Naherreichbarkeit eines Kindergartens einen geringeren Stellenwert aufweist als für Familien mit Kleinkindern; oder dass umgekehrt für junge Menschen eine gute Naherreichbarkeit von Senioreneinrichtungen weniger wichtig ist als für ältere Menschen. Unterschiedliche Bevölkerungsgruppen, wie Haushalte ohne Kinder, Haushalte mit (Klein-)Kindern, Seniorenhaushalte, aber auch Haushalte mit Pkw- und solche ohne Pkw-Verfügbarkeit stellen unterschiedliche Anforderungen an ihr Wohnumfeld und die Naherreichbarkeit von Einrichtungen. Bei einer umfassenden Analyse der Naherreichbarkeit sollten die unterschiedlichen Erreichbarkeitsbedürfnisse der einzelnen Nachfragegruppen beachtet werden.

Bei der Aufstellung eines Indikatorensystems zur Evaluation von Naherreichbarkeit sollten die relevanten Aktivitäten/Verkehrsmittel-Matrizen für die relevanten Nachfragegruppen von den kommunalen Planungsakteuren idealerweise selbst festgelegt werden. Im Rahmen dieser Arbeit ist ein solches Vorgehen aus Kapazitätsgründen jedoch nicht möglich. Detaillierte Empfehlungen über partizipative Vorgehensweisen finden sich bei Jones, Wixey, Totheridge und Christodoulou (2005), Straatemeier und Bertolini (2008) oder BMVBS und BBSR (2011).

6.1.2 Praktikabilität des Indikatorensystems

Das Indikatorensystem sollte aktivitäts- und verkehrsmittelspezifische Indikatoren umfassen, die aus der Sicht der relevanten Nachfragegruppen die kleinräumigen Erreichbarkeitsverhältnisse messbar machen. Die Anzahl der Naherreichbarkeitsindikatoren sollte auf ein gut erfassbares Maß beschränkt bleiben, damit das Evaluationsschema und die Auswertung der Ergebnisse überschaubar und praktikabel bleiben. Üblicherweise werden mit den Erreichbarkeitsindikatoren bei einer Naherreichbarkeitsanalyse zwischen acht und sechzehn unterschiedliche Aktivitätsarten und bis zu vier unterschiedliche Verkehrsmittel abgebildet (siehe Tabelle 19 im Kapitel 4.9). Die Frage, ob aus den Ergebnissen der einzelnen aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Erreichbarkeitsindikatoren des Evaluationsschemas ein aggregierter Gesamterreichbarkeitsindex gebildet werden sollte, wird kontrovers diskutiert (siehe Kapitel 5.1.6). Einerseits werden von einigen Planern und Wissenschaftlern Vorteile in der Aggregation gesehen, weil durch sie „Zufälligkeiten oder Ungenauigkeiten in den verwendeten Daten“ abgeschwächt werden und sie den Gesamtindex robuster machen (Kramar, Kalasek und Seidel 2011, S. 29). Andererseits erlaubt eine hohe Anzahl an Indikatoren eine sehr detaillierte Analyse von Wirkungszusammenhängen. Die Aggregation der einzelnen Naherreichbarkeitsindikatoren zu einem Gesamtindex scheint in der Abwägung für die hier angedachten (Monitoring-)Zwecke, aber auch wegen der schwierigeren Vermittelbarkeit und einer vermutlich als geringer wahrgenommenen Transparenz durch die kommunalen Akteure eher mit Nachteilen verbunden zu sein. Wenn sich durch einen Gesamtindex Erreichbarkeitsdefizite auf einer Seite mit Stärken auf anderer Seite ausgleichen, gingen essenzielle Detailinformationen zu örtlichen Naherreichbarkeitsstrukturen

verloren, die das Evaluationsschema an und für sich in das Blickfeld der kommunalen Akteure bringen sollte. Dies betrifft sowohl die Analyse unterschiedlicher Aktivitätstypen als auch die (vergleichende) Analyse unterschiedlicher Verkehrsmodi. Damit geeignete Handlungsansätze hergeleitet und planerische Maßnahmen zielorientiert evaluiert werden können, sollten die definierten Naherreichbarkeitsindikatoren zunächst separat berechnet und ausgewertet werden. Eine Aggregation zu einem Gesamtindex sollte aus den genannten Gründen nur nachrangig erfolgen. Denkbar ist sowohl eine Aggregation über Verkehrsmittel, um einen verkehrsmittelübergreifenden Gesamtindex zur Erreichbarkeit spezieller Aktivitätsziele zu ermitteln, als auch eine Aggregation über Aktivitätstypen, um einen verkehrsmittelspezifischen Gesamterreichbarkeitsindex zu erhalten.

Im Rahmen dieser Arbeit erscheint eine Aggregation einzelner Erreichbarkeitsindikatoren sinnvoll, um die aus der Sicht unterschiedlicher Nachfragegruppen unterschiedlich wahrgenommene örtliche Erreichbarkeit bestimmen zu können. Mit einem nachfragegruppenspezifischen Gesamterreichbarkeitsindex lassen sich jene Wohnquartiere in einer Kommune identifizieren, die aus der Sicht bestimmter Nachfragegruppen als Wohnstandort besonders attraktiv oder unattraktiv sind. Als Ergänzung zum Evaluationsschema sollte in dieser Arbeit ein nachfragegruppenspezifischer Gesamterreichbarkeitsindex gebildet werden, der die jeweils relevanten aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsindikatoren bündelt und damit eine nachfragegruppenspezifische Vergleichsanalyse von Wohnquartieren ermöglicht. Unberührt davon bleibt das Definieren der nachfragegruppenspezifisch bedeutenden Aktivitätsziele und Verkehrsmittel, welches im Idealfall durch die kommunalen Planungsakteure selbst erfolgen sollte. Zur besseren Informationsbewältigung sollte man sich zunächst auf die Analyse der wichtigsten Reisezwecke beschränken. Trotzdem ist es natürlich freigestellt, bei Bedarf ergänzende und vertiefende Erreichbarkeitsanalysen durchzuführen.

6.1.3 Abbildungsgenauigkeit des Erreichbarkeitsmodells

Die Möglichkeiten zur Modellierung von standörtlicher Naherreichbarkeit sind vielfältig (siehe Kapitel 5). An die Modellierung von Naherreichbarkeit sind hohe Anforderungen gestellt, insbesondere dann, wenn das Indikatorensystem eine regelmäßige Evaluation der Naherreichbarkeitsverhältnisse in nachbarschaftlichen Wohnquartieren ermöglichen soll. Damit das aufzustellende Evaluationsschema die notwendige Akzeptanz durch die planerisch-politisch tätigen Akteure erfährt, sollten die Ergebnisse der Naherreichbarkeitsindikatoren hinreichend präzise sein. Hierzu muss das räumliche Bezugssystem die Siedlungsstrukturen detailliert abbilden können. Die Raumeinheiten müssen mindestens so klein gehalten sein, dass sie die nachbarschaftlichen Wohnquartiere erfassen können. Je engmaschiger das Raumbezugssystem definiert ist, desto genauer können die Naherreichbarkeitsverhältnisse in den nachbarschaftlichen Wohnquartieren modelliert werden. Kleinräumige rasterbezogene Raumbezugssysteme sollten bevorzugt verwendet werden. Da die Analyse der Naherreichbarkeitsverhältnisse auch die Fußgänger- und Fahrradverkehre einschließen soll, sollten auch die verwendeten Verkehrsnetzdaten in einem sehr hohen Detaillierungsgrad vorliegen und idealerweise neben dem vollständigen Straßennetz noch das vollständige Fuß- und Radwegenetz beinhalten. Es sollten feinmaschige Verkehrsgraphen modelliert werden, über die als objektive Bezugsgröße die Reisezeit netzwerkanalytisch bestimmt werden kann. Hohe Anforderungen gelten bei der Naherreichbarkeitsanalyse auch für den ÖPNV-Graphen. Damit eine genaue Abbildung der Reisezeiten mög-

lich ist, sollten die ÖPNV-Angebote komplett abgebildet sein, inklusive aller Bus-, Straßenbahn-, Stadtbahn-, Eisenbahnverbindungen etc. Der Zugang zum ÖPNV-Netz, gegebenenfalls erforderliche Umstiege und der Abgang vom ÖPNV-Netz erfolgen zu Fuß. Damit auf dieser kleinräumigen Ebene die Reiseaufwände mit dem ÖPNV präzise und komplett berechnet werden können, zum Beispiel als Tür-zu-Tür-Reisezeit inklusive Gehzeiten, sollte die Naherreichbarkeit mit dem ÖPNV aus der Verkehrsmittelkombination Zu Fuß/ÖPNV abgeleitet werden.

Auch die zeitliche Komponente sollte im Evaluationsschema Berücksichtigung finden. Es sollten zumindest die Öffnungszeiten von Einrichtungen und mögliche Stauzeiten beachtet werden. Perspektivisch sollte auch über die Integration von Aspekten wie Kosten, Komfort, Sicherheit oder Attraktivität bestimmter Routen stärker nachgedacht werden. Zur Einführung eines Evaluationsschemas ist eine Abbildung von Naherreichbarkeit über Reisezeiten wohl ausreichend beziehungsweise in diesem Stadium sogar zweckmäßiger, weil verkehrlich-räumliche Erreichbarkeitsthemen über Reisezeiten zurzeit noch besser vermittelt werden können.

Bedeutsam für die praktische Durchführbarkeit der Erreichbarkeitsanalysen sind auch die Datenanforderungen der Indikatoren. Die Aufwände für die Datennutzbarmachung und Herleitung der Parameter sollten in einem guten Verhältnis zum Nutzen für die kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozesse stehen. Viele Erreichbarkeitsmodelle der ersten Generation sind hier an einem Missverhältnis von Aufwand und Ertrag gescheitert. Da Erreichbarkeitsberechnungen Kapazitäten binden, gilt es den für die Aufbereitung der Daten notwendigen personellen und monetären Aufwand möglichst gering zu halten. Von daher sollten nur solche Naherreichbarkeitsindikatoren formuliert werden, für die die erforderlichen Inputdaten bereits vorliegen oder zumindest kostengünstig und zeitnah erhoben werden können. Denn nur wenn der für den Betrieb und die Aktualisierung erforderliche Aufwand vertretbar ist, hat ein Indikatorensystem zur Beobachtung von Naherreichbarkeit in Kommunen eine realistische Chance, sich als Methode zu etablieren.

6.1.4 Vermittelbarkeit der Ergebnisse

Die Zielgruppe für die Anwendung des Evaluationsschemas sind die auf kommunaler Ebene tätigen Akteure. Die Naherreichbarkeitsindikatoren sollten so gestaltet werden, dass ihre Ergebnisse leicht zu verstehen und gut zu vermitteln sind. Mit Blick auf eine gute Vermittelbarkeit der Ergebnisse sollte die Reisezeit als Widerstandsmaß verwendet werden. Reisezeiten und Erreichbarkeit werden von vielen Akteuren häufig synonym verstanden. In der Abwägung in Bezug auf das Spannungsfeld zwischen Abbildungsgenauigkeit und Verständlichkeit sind komplexe, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren wie Reiseaufwands-, Kumulations- oder Potenzialindikatoren bereits als geeignete Indikatortypen für kommunale Naherreichbarkeitsanalysen identifiziert worden (siehe Kapitel 3.4). Mit ihnen lässt sich das originäre Ziel der Naherreichbarkeitsplanung, nämlich die Naherreichbarkeit von Aktivitätszielen und -gelegenheiten zu sichern, präzise abbilden. Zugleich lassen sich mit ihnen die unterschiedlichen Erreichbarkeitsbedürfnisse einzelner Nachfragegruppen modellieren. Die Entscheidung für einen der drei Erreichbarkeitsindikatortypen ist vom jeweils zu betrachtenden Aktivitätstypen abhängig. Eine ausführliche Diskussion über die möglichen Auswahlkriterien wie Aussagekraft, Verständlichkeit und zeitliche Vergleichbarkeit wurde bereits ausführlich in den Kapiteln 3.4 und 5.1.6 geführt. Als entscheidendes Kriterium gilt die Wahlfreiheit der untersuchten Aktivitätsart. Zur Analyse der Naherreichbarkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge sind Reiseaufwandsindikatoren

zweckmäßig. Sie geben den Reiseaufwand zur nächstgelegenen Infrastruktureinrichtung, zum Beispiel zum nächsterreichbaren Kindergarten, Supermarkt oder zur nächsterreichbaren Grundschule wieder.

Sollten Aktivitätsarten jedoch, wie bei Sekundarschulen oder Freizeiteinrichtungen, eine größere Wahlfreiheit oder Angebotsvielfalt aufweisen, so sollte die Anwendung von Kumulations- oder Potenzialindikatoren in Betracht gezogen werden. Mit Kumulations- oder Potenzialindikatoren können das Verhalten genauer abgebildet und das Angebotspotenzial besser wiedergegeben werden. Eine sehr vereinfachte Sonderform stellt ein Reiseaufwandsindikator dar, der den Reiseaufwand zu einer vorgegebenen Anzahl an gleichartigen Aktivitätszielen ausdrückt, zum Beispiel als durchschnittliche Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Supermärkten. Auf diese Weise kann, wenn auch nur in stark beschränktem Umfang, auch mit einem Reiseaufwandsindikator Wahlfreiheit oder Vielfältigkeit abgebildet werden. Insbesondere wenn ein Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit in Kommunen sich erst etablieren muss, sollten zunächst vorrangig Reiseaufwandsindikatoren eingesetzt werden. Deren Ergebnisse sind im Vergleich zu Kumulations- und Potenzialindikatoren für Laien besser nachvollziehbar und bedeutend leichter zu kommunizieren. Üblicherweise wird gerade die Verknüpfung der Erreichbarkeitsthematik mit Reisezeiten gut verstanden und aufgenommen. Die theoretisch besser fundierten Kumulations- und Potenzialindikatoren sollten bei einer Einführung daher zunächst als Ergänzung verstanden werden.

Zur Evaluation von Veränderungen und für die räumliche Darstellung von absoluten und relativen Erreichbarkeitsunterschieden zwischen zwei Zeitpunkten reichen die vorgenannten Erreichbarkeitsindikatortypen aus. Spezifische Bewertungsindizes, die zum Beispiel auch definierte Erreichbarkeits-, Nachhaltigkeits- oder Gerechtigkeitsstandards bemessen können (siehe Kapitel 5.1.6), sollten aus Gründen einer besseren Nachvollziehbarkeit aus den Ergebnissen der festgelegten Naherreichbarkeitsindikatoren bestehen. Damit sämtliche Ansprüche an Naherreichbarkeit artikuliert und hinsichtlich der praktischen Machbarkeit überprüft und abgewogen werden können, sollten in die Herleitung der Bewertungsindizes die betroffenen Akteure eingebunden und der Auswahlprozess durch ausgiebige Pretests und Feedbackmechanismen unterstützt werden. Durch den Einbezug der kommunalen Akteure vor Ort wird sich das Verständnis für die Ergebnisse erhöhen (siehe Kapitel 4.6.2). Im Rahmen dieser Arbeit wird das Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit aus Praktikabilitätsgründen allerdings vom Verfasser festgelegt. Da zudem die Erprobung des Ansatzes als ein Experiment im Rahmen eines Praxisbeispiels aufgefasst wird, umfasst das in dieser Arbeit verwendete Evaluationsschema auch bereits alle zur Verfügung stehenden Erreichbarkeitsindikatortypen – auch jene, die in der Praxis gegebenenfalls nur ergänzend oder im Nachgang zum Einsatz kämen.

6.2 Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit

Bei der Erstellung eines Indikatorensystems zum Messen von Naherreichbarkeit in Kommunen gilt es, die Zielkonflikte aufzulösen, die sich aus den zuvor genannten Anforderungen wie Abbildungsgenauigkeit, Praktikabilität und Vermittelbarkeit der Ergebnisse ergeben. Die Aufstellung verläuft im Folgenden unter der Prämisse, dass ein auf die planerische Praxis ausgerichteter Ansatz zur Evaluation der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren vor allem gut umsetzbar und verständlich sein sollte. Als Erreichbarkeitsindikatoren werden daher Reiseaufwandsindikatoren bevorzugt. Damit in dieser Arbeit aber auch die Praktikabilität der etwas anspruchsvolleren Kumulations- und Potenzialindikatoren getestet werden kann, werden dem

Evaluationsschema gezielt auch diese Indikatortypen angefügt. Im Folgenden werden die zehn im Rahmen dieser Arbeit definierten Naherreichbarkeitsindikatoren (siehe Kapitel 6.2.1) und die aus dem Indikatorensystem abgeleiteten Bewertungsindizes (siehe Kapitel 6.2.2) diskutiert. Hierbei handelt es sich um eine inhaltliche Beschreibung des Indikatorensystems. Ein detaillierter Einblick in die Modellierung der Naherreichbarkeitsindikatoren erfolgt im Kapitel 7 am Beispiel Dortmunds.

6.2.1 Naherreichbarkeitsindikatoren

Eine umfassende Einbindung von kommunalen Akteuren bei der Aufstellung des Indikatorensystems ist im Rahmen dieser Arbeit aus Zeit- und Kostengründen nicht zu realisieren gewesen. Stattdessen wurde das Evaluationsschema in einem iterativen Prozess konkretisiert, bei dem begleitet von zahlreichen Diskussionen mit Planungspraktikern und Forschern, nach und nach Aktivitätsarten ausgeschlossen wurden. Gänzlich unberücksichtigt blieben Erreichbarkeitsindikatoren, die nicht aktivitätsorientiert sind, da sie das originäre Ziel der Erreichbarkeitsplanung nicht ausreichend abbilden. Dies betrifft auch Indikatoren, die sich in der Planungspraxis bereits etabliert haben, zum Beispiel der verkehrlich orientierte Indikator „Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen“.

Eine abschließende Abstimmung über den Evaluierungsansatz erfolgte am 15. Juli 2011 mit Vertretern des Stadtplanungs- und Bauordnungsamtes der Stadt Dortmund. In einem Werkstattgespräch unter Leitung von Andreas Meißner (Stadt Dortmund) wurden zehn zentrale Naherreichbarkeitsindikatoren fixiert, die das Grundgerüst des Indikatorensystems zum Messen von Naherreichbarkeit in der Stadt Dortmund im Rahmen dieser Arbeit bilden. Aus Sicht der Beteiligten umfassen die zehn definierten Naherreichbarkeitsindikatoren die wichtigsten Aktivitätsarten. Für alle Aktivitätsarten wird die Naherreichbarkeit separat für die vier Verkehrsmittel zu Fuß, Fahrrad, Pkw und ÖPNV (als Kombination zu Fuß/ÖPNV) bestimmt. Tabelle 29 zeigt die zehn ausgewählten Naherreichbarkeitsindikatoren des Evaluationsschemas, jeweils verknüpft mit der ihr zugehörigen Nachfragegruppe.

Tabelle 29: Zentrale Naherreichbarkeitsindikatoren des Evaluationsschemas.

Nr.	Naherreichbarkeitsindikator	Nachfragegruppe	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1	Naherreichbarkeit von Grundzentren	Alle	X	X	X	X
2	Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften	Alle	X	X	X	X
3	Naherreichbarkeit von Hausärzten	Alle	X	X	X	X
4	Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	Alle	X	X	X	X
5	Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten	Haushalte mit Kindern	X	X	X	X
6	Naherreichbarkeit von Grundschulen	Haushalte mit Kindern	X	X	X	X
7	Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I+II	Haushalte mit Kindern	X	X	X	X
8	Naherreichbarkeit von Berufskollegs	Berufsschüler	X	X	X	X
9	Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten	Senioren	X	X	X	X
10	Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen	Erwerbsfähige	X	X	X	X

Bei der Auswahl der Naherreichbarkeitsindikatoren wurde im Besonderen darauf geachtet, dass einerseits Aktivitäten einbezogen werden, die in unmittelbarer Nähe des Wohnumfeldes realisierbar sein sollten, und andererseits solche, die täglich ausgeübt werden müssen. Zu den Aktivitätsarten, bei denen die Nähe zur Wohnung wichtig erscheint, zählen insbesondere der Lebensmitteleinkauf für den täglichen Bedarf, das Erledigen privater Angelegenheiten, der Hausarztbesuch, der Gang an die frische Luft bzw. das Aufsuchen von Grünanlagen sowie der Besuch eines Kindergartens bzw. einer Kindertagesstätte, einer Grundschule oder einer Seniorenbegegnungsstätte. Zu den darüber hinaus relevanten Aktivitäten, die täglich aufgesucht werden, gehören das Aufsuchen des Arbeits- oder Ausbildungsplatzes, von Berufskollegs und von Bildungseinrichtungen der Sekundarstufen I und II. Aufgrund ihrer allgemeinen sozialen und wirtschaftlichen Bedeutsamkeit wurden diese Aktivitäten in das Indikatorensystem mit aufgenommen. Eine räumliche Nähe zwischen Wohnort und Bildungs-, Ausbildungs- und Arbeitsplatz ist nicht nur aus verkehrsökologischen Gründen erstrebenswert, sondern mit ihr verbessert sich auch die Möglichkeit zur Inklusion.⁹

Nach der Wahl der zu betrachtenden Aktivitätsarten wurden die einzelnen Naherreichbarkeitsindikatoren näher definiert und die Art der Modellierung wurde festgelegt. Bei allen Naherreichbarkeitsindikatoren ist die Reisezeit das Widerstandsmaß. Im Gegensatz zu (generalisierten) Kosten kann die Reisezeit einfach bestimmt werden und lassen sich die Erreichbarkeitsverhältnisse und mögliche Unterschiede dennoch präzise abbilden. Kostenaspekte werden zurzeit zwar nicht berücksichtigt, sie ließen sich aber bei späterem Bedarf in die Bewertungsmethode mit aufnehmen. Es wird eine komplexe Reisezeit berechnet, bei der im Sinne einer Tür-zu-Tür-Analyse sämtliche Dispositions-, Geh-, Warte-, Umsteige- und Abstellzeiten eingeschlossen sind. Ein besonderes Augenmerk wurde auf das zeitliche Bezugssystem gerichtet. Jeder Naherreichbarkeitsindikator wird über ein mehrere Stunden umfassendes, gewichtetes Zeitfenster berechnet. Im Folgenden werden die zehn definierten Naherreichbarkeitsindikatoren samt Annahmen, Berechnungsmethode und möglichen Datenquellen beschrieben:

1. Naherreichbarkeit von Grundzentren

Grundzentren als unterste Stufe im zentralörtlichen System sichern die Grundversorgung der Bevölkerung. In einem Grundzentrum finden sich neben einem Grundangebot an Arbeitsplätzen und Einkaufsmöglichkeiten auch behördliche, soziale, medizinische, kulturelle und sportliche Einrichtungen sowie Bank- und Postfilialen. Aufgrund der Kumulation verschiedenartiger Aktivitätsziele und -gelegenheiten ist die Naherreichbarkeit eines Grundzentrums sehr bedeutend.

Die Naherreichbarkeit von Grundzentren wird mit einem Reiseaufwandsindikator über die minimale Reisezeit zum nächsterreichbaren Grundzentrum ermittelt. Als Nachfragegruppe kommen alle Haushalte in Betracht, es wird zwischen dem Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV unterschieden. Tabelle 30 fasst den Naherreichbarkeitsindikator inklusive der Annahmen zur zeitlichen Gewichtung steckbriefartig zusammen. Die Naherreichbarkeit von Grundzentren

⁹ Die Berechnung der Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I+II, von Berufskollegs und insbesondere die Berechnung der Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen nimmt eine Sonderposition ein, weil de facto heutzutage häufig nicht mehr in Wohnungsnähe gearbeitet wird und streng genommen die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen bei einer durchschnittlichen Pendeldauer von 27 Minuten in Deutschland beziehungsweise 24 Minuten in Dortmund (siehe Stadt Dortmund 2006b; infas und DLR 2008a) nicht unbedingt als Naherreichbarkeitsindikator bezeichnet werden kann. Da die Naherreichbarkeit dennoch auch für diese Aktivitätsziele ein verfolgenswertes Ziel ist, wurden sie in das Indikatorensystem aufgenommen.

Tabelle 30: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Grundzentren“.

Erreichbarkeitsindikator	Minimale Reisezeit zum nächsterreichbaren Grundzentrum
Nachfragegruppe	Alle Haushalte
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV
Zeitraum	<p>Werktags mit folgender zeitlicher Gewichtung:</p> <p>(eigene Annahmen auf der Grundlage von MiD 2008; Stadt Dortmund 2006b)</p>

ist über den gesamten Tagesverlauf relevant, insbesondere zu den Kernöffnungszeiten der verschiedenen dort angesiedelten Einrichtungen. Grundzentren lassen sich entweder punktuell über eine Stellvertreterkoordinate oder flächenhaft abbilden, wobei Letzteres zu bevorzugen ist. Die Inputdaten der Grundzentren liegen in aller Regel auf kommunaler Verwaltungsebene vor. Entsprechende Informationen werden häufig bei den zuständigen Ämtern für die Stadtentwicklung (zum Beispiel im Zusammenhang mit einem Einzelhandelskonzept) oder für die Bauleitplanung (zum Beispiel im Flächennutzungsplan als Siedlungsschwerpunkte) vorgehalten.

2. Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften

Der Einkauf für den täglichen Bedarf zählt zu den wichtigsten Wegezwecken bei kurzen Entfernungen. Der Indikator „Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften“ ist sehr bedeutend, da er das Grundbedürfnis nach Nahrung abdeckt. Bei seiner Modellierung könnten als Aktivitätsziele im Sinne einer wünschenswerten Zielvorgabe vorrangig Lebensmittelgeschäfte betrachtet werden, in denen frisches Obst und Gemüse angeboten werden (siehe DHC 2004; Pearce, Hiscock, Blakely und Witten 2008).

Die Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften wird mit einem Reiseaufwandsindikator ermittelt. Nachfragende sind alle Haushalte. Um den unterschiedlichen Bedarfen von Haushalten und einer möglicherweise teilweise eingeschränkten Angebotsvielfalt gerecht zu werden, wird die Naherreichbarkeit zu den drei nächsterreichbaren Lebensmittelgeschäften berechnet. Das Erreichbarkeitsmaß ist der gemittelte zeitliche Reiseaufwand. Es wird zwischen dem Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV unterschieden. Für die Berechnung des Indikators müssen die Standorte der Lebensmittelgeschäfte bekannt sein. Häufig führen Industrie- und Handelskammern und/oder kommunale Verwaltungen entsprechende Nahversorgungs- und Einzelhandelskataster. Auch privatwirtschaftliche Datendienstleister veräußern entsprechende Adressdaten. Sollten die notwendigen Standortdaten nicht aktuell oder gar nicht verfügbar sein, lassen sie sich im Allgemeinen relativ kostengünstig erheben.

Tabelle 31: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften“.

Erreichbarkeitsindikator	Mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Lebensmittelgeschäften																																										
Nachfragegruppe	Alle Haushalte																																										
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV																																										
Zeitraum	<p>Werktags mit folgender zeitlicher Gewichtung:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zeitraum</th> <th>Gewichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4 bis 5 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>5 bis 6 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>6 bis 7 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>7 bis 8 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>8 bis 9 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>9 bis 10 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>10 bis 11 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>11 bis 12 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>12 bis 13 Uhr</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>13 bis 14 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>14 bis 15 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>15 bis 16 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>16 bis 17 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>17 bis 18 Uhr</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>18 bis 19 Uhr</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>19 bis 20 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>20 bis 21 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>21 bis 22 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>22 bis 23 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>23 bis 24 Uhr</td><td>0,00</td></tr> </tbody> </table> <p>(eigene Annahmen auf der Grundlage von MiD 2008)</p>	Zeitraum	Gewichtung	4 bis 5 Uhr	0,00	5 bis 6 Uhr	0,00	6 bis 7 Uhr	0,00	7 bis 8 Uhr	0,25	8 bis 9 Uhr	1,00	9 bis 10 Uhr	1,00	10 bis 11 Uhr	1,00	11 bis 12 Uhr	1,00	12 bis 13 Uhr	0,75	13 bis 14 Uhr	0,50	14 bis 15 Uhr	0,50	15 bis 16 Uhr	0,50	16 bis 17 Uhr	0,50	17 bis 18 Uhr	0,75	18 bis 19 Uhr	0,75	19 bis 20 Uhr	0,50	20 bis 21 Uhr	0,25	21 bis 22 Uhr	0,00	22 bis 23 Uhr	0,00	23 bis 24 Uhr	0,00
Zeitraum	Gewichtung																																										
4 bis 5 Uhr	0,00																																										
5 bis 6 Uhr	0,00																																										
6 bis 7 Uhr	0,00																																										
7 bis 8 Uhr	0,25																																										
8 bis 9 Uhr	1,00																																										
9 bis 10 Uhr	1,00																																										
10 bis 11 Uhr	1,00																																										
11 bis 12 Uhr	1,00																																										
12 bis 13 Uhr	0,75																																										
13 bis 14 Uhr	0,50																																										
14 bis 15 Uhr	0,50																																										
15 bis 16 Uhr	0,50																																										
16 bis 17 Uhr	0,50																																										
17 bis 18 Uhr	0,75																																										
18 bis 19 Uhr	0,75																																										
19 bis 20 Uhr	0,50																																										
20 bis 21 Uhr	0,25																																										
21 bis 22 Uhr	0,00																																										
22 bis 23 Uhr	0,00																																										
23 bis 24 Uhr	0,00																																										

3. Naherreichbarkeit von Hausärzten

Hausärzte sind in den meisten Fällen erste Anlaufstelle bei gesundheitlichen Problemen und medizinischer Vorsorge. Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Hausärzten“ wird die medizinische Grundversorgung der Bevölkerung abgedeckt. Die Naherreichbarkeit von Hausärzten wird durch einen Reiseaufwandsindikator bestimmt. Nachfragende sind alle Haushalte. Die Nähe zum Wohnstandort spielt bei der Hausarztwahl eine bedeutende Rolle, nach einer Studie für die Länder Baden-Württemberg, Brandenburg und Hamburg sowie für Westfalen-Lippe suchen über 70 Prozent der Patienten die nächstgelegene Praxis auf (siehe Fülöp, Kopetsch und Schöpe 2007). Um dennoch auch eine gewisse Wahlfreiheit mit zu berücksichtigen, wird die Naherreichbarkeit als gemittelter Reiseaufwand zu den drei nächsterreichbaren Hausarztpraxen abgebildet. Bei der Berechnung wird zwischen dem Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV

Tabelle 32: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Hausärzten“.

Erreichbarkeitsindikator	Mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Hausärzten																																										
Nachfragegruppe	Alle Haushalte																																										
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV																																										
Zeitraum	<p>Montags bis freitags mit folgender zeitlichen Gewichtung:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zeitraum</th> <th>Gewichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4 bis 5 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>5 bis 6 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>6 bis 7 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>7 bis 8 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>8 bis 9 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>9 bis 10 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>10 bis 11 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>11 bis 12 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>12 bis 13 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>13 bis 14 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>14 bis 15 Uhr</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>15 bis 16 Uhr</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>16 bis 17 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>17 bis 18 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>18 bis 19 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>19 bis 20 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>20 bis 21 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>21 bis 22 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>22 bis 23 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>23 bis 24 Uhr</td><td>0,00</td></tr> </tbody> </table> <p>(eigene Annahmen auf der Grundlage von MiD 2008)</p>	Zeitraum	Gewichtung	4 bis 5 Uhr	0,00	5 bis 6 Uhr	0,00	6 bis 7 Uhr	0,25	7 bis 8 Uhr	0,25	8 bis 9 Uhr	1,00	9 bis 10 Uhr	1,00	10 bis 11 Uhr	0,50	11 bis 12 Uhr	0,50	12 bis 13 Uhr	0,50	13 bis 14 Uhr	0,50	14 bis 15 Uhr	0,75	15 bis 16 Uhr	0,75	16 bis 17 Uhr	0,25	17 bis 18 Uhr	0,25	18 bis 19 Uhr	0,25	19 bis 20 Uhr	0,00	20 bis 21 Uhr	0,00	21 bis 22 Uhr	0,00	22 bis 23 Uhr	0,00	23 bis 24 Uhr	0,00
Zeitraum	Gewichtung																																										
4 bis 5 Uhr	0,00																																										
5 bis 6 Uhr	0,00																																										
6 bis 7 Uhr	0,25																																										
7 bis 8 Uhr	0,25																																										
8 bis 9 Uhr	1,00																																										
9 bis 10 Uhr	1,00																																										
10 bis 11 Uhr	0,50																																										
11 bis 12 Uhr	0,50																																										
12 bis 13 Uhr	0,50																																										
13 bis 14 Uhr	0,50																																										
14 bis 15 Uhr	0,75																																										
15 bis 16 Uhr	0,75																																										
16 bis 17 Uhr	0,25																																										
17 bis 18 Uhr	0,25																																										
18 bis 19 Uhr	0,25																																										
19 bis 20 Uhr	0,00																																										
20 bis 21 Uhr	0,00																																										
21 bis 22 Uhr	0,00																																										
22 bis 23 Uhr	0,00																																										
23 bis 24 Uhr	0,00																																										

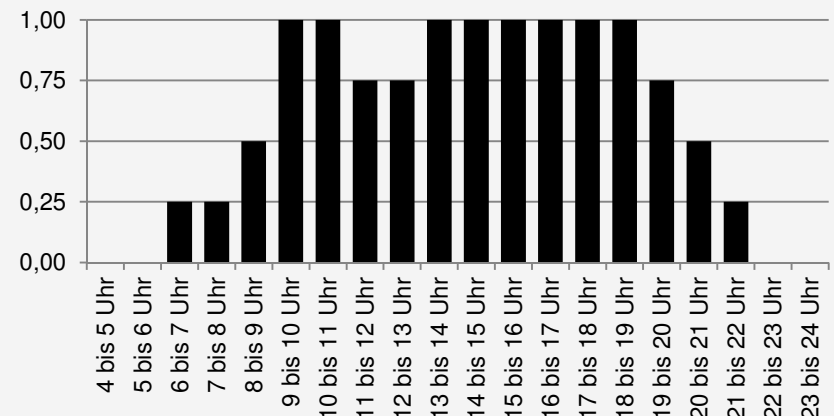
und ÖPNV unterschieden. Die morgendlichen und nachmittäglichen Öffnungsbeginnzeiten sind die Spitzenzeiten. Die benötigten Standortdaten werden bei den kassenärztlichen Vereinigungen verwaltet. Sie können als Adressdaten zur Verfügung gestellt werden. Eine Geolokalisierung der Adressdaten zu Zielkoordinaten kann im Geoinformationssystem erfolgen.

4. Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen

Grün- und Freiflächen sind das Pendant zur überbauten Siedlungsfläche. Der Indikator „Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen“ ist bedeutend, da durch ihn die Zugänglichkeit zu naturgebundenen Erholungs- und Freizeitaktivitäten in Wohnortnähe bemessen wird. Hierzu zählen beispielsweise das Spaziergehen, das Laufen oder Spielen in Parkanlagen, Spiel- und Freizeitanlagen, Gärten, Wäldern, Feldern oder an Gewässern.

Die Aktivitätsziele zeichnen sich durch eine große Wahlfreiheit aus. Daher wird hier die Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen mit einem Potenzialindikator berechnet. Als ein einfaches Attraktivitätsmaß wird – wie allgemein üblich – die Flächengröße herangezogen. Es wird zwischen dem Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV unterschieden. Zur Berechnung des Indikators werden die Flächengeometrien der zu betrachtenden Grün- und Freiflächen herangezogen. Die kommunale Verwaltung verfügt in aller Regel über eine entsprechende Flächenkartierung und die notwendigen GIS-Daten. Alternativ können die Flächendaten dem Basis-DLM der Landesvermessungsämter entnommen werden.

Tabelle 33: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen“.

Erreichbarkeitsindikator	Potenzialindikator
Nachfragegruppe	Alle Haushalte
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV
Attraktivitätsmaß	Flächengröße
Zeitraum	Täglich mit folgender zeitlichen Gewichtung: 

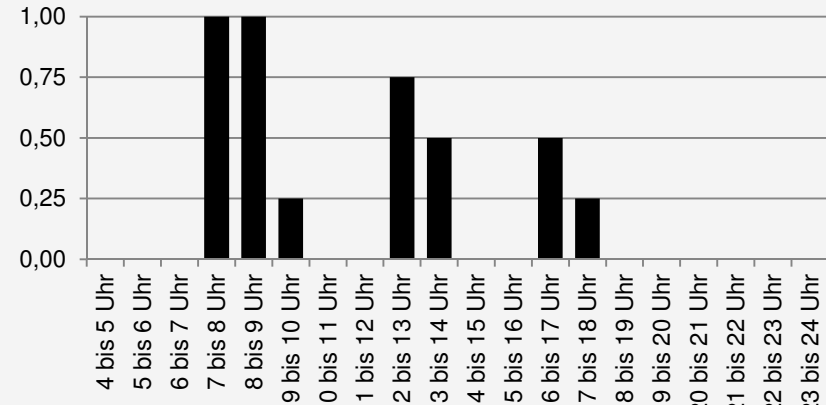
(eigene Annahmen auf der Grundlage von MiD 2008)

5. Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten

Kindergärten und Kindertagesstätten dienen der Betreuung, Erziehung und frühen Bildung von Kindern im Alter von drei bis fünf Jahren. Die Wege zum Kindergarten oder zur Kindertagesstätte sind in der Regel kurz. Gemeinhin gelten Kindergärten und Kindertagesstätten als infrastrukturelles Ausstattungsmerkmal eines Wohnquartiers. Der Indikator ist im Besonderen für Haushalte mit Kindern im Kindergartenalter bedeutend.

Die Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten wird mit einem Reiseaufwandsindikator über die minimale Reisezeit zur nächsterreichbaren Einrichtung ermittelt. Seine Berechnung umfasst den Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV. Zwischen Kindergärten und Kindertagesstätten sowie den verschiedenen Trägern wird in diesem Ansatz nicht unterschieden. Die benötigten Adress- und Standortdaten liegen in aller Regel in der Verwaltung beim kommunalen Jugend- oder Stadtentwicklungsamt vor. Eine gegebenenfalls erforderliche Geolokalisierung kann im Geoinformationssystem erfolgen.

Tabelle 34: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten“.

Erreichbarkeitsindikator	Minimale Reisezeit zum/r nächsterreichbaren Kindergarten/Kindertagesstätte
Nachfragegruppe	Haushalte mit Kindergartenkindern
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV
Zeitraum	Montags bis freitags mit folgender zeitlicher Gewichtung: 

(eigene Annahmen)

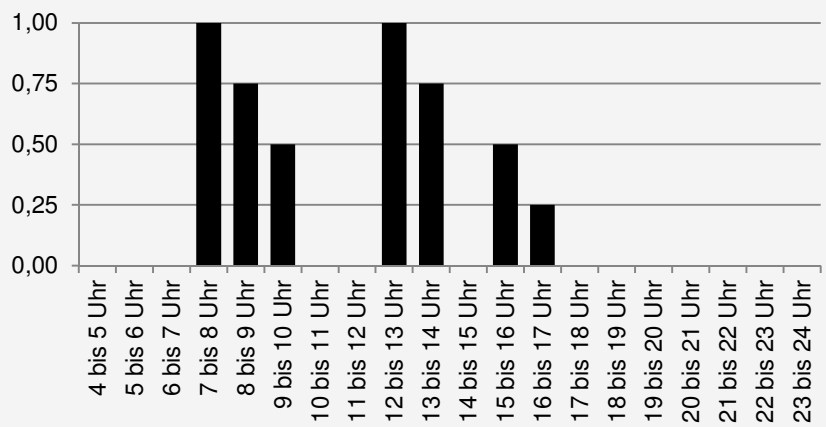
6. Naherreichbarkeit von Grundschulen

Grundschulen dienen der grundlegenden Bildungsvermittlung von Schülern im Regelalter von sechs bis zehn Jahren¹⁰. Der Einzugsbereich einer Grundschule ist in der Regel örtlich, gerade in verdichteten Räumen werden die Wege zur Grundschule häufig zu Fuß zurückgelegt. Der Indikator ist speziell für Haushalte mit Kindern im Grundschulalter bedeutend.

Die Naherreichbarkeit von Grundschulen wird mit einem Reiseaufwandsindikator über die minimale Reisezeit zur nächsterreichbaren öffentlichen Grundschule ermittelt. Es wird in diesem Ansatz davon ausgegangen, dass stets die dem Wohnort nächstgelegene Einrichtung besucht wird. Diese Modellierung entspricht dem Konzept der Grundschulbezirke, das in vielen Bundesländern angewandt wird und das dem Gedanken von Naherreichbarkeit nahe kommt. Bei der Analyse wird zwischen dem Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV unterschieden. Die benötigten Adress- und Standortdaten sind in aller Regel bei den kommunalen Schulverwaltungsämtern bzw. der Kreisschulverwaltung verfügbar. Sollten sie nicht vorliegen, lassen sie sich relativ kostengünstig nacherheben. Eine Geolokalisierung kann im Geoinformationssystem erfolgen.

¹⁰ Dies trifft nicht auf Berlin und Brandenburg zu. In den Bundesländern Berlin und Brandenburg umfasst die Grundschule die erste bis sechste Klasse. Das Regelalter der Grundschüler beträgt dort abweichend zu den anderen Bundesländern sechs bis zwölf Jahre.

Tabelle 35: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Grundschulen“.

Erreichbarkeitsindikator	Minimale Reisezeit zur nächsterreichbaren Grundschule
Nachfragegruppe	Haushalte mit Grundschulern
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV
Zeitraum	Schultags mit folgender zeitlicher Gewichtung: 

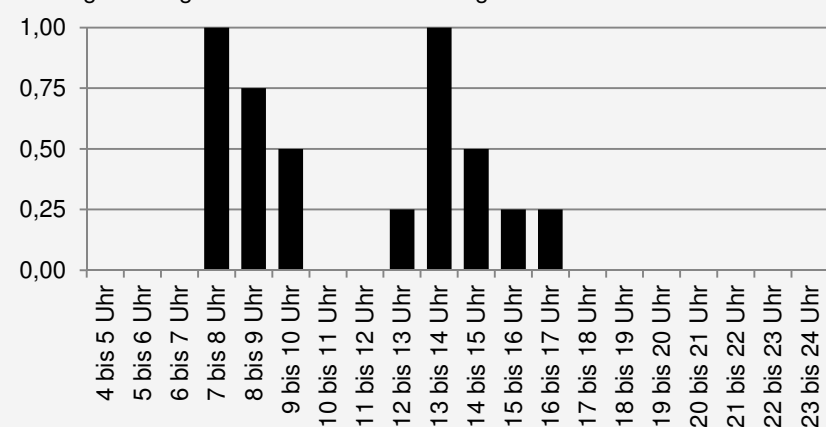
7. Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II

Schulen der Sekundarstufen I und II bieten weiterführende Schulangebote für Schüler im Regelalter ab elf oder dreizehn bis neunzehn Jahren. Der Indikator „Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II“ ist speziell für Haushalte mit Heranwachsenden bedeutend, da Schulen der Sekundarstufen I und II eine höhere Schulbildung bis hin zur Erlangung der allgemeinen Hochschulreife ermöglichen. Die Schulformen der Sekundarbildung variieren je nach Bundesland. In Nordrhein-Westfalen werden Gymnasien, Gesamtschulen, Realschulen, Sekundarschulen und Hauptschulen unterschieden. Schulen der Sekundarstufen I und II umfassen zumeist die Einzugsbereiche mehrerer Grundschulen. Schulen der Sekundarstufe I sind häufig bereits in Grundzentren vorzufinden. Angebote der Sekundarstufe II finden sich eher in Mittel- und Oberzentren. Die Auswahlmöglichkeiten für die einzelnen Schulformen sind vom individuellen schulischen Leistungsvermögen abhängig und daher nur eingeschränkt frei.

Die Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II wird mit einem Potenzialindikator berechnet, um sowohl die Angebotsvielfalt als auch die Wahlfreiheit abbilden zu können. Als vereinfachtes Attraktivitätsmaß dient die Anzahl an Schulen der Sekundarstufen I und II. Es wird angenommen, dass die Schulgröße irrelevant sei und die Schulfächerangebote – unabhängig vom Bildungsniveau – als gleichwertig angesehen werden können. Die Berechnung bezieht sowohl den Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV als auch ÖPNV ein. Die Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II ist umso höher, je mehr potenzielle Schulen erreichbar sind. Die benötigten Adress- und Standortdaten sind in aller Regel bei den kommunalen Schulverwaltungsämtern bzw. der Kreisschulverwaltung verfügbar. Sollten sie nicht vorliegen, lassen sie sich relativ kostengünstig nacherheben. Eine Geolokalisierung kann im Geoinformationssystem erfolgen.

Die Sekundarstufen I und II werden nach diesem Ansatz gemeinsam betrachtet, was unter anderem auf die vorliegenden Gegebenheiten in der Stadt Dortmund zurückzuführen ist. In dünner besiedelten Räumen mit einem räumlich stärker ausdifferenzierten Schulangebot ist wahr-

Tabelle 36: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II“.

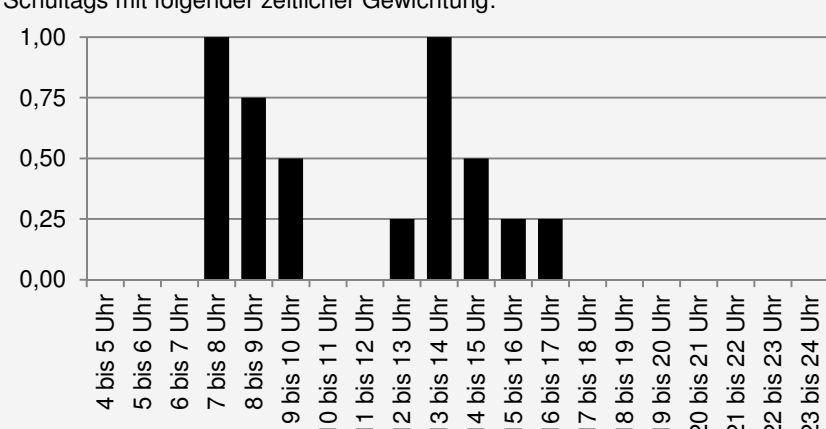
Erreichbarkeitsindikator	Potenzialindikator																																										
Nachfragegruppe	Haushalte mit Sekundarschülern																																										
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV																																										
Attraktivitätsmaß	Anzahl an Schulen																																										
Zeitraum	Schultags mit folgender zeitlicher Gewichtung:  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zeitraum</th> <th>Zeitliche Gewichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4 bis 5 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>5 bis 6 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>6 bis 7 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>7 bis 8 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>8 bis 9 Uhr</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>9 bis 10 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>10 bis 11 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>11 bis 12 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>12 bis 13 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>13 bis 14 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>14 bis 15 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>15 bis 16 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>16 bis 17 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>17 bis 18 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>18 bis 19 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>19 bis 20 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>20 bis 21 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>21 bis 22 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>22 bis 23 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>23 bis 24 Uhr</td><td>0,00</td></tr> </tbody> </table> <p>(eigene Annahmen)</p>	Zeitraum	Zeitliche Gewichtung	4 bis 5 Uhr	0,00	5 bis 6 Uhr	0,00	6 bis 7 Uhr	0,00	7 bis 8 Uhr	1,00	8 bis 9 Uhr	0,75	9 bis 10 Uhr	0,50	10 bis 11 Uhr	0,00	11 bis 12 Uhr	0,00	12 bis 13 Uhr	0,25	13 bis 14 Uhr	1,00	14 bis 15 Uhr	0,50	15 bis 16 Uhr	0,25	16 bis 17 Uhr	0,25	17 bis 18 Uhr	0,00	18 bis 19 Uhr	0,00	19 bis 20 Uhr	0,00	20 bis 21 Uhr	0,00	21 bis 22 Uhr	0,00	22 bis 23 Uhr	0,00	23 bis 24 Uhr	0,00
Zeitraum	Zeitliche Gewichtung																																										
4 bis 5 Uhr	0,00																																										
5 bis 6 Uhr	0,00																																										
6 bis 7 Uhr	0,00																																										
7 bis 8 Uhr	1,00																																										
8 bis 9 Uhr	0,75																																										
9 bis 10 Uhr	0,50																																										
10 bis 11 Uhr	0,00																																										
11 bis 12 Uhr	0,00																																										
12 bis 13 Uhr	0,25																																										
13 bis 14 Uhr	1,00																																										
14 bis 15 Uhr	0,50																																										
15 bis 16 Uhr	0,25																																										
16 bis 17 Uhr	0,25																																										
17 bis 18 Uhr	0,00																																										
18 bis 19 Uhr	0,00																																										
19 bis 20 Uhr	0,00																																										
20 bis 21 Uhr	0,00																																										
21 bis 22 Uhr	0,00																																										
22 bis 23 Uhr	0,00																																										
23 bis 24 Uhr	0,00																																										

scheinlich eine Trennung nach einzelnen Schulformen oder nach Schulen der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II angebracht. In diesen Fällen ist eine Abbildung der Erreichbarkeitsverhältnisse mit einem Reiseaufwandsindikator überlegenswert.

8. Naherreichbarkeit von Berufskollegs

Die Verwendung dieses Indikators war ein Anliegen, das von den Vertretern der Stadt Dortmund eingebracht wurde. Berufskollegs bieten Schülern im Kernalter von 16 bis 19 Jahren Angebote zur berufsnahen Bildung bis hin zur Erlangung der allgemeinen Hochschulreife. Die Angebote variieren je nach Bundesland. Der Indikator „Naherreichbarkeit von Berufskollegs“ ist

Tabelle 37: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Berufskollegs“.

Erreichbarkeitsindikator	Potenzialindikator																																										
Nachfragegruppe	(Berufs-)Schüler																																										
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV																																										
Attraktivitätsmaß	Anzahl an Schulen																																										
Zeitraum	Schultags mit folgender zeitlicher Gewichtung:  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zeitraum</th> <th>Zeitliche Gewichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4 bis 5 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>5 bis 6 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>6 bis 7 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>7 bis 8 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>8 bis 9 Uhr</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>9 bis 10 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>10 bis 11 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>11 bis 12 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>12 bis 13 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>13 bis 14 Uhr</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>14 bis 15 Uhr</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>15 bis 16 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>16 bis 17 Uhr</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>17 bis 18 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>18 bis 19 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>19 bis 20 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>20 bis 21 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>21 bis 22 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>22 bis 23 Uhr</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>23 bis 24 Uhr</td><td>0,00</td></tr> </tbody> </table> <p>(eigene Annahmen)</p>	Zeitraum	Zeitliche Gewichtung	4 bis 5 Uhr	0,00	5 bis 6 Uhr	0,00	6 bis 7 Uhr	0,00	7 bis 8 Uhr	1,00	8 bis 9 Uhr	0,75	9 bis 10 Uhr	0,50	10 bis 11 Uhr	0,00	11 bis 12 Uhr	0,00	12 bis 13 Uhr	0,25	13 bis 14 Uhr	1,00	14 bis 15 Uhr	0,50	15 bis 16 Uhr	0,25	16 bis 17 Uhr	0,25	17 bis 18 Uhr	0,00	18 bis 19 Uhr	0,00	19 bis 20 Uhr	0,00	20 bis 21 Uhr	0,00	21 bis 22 Uhr	0,00	22 bis 23 Uhr	0,00	23 bis 24 Uhr	0,00
Zeitraum	Zeitliche Gewichtung																																										
4 bis 5 Uhr	0,00																																										
5 bis 6 Uhr	0,00																																										
6 bis 7 Uhr	0,00																																										
7 bis 8 Uhr	1,00																																										
8 bis 9 Uhr	0,75																																										
9 bis 10 Uhr	0,50																																										
10 bis 11 Uhr	0,00																																										
11 bis 12 Uhr	0,00																																										
12 bis 13 Uhr	0,25																																										
13 bis 14 Uhr	1,00																																										
14 bis 15 Uhr	0,50																																										
15 bis 16 Uhr	0,25																																										
16 bis 17 Uhr	0,25																																										
17 bis 18 Uhr	0,00																																										
18 bis 19 Uhr	0,00																																										
19 bis 20 Uhr	0,00																																										
20 bis 21 Uhr	0,00																																										
21 bis 22 Uhr	0,00																																										
22 bis 23 Uhr	0,00																																										
23 bis 24 Uhr	0,00																																										

speziell für (Berufs-)Schüler bedeutend. In Nordrhein-Westfalen umfassen Berufskollegs Berufsschulen, Berufsgrundschulen, Fachoberschulen, Berufsfachschulen und Berufliche Gymnasien. Sowohl die schulischen Angebote als auch die Schülerstrukturen sind sehr heterogen. Weiterbildungskollegs für Erwachsene werden ausgeschlossen.

Die Naherreichbarkeit von Berufskollegs wird mit einem Potenzialindikator berechnet. An den einzelnen Standorten von Berufskollegs besteht zum Teil ein weitgefächertes Angebot. Daher wird ein generalisiertes Attraktivitätsmaß verwendet, das je nach Datenverfügbarkeit die Anzahl der angebotenen Fächer, der möglichen Abschlüsse oder der Lehrkräfte umfasst. Die Naherreichbarkeit von Berufskollegs ist umso höher, je größer das potenziell erreichbare Bildungsangebot ist. Die Indikatorberechnung umfasst den Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV. Die Informationen über die jeweiligen Schulangebote und die Standortdaten liegen in aller Regel bei den kommunalen Schulverwaltungsämtern bzw. der Kreisschulverwaltung vor. Anderenfalls lassen sie sich über die Träger relativ kostengünstig nacherheben. Eine Geolokalisierung kann im Geoinformationssystem erfolgen.

9. Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten

Seniorenbegegnungsstätten sind Anlaufstelle und Betreuungsnetz für Haushalte mit älteren Menschen. Träger sind Kommunen, Kirchen oder Wohlfahrtsverbände wie die Arbeiterwohlfahrt, das Deutsche Rote Kreuz oder der Paritätische Wohlfahrtsverband. Der Indikator „Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten“ ist bedeutend, da Seniorenbegegnungsstätten älteren Menschen den Kontakt und gesellschaftliche Teilhabe und ein weiterhin selbstbestimmtes Leben ermöglichen. Der Einzugsbereich von Seniorenbegegnungsstätten ist örtlich, ihre räumliche Nähe ist insbesondere im Hinblick auf ihre Begegnungs- und Austauschfunktion wichtig.

Tabelle 38: Steckbrief des Indikators „Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten“.

Erreichbarkeitsindikator	Mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Seniorenbegegnungsstätten
Nachfragegruppe	Senioren im Alter von über 60 Jahren
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Pkw, ÖPNV
Zeitraum	<p>Werktags und samstags mit folgender zeitlichen Gewichtung:</p> <p>(eigene Annahmen auf der Grundlage von MiD 2008)</p>

Die Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten wird als Reiseaufwandsindikator berechnet. Um die Wahlfreiheit und die Programm- und Angebotsvielfalt zu berücksichtigen, wird die Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten als mittlerer Reiseaufwand zu den drei

nächsterreichbaren Einrichtungen abgebildet. Aus Gründen der Vereinfachung wird zwischen Trägerorganisationen nicht unterschieden. Die Berechnung umfasst den Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV. Die benötigten Adress- und Standortdaten können in aller Regel durch das Sozialamt, die Sozialverbände und die Trägerorganisationen zur Verfügung gestellt werden. Eventuell notwendige Nacherhebungen sind kostengünstig realisierbar. Eine Geolokalisierung kann im Geoinformationssystem erfolgen.

10. Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen

Die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen ist ein wichtiger Faktor für Wohnstandortentscheidungen. Nachfragegruppe sind Haushalte mit Erwerbsfähigen. Der Indikator „Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen“ ist bedeutend, da durch ihn die Zugänglichkeit des lokalen Arbeitsmarkts abgebildet wird. Die Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen wird sowohl als Kumulationsindikator als auch als Potenzialindikator berechnet. Hiermit sollen vor allem vergleichende Erfahrungen gesammelt werden. Daher erfolgt die Berechnung des Potenzialindikators auch nicht – wie bei der Potenzialerreichbarkeit der Grün- und Freiflächen oder der Sekundarbildungsangebote – rein angebotsorientiert. Vielmehr wird probenhalber das effektive Nachfragepotenzial abgebildet (siehe Kapitel 5.2.4), indem das potenzielle Arbeitsplatzangebot der potenziellen Nachfrage gegenübergestellt wird. Auf diese Weise werden das Nachfragepotenzial und die Wettbewerbseffekte auf dem Arbeitsmarkt mitberücksichtigt. Wie im Anforderungsprofil vorgesehen, gehen somit alle drei komplexen, standörtlichen Erreichbarkeitsindikatortypen inklusive einer Sonderform des Potenzialindikators mit der Darstellung des effektiven Nachfragepotenzials bei den Arbeitsplätzen in die exemplarische Naherreichbarkeitsanalyse ein. Die Modellierung der Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen wird für den Fußgängerverkehr, Fahrradverkehr, MIV und ÖPNV durchgeführt. Als Attraktivitätsmaß dient die Anzahl an Arbeitsplätzen.

Die Datenverfügbarkeit zur kleinräumigen Verteilung der Arbeitsplätze ist eine besondere Herausforderung. Liegen kleinräumige Arbeitsplatzdaten in den Verwaltungen nicht vor und sollen rasterbezogene Arbeitsplatzdaten als fertige Datenpakete von spezialisierten Planungsbüros

Tabelle 39: Steckbrief des Indikators „Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen“.

Erreichbarkeitsindikator	Kumulations- und Potenzialindikator (effektive Nachfrage)
Nachfragegruppe	Erwerbsfähige
Verkehrsmittel	Zu Fuß, Fahrrad, Pkw, ÖPNV
Attraktivitätsmaß	Anzahl an Arbeitsplätzen
Zeitraum und zeitliche Gewichtung	<p>Werktags mit folgender zeitlicher Gewichtung:</p> <p>(eigene Annahmen auf der Grundlage von MiD 2008; Statista GmbH 2011)</p>

oder privatwirtschaftlichen Datenanbietern nicht eingekauft werden, müssen die Arbeitsplatzdaten eigens erhoben und zum Beispiel im Geoinformationssystem entsprechend aufbereitet werden. Da Arbeitsplatzdaten nicht einheitlich und vollständig bei einer Stelle vorgehalten werden, sind die notwendigen Informationen aus unterschiedlichen Datenquellen zusammenzuführen. Geeignete Datenlieferanten sind die Bundesagentur für Arbeit und die Statistischen Landesämter mit Daten zu sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und Arbeitsstätten, die Industrie- und Handelskammern mit ihren Unternehmensregistern sowie die öffentlichen Behörden mit ihren Informationen über die Arbeitsplätze für Beamte und Mitarbeiter des öffentlichen Dienstes. Eine detaillierte Prüfung erhobener Daten ist dabei unerlässlich. Nicht selten liegen die Arbeitsplatzzahlen eines Unternehmens nur konzentriert an der Adresse des Stammsitzes vor, sodass die Verteilung der Arbeitsplätze auf die Filialen entsprechend modelliert werden muss. Die Zusammenführung der Daten kann im Geoinformationssystem mithilfe geostatistischer Schätzverfahren durchgeführt werden (siehe BMVBS und BBR 2006, S. 48 f.). Weniger aufwändig verhält es sich, wenn Arbeitsplatzdaten auf der Ebene von statistischen Zonen oder Verkehrszellen bereits vorgehalten werden, zum Beispiel im Rahmen der Anwendung kommunaler Verkehrs- oder Stadtentwicklungsmodelle. Ist dies der Fall, können diese zonalen Arbeitsplatzdaten über statistische Schätzverfahren und unter Zuhilfenahme zusätzlicher Informationen räumlich disaggregiert und für Naherreichbarkeitsanalysen nutzbar gemacht werden (siehe Kapitel 5.2.3).

6.2.2 Bewertungsindizes

Die im Abschnitt zuvor beschriebenen Naherreichbarkeitsindikatoren bilden die Grundlage zur aktivitäts-, verkehrsmittel- und nachfragegruppenspezifischen Bestimmung der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren. Für ein regelmäßiges Beobachten und Kontrollieren der Entwicklung der Naherreichbarkeitsverhältnisse ist es zweckmäßig, das aufgestellte Indikatorensystem um kommunale oder ortsteilbezogene Bewertungsindizes zu erweitern. Ihre Anwendung ist eine zweckmäßige, vertiefende Ergänzung des ausgearbeiteten Indikatorensystems. Mit den Bewertungsindizes werden die Veränderungen der Naherreichbarkeitsverhältnisse im Zeitverlauf abgebildet sowie gezielt ausgewählte Fragen zur Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit der räumlichen und zeitlichen Entwicklung beantwortet. Eine Übersicht der hierfür angedachten Bewertungsindizes zeigt Tabelle 40.

Tabelle 40: Bewertungsindizes des Evaluationsschemas.

Bewertungsindex	Beschreibung
Absolute Differenz	Darstellung der absoluten Differenz der Erreichbarkeitswerte
Relative Differenz	Darstellung der relativen Differenz der Erreichbarkeitswerte
Pro-Kopf-Erreichbarkeit	Darstellung der durchschnittlichen Erreichbarkeit einer Nachfragegruppe (z.B. mittlere Reisezeit zur Grundschule für Grundschüler)
Erreichbarkeitsgrad	Darstellung des prozentualen Anteils einer Nachfragegruppe, für die ein definierter Mindesterreichbarkeitsstandard erfüllt ist (z.B. Prozentsatz aller Grundschüler, der die nächste Grundschule innerhalb von 10 Minuten erreichen kann)
Gini-Koeffizient	Standardisiertes Maß, mit dem die Ungleichheit der Erreichbarkeitsverhältnisse innerhalb einer nachfragenden Bevölkerungsgruppe abgebildet wird
Interdezilverhältnis	Relatives Maß, mit dem die Ungleichheit von Erreichbarkeitsverhältnissen innerhalb einer nachfragenden Bevölkerungsgruppe abgebildet wird
Intermodalindex	Standardisiertes Maß, mit dem die Erreichbarkeitsunterschiede zwischen zwei Verkehrsmitteln abgebildet werden (z.B. Naherreichbarkeit mit dem Pkw versus ÖPNV)

Die Bewertungsindizes „Absolute Differenz“ und „Relative Differenz“ sind zwei einfach zu ermittelnde Indikatoren, mit denen auf der Basis der berechneten Naherreichbarkeitsindikatoren die absoluten beziehungsweise relativen Veränderungen zwischen zwei Zeitpunkten oder die Differenzen zwischen zwei Verkehrsmitteln bestimmt werden können. Mit ihnen lassen sich auch die Auswirkungen von Maßnahmen der Flächennutzungs- oder Verkehrsplanung auf die Naherreichbarkeit bewerten. Die Veränderungen zwischen dem Ist-Zustand und dem geplanten Soll-Zustand können zum Beispiel kartographisch aufbereitet dargestellt und kleinräumig ausgewertet werden.

Der Bewertungsindex „Pro-Kopf-Erreichbarkeit“ gibt für eine definierte Nachfragegruppe beziehungsweise einen definierten Raum den durchschnittlichen Erreichbarkeitswert auf der Basis der zuvor beschriebenen Naherreichbarkeitsindikatoren wieder. Die Pro-Kopf-Erreichbarkeit wird für gewöhnlich aggregiert für übergeordnete Teilräume, zum Beispiel Wohnquartiere, gebildet. Ein klassischer Anwendungsfall ist die Pro-Kopf-Erreichbarkeit von Grundschulen auf der räumlichen Ebene der Grundschulbezirke. Mit Hilfe der Pro-Kopf-Erreichbarkeit lassen sich Naherreichbarkeitsverhältnisse relativ einfach miteinander vergleichen. Der Bewertungsindex ist aber nicht nur für räumliche Vergleiche beziehungsweise das Aufzeigen von räumlichen Erreichbarkeitsunterschieden geeignet, denn ebenso eignet er sich für zeitliche Analysen oder Maßnahmenbewertungen. So kann über die Pro-Kopf-Erreichbarkeit nachgewiesen werden, ob und wie sehr sich die Erreichbarkeitsverhältnisse über die Zeit beziehungsweise bei Umsetzung einer Planungsmaßnahme verbessern oder verschlechtern würden.

Erreichbarkeitsgradindikatoren basieren auf Reiseaufwandsindikatoren. Mit ihnen wird der (prozentuale) Bevölkerungsanteil einer Nachfragegruppe wiedergegeben, für den die Aktivitätsziele innerhalb einer bestimmten Reisezeit erreichbar sind. Erreichbarkeitsgradindikatoren ermöglichen eine Auswertung über die Verteilung der Erreichbarkeiten für die Bevölkerung und können somit ein Indikator zur Bewertung von Erreichbarkeitsgerechtigkeit darstellen. Zugleich sind Erreichbarkeitsgradindikatoren für eine räumliche und zeitliche Bewertung des Erfüllens von Erreichbarkeitsstandards gut geeignet. Angelehnt an die „Accessibility Planning“ in England (siehe Kapitel 4.1.2) zeigt Tabelle 41 die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Erreichbarkeitsgradindikatoren samt angenommenen Mindeststandards. Das Evaluationsschema und die

Tabelle 41: Erreichbarkeitsgradindikatoren des Evaluationsschemas.

Aktivitätstyp	Erreichbarkeitsgradindikator
Grundzentren	% der Personen, die das nächste Grundzentrum innerhalb von 15 Minuten erreichen
Lebensmittelgeschäfte	% der Personen, die die drei nächsten Lebensmittelgeschäfte im Mittel innerhalb von 15 Minuten erreichen
Hausärzte	% der Personen, die die drei nächsten Hausarztpraxen im Mittel innerhalb von 15 Minuten erreichen
Kindergärten/Kindertagesstätten	% der Kinder (3-6 Jahre), die den/die nächste/n Kindergarten/Kindertagesstätte innerhalb von 12 Minuten erreichen
Grundschulen	% der Kinder (6-10 Jahre), die die nächste Grundschule innerhalb von 15 oder 20 Minuten erreichen
Seniorenbegegnungsstätten	% der Senioren (Personen über 60 Jahre), die die drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten im Mittel innerhalb von 15 Minuten erreichen

Mindeststandards sollten idealerweise auf politischen Abstimmungsbeschlüssen beziehungsweise rechtlichen Vorgaben basieren. Dies im Rahmen dieser Arbeit herbeizuführen war nicht möglich. Stattdessen zeigt Tabelle 41 die vom Verfasser zu Veranschaulichungszwecken festgelegten Bewertungsindikatoren und Mindeststandards. Die Erreichbarkeitsgradindikatoren können sowohl für räumlich-zeitliche Bewertungen als auch für Maßnahmenbewertungen verwendet werden.

Mit dem Gini-Koeffizienten und dem Interdezilverhältnis wird die Ungleichheit der Erreichbarkeitsverhältnisse bestimmt. Beide Bewertungsindizes sind geeignet, die Erreichbarkeitsveränderungen über die Zeit darzustellen. Sie unterscheiden sich vor allem in ihrem Bewertungsmaß, mit dem die Ungleichheit der Erreichbarkeitsverhältnisse ausgedrückt wird. Der Gini-Koeffizient (siehe Gleichung 28) weist als standardisierter Index einen Wertebereich von Null bis Eins auf. Der Wert Null markiert eine absolute Gleichheit, der Wert Eins eine absolute Ungleichheit. Ein ansteigender Gini-Koeffizient veranschaulicht, dass die Ungleichheit der Naherreichbarkeit anwächst (siehe Kapitel 5.1.6). Beim Interdezilverhältnis wird die Menge der Naherreichbarkeitswerte der nachfragenden Bevölkerungsgruppe durch Dezile in zehn gleiche Teile zerlegt. Das Interdezilverhältnis gibt das Verhältnis zwischen dem oberen Wert des neunten Dezils, das heißt den zehn Prozent der nachfragenden Bevölkerungsgruppe mit den besten Naherreichbarkeitsverhältnissen, und dem des ersten Dezils, das heißt den zehn Prozent der nachfragenden Bevölkerungsgruppe mit den schlechtesten Naherreichbarkeitsverhältnissen, an. Ein Interdezilverhältnis von 5,5 bedeutete beispielsweise, dass die oberen zehn Prozent der Nachfragenden eine 5,5-fach bessere Naherreichbarkeit aufweisen als die unteren zehn Prozent. Reduziert sich das gemessene Interdezilverhältnis zwischen zwei Zeitpunkten, so signalisiert dies, dass die Ungleichheit der Naherreichbarkeitsverhältnisse über die Zeit gesunken ist.

Der Intermodalindex vergleicht die Erreichbarkeitsverhältnisse zweier Verkehrsmittel (siehe Gleichung 29). Er eignet sich zum Beispiel, um Hinweise auf die Konkurrenzfähigkeit des ÖPNV zum MIV und die Nachhaltigkeit von verkehrlichen Angeboten zu liefern. Standardisiert reicht der Bewertungsindex von -1 bis +1, ein Wert von Null stellt hierbei ein ausgeglichenes intermodales Naherreichbarkeitsverhältnis dar. In diesem Fall sind die Naherreichbarkeitswerte mit dem Pkw und öffentlichen Nahverkehr gleich. Bei einem Wert unter null ist die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV schlechter, bei einem Wert über null besser als mit dem Pkw.

Im folgenden Kapitel wird das beschriebene Indikatorensystem und Evaluationsschema am Fallbeispiel der Stadt Dortmund angewendet und auf seine Praxistauglichkeit überprüft.

7 Praktische Erprobung am Fallbeispiel Dortmund

Im Kapitel 6 ist das Indikatorensystem, das zur Evaluation der Naherreichbarkeit in Wohnquartieren in dieser Arbeit angewendet werden soll, beschrieben worden. Die praktische Erprobung des Evaluationsschemas soll die Stärken und Schwächen des Ansatzes verdeutlichen und wichtige Erkenntnisse über seine grundsätzliche Praxistauglichkeit liefern. Zu einem späteren Zeitpunkt können die in dieser Arbeit beschriebenen Erfahrungen dazu genutzt werden, den vorgeschlagenen oder einen ähnlichen Modellierungs- und Bewertungsansatz zielorientiert an die jeweiligen Anforderungen und Bedürfnisse vor Ort anzupassen.

In diesem Kapitel werden der Untersuchungsraum und der gewählte Modellierungsansatz der aktivitätsspezifischen Naherreichbarkeitsanalyse diskutiert. Für die praktische Erprobung des Indikatorensystems und Evaluationsschemas wurde die Stadt Dortmund ausgewählt. Einerseits stellt sie aufgrund ihrer Größe und siedlungsstrukturellen Diversität ein gut geeignetes Laboratorium dar. Andererseits bestanden zur Stadtverwaltung bereits gute Kontakte, die die Zusammenarbeit erleichterten. Im Folgenden wird nach einer kurzen Einführung in das Fallbeispiel (siehe Kapitel 7.1) auf das gewählte räumliche Analysebezugssystem (siehe Kapitel 7.2), die gewählte Methodik zur Verteilung der Bevölkerung (siehe Kapitel 7.3), die Modellierung der Aktivitätsziele und -gelegenheiten (siehe Kapitel 7.4), die Modellierung der Verkehrsgraphen des Pkw-, Fußgänger-, Fahrradverkehrs und ÖPNV (siehe Kapitel 7.5) und die Festlegung der Widerstandsfunktion und ihrer Widerstandsparameter (siehe Kapitel 7.6) eingegangen. Die Beschreibung und Auswertung der Analyseergebnisse erfolgt im Kapitel 8. Der Analysezeitpunkt ist Anfang 2011.

7.1 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum im engeren Sinn ist das Gebiet der Stadt Dortmund. Damit die bestehenden Wechselbeziehungen zwischen der Stadt Dortmund mit ihrem Umland abgebildet werden können, wird der Untersuchungsraum auf das östliche Ruhrgebiet erweitert. Die Erweiterung des Untersuchungsraums gewährleistet, dass auch die außerhalb Dortmunds liegenden Aktivitätsziele und -gelegenheiten mitberücksichtigt werden, die für die Dortmunder Bevölkerung relevant und in einem angemessenen Aufwand erreichbar sind. Dies gilt insbesondere für die adäquate Abbildung der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen (siehe Kapitel 6.2.1).

Die Abgrenzung des erweiterten Untersuchungsraums auf das östliche Ruhrgebiet geht auf Überlegungen am Institut für Raumplanung der Universität Dortmund zu Forschungsvorhaben zurück, die die Anwendung von Stadtsimulationsmodellen zum Gegenstand hatten (siehe Wegener 1983, 1985, 1999; Beckmann u. a. 2007; Huber, Spiekermann und Wegener 2011). Konkret fußt die Festlegung des erweiterten Untersuchungsraums auf einer Analyse von Pendlerdaten. Der Untersuchungsraum „Östliches Ruhrgebiet“ deckt mit 87 Prozent der Einpendler und 85 Prozent der Auspendler den überwiegenden Verflechtungsbereich Dortmunds ab (siehe Bundesagentur für Arbeit 2008).

Karte 3 veranschaulicht den Untersuchungsraum „Östliches Ruhrgebiet“. Neben dem Oberzentrum Dortmund umfasst der erweiterte Untersuchungsraum 25 umliegende Gemeinden. Im Norden bis Südosten grenzt der Kreis Unna mit den Städten Lünen, Kamen, Unna, der Gemeinde Holzwickede und der Stadt Schwerte an Dortmund. Südliche Nachbarstädte sind die kreisfreie Stadt Hagen sowie Herdecke und Witten als Städte des Ennepe-Ruhr-Kreises. Im Westen grenzt Dortmund an die kreisfreie Stadt Bochum, im Nordwesten an den Kreis Recklinghausen

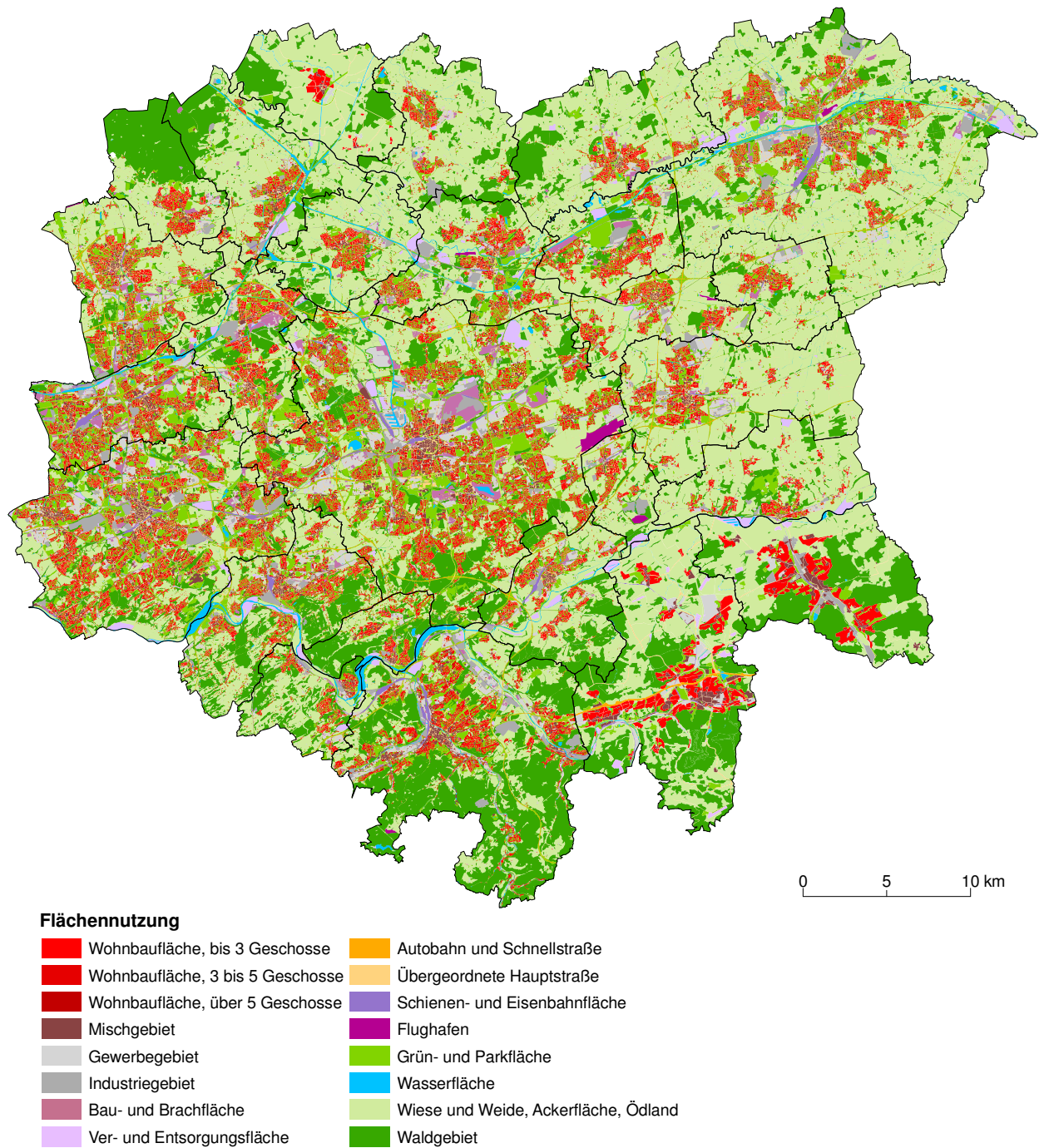
mit den Städten Castrop-Rauxel und Waltrop. Das Ausmaß des erweiterten Untersuchungsraums entspricht etwa einem Kreis mit einem Radius von 25 Kilometern um die Dortmunder Innenstadt. Die Breite des Kreisringes um die Stadtgrenze Dortmunds beträgt circa zwölf Kilometer.

Karte 3: Östliches Ruhrgebiet.



2,6 Millionen Einwohner leben im östlichen Ruhrgebiet, davon rund 580.000 in Dortmund. Es sind circa 85.000 Unternehmen im erweiterten Untersuchungsraum ansässig, die circa 1,1 Millionen Arbeitsplätze anbieten (vgl. Beckmann u. a. 2007, S. 10). Karte 4 vermittelt einen Eindruck von der Flächennutzung im östlichen Ruhrgebiet. Die Siedlungsstrukturen verdichten sich nach Westen in Richtung mittleres Ruhrgebiet. Im Norden und Osten existieren in der Untersuchungsregion dagegen noch größere agrarwirtschaftlich genutzte Flächen, im Süden prägen Wälder das Siedlungsbild. Betrachtet man das Östliche Ruhrgebiet im Detail, so kann die Stadtregion trotz ihrer heterogenen Strukturen als insgesamt ziemlich kompakt bezeichnet werden; „die meisten ihrer Siedlungsbereiche liegen weniger als dreißig Minuten mit dem Auto von der Innenstadt Dortmunds entfernt“ (Spiekermann und Wegener 2005, S. 18). Karte 5 gibt einen Einblick in das dichte Straßennetz des östlichen Ruhrgebiets.

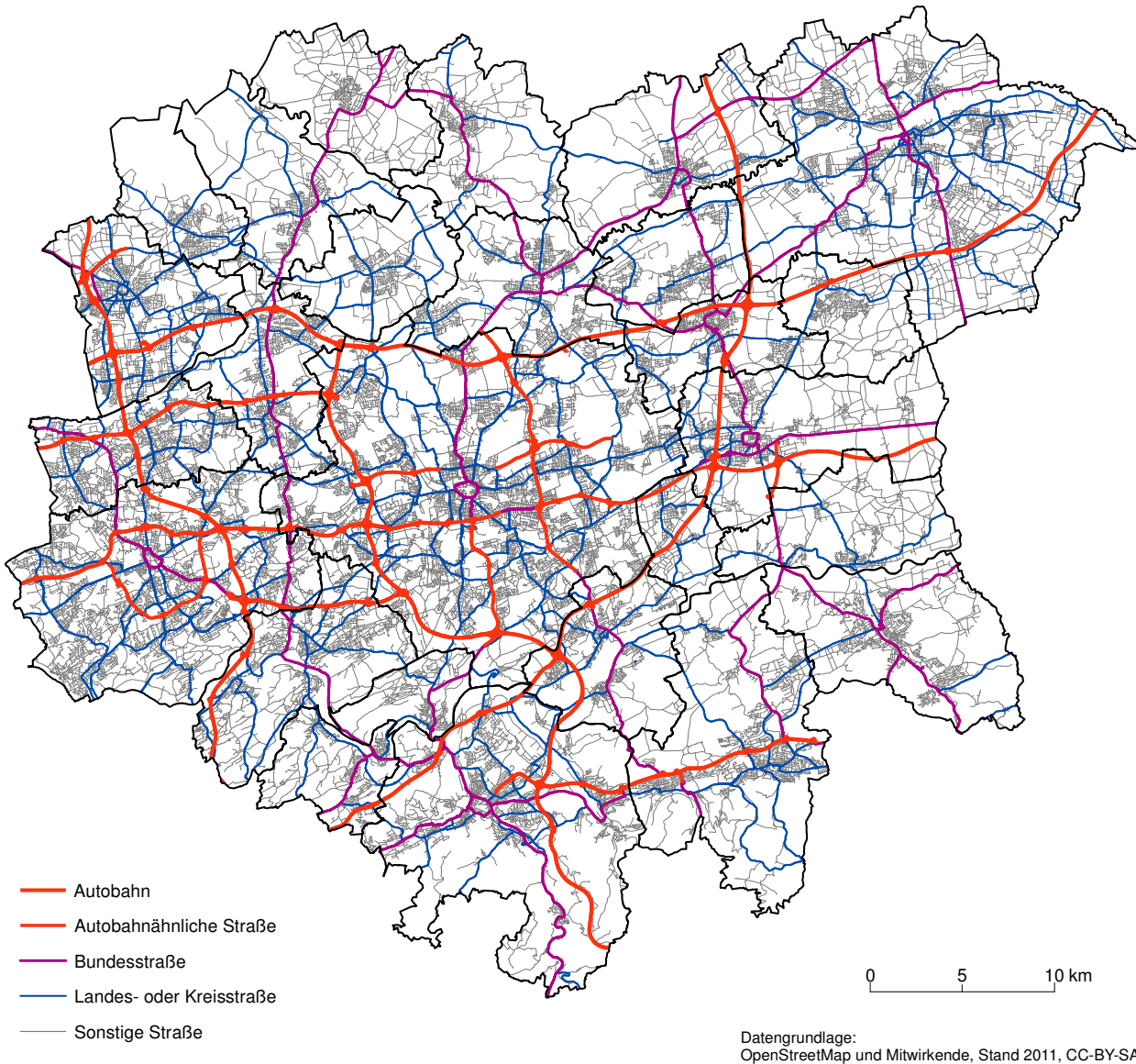
Karte 4: Flächennutzung im östlichen Ruhrgebiet.



Datengrundlagen:
 IRPUD; Flächennutzungskartierung Regionalverband Ruhr, Essen
 digitale Bearbeitung: Team Luftbild und Geoinformationssysteme, Stand 2005 bis 2009

Karte 6 zeigt den eigentlichen Untersuchungsraum, das heißt das Gebiet der Stadt Dortmund. Ihre wichtigsten Stadt- und Ortsteile sind zum Zweck einer besseren Orientierung benannt. Im Zentrum befindet sich die Innenstadt Dortmunds, die Dortmunder City. Sie ist die Keimzelle der einst bedeutenden Reichs- und Hansestadt. Die mittelalterlichen Befestigungsanlagen sind als Wallring, eine ringförmige, heute mehrspurig ausgebaute Hauptverkehrsstraße ablesbar. Das Stadtzentrum wird in Ost-West-Richtung vom Hellweg, einer zwischen Paderborn und Duisburg verlaufenden alte Heer- und Handelsstraße, durchkreuzt. Ihr Abschnitt im historischen Stadtzentrum bildet heute die zentrale Einkaufsstraße der Dortmunder City.

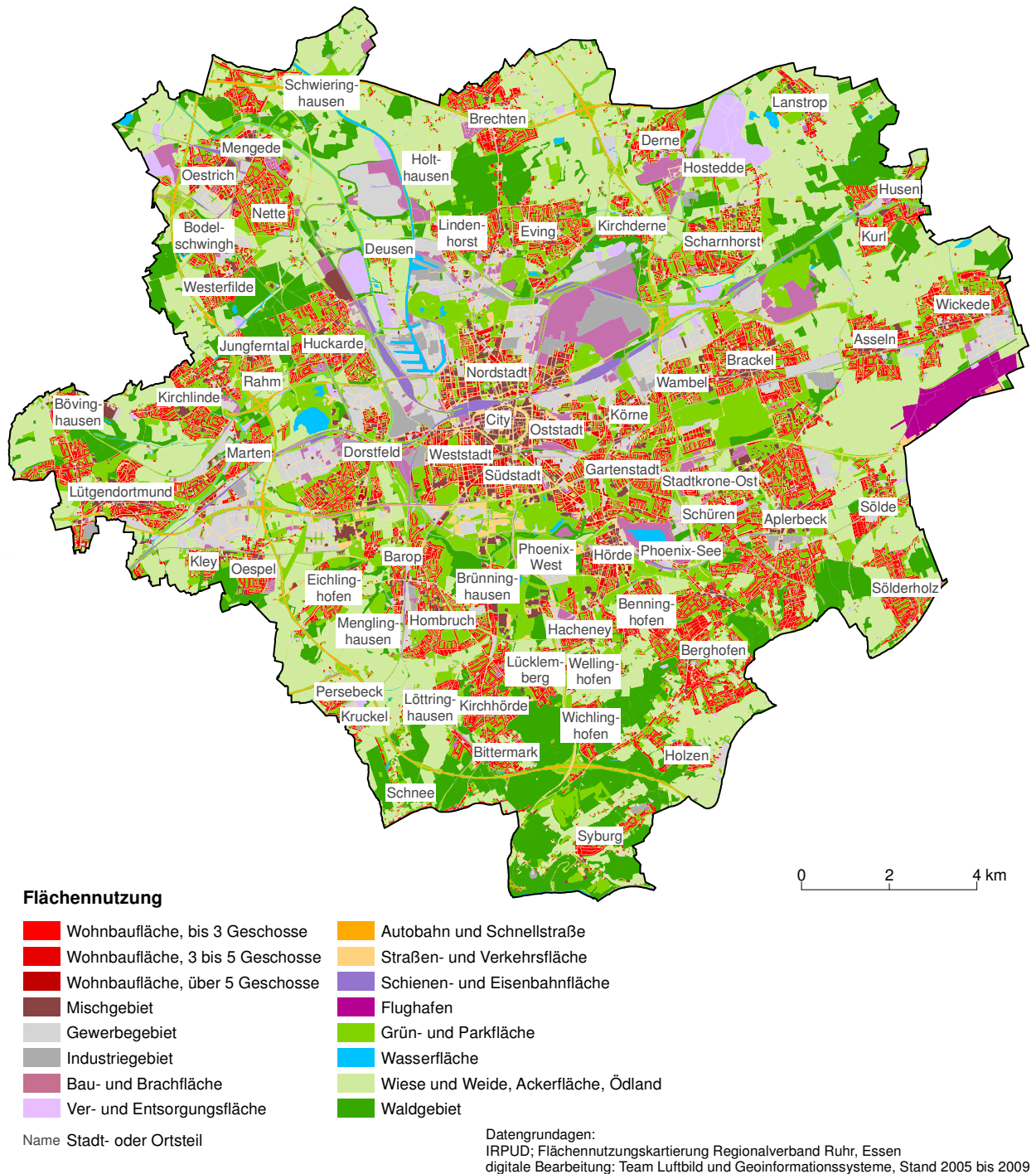
Karte 5: Straßennetz im östlichen Ruhrgebiet.



Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wuchs die Stadt Dortmund zu einem einflussreichen industriellen Zentrum des Bergbaus und der Stahlerzeugung heran. Während dieser Phase der Industrialisierung weitete sich Dortmund rasch über die mittelalterlichen Wallanlagen hinaus aus. Mit der Eröffnung der Köln-Mindener Eisenbahn und der Bergisch-Märkischen Bahn im Jahre 1847 beziehungsweise 1849 wurden die nördlichen Industrieareale und die Nordstadt als nah gelegener Wohnstandort erschlossen. Die Stadtausweitung nach Westen, Osten und Süden erfolgte im Anschluss an die Eröffnung der Bahntrassen der Rheinischen Eisenbahngesellschaft im Jahre 1874. Allein zwischen 1849 und 1875 wuchs die Bevölkerung Dortmunds so von 10.000 auf 50.000 Einwohner an. In den darauf folgenden Jahrzehnten, insbesondere in ihrer Boom-Phase zwischen 1893 und 1913, entwickelte sich Dortmund zu einer Großstadt heraus mit einem entsprechenden zentralörtlichen Angebot. Die letzte Stadterweiterungsmaßnahme vor dem Ersten Weltkrieg war die Erschließung der Gartenstadt im Südosten.

In der Zeit zwischen 1905 und 1929 verzehnfachte sich die Dortmunder Stadtfläche. Insbesondere von der Dortmunder Montanindustrie wurde die energische Ausdehnung des Dortmunder Stadtgebiets durch Eingemeindung der umliegenden Orte begrüßt. Das herrschende stadtentwicklungspolitische Leitbild war die polyzentrische, durch großflächige Erholungsflächen aufge-

Karte 6: Flächennutzung in Dortmund.



lockerte Industriegroßstadt (vgl. Kastorff-Viehmänn, von Petz und Walz 1995, S. 47). Zu den bedeutenden Eingemeindungen zählten die entlang des alten Hellwegs liegenden Dörfer und heutigen Vororte Körne, Wambel, Brackel, Asseln und Wickede im Osten und Dorstfeld, Marten und Lütgendortmund im Westen. Weitere wichtige Eingemeindungen waren beispielsweise Mengede, Huckarde, Eving und Derne im Norden sowie Barop, Kirchhörde, Hörde, Aplerbeck und Sölde im Süden. Mit der Auflösung des im Süden befindlichen Landkreises Hörde im Jahr 1929 war Dortmund „mit einem Schlage zur zweitgrößten Stadt in Preußen nach Berlin geworden“ (ebd., S. 45). Die Einwohnerzahl der Großstadt betrug nach den damaligen Eingemeindungen 542.000 Personen. Ihren historischen Höchststand sollte sie mit 658.000 Einwohnern im Jahr 1965 erreichen (siehe Stadt Dortmund 2012).

Aktuell hat Dortmund rund 580.000 Einwohner (siehe Stadt Dortmund 2012). Abbildung 31 zeigt die Bevölkerungsentwicklung Dortmunds zwischen 1990 und 2010. Nach einer kurzfristigen Periode von Einwohnerzuwächsen im Zuge der Wiedervereinigung Deutschlands und der Öffnung der Grenzen in Osteuropa zu Beginn der 1990er Jahre sank die Einwohnerzahl Dortmunds zusehends. Die Marke von 600.000 Einwohnern wurde im Jahr 1995 unterschritten.

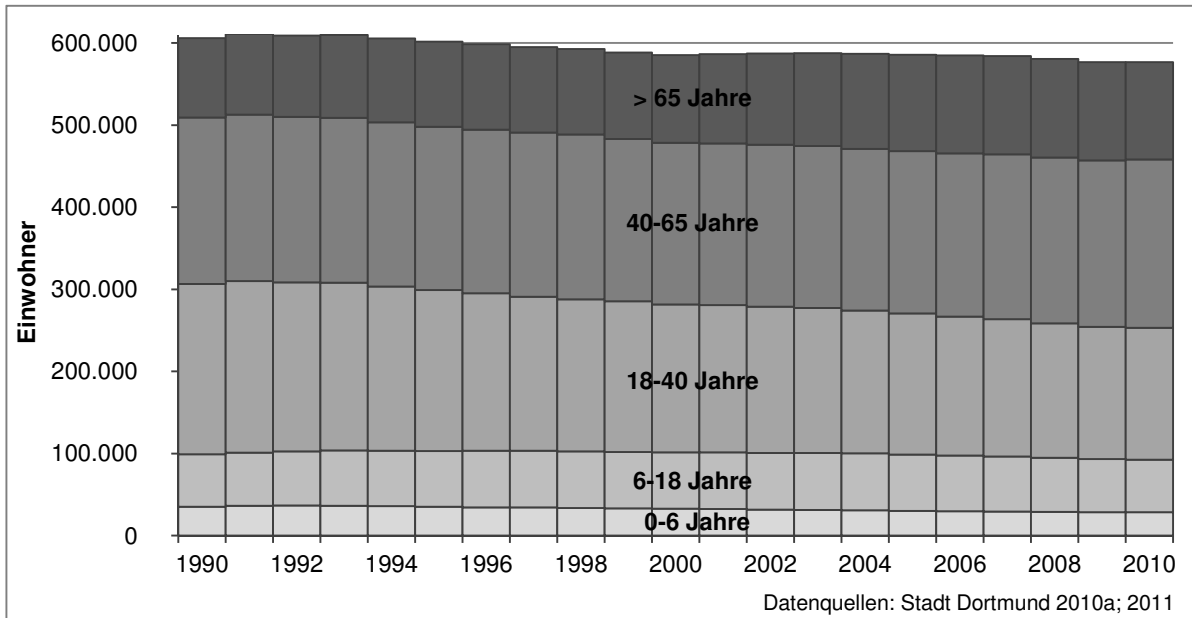


Abbildung 31: Bevölkerungsentwicklung in Dortmund seit 1990.

Ursächlich für die Einwohnerrückgänge sind insbesondere die natürlichen Bevölkerungsbewegungen, wie Abbildung 32 verdeutlicht. Während der Wanderungssaldo in Dortmund über die Jahre einigermaßen ausgeglichen ist, liegt die Sterberate seit mittlerweile vier Jahrzehnten stets oberhalb der Geburtenrate (siehe Stadt Dortmund 2006a, S. 1). Dies hatte in der Vergangenheit zur Folge, dass die Bevölkerung Dortmunds mit Ausnahme weniger Jahre, in denen die Zuwanderungen die Abwanderungen deutlich übertrafen, kontinuierlich schrumpfte.

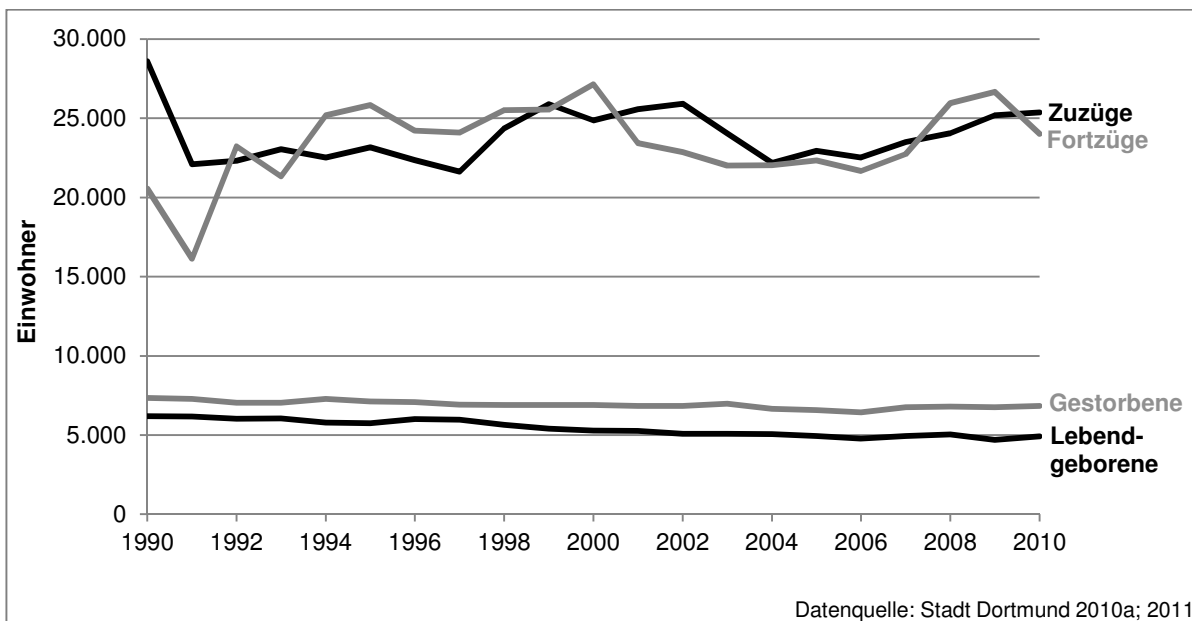


Abbildung 32: Bevölkerungsbewegungen in Dortmund seit 1990.

Der Blick auf Altersstruktur und deren Entwicklung über die Zeit verdeutlicht neben der schrumpfenden Gesamtbevölkerung eine ebenfalls seit Jahrzehnten zu beobachtende Alterung der Bevölkerung. Neben den rückläufigen Einwohnerzahlen ist der anhaltend fortschreitende Alterungsprozess das charakteristische Merkmal der zukünftigen demographischen Entwicklung in Dortmund. Die Bevölkerung Dortmunds wird nicht nur weniger, sondern vor allem älter. Gemäß den demographischen Prognosen wird sich dieser Trend in den nächsten Jahrzehnten fortsetzen. Nach der Bevölkerungsvorausschätzung des IT.NRW (2012) wird für die Stadt Dortmund für den Zeitraum zwischen 2011 und 2030 ein Bevölkerungsrückgang um 3,1 Prozent auf 562.600 Einwohner erwartet. Tabelle 42 zeigt die vorausgeschätzte Entwicklung von Altersgruppen, Abbildung 33 den relativen zeitlichen Verlauf.

Es wird erwartet, dass die Zahl der unter 19-Jährigen zwischen 2011 und 2030 um circa 8.700 Personen (-8,8 Prozent) zurückgehen wird. Dieser Rückgang an jüngeren Menschen soll bereits bis zum Jahr 2020, also relativ kurzfristig in den nächsten Jahren eintreten. Während die

Tabelle 42: Prognostizierte Entwicklung von Altersgruppen in Dortmund zwischen 2011 und 2030.

Altersgruppe	2011	2015	2020	2025	2030
0-6 Jahre	28.600	28.700	+0,3%	29.600	+3,5%
6-10 Jahre	20.000	18.900	-5,5%	18.800	-6,0%
10-16 Jahre	32.800	30.400	-7,3%	28.200	-14,0%
16-19 Jahre	17.800	17.200	-3,4%	15.400	-13,5%
19-25 Jahre	44.100	43.100	-2,3%	39.600	-10,2%
25-40 Jahre	109.300	114.500	+4,8%	121.100	+10,8%
40-65 Jahre	206.700	205.300	-0,7%	198.300	-4,1%
65-80 Jahre	88.900	87.700	-1,3%	85.000	-4,4%
≥ 80 Jahre	32.300	33.600	+4,0%	39.900	+23,5%
Insgesamt	580.400	579.400	-0,2%	575.800	-0,8%

Prozentuale Angaben gegenüber 2011

Datenquelle: IT.NRW 2012

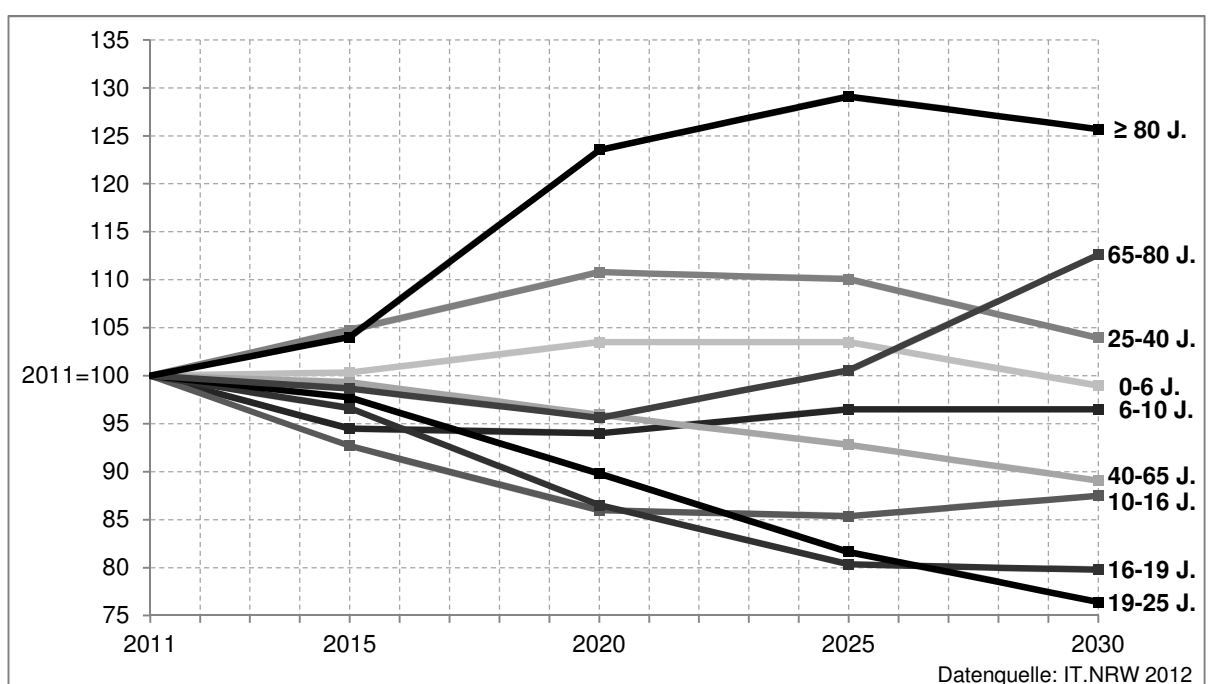


Abbildung 33: Prognostizierte relative Entwicklung von Altersgruppen in Dortmund 2011 bis 2030.

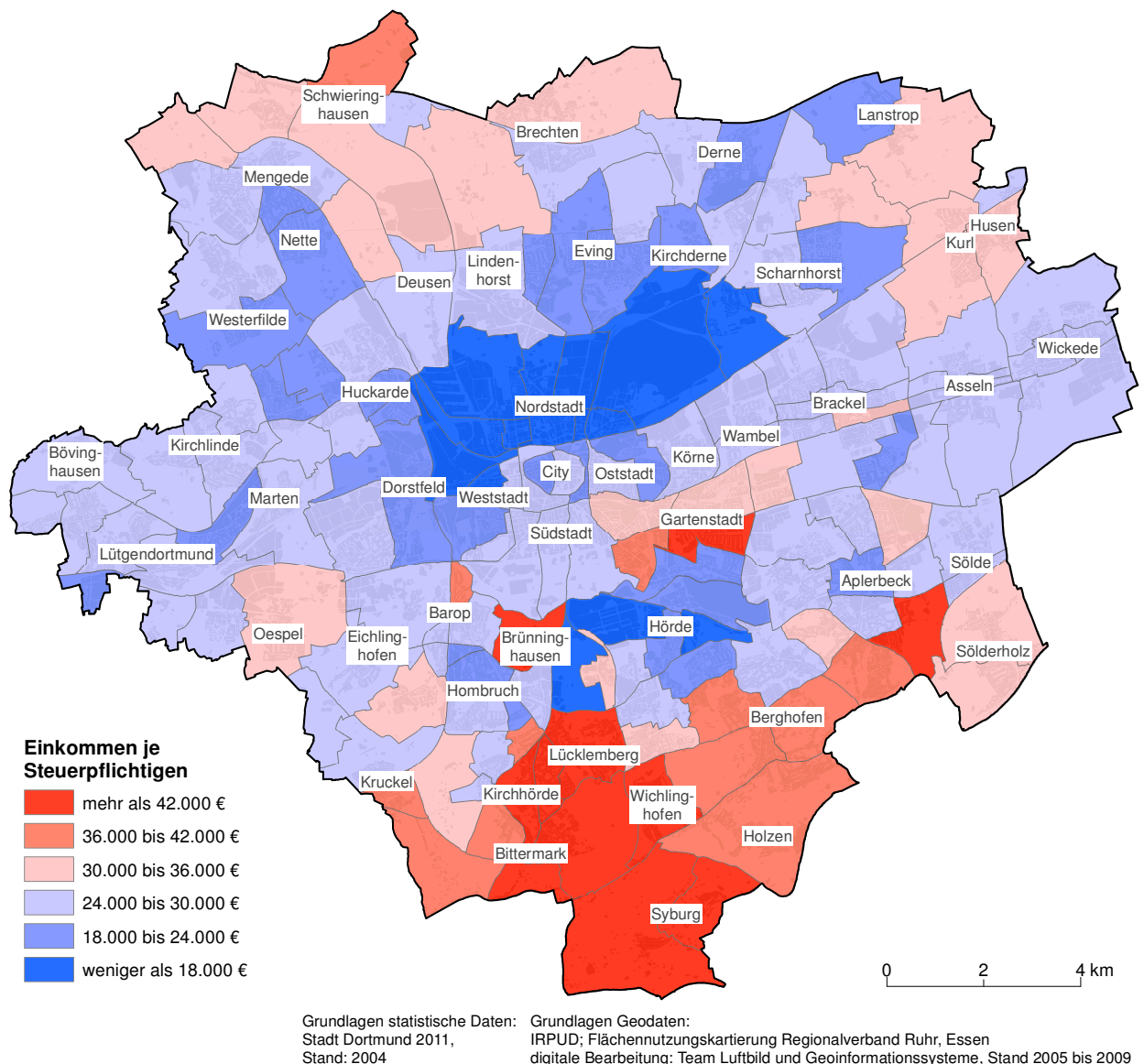
Zahl der unter 10-Jährigen bis zum Jahr 2030 vergleichsweise stabil verbleibt, wird für die Altersgruppe der 10- bis 16-Jährigen ein Rückgang um 12,5 Prozent und für die Altersgruppe der 16- bis 19-Jährigen um 20,2 Prozent erwartet. Auch die Altersgruppe der 19- bis 25-Jährigen soll stark schrumpfen. Für die Jahre zwischen 2011 und 2030 wird ein Rückgang um mehr als ein Fünftel vorausgesagt. Insgesamt soll die Zahl der 19- bis 65-Jährigen um circa 28.700 Personen (-8,0 Prozent) zurückgehen. Die Entwicklung der Altersgruppen verläuft unterschiedlich. Während die Zahl der 40- bis 65-Jährigen stetig abnehmen wird, wird die Zahl der 25- bis 40-Jährigen noch anwachsen. Den größten Zuwachs erfahren die über 65-Jährigen. Zwischen 2011 und 2030 soll ihre Zahl um 19.500 steigen (+16,1 Prozent). Ist aktuell jeder fünfte Dortmunder Bürger über 65 Jahre alt, so wird 2030 bereits jeder vierte dieser Altersgruppe angehören. Allein die Zahl der über 80-Jährigen steigt in dem Zeitraum 2011 bis 2030 um über 25 Prozent. Ihr Anteil an der Dortmunder Gesamtbevölkerung wird von aktuell 5,6 Prozent auf 7,2 Prozent im Jahr 2030 anwachsen.

Die vorausgeschätzte Bevölkerungsentwicklung wird empfindliche Auswirkungen auf die Möglichkeiten und Notwendigkeit der Bereitstellung sozialer und technischer Infrastrukturen nach sich ziehen. Dies betrifft einerseits Finanzierungsfragen – bei sinkender Bevölkerung und gleichbleibenden Kosten steigen die Pro-Kopf-Kosten an – und andererseits die durch die Verschiebung der Altersstrukturen ausgelöste Verschiebung der Nachfrage nach bestimmten Angeboten der örtlichen Daseinsvorsorge. So wird sich angesichts des demographischen Wandels die Nachfrage nach Angeboten in den Bereichen Kinderbetreuung und Schulbildung beziehungsweise medizinische Versorgung und Seniorenbetreuung bedeutend wandeln. Die Sicherung der Naherreichbarkeit von unverzichtbaren örtlichen Grundversorgungseinrichtungen zur Schulbildung, Kinder- beziehungsweise Seniorenbetreuung, ärztlichen Versorgung oder Nahversorgung stellt demnach eine besondere Herausforderung für die Zukunft der Stadt dar.

Die Auswirkungen werden nicht gleichverteilt spürbar sein. Schon heute gibt es innerhalb des Stadtgebiets zum Teil große kleinräumige Unterschiede. Die Einwohnerdichte beispielsweise nimmt in Dortmund der Tendenz nach von innen nach außen beziehungsweise von Norden nach Süden und von Westen nach Osten ab (siehe Karte 12). „Die Einwohnerdichte in den drei Innenstadtbezirken (39,9 Einwohner/ha) liegt [...] deutlich über der der Außenbezirke (17,4 Einwohner/ha)“ (Stadt Dortmund 2011, S. 7). Die dichteste Besiedlung findet sich in der nördlichen Innenstadt. Hier leben anteilig mit circa 350 je 1.000 Einwohnern die meisten Leistungsempfänger nach dem Sozialgesetzbuch II (SGB II), während der Süden Dortmunds wesentlich besser gestellt ist (siehe Stadt Dortmund 2011, S. 5). In Dortmund besteht generell ein deutliches sozioökonomisches Nord-Süd-Gefälle. Dies spiegelt sich beispielsweise auch im kleinräumigen Einkünftevergleich der Steuerpflichtigen wider, den Karte 7 zeigt. „In der Nordstadt liegen die zu versteuernden Einkommen im Vergleich zum städtischen Mittel um fast die Hälfte niedriger, in Lückleberg und in Syburg dagegen mehr als doppelt so hoch“ (Stadt Dortmund 2010b, S. 50). Generell bestätigen sich neben der Innenstadt (Ausnahme: Gartenstadt) die nordwestlichen Stadtteile als die mit geringeren Einkünften, während die hohen Einkommen sich auf den Süden Dortmunds konzentrieren, wobei die Nebenzentren in Hombruch, Aplerbeck und Hörde selbst ausgenommen sind (siehe ebd.). Im besonderen Maße trifft dies auf das Zentrum Hördes zu, das als ehemaliges industrielles Zentrum neben der Nordstadt vom industriellen Niedergang und dem damit verbundenen Strukturwandel besonders stark betroffen ist.

Inzwischen sind in Dortmund über 84 Prozent der Erwerbstätigen im Dienstleistungssektor tätig (Stadt Dortmund 2010b, S. 9). Neue Arbeitsplätze wurden hauptsächlich in den Bereichen Banken und Versicherungen, Handel und Informationstechnologie geschaffen. 1968 wurde in den Ortsteilen Eichlinghofen und Barop die heutige Technische Universität gegründet. 1984 wurde in unmittelbarer Nähe das Technologiezentrum angesiedelt, das heute circa 280 High-Tech-Unternehmen umfasst (TechnologieZentrumDortmund 2011). Gerade die jüngere Zeit lässt auf eine positive Entwicklung Dortmunds zu einem bedeutenden Technologie-, Verwaltungs-, Dienstleistungs- und Einkaufsstandort schließen. Gewerbliche Entwicklungsschwerpunkte finden sich vor allem in Innenstadtlagen, im Technologiepark, auf der Stadtkrone Ost, auf dem ehemaligen Industriegelände Phoenix-West und entlang der Bundesstraße 1. Ein neues Einkaufszentrum mit rund 33.000 m² Verkaufsfläche wurde im Herbst 2011 auf dem ehemaligen Gelände der Thier-Brauerei in der Dortmunder City eröffnet. Zusätzliche Wohnflächen entstanden in den vergangenen Jahren vor allem in Schüren (Stadtkrone-Ost), Lütgendortmund und Aplerbeck. Aktuell konzentrieren sich größere Bauvorhaben auf das Areal der ehemaligen Kronenbrauerei in der Südstadt, das Erdbeerfeld im Osten von Mengede, die Brechtener Heide im Norden, das nordöstlich gelegene Wohngebiet Hohenbuschei in Brackel, das Areal des Phoe-

Karte 7: Einkommen je Steuerpflichtigen in den statistischen Unterbezirken Dortmunds.



nix-Sees im Nordosten Hördes und das City-Quartier in der Oststadt. Im Schnitt werden jährlich rund 850 neue Wohnungen fertiggestellt (siehe Stadt Dortmund 2010c, S. 11).

Obgleich in jüngerer Zeit viele der neu erschlossenen Gewerbe- und Wohngebiete industrielle Konversionsflächen sind, ist bisher die Flächeninanspruchnahme in Dortmund von der Bevölkerungsentwicklung abgekoppelt. Abbildung 34 zeigt, wie sehr die Schere zwischen Flächeninanspruchnahme und Bevölkerungsentwicklung in der Vergangenheit auseinanderklaffte. Trotz abnehmender Einwohnerzahl stieg die Siedlungs- und Verkehrsfläche an. Allein das Straßennetz wuchs um 12,7 Prozent seit 1990 (siehe ebd., S. 15). Die Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Dortmund bei abnehmenden Einwohnerzahlen führt zu längeren Wegen, die unweigerlich mit Folgen für die Naherreichbarkeit der Bevölkerung verbunden sind.

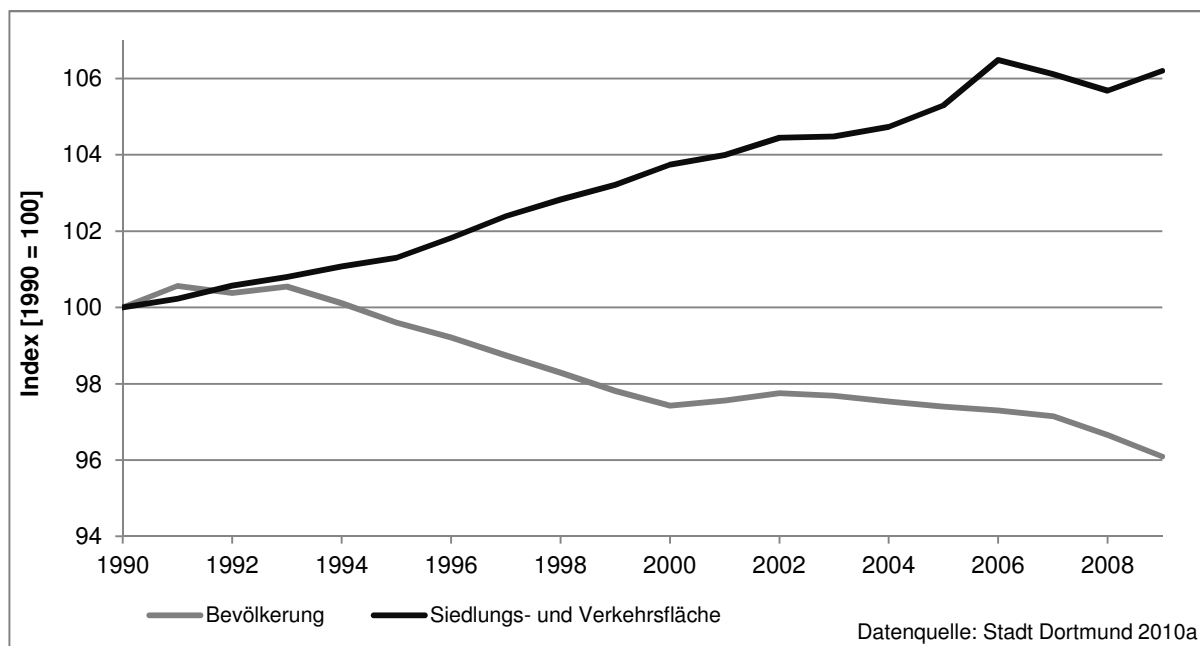
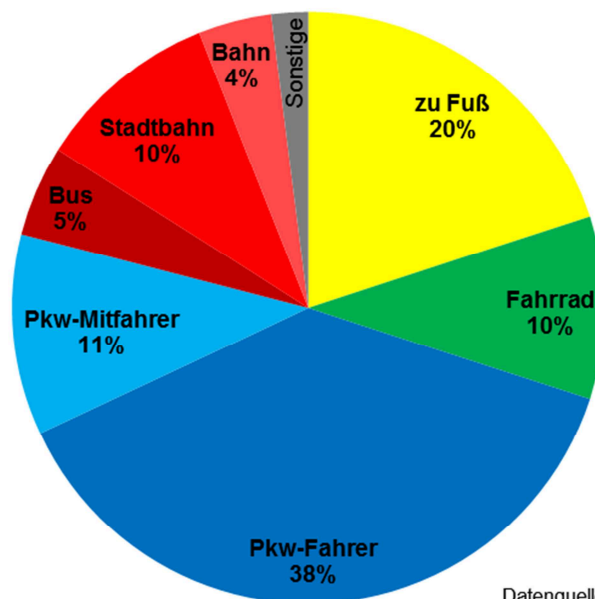
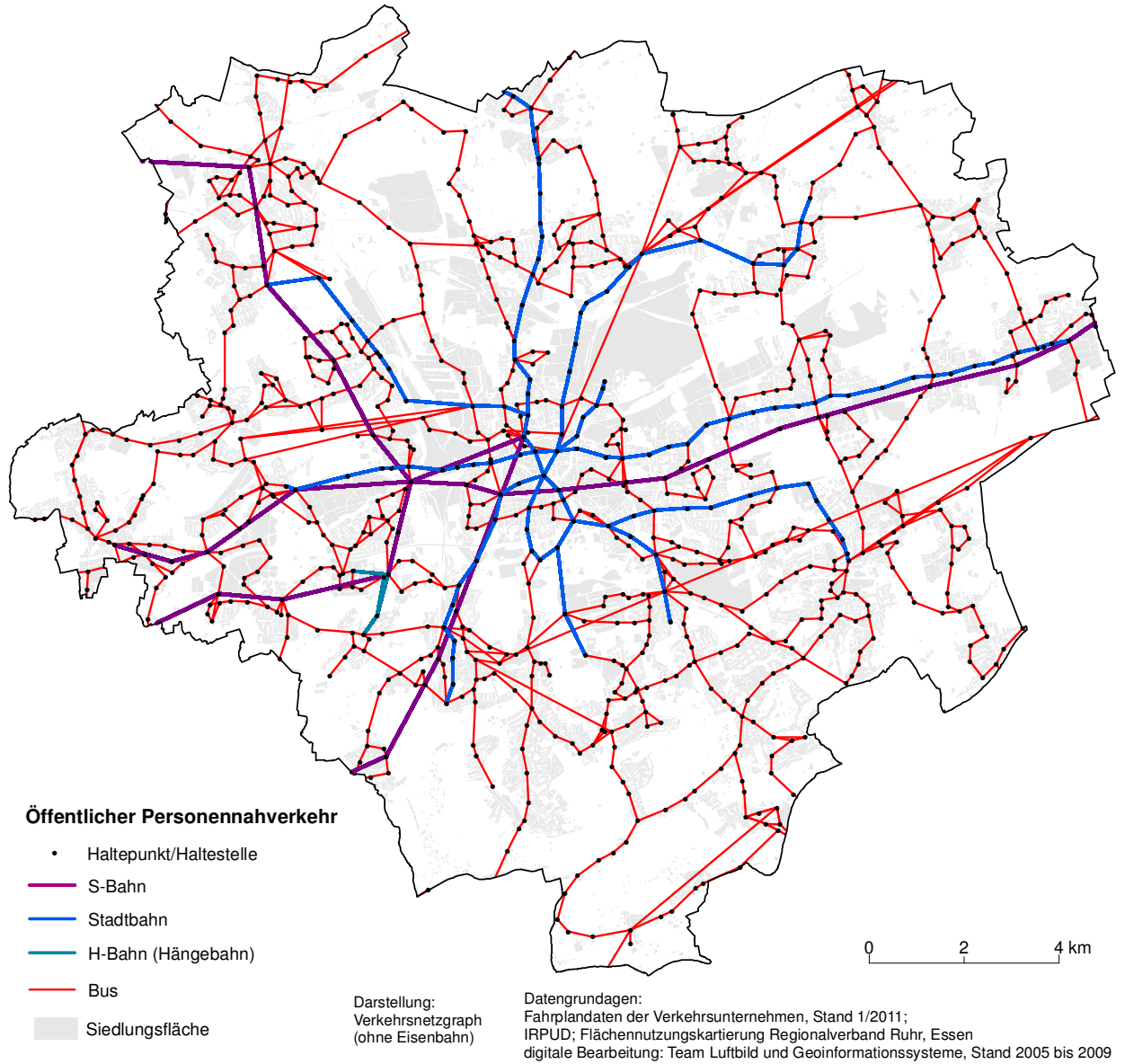


Abbildung 34: Entwicklung der Bevölkerung und der Flächeninanspruchnahme in Dortmund seit 1990.

Abbildung 35 zeigt den Modal-Split der Stadt Dortmund im Jahr 2005, das heißt die Verkehrsmittelwahl der Einwohner. Zwar ist jeder zweite Dortmunder Haushalt im Besitz einer ÖPNV-Zeitkarte (siehe Stadt Dortmund 2006b, S. 13), allerdings hat der Pkw-Verkehr für eine deutsche Großstadt eine vergleichsweise hohe Bedeutung. Alle Bundesstraßen sind mit dem Dortmunder Autobahnring verbunden, der Dortmund gänzlich umschließt (siehe Karte 4). Die Kfz-Dichte – bestehend aus Pkw, Lkw und Krafträder – beträgt 500 Kfz je 1.000 Einwohner (siehe Stadt Dortmund 2010c, S. 15). So wird fast die Hälfte der Wege mit dem Pkw zurückgelegt. Daneben beträgt der Anteil des Fußverkehrs 20 Prozent, des Fahrradverkehrs zehn Prozent und des Öffentlichen Verkehrs 19 Prozent.

Das Dortmunder ÖPNV-Netz weist eine Streckengesamtlänge von 627 Kilometern auf (siehe ebd., S. 16). Das Rückgrat des innerstädtischen ÖPNV-Angebots bildet das von den Dortmunder Stadtwerken betriebene 77 Kilometer lange Stadtbahnnetz, das die angeschlossenen Vororte radial mit der Dortmunder City verbindet. Karte 8 gibt einen Einblick in die Strukturen des Dortmunder ÖPNV-Netzes (ohne Eisenbahnlinien). Einzelne Streckenabschnitte zwischen Haltestellen sind durch gerade Linien dargestellt.

Karte 8: Liniennetz des ÖPNV in Dortmund (ohne Eisenbahnlinien).



Datenquelle: Stadt Dortmund 2006b

Abbildung 35: Verkehrsmittelwahl in Dortmund im Jahr 2005.

7.2 Räumliches Analysebezugssystem

Zur Durchführung der exemplarischen Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund muss ein räumliches Analysebezugssystem festgelegt werden. Die Untergliederung definiert die räumlichen Bezugseinheiten, für die die Erreichbarkeitsverhältnisse berechnet und ausgewertet werden können. Theoretisch bestände die Möglichkeit, die Erreichbarkeit adressscharf für jedes Gebäude einzeln zu berechnen. Besonders praktikabel wäre dieses Vorgehen allerdings nicht. Einerseits wäre die Berechnung für die rund 93.000 Wohngebäude in Dortmund sehr zeitintensiv. Andererseits sind bestimmte, für die Berechnung und Auswertung notwendige Daten (zum Beispiel Bevölkerungsdaten) aus Gründen des Datenschutzes nicht adressscharf nutzbar. Die Entscheidung für eine geeignete Bezugsebene ist abhängig von der Eignung für statistische kleinräumige Erreichbarkeitsanalysen, der Datenverfügbarkeit und dem davon abhängigen Arbeitsaufwand.

Eine erste Orientierung bietet die statistische Untergliederung der Stadt Dortmund, die aus zwölf Stadtteilen besteht. Neben den drei Innenstadtbezirken West, Nord und Ost sind dies Eving, Scharnhorst, Brackel, Aplerbeck, Hörde, Hombruch, Lütgendortmund, Huckarde und

Karte 9: Stadtteile, statistische Bezirke und statistische Unterbezirke der Stadt Dortmund.



Tabelle 43: Auflistung der statistischen Unterbezirke in Dortmund.

Nr.	Unterbezirk	Nr.	Unterbezirk	Nr.	Unterbezirk	Nr.	Unterbezirk
001	City-Ost	231	F.-Zimmer-Siedlung	432	Schüren-Alt	676	Löttringhausen-Nord
002	City-West	232	Kirchderne	441	Sölde-Nord	677	Löttringhausen-Süd
003	Cityring-West	241	Kurl-Nord	442	Sölde-Süd	678	Schanze
004	Cityring-Ost	242	Kurl-Süd	451	Sölderholz	681	Rombergpark
011	Westfalenhalle	243	Husen-Nord	452	Lichtendorf	682	Lücklemborg
012	Südwestfriedhof	244	Husen-Süd	511	Benninghofen	690	Menglinghausen
013	Tremonia	251	Lanstop-Neu	512	Loh	710	Bövinghausen
021	Westpark	252	Lanstop-Alt	521	Schulzentr. Hacheny	720	Kley
022	Dorstfelder Brücke	261	MSA-Siedlung	522	Pferdebachtal	731	Holte-Kreta
023	Union	262	Alt-Scharnhorst	531	Remberg	732	Deipenbeck
031	Hallerey	263	Westholz	532	Hörde	733	Lütgendortmund-Mitte
032	Dorstfeld	270	Scharnhorst-Ost	533	Phönix-West	734	Lütgendortmund-Ost
033	Oberdorstfeld	311	Asselburg	534	Brücherhof	735	Lütgendortmund-West
041	Hafen	312	Asseln Dorf	535	Clarenberg	736	Somborn
042	Hafen-Süd	313	Asseln Hellweg	541	Höchsten	741	Germania
043	Hafen-Südost	314	Kolonie Holstein	542	Holzen	742	Marten
051	Nordmarkt-Süd	315	Kolonie Neuasseln	551	Syburg	750	Oespel
052	Nordmarkt-Südost	321	Brackeler Feld	552	Buchholz	760	Westrich
053	Nordmarkt-West	322	Westheck	561	Wellinghofen	810	Deusen
054	Nordmarkt-Ost	323	Reichshof	562	Durchstraße	821	Mailoh
061	Borsigplatz	324	Brackel Dorf	570	Wichlinghofen	822	Erpinghofsiedlung
062	Westfalenhütte	325	Brackel Hellweg	611	Schönau	823	Wischlingen
071	Kaiserbrunnen	326	Knappschaftskrankenh.	612	Ostenbergstraße	824	Huckarde
072	Funkenburg	327	Hauptfriedhof	613	Krückenweg	825	Instenburgsiedlung
073	Körne	328	Funkturmsiedlung	614	Baroper Markt	831	Jungferntal
081	Westfalendamm-Nord	331	Wambel Dorf	615	Zechenplatz	832	Rahm
082	Gartenstadt-Nord	332	Breierspfad	620	Bittermark	841	Kirchlinde-Alt
083	Westfalendamm-Süd	333	Pferderennbahn	631	Brünninghausen	842	Siedl. Siepmanstraße
084	Gartenstadt-Süd	341	Wickeder Feld	632	Renninghausen	843	Hangeney
091	Ruhrallee West	342	Wickede Dorf	641	Eichlinghofen	910	Bodelschwingh
092	Ruhrallee Ost	343	Dollersweg	642	Universität	921	Brüningsh./Knepper
111	Brechten-Nord	344	Flughafen	643	Salingen	922	Mengeder Heide
112	Brechten-Süd	411	Aplerbecker Straße	651	Hombruch	923	Mengede-Mitte
121	Niedereving	412	Marsbruchstraße	652	Deutsch-Luxemb.-Str.	924	Alte Kolonie
122	Eving	413	Aplerbecker Markt	653	Siedl. Rotkehlchenweg	930	Nette
123	Obereving	414	Vieselerhofstraße	661	Persebeck	940	Oestrich
124	Kemminghausen	415	Aplerbeck Bf. Süd	662	Kruckel	951	Groppenbruch
130	Holthausen	416	Aplerbecker Mark	663	Schnee	952	Schwieringhausen
140	Lindenhorst	417	Schwerter Straße	671	Großholthausen	953	Ellinghausen
211	Altenderne	421	Berghofen Dorf	672	Kirchhörde-Nord	954	Niedernette
212	Derne	422	Ostkirchstraße	673	Kleinholthausen	960	Westerfilde
221	Grevel	423	Berghofer Mark	674	Kirchhörde-Ost		
222	Hostedde	431	Schüren-Neu	675	Kirchhörde-West		

Mengede. Die zwölf Stadtteile sind ihrerseits in 62 statistische Bezirke und 170 statistische Unterbezirke unterteilt. Außerhalb der urbanen Innenstadtbezirke entsprechen die statistischen Bezirke häufig den eingemeindeten Ortsteilen. Die aus Stadtteilen, statistischen Bezirken und statistischen Unterbezirken bestehende Stadtgliederung veranschaulicht Karte 9. Tabelle 43 enthält die namentliche Zuordnung der statistischen Unterbezirke, die in der Karte aufgeführt sind. Für die Naherreichbarkeitsanalyse bieten die 170 statistischen Unterbezirke Dortmunds den Vorteil, dass sie zeitlich und räumlich persistent sind und eine für räumliche Auswertungen geläufige Einteilung darstellen. Es liegt daher nahe, die statistischen Unterbezirke als aggregierte Auswertungsebene in die Erreichbarkeitsuntersuchung einzubeziehen. Für die eigentliche Naherreichbarkeitsanalyse wird ihre Untergliederung jedoch als zu grob eingeschätzt. Mit einer durchschnittlichen Flächengröße von 165 Hektar sind sie zu groß, um mit ihnen die Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der Ebene nachbarschaftlicher Wohnquartiere adäquat wiedergeben zu können. Unterhalb der statistischen Unterbezirke existieren in Dortmund Baublöcke als weitere Gliederungsebene. Orientiert an den bestehenden Bebauungsstrukturen weisen die Baublöcke geeignete Flächengrößen zwischen einem und zehn Hektar auf. Die durchschnittliche Flächengröße eines Baublocks beträgt in Dortmund 5,1 Hektar. Von ihrem Zuschnitt und ihrer Flächengröße wären die statistischen Baublöcke als räumliches Bezugssystem für eine Naherreichbarkeitsanalyse zwar gut geeignet, ihr großer Nachteil ist allerdings ihre Veränderlichkeit. Neue Baumaßnahmen ziehen unmittelbar Anpassungen im räumlichen System der derzeit etwa 5.500 Baublöcke nach sich. Damit sind auch sie für ein fortwährendes Erreichbarkeitsmonitoring, das ein unveränderliches, einheitliches kleinräumiges Analysebezugssystem erfordert, nicht geeignet.

Seitens der Stadtverwaltung Dortmund wird die Einführung einer neuen Gliederungsebene von statistischen Quartieren vorbereitet, die die Lücke zwischen den statistischen Unterbezirken und den sich verändernden Baublöcken füllen soll. Nach dem derzeitigen Stand sollen sich die 170 statistischen Unterbezirke Dortmunds zukünftig in rund 300 statistische Quartiere, die ebenfalls unveränderlich bleiben, untergliedern (siehe Stadt Dortmund 2010d, S. 6). Eine solche statistische Raumbezugsebene wäre als räumliches Bezugssystem für die Naherreichbarkeitsanalyse und -beobachtung wahrscheinlich geeignet. Da die konkrete Umsetzung allerdings noch aussteht, konnten die (noch nicht festgelegten) statistischen Quartiere in dieser Arbeit nicht herangezogen werden. Stattdessen wird auf ein kleinräumiges Analysebezugssystem zurückgegriffen, das rasterbezogen und universal verwendbar ist. Wie im Kapitel 5.1.4 bereits erörtert wurde, besitzt ein rasterzellenbasiertes Raumbezugssystem im Vergleich zu einem zonenbasierten Raumbezugssystem einige Vorzüge. Aufgrund der Homogenität der Rasterzellen lassen sich die einzelnen Raumeinheiten besser untereinander vergleichen und auswerten. Zudem entspricht ein rasterzellenbasiertes Analysebezugssystem der Vorstellung, dass Erreichbarkeit ein sich kontinuierlich im Raum ausbreitendes Phänomen ist. Erreichbarkeitsverhältnisse lassen sich mit Rasterzellen demgemäß ansprechender visualisieren.

Für die exemplarische Naherreichbarkeitsanalyse in der Stadt Dortmund ist ein rasterzellenbasiertes Raumbezugssystem gewählt worden, das aus gleichförmigen Hexagonen besteht (siehe Karte 10). Gegenüber Rasterquadraten haben Hexagone den Vorteil, dass alle Nachbarhexagone über vollständige Kanten miteinander verbunden sind. Die Abstände ihrer Mittelpunkte sind dadurch in alle Richtungen gleichbleibend, sodass die Distanzen zwischen den Raumeinheiten präziser dargestellt werden. Auch in ihrem Gesamteindruck erscheinen Hexagone harmonischer. Ihre Größe orientiert sich dabei an der durchschnittlichen Größe der Wohnquartiere

in Dortmund beziehungsweise den statistischen Baublöcken. Der Radius vom Mittelpunkt zu den Hexagoneckpunkten beträgt einheitlich 150 Meter. In Zeit ausgedrückt entspricht dies bei einer angenommenen Gehgeschwindigkeit von 4,5 km/h zwei Gehminuten. Die Fläche eines Hexagons umfasst 5,85 Hektar.

Mit den Hexagonen von einem Radius von 150 Metern wurde sowohl das Gebiet der Stadt Dortmund als auch der erweiterte Untersuchungsraum des Östlichen Ruhrgebiets vollständig bedeckt. Insgesamt erstrecken sich über die gesamte Untersuchungsregion 36.151 Hexagone, von denen 5.045 im Stadtgebiet Dortmunds liegen. Dies kommt der Anzahl der aktuell 5.500 Baublöcke in Dortmund nahe und liegt bedeutend über der Zahl der geplanten circa 300 statistischen Quartiere. Abbildung 36 veranschaulicht das Hexagonsystem beispielhaft. Für vier Kartenausschnitte aus den Ortsteilen Asseln, Deusen und Scharnhorst sowie für die östliche Stadtmitte wurden die Hexagone mit den Gebäudestrukturen überlagert. Die Überlagerung anhand dieser vier Beispiele verdeutlicht die Untergliederung des Untersuchungsraums durch die Hexagone. Die Berechnung der Naherreichbarkeit wird dann für jedes Hexagon ausgehend vom Mittelpunkt separat durchgeführt.

Karte 10: Hexagone als Analysebezugssystem im Vergleich zu statistischen Unterbezirken.



Datengrundlagen:
IRPUD; Flächennutzungskartierung Regionalverband Ruhr, Essen
digitale Bearbeitung: Team Luftbild und Geoinformationssysteme, Stand 2005 bis 2009



Abbildung 36: Definiertes Hexagonsystem in den Dortmunder Ortsteilen Asseln, Deusen, Scharnhorst und der östlichen Stadtmitte.

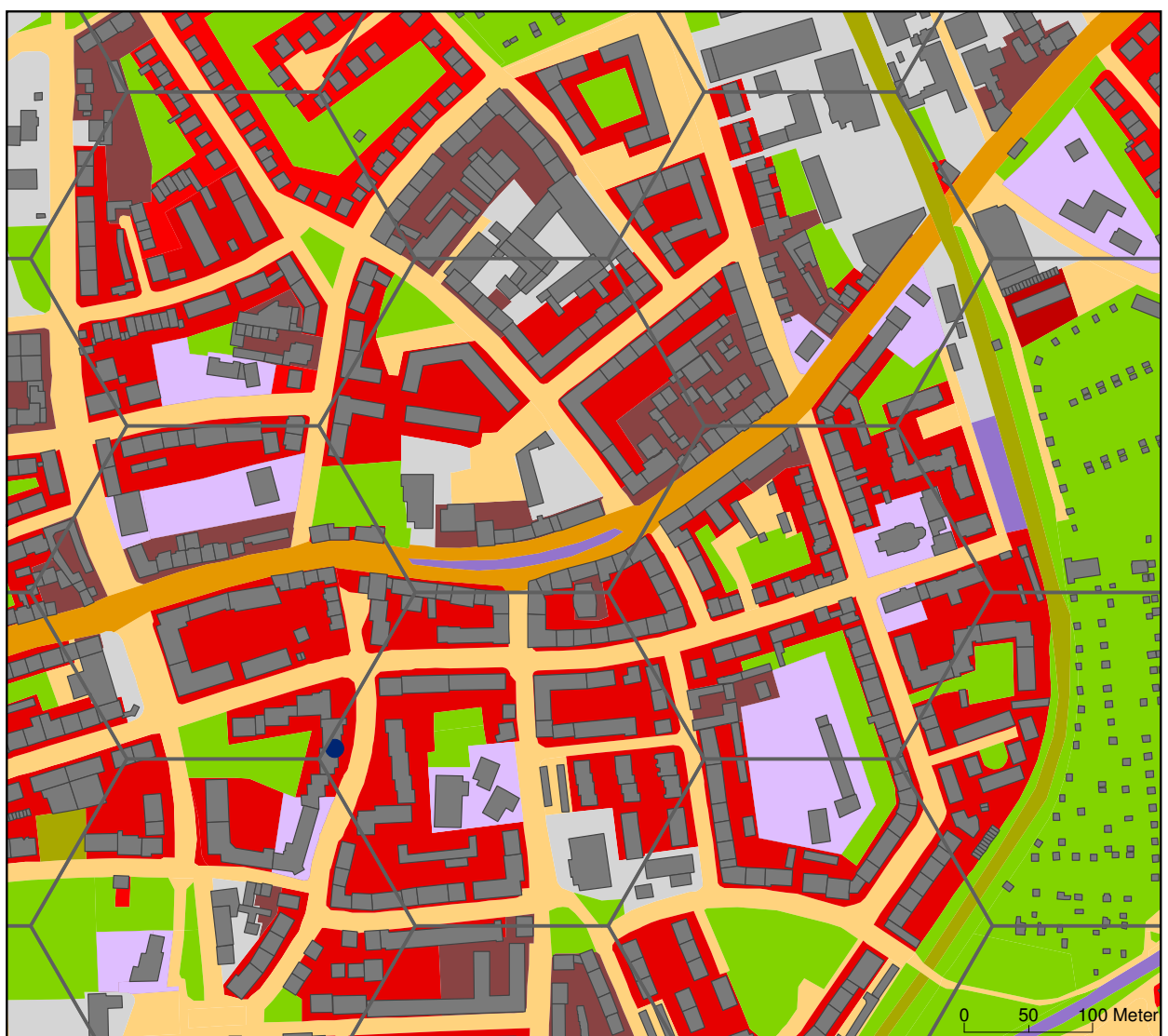
Zusätzlich zu den für die räumliche Ebene der Hexagone berechneten Naherreichbarkeitsergebnissen findet eine aggregierte Auswertung für die Ebenen der statistischen Bezirke und Unterbezirke statt. Hierzu wurde jedes Hexagon anhand seiner Flächenanteile einem statistischen Unterbezirk beziehungsweise Bezirk zugeordnet. Die Gegenüberstellung des Hexagonsystems mit den statistischen Unterbezirken in Karte 10 vermittelt einen guten Eindruck über die kleinräumige Struktur des in dieser Arbeit verwendeten räumlichen Analysesystems.

7.3 Räumliche Verteilung der Bevölkerung

Bei der Naherreichbarkeitsanalyse repräsentieren die aufgestellten Hexagone die Wohnquartiere der Bevölkerung. Weil die Bevölkerungsdaten vom Fachbereich Statistik der Stadt Dortmund aus Datenschutzgründen nur auf der Ebene von statistischen Unterbezirken zur Verfügung gestellt werden konnten, waren die Einwohnerdaten vor der Analyse von den statistischen Unterbezirken auf die kleinräumigeren Hexagone zu verteilen. Für diese räumliche Disaggregation wurde ein Bevölkerungsverteilungsmodell angewandt, das Informationen zur Flächennutzung nutzt, um jeden einzelnen Einwohner eines statistischen Unterbezirkes einem im statistischen

Unterbezirk liegenden Hexagon zuordnet. Zur Steuerung der räumlichen Disaggregation sind die Flächennutzungsdaten des Regionalverbands Ruhr (RVR) verwendet worden, die zuvor mit den aus den OpenStreetMap-Daten entnommenen Gebäudegrundflächen verschnitten wurden. Karte 11 zeigt die beiden Datensätze vor ihrer räumlichen Verschneidung. Nach der Überlagerung der Flächennutzungs- und Gebäudedaten wurde für jedes Hexagon eine nach der Kategorie der Flächennutzung differenzierte Gebäudegrundfläche ermittelt. Anschließend wurden die berechneten Gebäudegrundflächen gewichtet. Das Gewichtungsverfahren bewirkt, dass die Zuordnung eines Einwohners zu einer Gewerbe- oder Industriefläche deutlich unwahrscheinlicher ist als zu einer Wohnbaufläche. Tabelle 44 zeigt die für die einzelnen Flächennutzungen angenommenen Gewichtungsfaktoren, die mit der jeweiligen Gebäudegrundfläche multipliziert

Karte 11: Überlagerung von Flächennutzung, Gebäuden und Hexagonen in Dortmund (Ausschnitt).



Flächennutzung und Gebäudestruktur

■ Wohnbaufläche, bis 3 Geschosse	■ Übergeordnete Straße
■ Wohnbaufläche, 3 bis 5 Geschosse	■ Wohn- und Erschließungsstraße
■ Wohnbaufläche, über 5 Geschosse	■ Schienenfläche
■ Mischnutzungsfläche	■ Grün- und Parkfläche
■ Gewerbefläche	■ Gebäude
■ Gemeinbedarfsfläche	● Seniorenheim
■ Brachfläche	 Hexagon

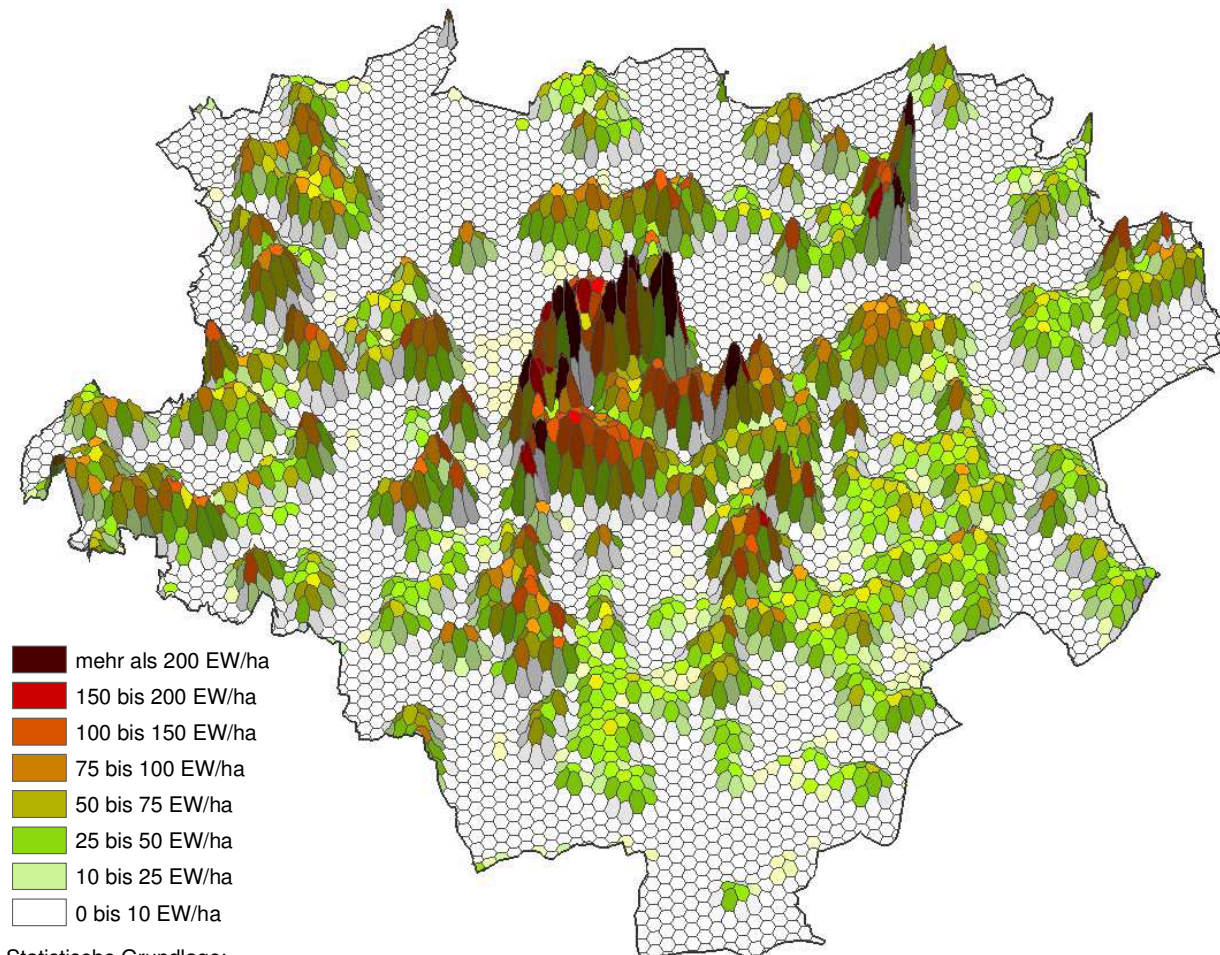
Datengrundlagen:
 Flächennutzungskartierung Regionalverband Ruhr, Essen
 digitale Bearbeitung:
 Team Luftbild und Geoinformationssysteme, Stand 2005 bis 2009
 OpenStreetMap und Mitwirkende, Stand 2011, CC-BY-SA

das Teilgewicht des Hexagons als Wohnstandort abbilden. Die Annahmen orientieren sich an Werten, die in vergleichbaren Verfahren angewandt wurden (siehe Spiekermann und Wegener 2000; BMVBS und BBR 2008; Töpsch 2009; Burgdorf 2010). Der Anteil des Gewichts an der Summe aller Gewichte einer statistischen Unterzone repräsentiert die Wahrscheinlichkeit des Hexagons, Wohnstandort zu sein. Die Zuordnung der Einwohner zu den Hexagonen erfolgt für jede Person einzeln zufallsbasiert über die Wahrscheinlichkeiten als Monte-Carlo-Simulation (siehe hierzu Wilson und Pownall 1976; Kalos und Whitlock 2008). Zur besseren Abbildung der kleinräumigen Altersstrukturen wurden die Standorte der Studenten- und Seniorenheime in Dortmund in das Verfahren mit aufgenommen. Da die Existenz eines Studenten- beziehungs-

Tabelle 44: Angenommene Gewichtungsfaktoren zur räumlichen Verteilung der Bevölkerung.

Flächennutzungskategorie des RVR	Angenommener Gewichtungsfaktor
Wohnbaufläche, bis 3 Geschosse	25
Wohnbaufläche, 3 bis 5 Geschosse	50
Wohnbaufläche, über 5 Geschosse	100
Mischnutzungsfläche	25
Gewerbefläche	3
Industriefläche	1
Gemeinbedarfsfläche	2
Landwirtschaftliche Hof- und Gebäudefläche	5

Karte 12: Modellierte räumliche Verteilung der Bevölkerung in Dortmund.



Statistische Grundlage:
Stadt Dortmund 2011, Stand: 31.12.2010

weise Seniorenheims die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass die Bevölkerung an diesem Wohnstandort im Falle eines Studentenheims jünger beziehungsweise im Falle eines Seniorenheims älter als im Durchschnitt ist, wurden für diese Standorte jeweilige altersbezogene Korrekturfaktoren hinzugefügt.

Als Ergebnis liegt eine für die räumliche Analysebezugsebene der Hexagone zwar synthetische, aber der Realität nahe kommende räumliche Verteilung der Bevölkerung und ihrer Altersstruktur vor. Sie stellt eine geeignete Basis für die Auswertung der Naherreichbarkeitsergebnisse dar. Karte 12 zeigt die auf diese Weise mit dem Bevölkerungsverteilungsmodell generierte räumliche Verteilung der Bevölkerung in Dortmund. Um für den Naherreichbarkeitsindikator „Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen“ die durch die Nachfrage bedingten Wettbewerbseffekte außerhalb Dortmunds berücksichtigen zu können (siehe Kapitel 6.2.1), wurde die Bevölkerung der umliegenden Gemeinden im östlichen Ruhrgebiet ebenfalls nach diesem Verfahren räumlich verteilt. Hierzu wurde eine Datengrundlage genutzt, die vom Institut für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund zur Verfügung gestellt wurde.

7.4 Modellierung der Aktivitätsziele und -gelegenheiten

Für die Bestimmung der Naherreichbarkeit sind die zu betrachtenden Aktivitätsziele und -gelegenheiten zu modellieren. Sie werden bei den zehn aufgestellten Indikatoren durch die Aktivitätsfunktion $g(W_j)$ abgebildet.

7.4.1 Grundzentren

Der Indikator „Naherreichbarkeit von Grundzentren“ bestimmt die minimale Reisezeit zum nächsterreichbaren Grundzentrum. Als Grundzentren werden in dieser Arbeit die im Dortmunder Flächennutzungsplan nach § 6 LEPro NRW 2007 festgelegten Siedlungsschwerpunkte der Stufen eins (Innenstadt mit City), zwei (Stadtbezirkszentren) und drei (Ortsteilzentren) definiert. Die zusätzlich im Dortmunder Flächennutzungsplan eingeführte vierte Kategorie von Quartiersversorgungscentren bleibt unberücksichtigt – hierzu zählen beispielsweise der Borsigplatz, die Schützenstraße oder die Gleiwitzstraße –, da die Nahversorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs separat innerhalb des Indikatorensystems über den Indikator „Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften“ abgedeckt wird.

Die Grundzentren umfassen in der Regel mehrere, zusammenhängende Straßenzüge oder Flächen (siehe Abbildung 37, rechte Seite). In den Flächennutzungsplänen sind die Siedlungsschwerpunkte jedoch vereinzelt nur als abstrakte Kreissignatur markiert (siehe Abbildung 37, linke Seite). Um die tatsächlichen Gegebenheiten besser abzubilden, werden die Grundzentren

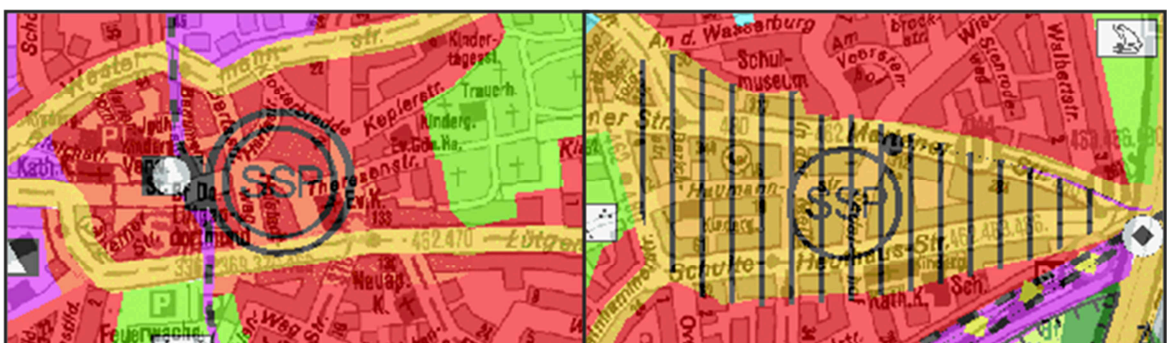
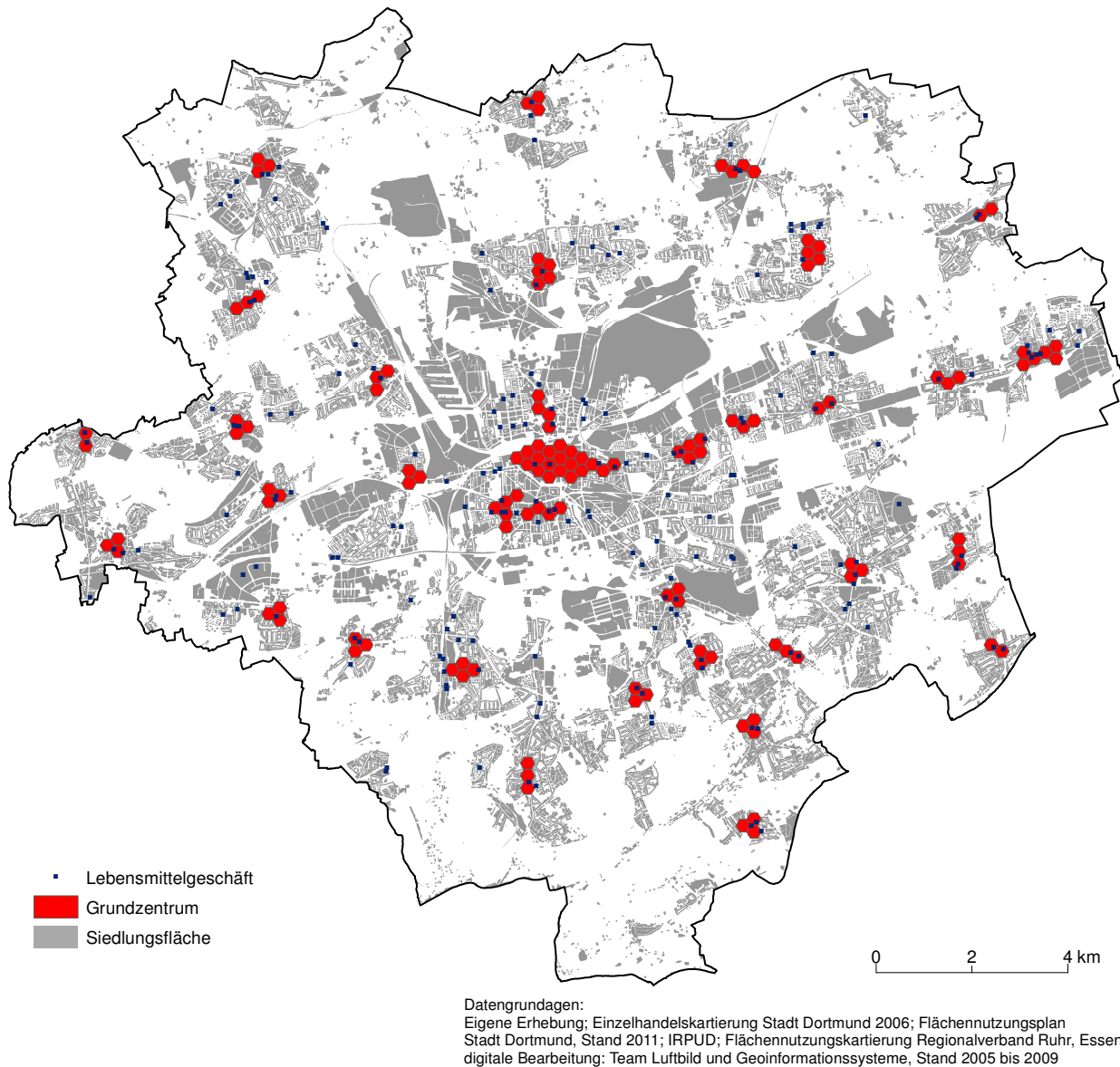


Abbildung 37: Darstellung von Siedlungsschwerpunkten im Dortmunder Flächennutzungsplan.

einheitlich und flächenhaft über das hexagonale Raumbezugssystem dargestellt. So umfassen sie mehrere zusammenhängende Hexagone des Analysebezugsystems. Die Dortmunder City als größtes Grundzentrum in Dortmund wird beispielsweise so durch 17 Hexagone abgebildet. Karte 13 gibt einen Überblick über die durch die Hexagone abgebildeten Grundzentren.

Karte 13: Grundzentren und Lebensmittelgeschäfte in Dortmund.



Die Naherreichbarkeitsanalyse für die Stadt Dortmund schließt als Ziele auch die Grundzentren in den umliegenden Gemeinden ein. Die Definition der Grundzentren in den umliegenden Gemeinden erfolgte nach dem gleichen Prinzip wie für Dortmund. In den Gemeinden, in denen durch die vorbereitende Bauleitplanung keine Siedlungsschwerpunkte festgesetzt worden sind, wurden sie nach eigenem Verständnis unter Hinzuziehung vorliegender Informationen ergänzt. Hierzu wurden Informationen über die Siedlungsstrukturen, Flächennutzungen (Mischgebiete nach § 6 BauNVO) und Einzelhandelsstandorte ausgewertet. Für die Analyse der Naherreichbarkeit gilt ein Grundzentrum als erreicht, sobald der Mittelpunkt eines der zugehörigen Hexagone erreicht wird.

7.4.2 Lebensmittelgeschäfte

Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften“ wird die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Lebensmittelgeschäften berechnet. Die Lebensmittelgeschäfte werden durch ihre geokodierten Adresspunkte abgebildet, die die Zielorte darstellen. Auf Dortmunder Stadtgebiet entstammen die Datengrundlagen einer detaillierten Einzelhandelsvollerhebung der Stadt Dortmund aus dem Jahr 2006. Als Ziele werden Selbstbedienungswarenhäuser, Verbrauchermärkte, Supermärkte, Discounter und kleinflächige Lebensmittelgeschäfte definiert, da für sie angenommen wird, dass sie frisches Obst und Gemüse im Angebot haben. Die bestehenden Daten wurden per Internetrecherche und durch eigene Nacherhebungen aktualisiert. Karte 13 zeigt die Standorte der berücksichtigten Lebensmittelgeschäfte in Dortmund.

Für die umliegenden Gemeinden im östlichen Ruhrgebiet liegen Daten über großflächige Lebensmittelgeschäfte vor, die im Rahmen der Fortschreibung des regionalen Einzelhandelskonzepts Östliches Ruhrgebiet im Jahr 2007 erhoben wurden. Diese Daten wurden durch eigene Nacherhebungen aktualisiert und um die kleinflächigen Lebensmittelgeschäfte vervollständigt.

7.4.3 Hausärzte

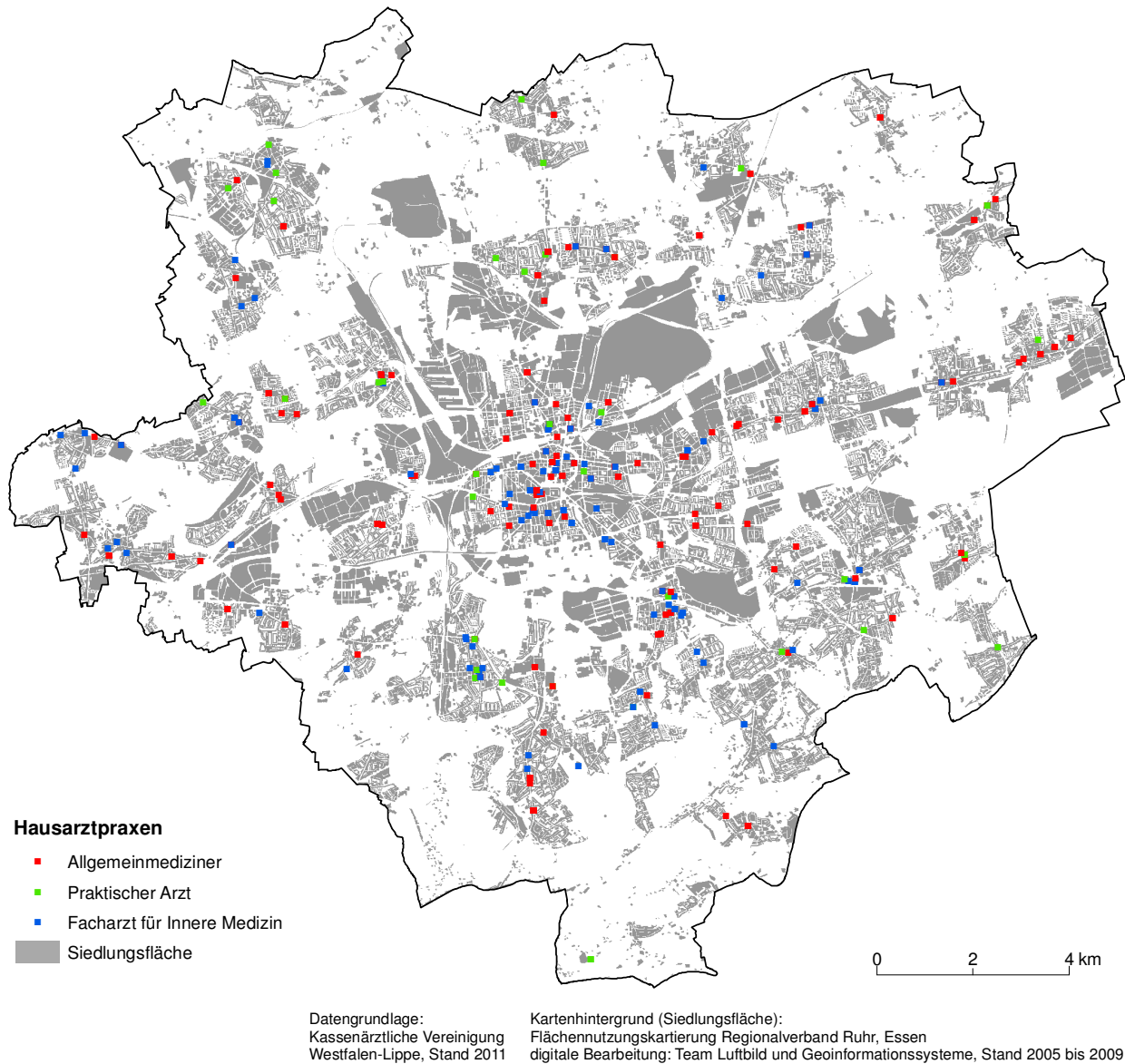
Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Hausärzten“ wird die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Hausarztpraxen bestimmt. Die Praxisstandorte werden durch geokodierte Adresspunkte abgebildet, die die Zielorte darstellen. Die Daten wurden von der Kassenärztlichen Vereinigung Westfalen-Lippe für den Stand Anfang 2011 für den gesamten Untersuchungsraum zur Verfügung gestellt. Die Standorte der Hausarztpraxen in Dortmund zeigt Karte 14. Obwohl sie hier differenziert nach Allgemeinmedizinerinnen, praktischen Ärzten und Fachärztinnen für Innere Medizin dargestellt sind, werden sie bei der Analyse als gleichwertig angenommen.

7.4.4 Grün- und Freiflächen

Mit dem Kumulations- und Potenzialindikator „Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen“ wird die Zugänglichkeit zu naturgebundenen Freizeit- und Erholungsaktivitäten in Wohnortnähe bemessen. Als für den gesamten Untersuchungsraum einheitliche Datengrundlage wird die Flächennutzungskartierung des Regionalverbands Ruhrgebiet genutzt. Sie enthält als Geodaten die öffentlichen und privaten Grün- und Parkanlagen, Kleingärten, Friedhöfe, Spiel- und Sportanlagen, Dauerwiesen, Weiden und Ackerland, nichtgenutzte Flächen der Land- und Forstwirtschaft, Halden, Waldgebiete sowie Gewässer. All diese Flächenkategorien werden für die Naherreichbarkeitsanalyse als Grün- und Freiflächen definiert. Ausgeschlossen sind jene Grün- und Freiflächen, die zusammenhängend weniger als einen halben Hektar groß sind. Für sie wird angenommen, dass sie als kleine Splitterflächen zur Nutzung für Freizeit- und Erholungsaktivitäten zu unattraktiv und demzufolge irrelevant sind. Klassifizierte Kinderspielplätze, die kleiner als einen halben Hektar sind, werden jedoch weiterhin berücksichtigt.

Die verwendeten Grün- und Freiflächen wurden im Geoinformationssystem mit dem Hexagonensystem räumlich verschnitten. Auf diese Weise wurden die großflächigen Grün- und Freiflächen nach den Hexagonen kleinräumig untergliedert. Die Mittelpunkte der einzelnen Hexagone gelten als möglicher Zugang zur Grün- und Freifläche und sind damit die Ziele für die Naherreichbarkeitsanalyse. Als Attraktivitätsmaß zählt die jeweilige Flächengröße der Grün- und Freiflächen in einem Hexagon. Basierend auf der Annahme, dass als Freizeit- und Erholungsfläche Weiden und Ackerland weniger attraktiv als Park- und Spielanlagen, Waldgebiete etc. sind, werden sie nur zur Hälfte bewertet (siehe hierzu auch Schnürch 2011, S. 74).

Karte 14: Hausarztpraxen in Dortmund.



7.4.5 Kindergärten und Kindertagesstätten

Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten“ wird die minimale Reisezeit zum nächsterreichbaren Kindergarten beziehungsweise zur nächsterreichbaren Kindertagesstätte bestimmt. Aus Gründen der Vereinfachung wird zwischen Kindergärten und Kindertagesstätten sowie ihren Trägern nicht unterschieden. Die einzelnen Einrichtungen werden durch geokodierte Adresspunkte abgebildet, die die Zielorte darstellen. Vom Vermessungs- und Katasteramt der Stadt Dortmund wurden die Daten auf Dortmunder Gebiet für das Referenzjahr 2011 bereitgestellt. Die Adressdaten der umliegenden Gemeinden entstammen der Geodatenbank des Instituts für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund. Durch eigene Nacherhebungen wurde die Datenbank aktualisiert und vervollständigt. Karte 15 zeigt die Standorte der Kindergärten und Kindertagesstätten in Dortmund.

7.4.6 Grundschulen

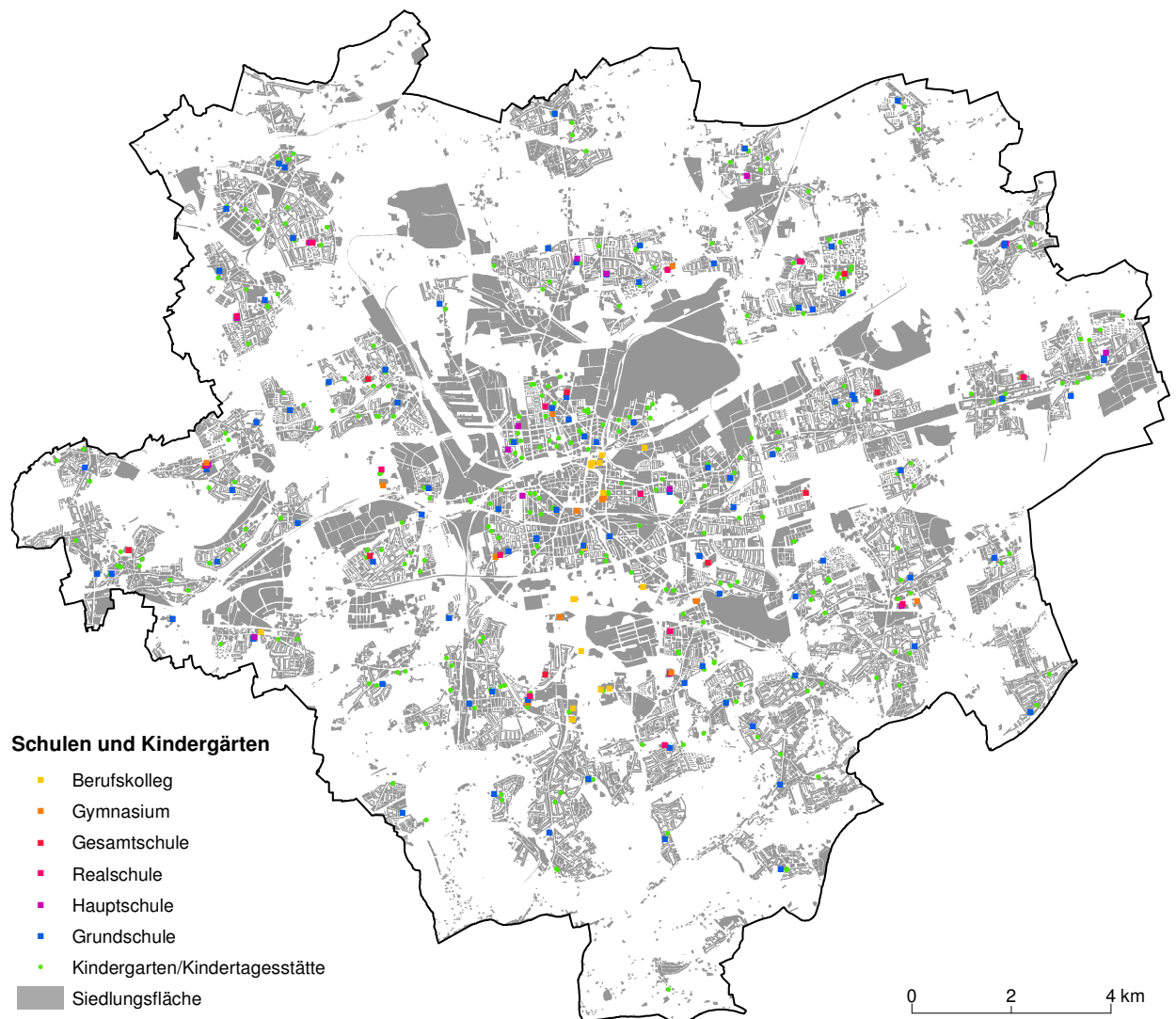
Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Grundschulen“ wird die minimale Reisezeit zur nächsterreichbaren Grundschule bestimmt. Die einzelnen Einrichtungen werden durch geoko-

dierte Adresspunkte abgebildet, die die Zielorte darstellen. Grundschulen, die nicht-öffentlich, sondern wie Waldorfschulen in freier Trägerschaft sind, werden nicht berücksichtigt. Die Daten für Dortmund sind dem vom Schul- und Schulverwaltungsamt der Stadt Dortmund zur Verfügung gestellten Schulverzeichnis (siehe Stadt Dortmund 2010e) entnommen worden. Die Daten für die umliegenden Gemeinden im östlichen Ruhrgebiet entstammen der Geodatenbank des Instituts für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund. Sie wurden durch eigene Nacherhebungen aktualisiert und vervollständigt. Karte 15 zeigt eine Übersicht über die Grundstandorte in Dortmund.

7.4.7 Schulen der Sekundarstufen I und II

Mit dem Potenzialindikator „Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II“ wird die potenzielle Erreichbarkeit von Gymnasien, Gesamtschulen, Realschulen und Hauptschulen ermittelt. Die verschiedenen Schulformen werden in der Naherreichbarkeitsanalyse gleichgewichtet. Die jeweiligen Standorte werden durch geokodierte Adresspunkte abgebildet, die die Zielorte darstellen. Die Daten für Dortmund entstammen dem Schulverzeichnis des Schul- und

Karte 15: Schulen und Kindergärten/Kindertagesstätten in Dortmund.



Datengrundlagen (Schulen, Kindergärten/Kindertagesstätten):
Eigene Erhebung; IRPUD; Stadt Dortmund 2010e; Amtliche Stadtkarte,
Stadt Dortmund, Vermessungs- und Katasteramt, 19.07.2011, 320370

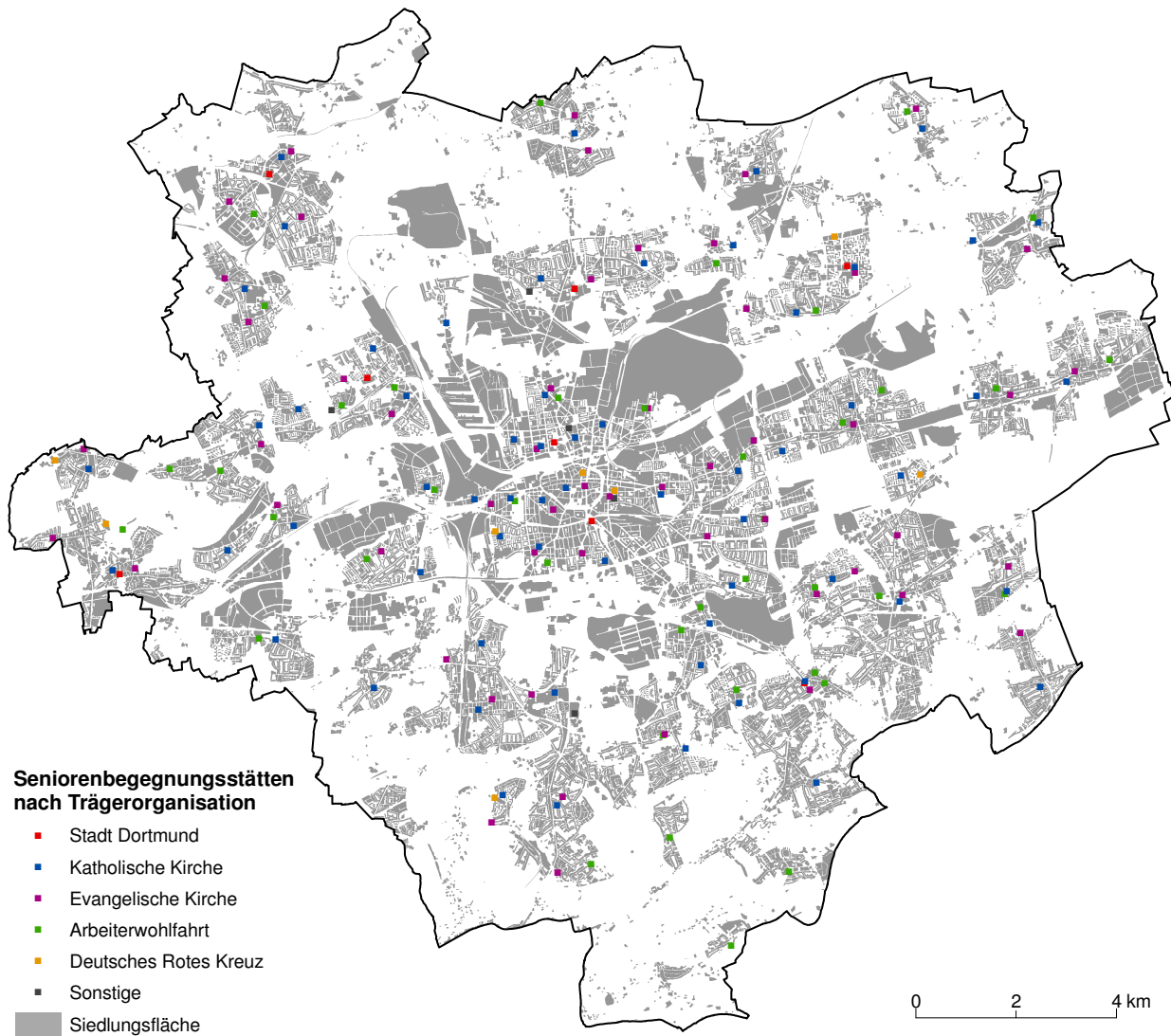
Kartenhintergrund (Siedlungsfläche):
Flächennutzungskartierung Regionalverband Ruhr, Essen
digitale Bearbeitung: Team Luftbild und Geoinformationssysteme, Stand 2005 bis 2009

Schulverwaltungsamtes der Stadt Dortmund (siehe Stadt Dortmund 2010e). Grundlage für die Adresdaten der Schulen in den umliegenden Gemeinden im Östlichen Ruhrgebiet ist die Geodatenbank des Instituts für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund. Sie wurden durch eigene Nacherhebungen aktualisiert und vervollständigt. Da Informationen zur Größe von Schulen nur vereinzelt und nicht für den gesamten Untersuchungsraum zur Verfügung standen, ist als Attraktivitätsmaß die Anzahl an Schulen gewählt worden. Sekundarschulen bleiben unberücksichtigt, da es sie Anfang 2011 im Untersuchungsraum noch nicht gab. Karte 15 zeigt die Schulstandorte in Dortmund.

7.4.8 Berufskollegs

Mit dem Potenzialindikator „Naherreichbarkeit von Berufskollegs“ wird die potenzielle Erreichbarkeit von Berufskollegs ermittelt. Die einzelnen Einrichtungen werden durch geokodierte Adresspunkte abgebildet, die die Zielorte darstellen. Attraktivitätsmaß ist die Anzahl der Lehrer. Die Daten für Dortmund konnten dem vom Schul- und Schulverwaltungsamt der Stadt Dortmund zur Verfügung gestellten Schulverzeichnis (siehe Stadt Dortmund 2010e) entnommen

Karte 16: Seniorenbegegnungsstätten in Dortmund.



Datengrundlage: Eigene Erhebung
 Kartenhintergrund (Siedlungsfläche): Flächennutzungskartierung Regionalverband Ruhr, Essen
 digitale Bearbeitung: Team Luftbild und Geoinformationssysteme, Stand 2005 bis 2009

werden. Die Daten für die umliegenden Gemeinden im östlichen Ruhrgebiet entstammen der Geodatenbank des Instituts für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund. Sie wurden durch eigene Nacherhebungen aktualisiert und vervollständigt. Karte 15 enthält die räumliche Verteilung der Berufskollegs in Dortmund.

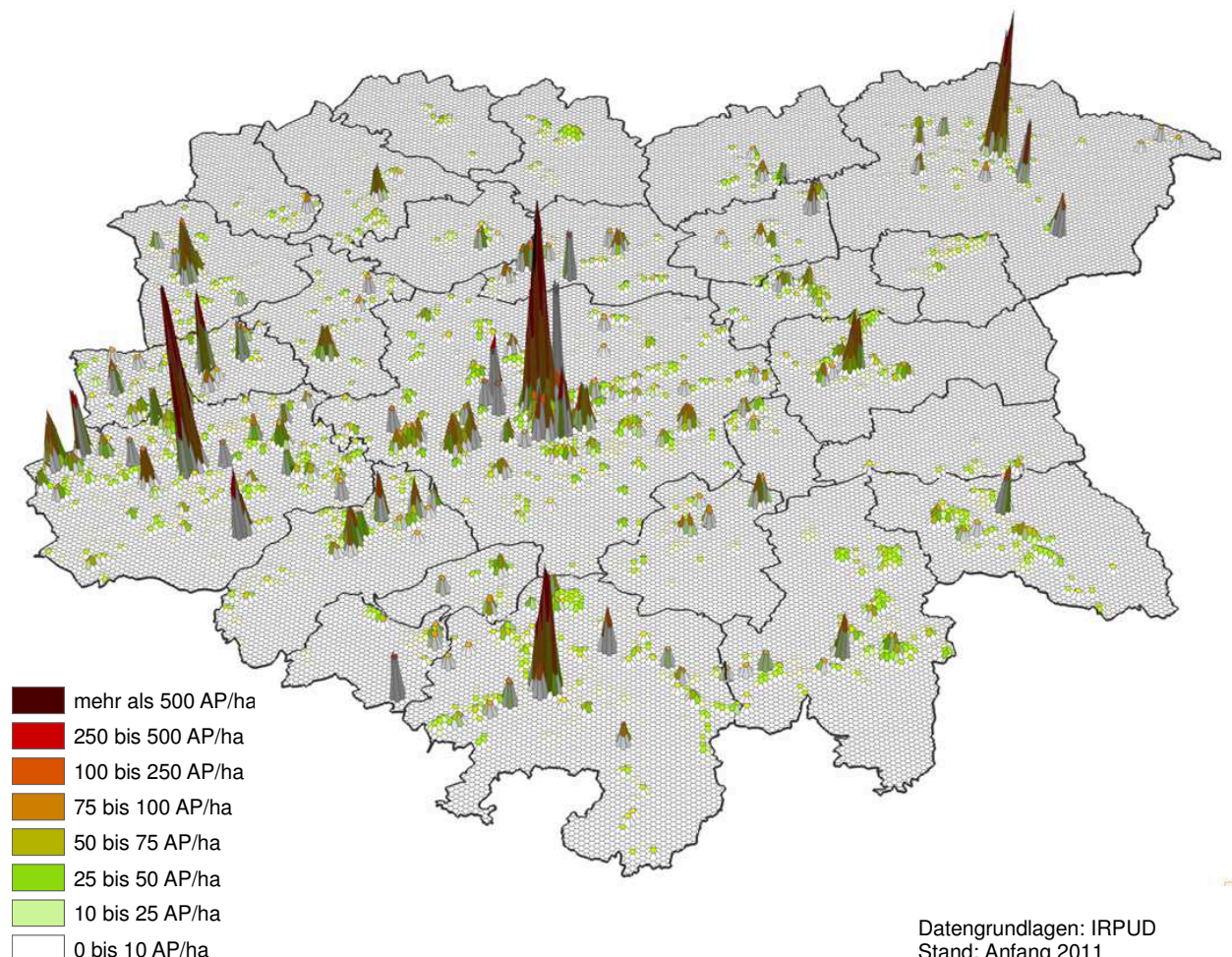
7.4.9 Seniorenbegegnungsstätten

Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten“ wird die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Seniorenbegegnungsstätten ermittelt. Zwischen einzelnen Trägerorganisationen wird nicht unterschieden. Die jeweiligen Einrichtungen werden durch geokodierte Adresspunkte abgebildet, die die Zielorte darstellen. Die Standortdaten wurden im Rahmen dieser Arbeit erhoben. Die Informationen wurden von den Trägerorganisationen und den kommunalen Sozialämtern bereitgestellt und durch Informationen aus öffentlichen Verzeichnissen ergänzt. Karte 16 zeigt die Verteilung der Seniorenbegegnungsstätten in Dortmund.

7.4.10 Arbeitsplätze

Der Kumulations- und Potenzialindikator „Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen“ gibt die verkehrlich-räumliche Zugänglichkeit zum Arbeitsmarkt wieder. Die verwendeten Arbeitsplatzdaten entstammen der Geodatenbank des Instituts für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund. Zwar werden durch die Stadtverwaltung Dortmund kleinräumig verteilte Arbeitsplatzdaten zum Zeitpunkt der Bearbeitung dieser Arbeit neu erhoben, für die Naherreichbarkeitsanalyse standen sie allerdings noch nicht zur Verfügung. Die Arbeitsplatzdaten des Instituts für

Karte 17: Modellhafte räumliche Verteilung der Arbeitsplätze im östlichen Ruhrgebiet.



Raumplanung der Technischen Universität Dortmund wurden im Jahr 2002 einheitlich auf der Ebene statistischer Bezirke für das östliche Ruhrgebiet erhoben. Mit dem Disaggregierungs- und Simulationsmodells ILUMASS (Integrated Land Use Modelling and Transportation System Simulation) wurden diese Daten auf der Ebene von Rasterquadraten mit einer Flächengröße von einem Hektar als Prognose für das Jahr 2011 fortgeschrieben (siehe Beckmann u. a. 2007). Im Rahmen dieser Arbeit wurden die für das Jahr 2011 modellierten Arbeitsplatzdaten genutzt. Im Geoinformationssystem wurden sie räumlich mit den Hexagonen verschnitten und ihnen anteilig zugeordnet. Die Mittelpunkte der Hexagone dienen bei der Erreichbarkeitsanalyse als Ziele. Als Attraktivitätsmaß für die Naherreichbarkeitsanalyse ist die Anzahl der Arbeitsplätze gewählt worden. Eine Unterscheidung von Arbeitsplätzen nach Branchen oder Qualifikationsstufen findet im Rahmen dieser Arbeit aus Gründen der Vereinfachung nicht statt. Karte 17 zeigt das Ergebnis als räumliche Verteilung der Arbeitsplätze im östlichen Ruhrgebiet auf Ebene der Hexagone. Mit einer hohen Arbeitsplatzdichte stechen die Kernbereiche der einzelnen Städte deutlich hervor.

7.5 Modellierung der Verkehrsgraphen

Für die Berechnung der Widerstandsfunktion $f(c_{ij})$ sind die Raumwiderstände zwischen den Wohnorten und Aktivitätszielen zu bestimmen. Hierzu wird per Netzwerkanalyse der jeweils kürzeste Weg über einen Verkehrsgraphen ermittelt. Durch den Verkehrsgraphen werden die Verkehrsangebote, Relationen und Raumüberwindungswiderstände abgebildet. Bei der Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund wurden sowohl der MIV, der ÖPNV, der Fahrradverkehr als auch der Fußgängerverkehr für den Stand Anfang 2011 modelliert. „Während der Individualverkehr sich weitestgehend frei im Straßennetz bewegen kann, ist die Nutzung des öffentlichen Verkehrs nicht nur an Haltestellen und Linienverläufe, sondern zusätzlich auch noch an Fahrpläne gebunden“ (Büttner, Keller und Wulforth 2010, S. 53). Die Modellierung der jeweiligen Verkehrsgraphen unterscheidet sich daher deutlich.

Zur Durchführung der Erreichbarkeitsanalyse für die Individualverkehre ist ein vollständiges und möglichst detailliertes Straßen- und Wegenetz notwendig. Für die Modellierung der Pkw-, Fahrrad- und Fußgängerverkehrsgraphen wurden OpenStreetMap-Daten genutzt. Die GPS-basierten Verkehrsnetzdaten vom OpenStreetMap-Projekt sind insbesondere in urbanen Räumen eine zweckdienliche Alternative zu kommerziell vertriebenen Navteq- oder TomTom-Daten. Ihre Tauglichkeit für Netzwerkanalysen und Routenberechnungen konnte bereits mehrfach nachgewiesen werden (siehe Büttner, Keller und Wulforth 2010; Haklay 2010; Neis, Zielstra, Zipf und Struck 2010; Zimmermann 2010; Roick, Neis und Zipf 2011; Schoof, Behncke und Ehlers 2011). Eine detaillierte Übersicht über das Datenmodell der OpenStreetMap-Daten findet sich bei Ramm und Topf (2010, S. 55ff.) oder Zimmermann (2010, S. 40ff.). Die Qualität, Aktualität und Dichte von OpenStreetMap-Daten werden von Roick, Neis und Zipf (2011, S. 4ff.) für urban geprägte Räume in Deutschland, insbesondere bei Rad-, Fuß- und Waldwegen als besser als bei proprietären Verkehrsnetzdaten eingeschätzt. Eigene Datenvergleiche für das östliche Ruhrgebiet zeigten, dass OpenStreetMap-Daten eine deutlich höhere Informationsdichte als die amtlichen ATKIS-Basis-DLM-Daten aufweisen. In den Verkehrsdaten wird zwischen „Nodes“, „Ways“ und „Relations“ unterschieden. „Nodes“ stellen punkthafte Objekte, zum Beispiel Verkehrsknoten, Lichtsignalanlagen oder Stützpunkte von „Ways“ dar. „Ways“ sind ihrerseits linienhafte Objekte, die Straßen oder Wege repräsentieren. Als Attributinformationen liegen üblicherweise der Straßentyp, die zulässige Höchstgeschwindigkeit und richtungsbezogene

Fahreinschränkungen wie zum Beispiel bei Einbahnstraßen vor. Mit „Relations“ werden die Beziehungen zwischen den „Nodes“ und „Ways“ definiert. Sie enthalten Informationen zu möglichen Abbiegeverboten oder -gebote. Die Generierung der Verkehrsgraphen für den Pkw-Verkehr (siehe Kapitel 7.5.1), Fahrradverkehr (siehe Kapitel 7.5.2) und Fußgängerverkehr (siehe Kapitel 7.5.3) erfolgte automatisiert in ArcGIS über eigens entwickelte Python-Programme.

Zur Durchführung der Erreichbarkeitsanalyse für den öffentlichen Nahverkehr sind digitale Fahrplandaten notwendig. Sie bilden die Grundlage für eine fahrplangenaue Modellierung des ÖPNV-Graphen. Für die Analyse wurden von den im Untersuchungsraum ansässigen Nahverkehrsgesellschaften die digitalen Fahrplandaten zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden automatisiert mittels eigens entwickelter Python-Schnittstellen in ArcGIS zu einem netzwerkfähigen ÖPNV-Graphen mitsamt geometrisch korrekt abgebildeten Haltestellen aufbereitet (siehe Kapitel 7.5.4).

7.5.1 Pkw-Verkehr

Zur Durchführung der Naherreichbarkeitsanalyse für den Pkw-Verkehr wird ein netzwerkfähiger Verkehrsgraph benötigt, der ein vollständiges und möglichst detailliertes Straßen- und Wegenetz enthält. Die Abbildung dieses Verkehrsgraphen erfolgt mit OpenStreetMap-Daten, deren Aktualität und Dichte als besonders geeignet eingeschätzt werden. Aus der OpenStreetMap-Datenbank wurden alle Kanten und Knoten extrahiert, die mit dem Pkw befahrbar sind. Die Selektion der Straßentypen erfolgte über das Attributfeld „highway“. Tabelle 45 zeigt die für Deutschland geltenden Schlüssel und ihre jeweiligen Bedeutungen (siehe OpenStreetMap 2011a, 2011b). In der Spalte „Pkw-Netz“ sind die Straßentypen aufgelistet, die für die Generierung des Pkw-Graphen herangezogen wurden.

In dem extrahierten Modellnetz sind Knoten dort, wo sie auch in der Realität vorhanden sind. Brücken- und Tunnelbauwerke bleiben in ihrer Topologie erhalten, das heißt beispielsweise, dass Brücken über andere Straßen als Brücken kodiert bleiben und keine Abfahrsmöglichkeiten bieten. Straßen mit getrennten Fahrstreifen, zum Beispiel Autobahnen oder andere Straßen mit Mittelstreifen, werden durch zwei richtungsbezogene Kanten abgebildet. Über das Attributfeld „oneway“ wird bestimmt, in welche Richtung ein Straßenabschnitt befahren werden kann. Auf diese Weise sind in das Verkehrsnetzmodell neben den richtungsbezogenen Fahrstreifen auch sämtliche Einbahnstraßen übernommen worden. Auf das Einbinden von Abbiegegebote, die als inverse Abbiegeverbote mit einem gewissen Aufwand prinzipiell mitberücksichtigt werden können (siehe Zimmermann 2010, S. 57ff.), wurde verzichtet. Eine Prüfung der OpenStreetMap-Daten für das Stadtgebiet Dortmunds ergab, dass die hierzu notwendige Attributierung nicht vollständig sowie an einigen Stellen inkorrekt vorliegt.

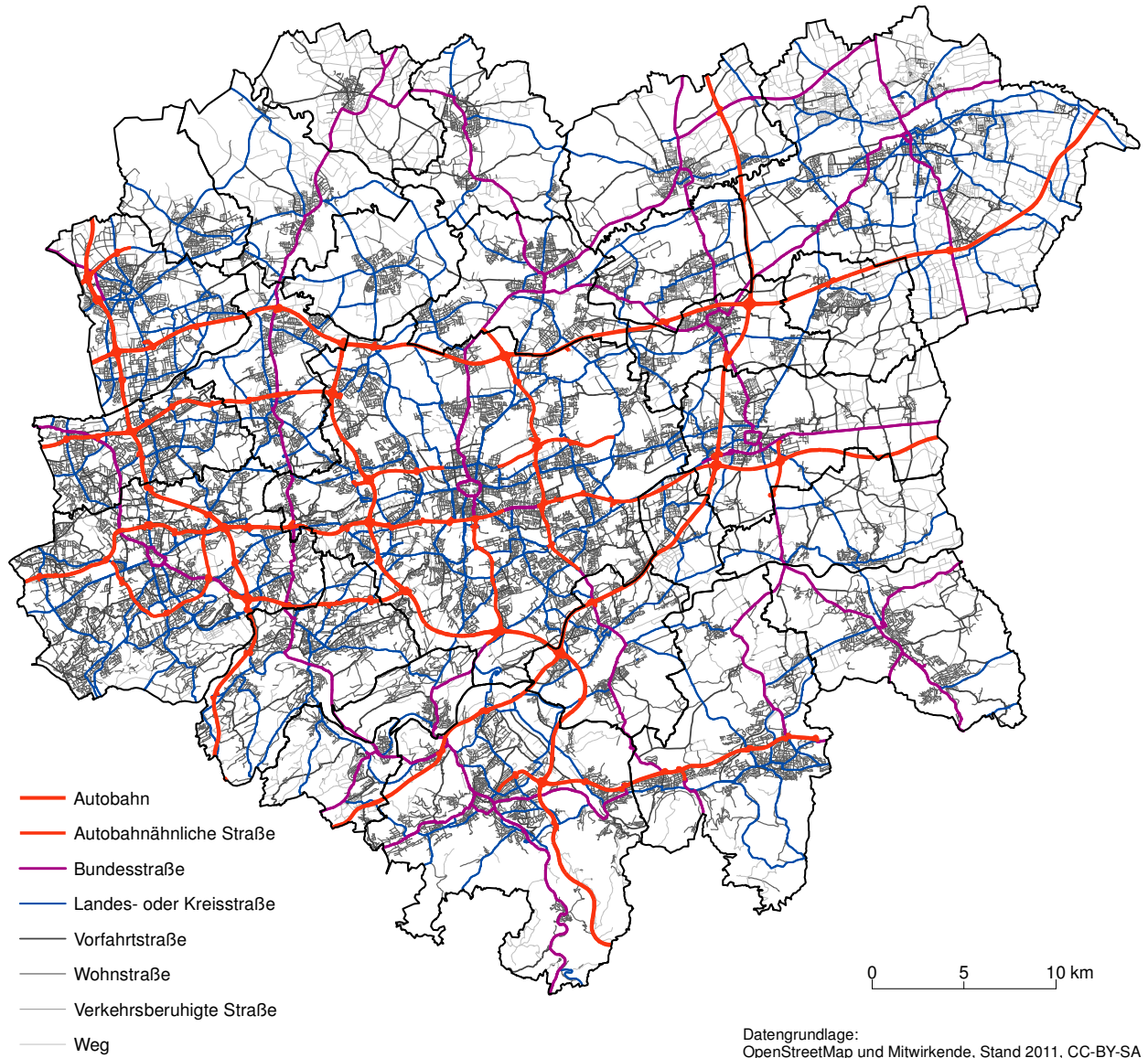
Damit alle relevanten Verkehrsverflechtungen untersucht werden können, wurden auch Straßen, die innerhalb eines Korridors von zehn Kilometern Abstand außerhalb des erweiterten Untersuchungsraums liegen, mitberücksichtigt. Das für die Erreichbarkeitsanalyse extrahierte Straßennetz ragt somit räumlich etwas über die Grenzen des östlichen Ruhrgebiets hinaus. Nach dem Extrahieren des Pkw-Straßennetzes wurden zusammenhanglose Netzfragmente, die nicht an das übrige Straßennetz angeschlossen sind, entfernt. Karte 18 zeigt das aus den OpenStreetMap-Daten generierte Pkw-Straßennetzmodell für das östliche Ruhrgebiet.

Tabelle 45: Generierung der Verkehrsgraphen aus OpenStreetMap-Daten anhand der Klassifizierungsmerkmale des Attributfelds „highway“.

Attributwert	Bedeutung	Pkw-Netz	Fahrradnetz	Fußwegenetz
motorway	Autobahn	verwendet	-	-
motorway_link	Autobahnzubringer oder Autobahnanschlussstelle	verwendet	-	-
trunk	Autobahnähnliche Straße	verwendet	-	-
trunk_link	Anschlussstelle einer autobahnähnlichen Straße	verwendet	-	-
primary	Bundesstraße	verwendet	verwendet	verwendet
primary_link	Bundesstraßenanschlussstelle	verwendet	verwendet	verwendet
secondary	Landes- bzw. Kreisstraße (gut ausgebaut)	verwendet	verwendet	verwendet
secondary_link	Zubringer zu einer Landes- bzw. Kreisstraße	verwendet	verwendet	verwendet
tertiary	Innerörtliche Vorfahrtstraße	verwendet	verwendet	verwendet
unclassified	Nebenstraße	verwendet	verwendet	verwendet
residential	Wohnstraße	verwendet	verwendet	verwendet
living_street	Verkehrsberuhigte Straße	verwendet	verwendet	verwendet
service	Erschließungsweg	verwendet	verwendet	verwendet
road	Straße noch unbekannter Klassifizierung	verwendet	verwendet	verwendet
track	Feld- oder Waldweg	verwendet	verwendet	verwendet
path	Fuß- und Radweg	-	verwendet	verwendet
cycleway	Radweg	-	verwendet	-
bridleway	Reitweg	-	-	-
pedestrian	Fußgängerzone	-	-	verwendet
footway	Fußweg	-	-	verwendet
steps	Treppen auf Fuß- und Wanderwegen	-	-	verwendet

Um mit dem Verkehrsgraphen verlässliche Pkw-Reisezeiten berechnen zu können, müssen den einzelnen Kanten und Knoten noch realistische Raumüberwindungswiderstände zugewiesen werden. Die Raumüberwindungswiderstände auf den Kanten bilden die angenommenen Fahrzeiten auf den einzelnen Straßenabschnitten ab. Da die Geschwindigkeitsattributierung der OpenStreetMap-Daten unvollständig und zudem nur auf die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten beschränkt ist, wurden eigene Annahmen zu realistischen durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten getroffen. In einem ersten Schritt wurden den Straßenabschnitten, für die keine Information über die zulässige Höchstgeschwindigkeit vorlag, anhand des Straßentyps angenommene Höchstgeschwindigkeiten zugewiesen. Tabelle 46 zeigt die hierbei getroffenen Annahmen. Für Autobahnen wurde beispielsweise eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h, für Wohnstraßen von 30 km/h angenommen. Wegen des hohen Verkehrsaufkommens ist es häufig nicht möglich, die zulässige Höchstgeschwindigkeit tatsächlich zu fahren. Um dies bei der Berechnung von Pkw-Reisezeiten zu berücksichtigen, wurden den Kanten in einem zweiten Schritt über den Tagesverlauf durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten zugewiesen, die auf den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten basieren. Als Grundlage hierfür wurden vom Stadtplanungsamt Dortmund zur Verfügung gestellte Verkehrssimulationsdaten ausgewertet, die stra-

Karte 18: Pkw-Sträßennetz des östlichen Ruhrgebiets.

Tabelle 46: Annahmen über Höchstgeschwindigkeiten v_{max} für unterschiedliche Sträßentypen.

Straßentyp	v_{max}	Straßentyp	v_{max}
Autobahn	120 km/h	Innerörtliche Vorfahrtstraße	50 km/h
Autobahnzubringer oder Autobahnanschlussstelle	50 km/h	Nebenstraße	30 km/h
Autobahnähnliche Straße	120 km/h	Wohnstraße	30 km/h
Anschlussstelle einer autobahnähnlichen Straße	50 km/h	Verkehrsberuhigte Straße	5 km/h
Bundesstraße	50 km/h innerorts 70 km/h außerorts	Erschließungsweg	20 km/h
Bundesstraßenanschlussstelle	40 km/h	Straße noch unbekannter Klassifizierung	30 km/h
Landes- bzw. Kreisstraße (gut ausgebaut)	50 km/h innerorts 70 km/h außerorts	Feld- oder Waldweg	20 km/h
Zubringer zu einer Land- bzw. Kreisstraße	40 km/h		

Benabschnittsbezogen Informationen über modellierte Auslastungsgrade und Fahrgeschwindigkeiten zu unterschiedlichen Tageszeiten enthielten. Diese Informationen wurden für die Ableitung der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten im überörtlichen Verkehrsnetz genutzt. Für das innerörtliche Verkehrsnetz lagen diese Informationen nicht vor. Für die innerörtlichen Streckenabschnitte wurde angenommen, dass die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit 85 Prozent der zulässigen Höchstgeschwindigkeit beträgt.

Ergänzend zu den Kanten wurden auch den Knoten des Verkehrsgraphen Raumüberwindungswiderstände zugewiesen. Zur Klassifizierung der Knotentypen wurde das Attributfeld „highway“ genutzt. Knoten, die als Lichtsignalanlagen, Bahnübergänge oder Fußgängerüberwege („Zebrastrifen“) gekennzeichnet sind, werden mit pauschalen Wartezeiten parametrisiert. Für Lichtsignalanlagen wurde eine durchschnittliche Wartezeit von 20 Sekunden, an einem Bahnübergang von 10 Sekunden und an einem Fußgängerüberweg von 5 Sekunden angenommen. Da es sich um durchschnittliche Wartezeiten handelt, sind relativ niedrige Werte angesetzt worden. Im Einzelfall kann die tatsächliche Wartezeit, zum Beispiel an einem Bahnübergang mit geschlossener Schranke, deutlich höher ausfallen. Dagegen besteht ebenso die Möglichkeit, dass eine Kreuzung mit Lichtsignalanlage bei Grün, ein Bahnübergang bei offener Schranke oder ein Fußgängerüberweg ohne Geschwindigkeitsreduzierung oder Fahrtstopp überfahren werden kann. Die angenommenen durchschnittlichen Wartezeiten spiegeln so auch die Wartewahrscheinlichkeiten wider. Knotenbezogene Vorfahrtsregeln konnten nicht direkt berücksichtigt werden, weil in den OpenStreetMap-Daten für den Raum Dortmund Stopp- oder Vorfahrt-gewähren-Schilder nicht vollständig abgelegt beziehungsweise häufig nur der übergeordneten, zu unspezifischen Kategorie „Verkehrsschilder“ zugeordnet waren. Den OpenStreetMap-Daten konnte somit nicht entnommen werden, aus welchen Fahrtrichtungen an einem Knotenpunkt Wartepflicht oder Vorfahrt besteht. Um durch den Verkehrsfluss ausgelöste Wartezeiten trotzdem modellhaft abzubilden, wurden stattdessen den Kreuzungsknoten pauschal angenommene Abbiegezeiten zugewiesen, die auf dem jeweiligen Abbiegewinkel beruhen. So beträgt bei einer Linksabbiegung zwischen 240° und 120° die angenommene durchschnittliche Wartezeit sechs Sekunden. Bei einer Rechtsabbiegung im Winkel zwischen 300° und 60° werden drei Sekunden durchschnittliche Wartezeit angenommen, bei einer Kehrtwende im Winkel zwischen 240° und 300° sind es zwölf Sekunden. Die Überquerung einer Straße an einer Wegekreuzung in gerader Richtung zwischen 60° und 120° wird mit einer angenommenen durchschnittlichen Wartezeit von zwei Sekunden verrechnet. Abbildung 38 veranschaulicht die an Kreuzungsknoten in Abhängigkeit vom Abbiegewinkel angenommenen Wartezeiten für Pkws.

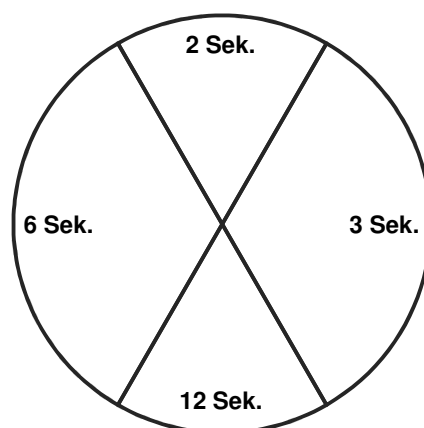


Abbildung 38: Annahmen über Wartezeiten für Pkws bei Abbiegevorgängen an Kreuzungsknoten.

Die genannten Annahmen sind das Ergebnis eines umfangreichen Eichungs- und Validierungsverfahrens mit Vergleichsdaten aus den beiden anerkannten großen Online-Routensuchprogrammen Map24 und ViaMichelin. Beide Programme arbeiten mit kommerziellen, routingfähigen Verkehrsnetzdatenbanken. Map24 greift auf Navteq-Daten, ViaMichelin auf TomTom-Daten zurück. Abbildung 39 zeigt die Reisezeiten für 100 zwischen Verkehrsknoten zufällig ausgewählte Quell-Ziel-Relationen. Blaue Punkte markieren mit Map24 ermittelte Reisezeiten, rote Punkte markieren mit ViaMichelin ermittelte Reisezeiten und schwarze Punkte zeigen die in dieser Arbeit mit ArcGIS über den generierten Pkw-Verkehrsgraphen berechneten Reisezeiten auf. Die Diagonale veranschaulicht die Mittelwerte der Reisezeiten von Map24 und ViaMichelin als Bezugslinie.

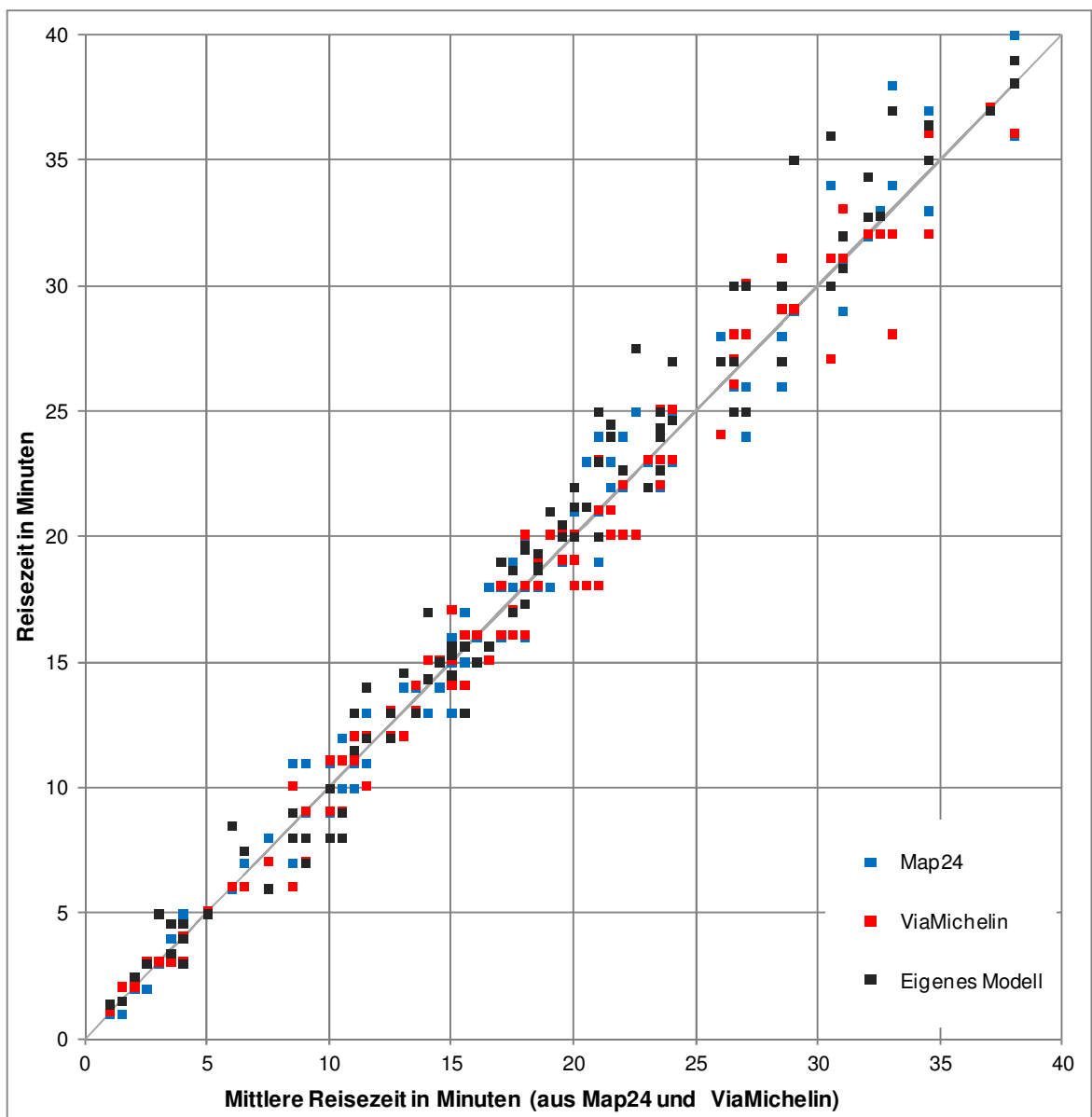


Abbildung 39: Vergleich zwischen den berechneten eigenen Pkw-Reisezeiten und den Ergebnissen der Routensuchprogramme Map24 und ViaMichelin.

Die Auswertung zeigt, dass schon zwischen den Ergebnissen der beiden Routensuchprogrammen Map24 und ViaMichelin Abweichungen von mehr als 20 Prozent in den Pkw-Reisezeiten bestehen können. Das Muster ist uneinheitlich. Eine Systematik in dem Sinne, dass ein Rou-

tensuchprogramm längere Pkw-Reisezeiten als das andere ausgäbe, lässt sich nicht feststellen. Auch die mit dem eigenen Pkw-Verkehrsgraphen berechneten Reisezeiten sind plausibel. Nur bei sehr langen Strecken fallen die mit dem eigenen Ansatz ermittelten Pkw-Reisezeiten tendenziell etwas höher als bei den beiden anderen Ansätzen aus. Die einzelnen Resultate korrelieren in einem hohen Maße auf den untersuchten Relationen. Zwischen Map24 und ViaMichelin beträgt die Korrelation der Reisezeitergebnisse $r = 0,961$. Die Korrelation zwischen dem eigenen Ansatz und Map24 beträgt $r = 0,980$, zwischen dem eigenen Ansatz und ViaMichelin $r = 0,973$. Der generierte Pkw-Verkehrsgraph ist mit den getroffenen Annahmen für die Berechnung realistischer Pkw-Reisezeiten geeignet. Für die Naherreichbarkeitsanalyse kann er ohne Einschränkung genutzt werden.

Der letzte Arbeitsschritt zur Generierung des Pkw-Verkehrsgraphen besteht in der Anbindung der Quell- und Zielorte. Die Anbindung der Wohnquartiere an den Verkehrsgraphen erfolgt über die jeweiligen Hexagonmittelpunkte. Zur Anbindung wurde in das Netzmodell auf kürzestem Wege eine Zugangskante zwischen dem Hexagonmittelpunkt und dem Verkehrsgraphen eingefügt. Ein Anschluss an Autobahnen oder autobahnähnliche Straßen wurde hierbei ausgeschlossen. Die Anbindung der Aktivitätszielorte an den Verkehrsgraphen erfolgte von den Adresskoordinaten ausgehend analog. Lagen keine Adresskoordinaten vor, wurden wiederum die Hexagonmittelpunkte als Stellvertreter angenommen (zum Beispiel bei den Arbeitsplätzen). Sowohl den Zugangs- als auch den Abgangskanten wurden Kantenwiderstände (Reisezeiten) zugewiesen, die auf einer angenommenen (Geh-)Geschwindigkeit von 4,8 km/h basieren. Zusätzlich wird den Pkw-Reisezeiten standardmäßig für die Abfahrt eine Dispositionszeit von einer Minute und bei der Ankunft Parkplatzsuch- und Abstellzeiten von ebenfalls einer Minute aufgeschlagen. In ausgewählten innerstädtischen Gebieten erhöht sich der jeweilige Aufschlag um 50 Prozent. Bei den angenommenen pauschalen Zeitaufschlägen für den Pkw-Verkehr handelt es sich wiederum um Durchschnittswerte, die in der Realität im Einzelfall unter Umständen etwas höher oder niedriger ausfallen können. Die Zeitaufschläge untermauern die Absicht, mit dem Netzmodell in der Naherreichbarkeitsanalyse vergleichbare Tür-zu-Tür-Reisezeiten anstelle einfacher Fahrzeiten abzubilden.

7.5.2 Fahrradverkehr

Die Generierung des Fahrradverkehrsgraphen erfolgt analog zum Pkw-Verkehrsgraphen. In einem ersten Arbeitsschritt wurden aus den OpenStreetMap-Daten alle Strecken extrahiert, auf denen Fahrradfahren erlaubt ist (siehe Tabelle 45). Einbahnstraßen und Fahrverbote blieben erhalten. Für die Kreuzungspunkte wurden die gleichen Wartezeiten, zum Beispiel an Lichtsignalanlagen, wie Pkw-Verkehrsgraphen angenommen. Nur die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit fußt beim Fahrradverkehr nicht, wie beim Pkw, auf der zulässigen Höchstgeschwindigkeit eines Streckenabschnitts. Vielmehr sind sie Ausdruck der physischen Kondition des Fahrradfahrendens sowie sonstiger individueller technischer Merkmale. In diesem Modellansatz wurde aus Gründen der Vereinfachung zwischen möglicherweise unterschiedlichen körperlichen und technischen Voraussetzungen nicht unterschieden. Entsprechend dem Vorschlag des englischen Department for Transport (2010, S. 12) wurde in dieser Arbeit eine einheitliche durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 16 km/h in der Ebene bei Personen über sechs Jahren und für alle Streckentypen angenommen. Bei Kindern im Kindergarten- oder Grundschulalter wurde eine reduzierte Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h angesetzt.

Bei der Modellierung der durchschnittlichen Fahrradfahrergeschwindigkeiten wurde berücksichtigt, dass die für die Ebene angenommenen durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten je nach Steigung und Gefälle variieren. Basierend auf Gölz (2007) und Zorn (2008) wurde den Kanten des Fahrradverkehrsgraphen eine von der Steigung und dem Gefälle abhängige durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit zugewiesen. Abbildung 40 zeigt die Modellannahmen. Bei starkem Gefälle und starker Steigung limitieren sich die Geschwindigkeiten. Ab einem Gefälle von zehn Prozent wird eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 29 km/h angenommen. Zwar kann diese Maximalgeschwindigkeit in der Realität für kurze Zeit überschritten werden, aus Sicherheitsgründen wird jedoch in der Regel auf diese durchschnittliche Geschwindigkeit abgebremst. Bei starken Steigungen über zehn Prozent wird angenommen, dass das Fahrrad geschoben wird (vgl. Gölz 2007, S. 16f.). Für diese Fälle wurde eine Fußgängergeschwindigkeit von 4,8 km/h angesetzt.

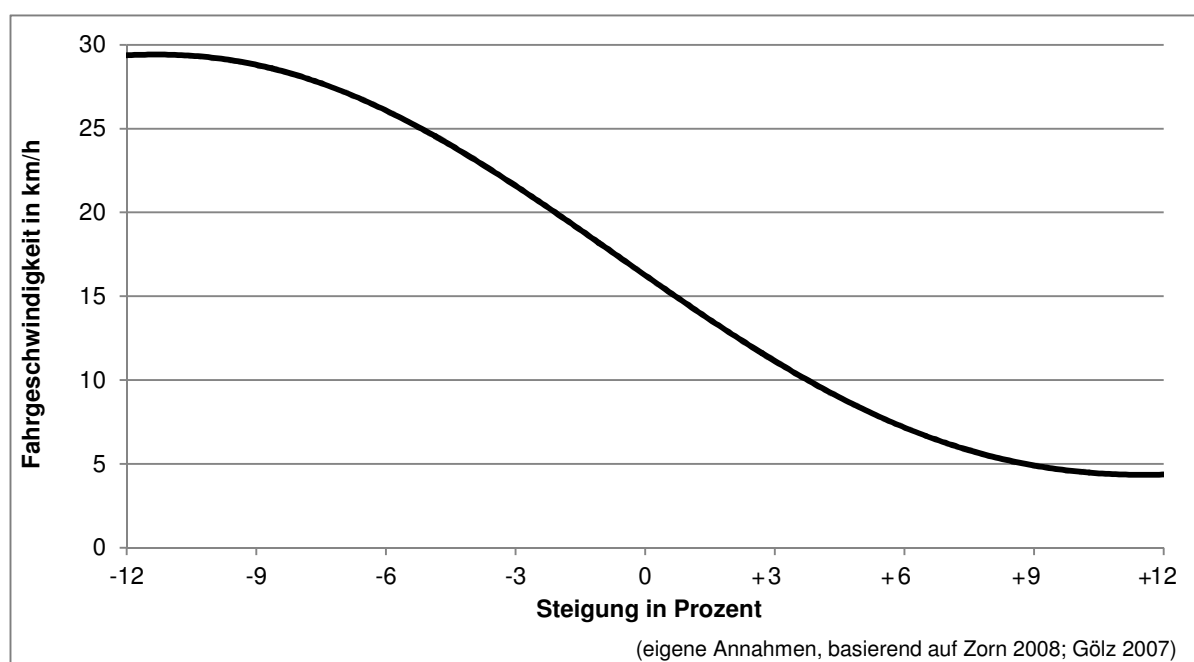
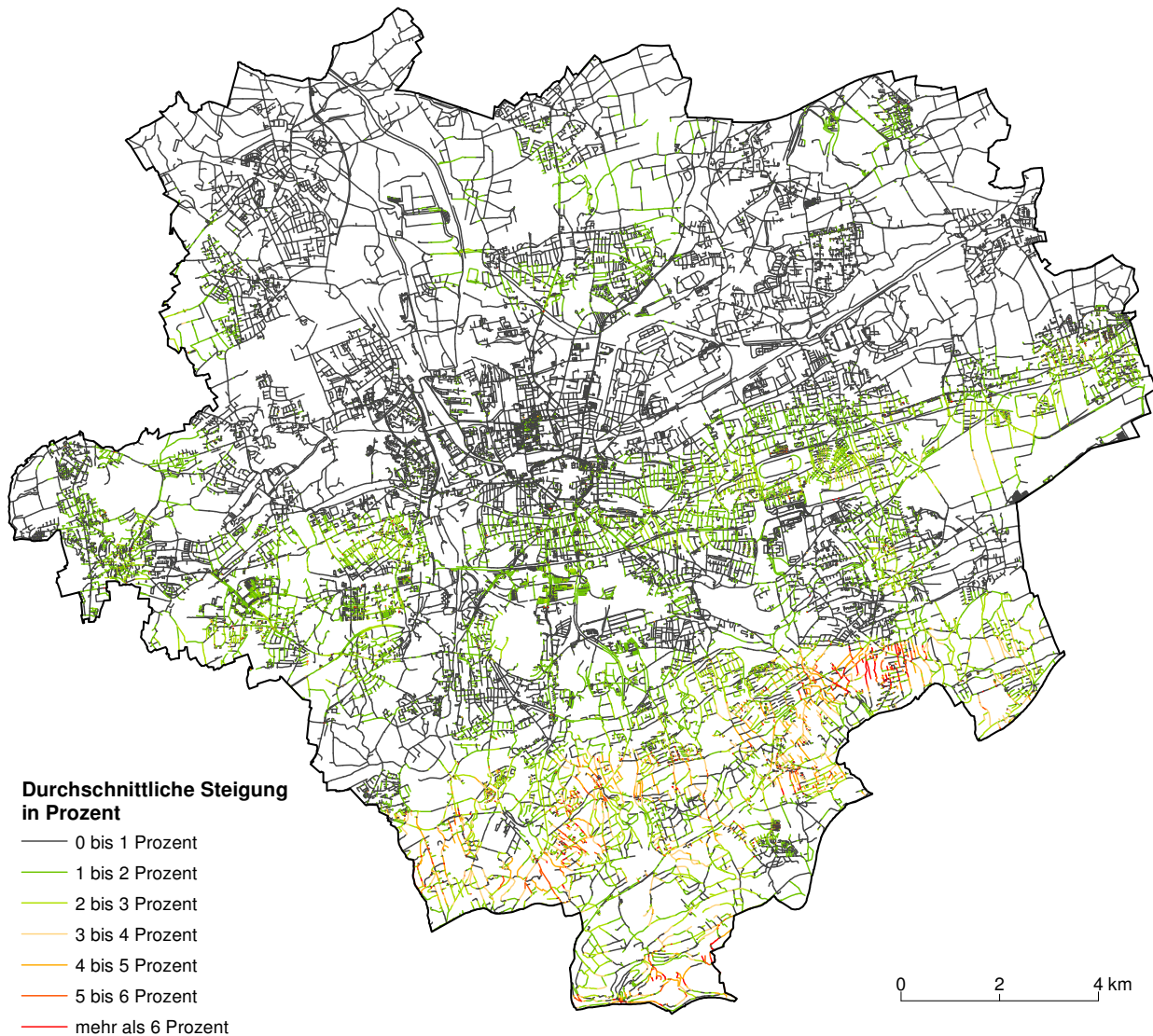


Abbildung 40: Annahmen über Fahrradfahrergeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Steigung und Gefälle.

Zur Modellierung der Topographien wurde auf Höheninformationen aus dem digitalen Geländemodell 25 (DGM 25) zurückgegriffen. Das rasterzellenbasierte DGM 25 hat eine Gitterweite von 25 Metern. Zwar liegen in Nordrhein-Westfalen mit dem digitalen Geländemodell 1 (DGM1), das eine Gitterweite von einem Meter aufweist, genauere Daten vor, jedoch konnten diese aus Kostengründen für diese Arbeit nicht genutzt werden. Stattdessen wurden die Höhenunterschiede auf den Streckenabschnitten auf der Grundlage des DGM 25 ermittelt. Hierzu waren die Höhendaten zuvor mit einem Geoinformationssystem kleinräumig zu interpolieren. Nach der Interpolation der Daten konnte für alle Kanten jedem Anfangs- und Endknoten die interpolierten Höheninformationen zugewiesen werden. Die kantenbezogene Steigung und das gegenläufige Gefälle wurden aus dem Höhenunterschied zwischen dem Anfangs- und Endknoten und der Länge des Straßenabschnitts berechnet. Zwischen dem Anfangs- und Endknoten einer Kante liegende künstliche Erhebungen oder Vertiefungen wie Brücken oder Unterführungen bleiben in diesem Ansatz unberücksichtigt. Die Abweichungen werden als vernachlässigbar eingeschätzt, da sich auf Kanten befindliche Erhebungen und Vertiefungen weitestgehend ausgleichen sollten. Zudem sind die Längen der Kanten relativ kurz gehalten, sie betragen im Durchschnitt we-

niger als 100 Meter. Karte 19 zeigt das aus den OpenStreetMap-Daten extrahierte und mit der beschriebenen Methode mit einer streckenbezogenen durchschnittlichen Steigung versehene Radwegenetz in Dortmund. Die bewegte Topographie im Süden Dortmunds ist gut zu erkennen. Zukünftig ließen sich die Steigungs- und Gefälledaten durch eine Überlagerung mit dem digitalen Oberflächenmodell (DOM), das in Nordrhein-Westfalen ab 2018 flächendeckend verfügbar sein soll, erheblich präziser bestimmen. Für die Zwecke der Naherreichbarkeitsanalyse in dieser Arbeit ist der gewählte Modellansatz schon jetzt deutlich genauer als allgemein üblich (siehe Kapitel 4).

Karte 19: Fahrradwegenetz mit berechneten Neigungen in Dortmund.



Datengrundlagen:
 DGM25; OpenStreetMap und Mitwirkende, Stand: 2011, CC-BY-SA

Die mit dem aufgestellten Fahrradverkehrsgraphen ermittelten Reisezeiten wurden stichprobenhaft für 100 zufällige ausgewählte Quell-Ziel-Relationen mit den Ergebnissen von zwei anerkannten Online-Routensuchprogrammen verglichen (siehe Abbildung 41). Da mit Map24 zwar Pkw-Routen, jedoch keine Fahrradrouten berechnet werden können, wurde als Alternative der vom Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen mit amtlichen Verkehrsdaten betriebene „Radroutenplaner NRW“ verwendet. Als zweites Routensuchprogramm wurde ViaMichelin genutzt, das auf TomTom-Daten aufsetzt.

Informationen zu den angenommenen Fahrradfahrergeschwindigkeiten liegen für beide Modelle nicht vor. Beim Vergleich der mit den drei Modellen in Dortmund ermittelten Fahrradreisezeiten sind deutlich Tendenzen erkennbar. Die Fahrradreisezeiten fallen bei ViaMichelin augenfällig niedriger aus als beim Radroutenplaner NRW. Die mit dem eigenen Fahrradverkehrsgraphen berechneten Reisezeiten sind im Vergleich zu den anderen Anbietern geringfügig höher. Die Korrelationen fallen höher als beim Pkw-Verkehr aus. Die über den Fahrradverkehrsgraphen ermittelten Reisezeiten korrelieren zu den Ergebnissen des Radroutenplaners NRW mit $r = 0,980$ und zu ViaMichelin mit $r = 0,982$. Die Prüfung belegt, dass der in dieser Arbeit aus den OpenStreetMap-Daten aufbereitete Fahrradverkehrsgraph für die Naherreichbarkeitsanalyse geeignet ist.

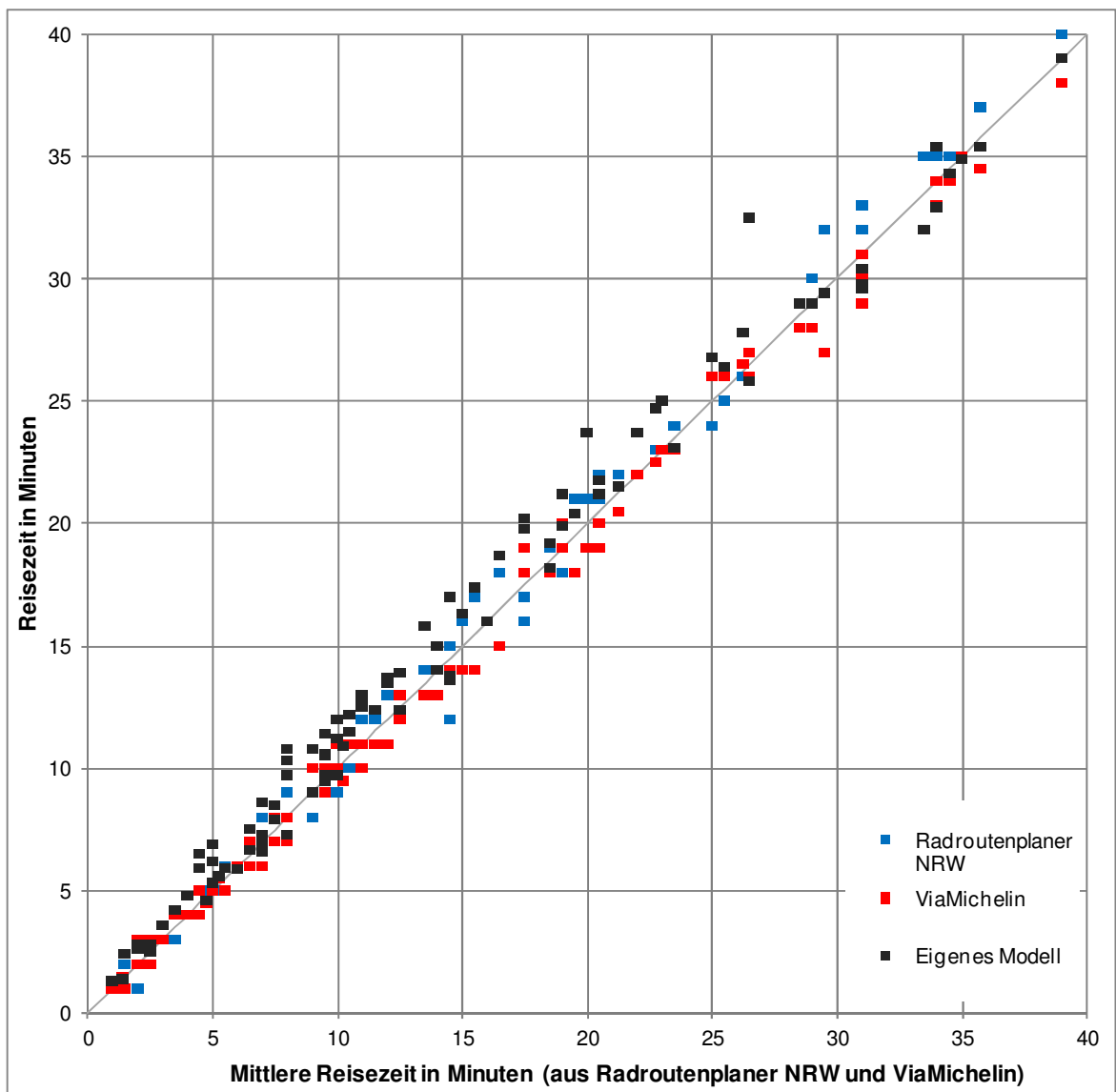


Abbildung 41: Vergleich zwischen den berechneten eigenen Fahrradreisezeiten und den Ergebnissen des Radroutenplaners NRW und dem Routensuchprogramm ViaMichelin.

Die Anbindung der Wohnquartiere und Aktivitätszielorte an den Fahrradverkehrsgraphen erfolgte analog zum MIV (siehe Kapitel 7.5.1). Um Tür-zu-Tür-Reisezeiten abzubilden, wird der Fahrradreisezeit bei der Naherreichbarkeitsanalyse für die Disposition am Startort und das Abstellen des Fahrrads am Zielort ein pauschaler Zeitaufschlag von einer Minute aufaddiert.

7.5.3 Fußgängerverkehr

Für die Generierung des Fußgängerverkehrsgraphen wurden jene Streckenabschnitte aus den OpenStreetMap-Daten extrahiert, auf denen das Zufußgehen erlaubt ist (siehe Tabelle 45). Karte 20 zeigt das entsprechende Fußwegenetz in Dortmund.

Karte 20: Fußwegenetz in Dortmund.



Datengrundlage:
OpenStreetMap und Mitwirkende, Stand: 2011, CC-BY-SA

Ähnlich wie bei den Fahrgeschwindigkeiten von Fahrradfahrern sind die Gehgeschwindigkeiten von Fußgängern vor allem von der individuellen physischen Verfassung und der Steigung der Fußwege abhängig. Weitere Faktoren wie Lichtverhältnisse, Fußwegequalitäten etc., die das Fußgängerverhalten mitbeeinflussen (siehe Weidmann 1995; Jermann 2004; Jones, Wixey, Tothridge und Christodoulou 2005), werden aus Gründen der Vereinfachung nicht betrachtet. In diesem Modell wurde für die Ebene eine durchschnittliche Gehgeschwindigkeit von 4,8 km/h für Erwachsene und von 3,0 km/h für Kinder im Kindergarten- und Grundschulalter angenommen. Die Steigungsverhältnisse wurden für den Fußgängerverkehrsgraphen nach dem gleichen Vorgehen wie beim Fahrradverkehrsgraphen ermittelt (siehe Kapitel 7.5.2). Auch hier wurde für jede Kante richtungsbezogen zwischen Aufwärts- und Abwärtsbewegungen unterschieden. Abbildung 42 zeigt die basierend auf Weidmann (1995) vorgenommenen Anpassungen der ange-

nommenen durchschnittlichen Gehgeschwindigkeit auf die Steigungsverhältnisse am Beispiel eines Erwachsenen. Steigungen von mehr als ± 20 Prozent sind nicht abgebildet, da sie bereits Treppen repräsentieren, für die die lineare Funktion

$$v = 1,26 - 0,0149 \cdot |s| \quad (\text{Gleichung 53})$$

mit v als Geschwindigkeit und s als prozentuale Steigung bis zu einer Steigung von maximal ± 65 Prozent angewendet wird (nach Jermann 2004, S. 28). Bei noch größeren Steigungen wurde eine konstante Geschwindigkeit von 1,2 km/h unterstellt (ebd.).

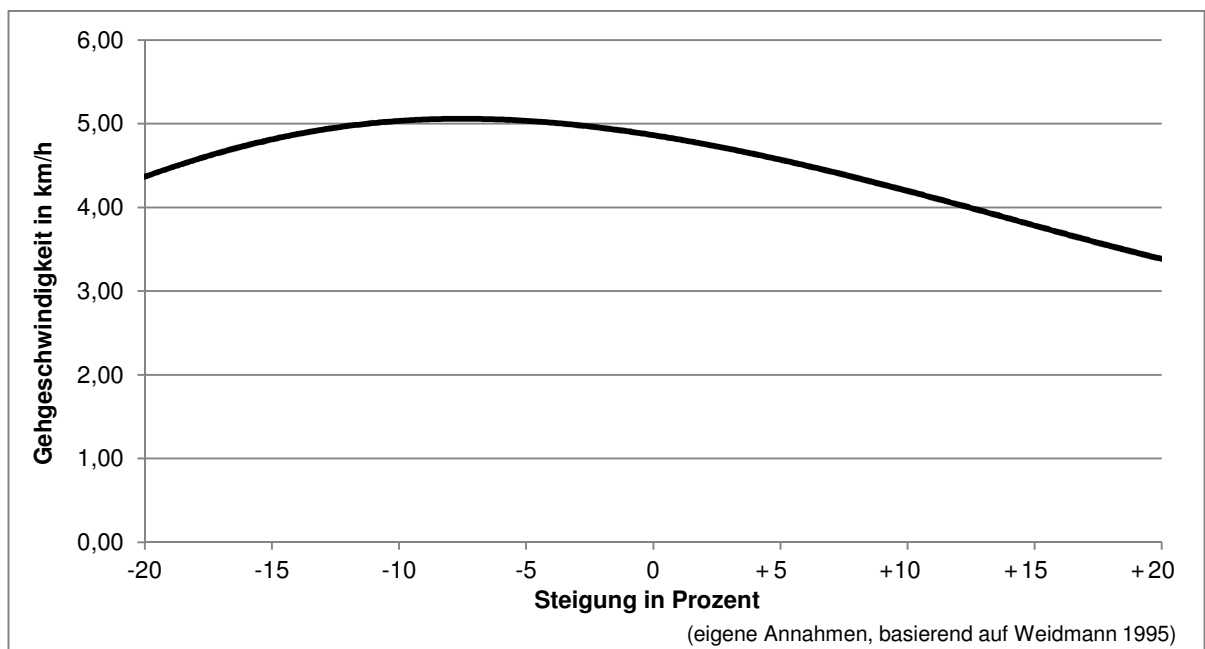


Abbildung 42: Annahmen über Gehgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Steigung und Gefälle.

In die Berechnung der Reisezeiten gehen neben den Gehzeiten auch die Wartezeiten ein, die für Fußgänger vor allem vor dem Überqueren von Straßen entstehen. Bei untergeordneten Straßen wird in den OpenStreetMap-Daten häufig nicht zwischen Gehwegen und Fahrbahn unterschieden. Die Modellierung von Wartezeiten für Straßenüberquerungen an Knoten erfolgte daher nur für die ohnehin stärker befahrenen Sammel- und Hauptverkehrsstraßen. Abhängig vom Straßentyp, der zu überqueren ist, wurden den Knoten ohne Lichtsignalanlage durchschnittliche Wartezeiten zwischen fünf und zwölf Sekunden übertragen. Knoten mit Lichtsignalanlagen wurden mit einer durchschnittlichen Fußgängerwartezeit von 15 Sekunden versehen (vgl. Jones, Wixey, Totheridge und Christodoulou 2005, S. 25).

Eine Vergleichsauswertung der mit dem eigenen Fußgängerverkehrsgraphen erzielten Zu-Fuß-Reisezeiten mit den Ergebnissen der Online-Routensuchprogramme Map24 mit Navteq-Daten und ViaMichelin mit TomTom-Daten für 100 zufällig ermittelten Start-Ziel-Relationen in Dortmund zeigt, dass die Werte zu Map24 mit $r = 0,941$ und zu ViaMichelin mit $r = 0,912$ korrelieren. Die Korrelation fällt damit niedriger als bei den anderen Individualverkehrsarten aus. Abbildung 43 zeigt die Unterschiede der mit den drei Modellen errechneten Zu-Fuß-Reisezeiten. Die erkennbaren Differenzen begründen sich wahrscheinlich weniger in unterschiedlichen Annahmen über Gehgeschwindigkeiten – von Map24 und ViaMichelin wurden keine Informationen über die angenommenen Gehgeschwindigkeiten veröffentlicht –, als vielmehr in unterschiedlichen räumlichen Detaillierungsgraden der Fußgängerverkehrsgraphen. Bei den TomTom-Daten, die der Routenplaner ViaMichelin nutzt, fehlten für die 100 zufällig ausgewählten Start-Ziel-

Relationen teilweise Fußwege, die in den anderen Netzmodellen kodiert waren. Dies führt teilweise zu deutlich höheren Reisezeiten bei ViaMichelin als bei den beiden anderen Modellen. Auch die von Map24 genutzten Navteq-Daten weisen im Fußwegenetz stellenweise Lücken auf. Eine stichprobenhafte Prüfung zeigte, dass einige ausschließlich Fußgängern zugängliche Wege nur in den OpenStreetMap-Daten enthalten waren. Hierdurch ließen sich die niedrigeren Zu-Fuß-Reisezeiten für die in der Abbildung rot umrandeten Relationen erklären. Der im Rahmen dieser Arbeit auf der Grundlage von OpenStreetMap-Daten generierte Fußgängerverkehrsgraph wird für Naherreichbarkeitsanalysen als sehr gut geeignet betrachtet, da sich mit ihm realistische Zu-Fuß-Reisezeiten ermitteln lassen.

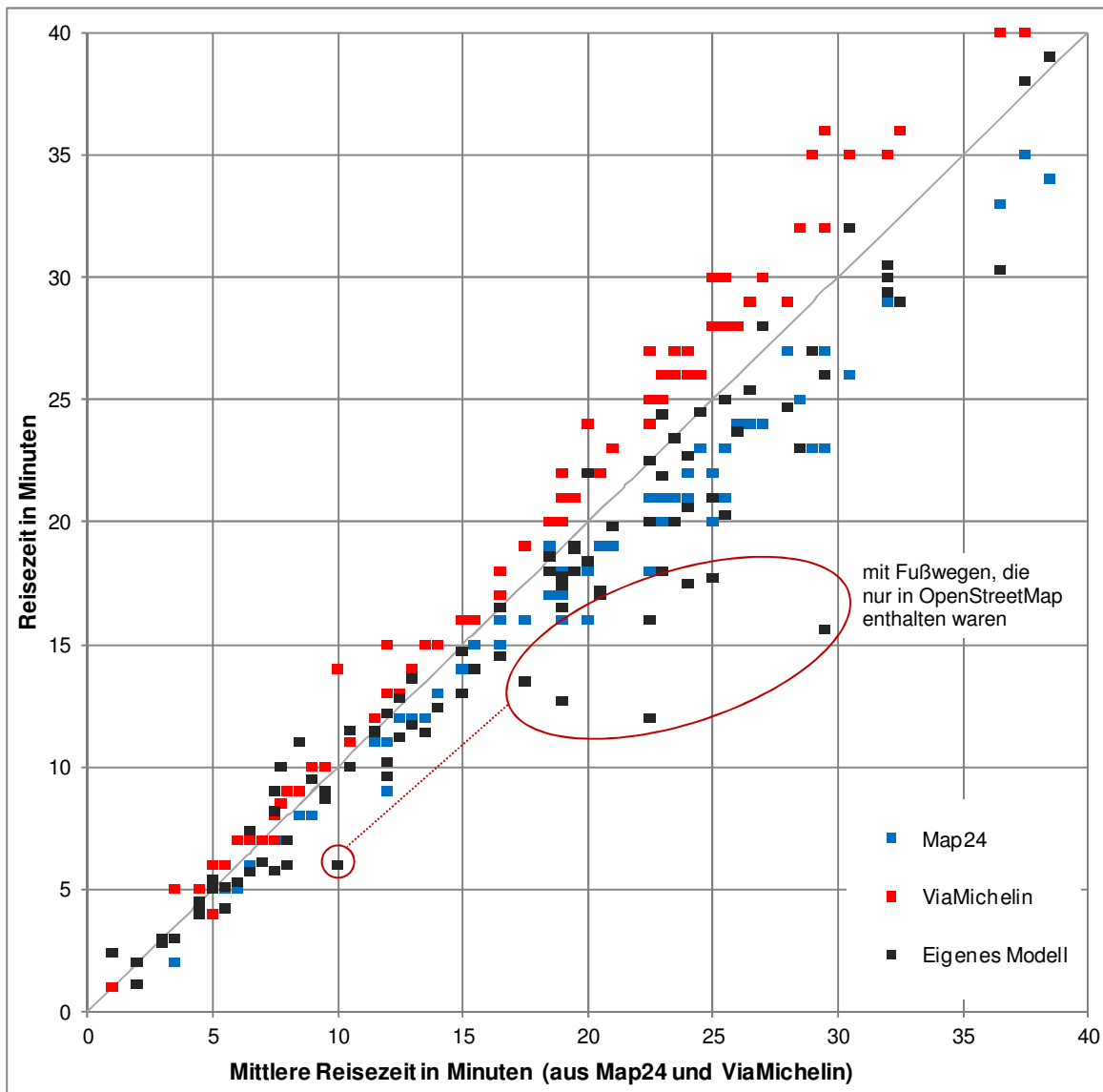


Abbildung 43: Vergleich zwischen den berechneten eigenen Reisezeiten zu Fuß und den Ergebnissen der Routensuchprogramme Map24 und ViaMichelin.

Die Anbindung der Hexagonmittelpunkte und Aktivitätszielorte an den Fußgängerverkehrsgraphen erfolgte auf gleiche Art und Weise wie beim Pkw-Verkehrsgraphen (siehe Kapitel 7.5.1) und Fahrradverkehrsgraphen (siehe Kapitel 7.5.2) zuvor.

7.5.4 Öffentlicher Personennahverkehr

Die Modellierung des ÖPNV-Graphen gestaltet sich anders als die Modellierung der Verkehrsgraphen für die Individualverkehre. Das Grundgerüst des ÖPNV-Graphen bilden als Knoten die Haltestellen. An ihnen sind der Zugang zum ÖPNV, der Abgang vom ÖPNV und die Umstiege zwischen verschiedenen ÖPNV-Linien möglich. Von den Haltestellen gehen als gerichtete Kanten die ÖPNV-Linien ab.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein fahrplanfeiner Modellansatz gewählt (siehe Kapitel 5.3.4.2), das heißt, dass durch den ÖPNV-Graphen der Fahrplan räumlich und zeitlich vollständig abgebildet wird. Hierzu wurden sämtliche digitalen Fahrplandaten für das östliche Ruhrgebiet vom Stand Januar 2011 verarbeitet. Dies gestaltete sich aufwändiger als zunächst gedacht, da die digitalen Fahrplandaten von den im Untersuchungsraum tätigen Verkehrsunternehmen nicht in einem einheitlichen Austauschformat bereitgestellt werden konnten.¹¹ Die Fahrplandaten der insgesamt 17 verschiedenen Verkehrsunternehmen wurden entweder im DIVA-Austauschformat¹², als Excel-Tabellen oder als Text- beziehungsweise PDF-Dokumente zur Verfügung gestellt. Für den Datenimport wurden daher eigene Import-Schnittstellen programmiert, die die Einheitlichkeit der Haltestellen-Identifikatoren und Fahrplandaten sicherstellten. Einige der Fahrpläne und Haltestellen waren vor dem Importen noch manuell aufzubereiten. Erst danach konnte das vollständige liniengebundene Nahverkehrsangebot im östlichen Ruhrgebiet inklusive

Tabelle 47: Modellierte ÖPNV-Linien und Streckenabschnitte nach Verkehrsunternehmen.

Verkehrsunternehmen		ÖPNV-Linien	Streckenabschnitte
1.	Abellio Rail NRW GmbH	4	13
2.	Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG (BOGESTRA)	45	928
3.	Busverkehr Ruhr-Sieg GmbH	8	145
4.	Busverkehr Rheinland GmbH	4	93
5.	DB Regio NRW GmbH	22	114
6.	DSW21 - Dortmunder Stadtwerke AG	61	1.147
7.	Hagener Straßenbahn AG	29	577
8.	Märkische Verkehrsgesellschaft GmbH	26	647
9.	NordWestBahn GmbH	1	10
10.	Prignitzer Eisenbahn GmbH	1	7
11.	Regionalverkehr Münsterland GmbH	8	77
12.	Stadtwerke Hamm GmbH	23	402
13.	Straßenbahn Herne - Castrop-Rauxel GmbH	14	257
14.	Verkehrsgesellschaft Breitenbach mbH & Co. KG	4	80
15.	Verkehrsgesellschaft Ennepe-Ruhr mbH	10	142
16.	Verkehrsgesellschaft Kreis Unna mbH	52	969
17.	Vestische Straßenbahnen GmbH	31	499
Gesamtanzahl		343	5.903

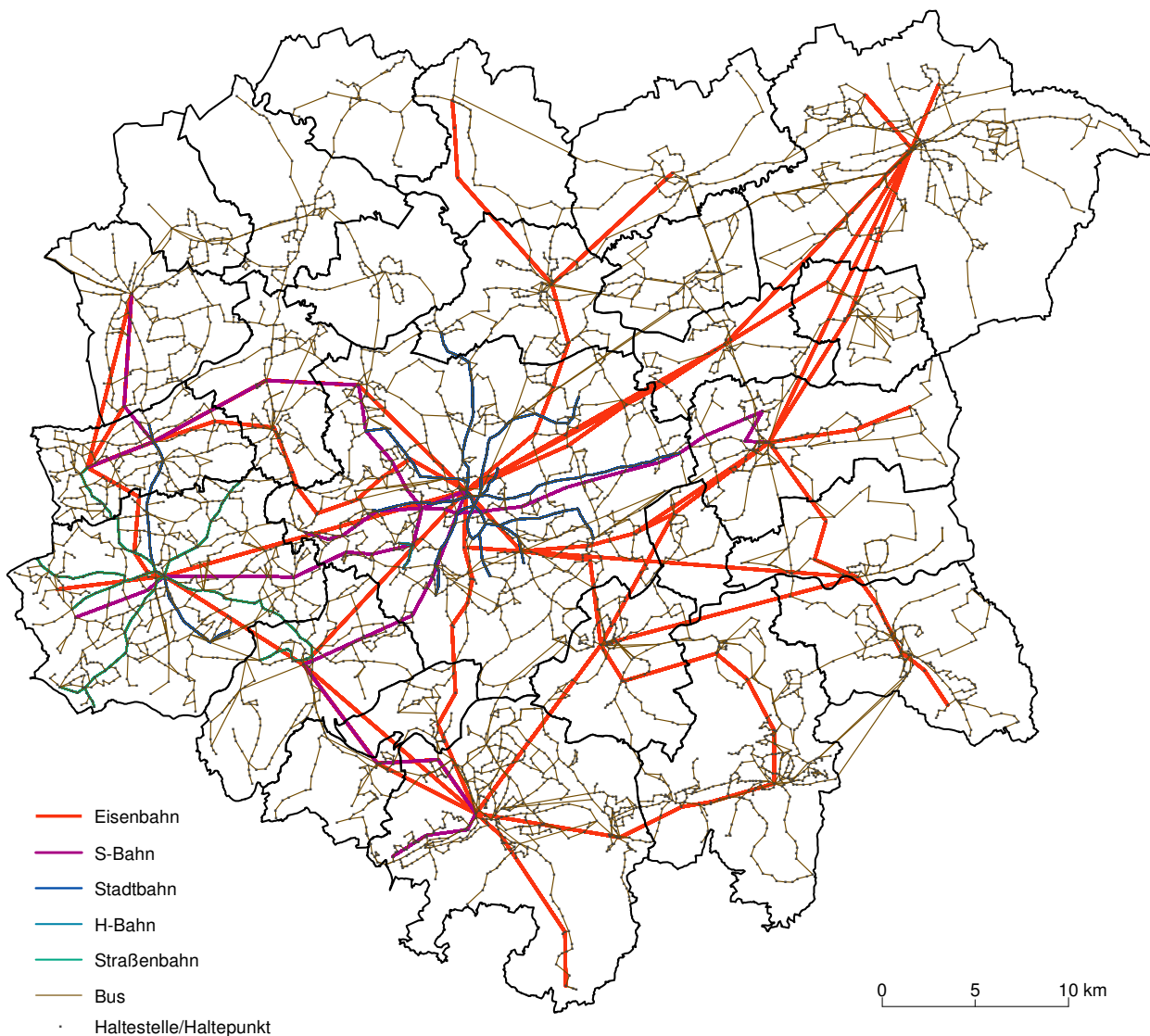
¹¹ Auf einen möglichen Ankauf einheitlicher, kostenpflichtiger digitaler Fahrplandaten wurde verzichtet.

¹² DIVA (Dialoggesteuertes Verkehrsmanagement- und Auskunftssystem) ist eine von der Firma Mentz Datenverarbeitung GmbH entwickelte Fahrplanorganisationssoftware. Über die DIVA-Schnittstelle ist eine Übertragung der digitalen Fahrplandaten, zum Beispiel an elektronische Fahrplanauskunftssysteme (EFA) möglich.

aller Haltestellen georeferenziert in die GIS-Datenbank übertragen und somit für die Naherreichbarkeitsanalyse nutzbar gemacht werden. Der ÖPNV-Graph enthält sämtliche reguläre Nahverkehrsangebote und auch alle Bürger- und Taxibusse, bei denen zur Nutzung zwar eine (telefonische) Anmeldung erforderlich ist, die aber einem festen Fahrplan folgen. Unberücksichtigt bleiben die ohne Linienverlauf im bedarfsgesteuerten Flächenbetrieb verkehrenden Anrufsammeltaxis. Stichtag für die Analyse ist Dienstag, der 4. Januar 2011. Es wird als repräsentativ für einen normalen Arbeitstag angesehen. Der für das östliche Ruhrgebiet generierte ÖPNV-Graph umfasst am 4. Januar 2011 4.967 Haltestellen, 343 ÖPNV-Linien, 5.903 Streckenabschnitte und 476.248 Einzelfahrten. Tabelle 47 gibt einen nach Verkehrsunternehmen differenzierten Einblick in die Anzahl der enthaltenen ÖPNV-Linien und Streckenabschnitte. Karte 21 visualisiert die ÖPNV-Strecken unterschieden nach Verkehrsmitteln. Die ÖPNV-Strecken werden als gerade Kanten ohne ihren exakten Streckenverlauf zwischen den Haltestellen abgebildet. Die Haltestellen sind geographisch korrekt dargestellt.

Die Generierung des ÖPNV-Graphen erfolgte vollständig automatisiert in ArcGIS mittels eigens entwickelter Python-Programme. Auf der Grundlage der ins Geoinformationssystem importier-

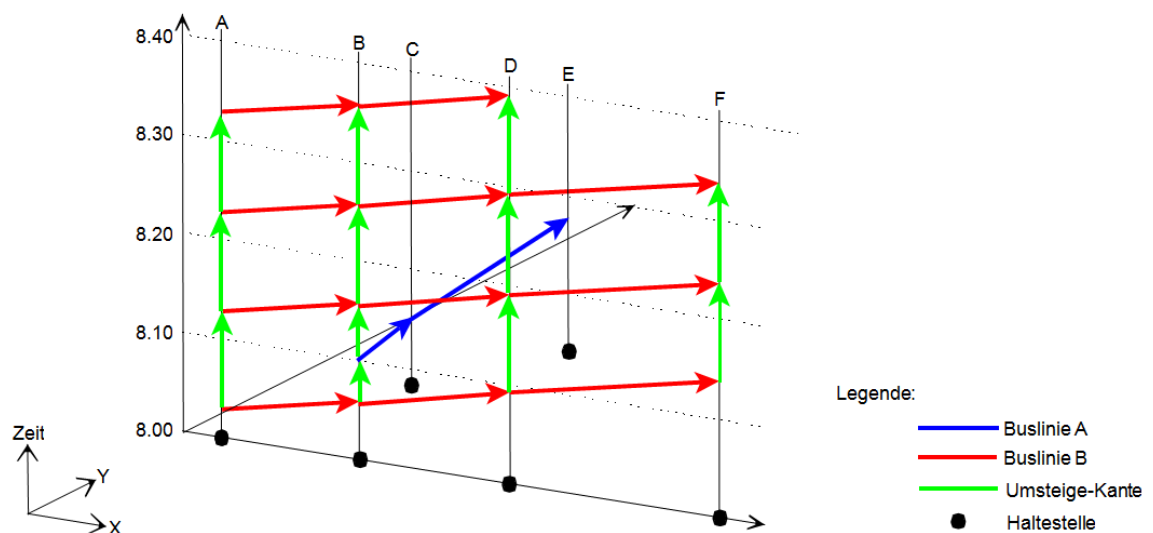
Karte 21: Aus digitalen Fahrplandaten generierter ÖPNV-Graph des östlichen Ruhrgebiets.



Datengrundlagen:
Fahrplandaten der Verkehrsunternehmen, Stand 4. Januar 2011

ten Fahrplandaten wurde mit ihnen ein dreidimensionales ArcGIS Network Dataset-Modell erstellt, das den ÖPNV-Graphen des 4. Januar 2011 wiedergibt. Sowohl der Untersuchungstag als auch das Zeitfenster sind über die Python-Programme frei definierbar. Dies ermöglicht eine zeitgewichtete Analyse der ÖPNV-Erreichbarkeit entsprechend dem im Kapitel 6 aufgestellten Indikatorensystem. Der ÖPNV-Graphen wurde hierzu in Analyseabschnitte von jeweils einer Stunde (4:00 bis 5:00 Uhr, 5:00 bis 6:00 Uhr usw.) unterteilt. Um Verbindungen mit längeren Reisezeiten einzuschließen, wurde das Zeitfenster um jeweils 30 Minuten vorher und nachher verlängert. Dies bedeutet, dass zur Berechnung der Reisezeitmatrix für die Zeitspanne von 8:00 bis 9:00 Uhr beispielsweise ein ÖPNV-Graph aus Fahrplandaten für den Zeitraum zwischen 7:30 Uhr und 9:30 Uhr erzeugt wurde.

In dem jeweiligen, dreidimensionalen ÖPNV-Graphen stellen die X- und Y-Werte der Knoten die Geokoordinaten der Haltestellen dar, der Z-Wert repräsentiert die Tageszeit in Minuten. Zwischen den Knoten wurden die einzelnen Fahrten einer Linie als gerichtete Kanten abgebildet. Der Z-Wert des Startknotens ist die fahrplanmäßige Abfahrtszeit, der Z-Wert des Endknotens ist die fahrplanmäßige Ankunftszeit einer modellierten Fahrt. Die generierten Kanten weisen in ihrer Richtung so stets nach oben. Die zwischen den beiden Haltestellen fahrplanmäßige Fahrzeit wurde ihnen als Raumüberwindungswiderstand, als Zeit in Minuten, zugewiesen. Umstiege an Haltestellen werden durch gerichtete Umsteige-Kanten abgebildet, die zwischen den jeweiligen Zeiten der Ankünfte und Abfahrten vertikal in die Höhe zeigen. Dies ermöglicht eine fahrplangenaue Berechnung von ÖPNV-Reisezeiten in ArcGIS. Abbildung 44 veranschaulicht das Schema des ÖPNV-Graphen.



Quelle: Schwarze 2002, S. 72

Abbildung 44: Abbildung der Fahrplaninformationen durch einen dreidimensionalen ÖPNV-Graphen (Schematisches Beispiel).

Ergänzt wurde dieser ÖPNV-Graph um Fußwege, die einen Umstieg zwischen Haltestellen ermöglichen, die sich im Umkreis von 300 Metern Luftlinie befinden. Hierzu wurden für alle Einzelfahrten gerichtete Fußwegekanten von der Ankunftshaltestelle zu den im Umkreis liegenden Haltestellen hinzugefügt, an denen eine Weiterfahrt mit einer anderen ÖPNV-Linie möglich wäre. Diese Fußwegekanten weisen am Startknoten als Z-Wert die fahrplanmäßige Ankunftszeit der ankommenden Fahrt und am Endknoten einen um die benötigte Gehzeit plus der notwendi-

gen Wartezeit erhöhten Z-Wert auf. Die Gehzeit wurde über die Luftlinienentfernung in der Ebene bei einer angenommenen Gehgeschwindigkeit von 4,8 km/h multipliziert mit dem für Dortmund ermittelten distanzabhängigen Umwegfaktor ermittelt und den Fußwegekanten zusammen mit der Wartezeit als Raumüberwindungswiderstand hinzugefügt. Mit dem auf diese Weise modellierten ÖPNV-Graphen lassen sich die Beförderungszeiten inklusive aller möglichen Umstiege präzise bestimmen.

Beim ÖPNV setzt sich die Tür-zu-Tür-Reisezeit allerdings nicht nur aus der Beförderungszeit, sondern in der Summe auch aus der Zugangs-, Warte- und Abgangszeit zusammen (siehe Abbildung 24 im Kapitel 5.3.5.2). Da der Zugang zur Starthaltestelle und der Abgang von der Zielhaltestelle zumeist zu Fuß erfolgen, wurde dem beschriebenen ÖPNV-Graphen der zuvor im Kapitel 7.5.3 erläuterte Fußgängergraph inklusive aller Kanten zur Anbindung der Wohnstandorte und Aktivitätsziele hinzugefügt. Technisch wurde der gerichtete, dreidimensionale ÖPNV-Graph mit dem ungerichteten, zweidimensionalen Fußgängerverkehrsgraph über gerichtete Verbindungskanten verknüpft, die von dem zu einer Haltestelle jeweils nächst gelegenen Knoten des Fußgängerverkehrsgraphen zu den auf der Zeitachse befindlichen Haltestellenknoten des ÖPNV-Graphen beziehungsweise umgekehrt reichen. Der kantenbezogene Raumüberwindungswiderstand wurde nach dem gleichen Verfahren wie bei den Fußwegekanten über die Luftliniendistanz in der Ebene festgelegt. An Bahnhöfen und unterirdischen Haltestellen wurde ergänzend angenommen, dass für den Zugang zum Bahnsteig beziehungsweise den Abgang vom Bahnsteig zusätzlich eine Gehminute benötigt wird. Sie wurde den Zu- und Abgangskanten für Bahnhöfe und unterirdische Stadtbahn-Haltestellen als Raumüberwindungswiderstand pauschal aufgeschlagen.

Auf den Kanten zur Ersteinstiegshaltestelle wurde zudem eine Wartezeit aufgerechnet, die sich als Funktion der Fahrzeugfolgezeit an der Einsteigehaltestelle bemisst (siehe Abbildung 25 im Kapitel 5.3.5.2). Je niedriger die Fahrzeugfolgezeit ist, desto kürzer sind die angenommenen Wartezeiten. Die Funktionskurve verläuft mit steigenden Fahrzeugfolgezeiten abflachend, da unterstellt wird, dass ÖPNV-Nutzer sich bei einer niedrigeren Bedienungsfrequenz über das ÖPNV-Angebot informieren, und somit lediglich eine häusliche Dispositionszeit einzurechnen ist (siehe Walther 1991). Es wird davon ausgegangen, dass ÖPNV-Nutzer über die Abfahrtszeiten an Haltestellen im Wohnumfeld im Allgemeinen informiert sind.

Durch die Verbindung des fahrplanfeinen ÖPNV-Graphen mit dem detaillierten Fußgängerverkehrsgraphen werden die beiden Verkehrsmittelarten miteinander verknüpft. Für die Netzwerkanalyse bedeutet dies, dass die Berechnung der Tür-zu-Tür-Reisezeiten mit dem ÖPNV als Verkehrsmittelkombination aus Zuzußgehen und ÖPNV-Nutzung erfolgt. Eine Nutzung der ÖPNV-Angebote ist hierbei nicht obligatorisch. Die Berechnung der Reisezeitmatrizen erfolgt nach dem Bester-Weg-Prinzip, bei dem die Routen mit der jeweils geringsten Reisezeit ermittelt werden. Ist ein Aktivitätsort von einem Wohnort schneller zu Fuß als unter Nutzung von ÖPNV-Angeboten zu erreichen, so geht nur der fußläufige Reiseaufwand in die Bewertung ein. In diesem Fall ist die über den kombinierten ÖPNV-/Fußgängerverkehrsgraphen ermittelte Tür-zu-Tür-Reisezeit identisch mit der über den Fußgängerverkehrsgraphen ermittelten Tür-zu-Tür-Reisezeit. Insbesondere bei längeren Routen führt die Einbeziehung der ÖPNV-Angebote allerdings zu zumeist bedeutend kürzeren Reisezeiten. Hierdurch unterscheiden sich die für den ÖPNV in der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/ÖPNV ermittelten Erreichbarkeitsverhältnisse von den fußläufigen Naherreichbarkeitsverhältnissen.

7.6 Widerstandsfunktion und -parameter

Nach dem in dieser Arbeit anzuwendenden Evaluationsschema werden die Indikatoren „Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen“, „Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II“, „Naherreichbarkeit von Berufskollegs“ und „Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen“ durch einen Potenzialindikator ermittelt. Als Widerstandsfunktion wurde die negative Exponentialfunktion gewählt, da sie sowohl verhaltensempirisch als auch verhaltenstheoretisch begründet ist und zum Standard bei Erreichbarkeitsanalysen mit Potenzialindikatoren gezählt werden kann (siehe Kapitel 5.3.2). In den meisten Fällen kommt sie zur Anwendung. Als Maß für den Reiseaufwand dient die Reisezeit.

Die negative Exponentialfunktion wird über den Funktionsparameter β kalibriert, der die Reiseaufwandssensibilität abbildet (siehe Kapitel 5.3.3). Im Unterschied zu den Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren des Indikatorensystems sind für die Berechnung der Potenzialindikatoren Annahmen zur aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Reiseaufwandssensibilität zu treffen. Um den Funktionsparameter β für die Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund zu bestimmen, wurden örtliche Verkehrsverhaltensdaten des Stadtplanungsamtes Dortmund ausgewertet. Die aktuellste Datenerhebung war eine schriftliche Befragung von etwa 13.000 Dortmunder Haushalten zu ihrer Mobilität und ihrem Verkehrsverhalten im September 2005 (siehe Stadt Dortmund 2006b, S. 5). Bei einer Rücklaufquote von 21,4 Prozent betrug der auswertbare Umfang 2.265 Haushalte oder 6.070 Personen. Dies entspricht etwas mehr als einem Prozent der Einwohnerzahl Dortmunds, sodass die in diesen Daten widerspiegelnden aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Reisezeitsensibilitäten als hinreichend zuverlässig angesehen werden (siehe ebd., S. 7). Abbildung 45 zeigt den kumulierten Anteil der erfassten Wege in Dortmund, unterschieden nach Wegedauer und Verkehrsmittelnutzung. Demnach dauerten Wege, die zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt wurden, kürzer als Wege, bei denen motorisierte Verkehrsmittel genutzt wurden. Wege mit dem ÖPNV waren zeitintensiver als mit dem Pkw.

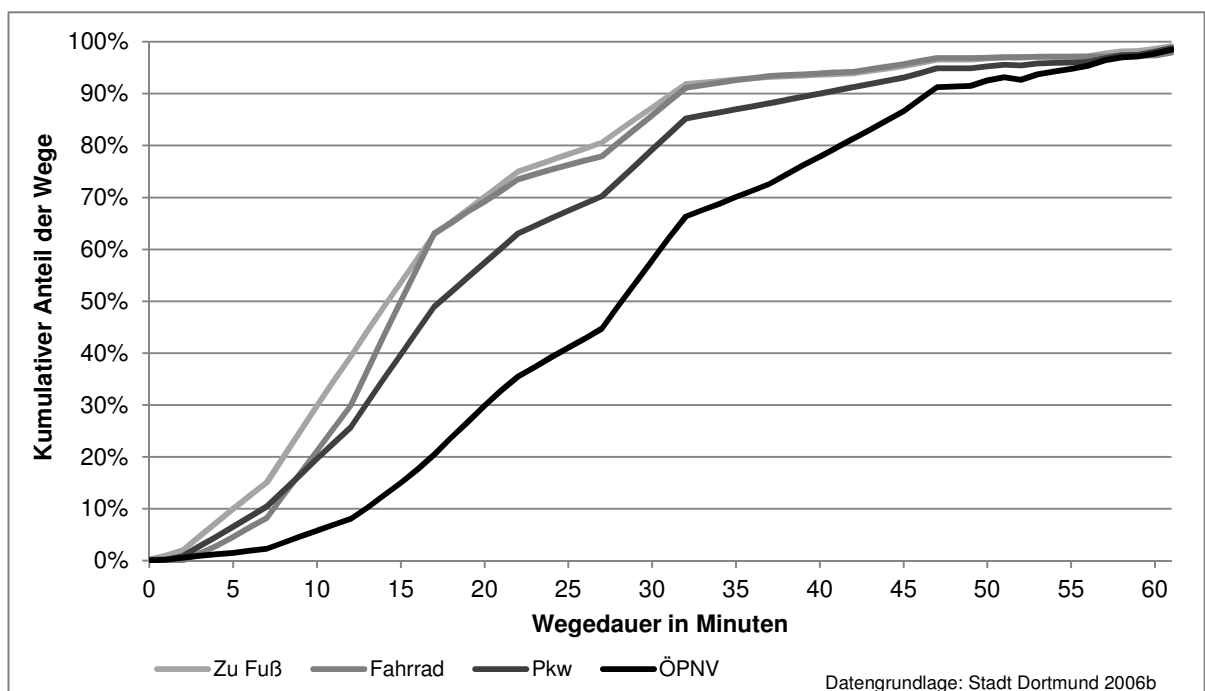


Abbildung 45: Kumulierter Anteil der Wege nach Dauer und Verkehrsmittel in Dortmund.

Abbildung 46 zeigt den kumulierten Anteil der erfassten Wege in Dortmund, unterschieden nach Wegedauer und Aktivitätsziel. Wege zum Kindergarten oder zur Kindertagesstätte fielen deutlich kürzer aus als Wege zur Schule oder zum Arbeitsplatz. Auch Einkaufswege waren vergleichsweise kurz.

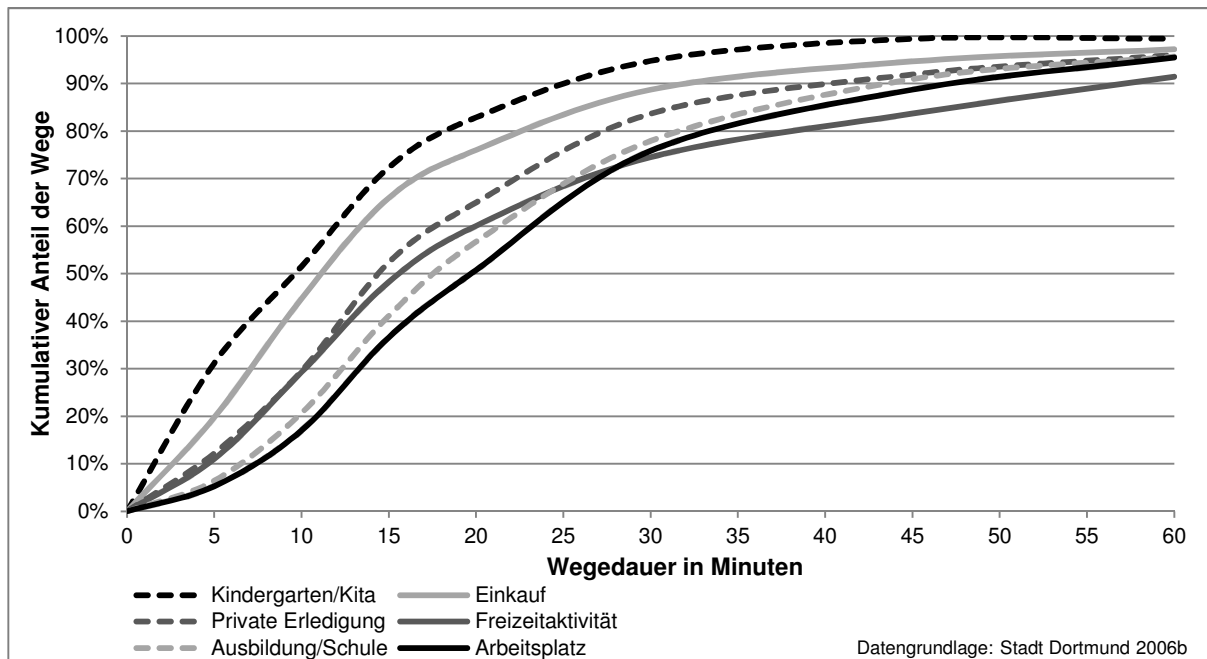


Abbildung 46: Kumulierter Anteil der Wege nach Dauer und Aktivitätsart in Dortmund.

Aus einer verkehrsmittel- und aktivitätsspezifischen Regressionsanalyse der empirischen Verkehrsverhaltensdaten der Stadt Dortmund (2006b) wurden die für die jeweiligen Verkehrsmittel und Aktivitätsziele in dieser Arbeit angenommenen Reisezeitsensibilitätsparameter β abgeleitet. Dabei wurden für die motorisierten Verkehrsmittel erkennbar geringere Parameterwerte als für die nichtmotorisierten Verkehrsarten ermittelt. Der Fußgängerverkehr weist eine etwas höhere Reisezeitsensibilität auf als der Fahrradverkehr. Damit die Naherreichbarkeitsergebnisse für den Pkw und den ÖPNV in ihren Dimensionen vergleichbar sind, wurden für diese beiden motorisierten Verkehrsmittel – analog zu den für die „Accessibility Planning“ in England getroffenen Annahmen (siehe DfT 2010) – identische Parameter angenommen. Die Reisezeitsensibilität für den Pkw wurde dabei als Maßstab für den ÖPNV herangezogen. Tabelle 48 listet die in der Naherreichbarkeitsanalyse für die Stadt Dortmund angenommenen aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen β -Werte auf. Zum besseren Verständnis sind unterhalb der jeweiligen β -Parameter die Halbwertszeiten (HWZ) sowie die zeitbezogenen Attraktivitätsgewichtungsfaktoren aufgeführt. Die Attraktivitätsgewichtungsfaktoren verdeutlichen, zu welchen Anteilen ein am Zielort befindliches Attraktivitätsmaß in das Gesamterreichbarkeitspotenzial bei Reisezeiten von zweieinhalb, fünf, zehn, 20 oder 30 Minuten eingeht. Die Tabelle ist so zu lesen, dass beispielsweise bei der Berechnung der fußläufigen Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen mit dem Potenzialindikator bei der negativen Exponentialfunktion ein β -Wert von 0,23 angesetzt wurde. Ein β -Wert von 0,23 bedeutet eine Halbwertszeit von zwei Minuten und 53 Sekunden. Das heißt für die Erreichbarkeitsberechnung, dass sich mit jeder Erhöhung der Reisezeit um circa drei Minuten die Attraktivität der Aktivitätsgelegenheiten um die Hälfte sinkt. Zur Verdeutlichung dieses Effekts sind in der Tabelle 48 die zeitbezogenen Attraktivitätsgewichtungsfaktoren angegeben. Die Attraktivität von Grün- und Freiflächen, die innerhalb von zweieinhalb Minuten

Gehzeit erreicht werden können, gehen in das über alle Ziele aufsummierte Erreichbarkeitspotenzial mit dem Faktor 0,563 ein. Grün- und Freiflächen, die erst in fünf Minuten Gehzeit zu erreichen sind, werden nur noch mit dem Faktor 0,317 angerechnet. Bei einer Gehzeit von zehn Minuten wird hingegen nur noch das 0,183-fache des am Zielort befindlichen Attraktivitätspotenzials aufgerechnet usw.

Tabelle 48: Aktivitäts- und verkehrsmittelspezifische Annahmen über die Reisezeitsensibilitätsparameter β bei den Potenzialindikatoren.

Aktivitätsziel	Zu Fuß	Fahrrad	ÖPNV/MIV
Grün- und Freiflächen	$\beta = 0,23$ HWZ = ~ 2 Min. 53 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,563 5 Min.: 0,317 10 Min.: 0,100 20 Min.: 0,010 30 Min.: 0,001	$\beta = 0,22$ HWZ = ~ 3 Min. 9 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,577 5 Min.: 0,333 10 Min.: 0,111 20 Min.: 0,012 30 Min.: 0,001	$\beta = 0,18$ HWZ = ~ 3 Min. 51 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,638 5 Min.: 0,407 10 Min.: 0,165 20 Min.: 0,027 30 Min.: 0,005
Schulen der Sekundarstufen I und II	$\beta = 0,17$ HWZ = ~ 4 Min. 4 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,654 5 Min.: 0,427 10 Min.: 0,183 20 Min.: 0,033 30 Min.: 0,006	$\beta = 0,15$ HWZ = ~ 4 Min. 38 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,687 5 Min.: 0,472 10 Min.: 0,223 20 Min.: 0,050 30 Min.: 0,011	$\beta = 0,12$ HWZ = ~ 5 Min. 46 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,741 5 Min.: 0,549 10 Min.: 0,301 20 Min.: 0,091 30 Min.: 0,027
Berufskollegs	$\beta = 0,16$ HWZ = ~ 4 Min. 20 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,670 5 Min.: 0,449 10 Min.: 0,202 20 Min.: 0,041 30 Min.: 0,008	$\beta = 0,15$ HWZ = ~ 4 Min. 38 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,687 5 Min.: 0,472 10 Min.: 0,223 20 Min.: 0,050 30 Min.: 0,011	$\beta = 0,12$ HWZ = ~ 5 Min. 46 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,741 5 Min.: 0,549 10 Min.: 0,301 20 Min.: 0,091 30 Min.: 0,027
Arbeitsplätze	$\beta = 0,14$ HWZ = ~ 4 Min. 57 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,705 5 Min.: 0,497 10 Min.: 0,247 20 Min.: 0,061 30 Min.: 0,015	$\beta = 0,12$ HWZ = ~ 5 Min. 46 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,741 5 Min.: 0,549 10 Min.: 0,301 20 Min.: 0,091 30 Min.: 0,027	$\beta = 0,09$ HWZ = ~ 7 Min. 42 Sek. Gewichtung nach Zeit: 2,5 Min.: 0,799 5 Min.: 0,638 10 Min.: 0,407 20 Min.: 0,154 30 Min.: 0,067

Hinweis: HWZ = Halbwertszeit

Die angenommenen Halbwertszeiten sind für Fußgänger am kürzesten. Für die Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen beträgt die Halbwertszeit zwei Minuten und 53 Sekunden, die Reiseaufwandssensibilität ist entsprechend hoch. Es folgen Fahrradfahrer mit einer Halbwertszeit von drei Minuten und neun Sekunden sowie Pkw- und ÖPNV-Nutzer, für die eine Halbwertszeit von drei Minuten und 51 Sekunden ermittelt wurde. Auch hinsichtlich der Aktivitätsziele gibt es erkennbare Unterschiede. So beträgt die Halbwertszeit für die fußläufige Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II vier Minuten und vier Sekunden, für die fußläufige Naherreichbarkeit von Berufskollegs vier Minuten und 20 Sekunden und für die fußläufige Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen vier Minuten und 57 Sekunden. Die für die Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund verwendeten weiteren Werte können der Tabelle 48 entnommen werden.

8 Ergebnisse der Naherreichbarkeitsanalyse

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit war es, eine für Kommunen geeignete Methode zu entwickeln, mit der die Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren gemessen und ihre zeitlichen Veränderungen untersucht werden können. Hierzu sind im Einvernehmen mit der Stadt Dortmund zentrale Naherreichbarkeitsindikatoren definiert worden, die die kleinräumigen Erreichbarkeitsverhältnisse für vier Verkehrsmittel und zehn Aktivitätstypen abbilden. Der methodische Ansatz und das definierte Evaluationsschema sind am Beispiel Dortmunds praktisch erprobt worden. In diesem Kapitel werden die für die Stadt Dortmund erzielten Ergebnisse diskutiert.

Das einleitende Kapitel 8.1 enthält eine Korrelationsanalyse, mit der die möglichen Zusammenhänge zwischen den einzelnen aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Indikatoren ergründet werden. Hierdurch sollen die Ergebnisse des aufgestellten Indikatorensystems besser einordbar werden. Im Anschluss erfolgt die inhaltliche Diskussion der Ergebnisse der Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund. Im Kapitel 8.2 wird der Status quo beschrieben. Für jeden der zehn im Kapitel 6.2.1 definierten Naherreichbarkeitsindikatoren werden die errechneten kleinräumigen Naherreichbarkeitsergebnisse ausgewertet. Neben einer allgemeinen kartographischen Aufbereitung für die räumliche Bezugsebene der Hexagone erfolgt auch eine vergleichende, aggregierte Analyse der Naherreichbarkeitsverhältnisse in den statistischen Unterbezirken. Die im Kapitel 6.2.2 definierten Bewertungsindizes eignen sich vor allem zum Messen und Beobachten der Veränderungen in den Naherreichbarkeitsverhältnissen zwischen verschiedenen Zeitpunkten, zum Beispiel für ein kontinuierliches Naherreichbarkeits-Monitoring oder zur Ex-Ante-Evaluation von Maßnahmen der Flächennutzungs- oder Verkehrsplanung. Im Kapitel 8.3 werden die einzelnen Bewertungsindizes anhand ausgewählter Anwendungsfälle diskutiert. Wie das gebildete Indikatorensystem darüber hinaus für vertiefende Erreichbarkeitsauswertungen genutzt werden kann, wird in den Kapiteln 8.4 und 8.5 dargelegt. Im Kapitel 8.4 werden aus den errechneten Naherreichbarkeitsindikatoren für fünf exemplarisch ausgewählte statistische Unterbezirke Dortmunds Erreichbarkeitsprofile abgeleitet. Mit ihnen lassen sich Wohnquartiere hinsichtlich ihrer Naherreichbarkeitsverhältnisse charakterisieren. Dies macht eine erreichbarkeitsbezogene Standortbewertung möglich. Im Kapitel 8.5 werden für vier exemplarische Bevölkerungsgruppen nachfragegruppenbezogene Gesamterreichbarkeitsindizes berechnet. Durch die Aggregation der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsindikatoren zu Gesamterreichbarkeitsindizes ist es möglich aufzuzeigen, welche Wohnquartiere in Dortmund unter Naherreichbarkeitsgesichtspunkten für bestimmte Nachfragegruppen besonders geeignet oder ungeeignet sind. Im Kapitel 8.6 werden die für die Stadt Dortmund mit dem Indikatorensystem erzielten Ergebnisse zusammengefasst. Eine abschließende Bewertung zum Nutzen und zur Nutzbarkeit der Methode wird im Schlusskapitel 9 gegeben.

8.1 Korrelation der Naherreichbarkeitsindikatoren

Mittels einer Korrelationsanalyse wurden die zwischen den berechneten Naherreichbarkeitsindikatoren bestehenden linearen positiven und negativen Zusammenhänge untersucht. Gegenstand der Untersuchung waren die aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der räumlichen Ebene der 5.045 Hexagone in Dortmund.

Tabelle 49: Matrix der Pearson-Korrelationen der Naherreichbarkeitsergebnisse nach Verkehrsmitteln und Aktivitätstypen.

	Zu Fuß											Fahrrad											Pkw											Zu Fuß/ÖPNV										
	HÄ	LM	HÄ	GF	KI	GS	SS	BK	SB	AP	GZ	LM	HÄ	GF	KI	GS	SS	BK	SB	AP	GZ	LM	HÄ	GF	KI	GS	SS	BK	SB	AP	GZ	LM	HÄ	GF	KI	GS	SS	BK	SB	AP				
1	0,77	0,76	-0,35	0,60	0,65	0,32	0,14	0,72	0,30	0,94	0,72	0,71	-0,18	0,58	0,59	0,45	0,22	0,68	0,32	0,73	0,60	0,60	0,26	0,53	0,36	0,33	0,58	0,36	0,92	0,75	0,74	0,17	0,60	0,57	0,49	0,36	0,71	0,48	GZ					
0,77	1	0,79	-0,48	0,71	0,71	0,39	0,17	0,74	0,34	0,71	0,92	0,72	-0,32	0,67	0,63	0,57	0,31	0,69	0,43	0,65	0,72	0,65	0,29	0,61	0,59	0,45	0,44	0,62	0,45	0,79	0,95	0,79	0,10	0,71	0,66	0,58	0,45	0,75	0,58	LM				
0,76	0,79	1	-0,34	0,73	0,67	0,40	0,22	0,79	0,34	0,71	0,74	0,92	-0,20	0,68	0,61	0,55	0,35	0,73	0,41	0,67	0,65	0,74	0,33	0,62	0,59	0,46	0,47	0,65	0,46	0,79	0,79	0,95	0,24	0,72	0,65	0,59	0,48	0,78	0,58	HÄ				
-0,35	-0,48	-0,34	1	-0,36	-0,40	-0,25	-0,14	-0,39	-0,37	-0,34	-0,45	-0,35	0,63	-0,35	-0,37	-0,46	-0,33	-0,39	-0,48	-0,32	-0,37	-0,33	-0,16	-0,33	-0,40	-0,40	-0,34	-0,41	-0,41	-0,50	-0,40	0,45	-0,37	-0,39	-0,46	-0,37	-0,42	-0,50	GF					
0,60	0,71	0,73	-0,36	1	0,75	0,36	0,15	0,75	0,23	0,57	0,68	0,69	-0,19	0,90	0,69	0,47	0,26	0,70	0,34	0,61	0,64	0,65	0,33	0,74	0,65	0,44	0,42	0,65	0,44	0,68	0,76	0,75	0,15	0,99	0,74	0,51	0,38	0,78	0,50	KI				
0,65	0,71	0,67	-0,40	0,75	1	0,35	0,08	0,74	0,22	0,62	0,69	0,65	-0,22	0,73	0,91	0,49	0,21	0,71	0,32	0,59	0,62	0,61	0,29	0,63	0,72	0,41	0,37	0,63	0,40	0,69	0,73	0,69	0,06	0,75	0,89	0,47	0,32	0,74	0,45	GS				
0,32	0,39	0,40	-0,25	0,36	0,35	1	0,21	0,40	0,37	0,29	0,34	0,37	-0,27	0,33	0,30	0,72	0,36	0,36	0,39	0,25	0,26	0,28	0,04	0,26	0,24	0,25	0,30	0,27	0,23	0,36	0,40	0,42	0,20	0,37	0,37	0,63	0,43	0,42	0,47	SS				
0,14	0,17	0,22	-0,14	0,15	0,08	0,21	1	0,17	0,59	0,10	0,12	0,16	-0,22	0,11	0,04	0,34	0,75	0,10	0,49	0,08	0,07	0,10	0,02	0,07	0,03	0,14	0,42	0,06	0,21	0,17	0,18	0,23	0,21	0,15	0,10	0,41	0,72	0,18	0,45	BK				
0,72	0,74	0,79	-0,39	0,75	0,74	0,40	0,17	1	0,31	0,67	0,69	0,73	-0,27	0,70	0,66	0,58	0,32	0,92	0,40	0,61	0,61	0,63	0,26	0,61	0,58	0,41	0,43	0,70	0,41	0,77	0,77	0,78	0,17	0,74	0,68	0,58	0,44	0,96	0,56	SB				
0,30	0,34	0,34	-0,37	0,23	0,22	0,37	0,59	0,31	1	0,27	0,28	0,30	-0,41	0,19	0,17	0,56	0,75	0,25	0,81	0,20	0,17	0,20	0,06	0,14	0,12	0,31	0,53	0,16	0,39	0,33	0,34	0,36	0,23	0,24	0,23	0,68	0,76	0,32	0,74	AP				
0,94	0,71	0,71	-0,34	0,57	0,62	0,29	0,10	0,67	0,27	1	0,77	0,78	-0,03	0,64	0,65	0,44	0,18	0,74	0,29	0,77	0,63	0,64	0,35	0,57	0,57	0,39	0,32	0,62	0,37	0,98	0,70	0,70	0,17	0,57	0,57	0,45	0,31	0,68	0,43	GZ				
0,72	0,92	0,74	-0,45	0,68	0,69	0,34	0,12	0,69	0,28	0,77	1	0,80	-0,12	0,76	0,73	0,56	0,28	0,76	0,40	0,69	0,76	0,69	0,39	0,66	0,65	0,47	0,43	0,66	0,46	0,75	0,89	0,75	0,09	0,69	0,65	0,52	0,38	0,71	0,51	LM				
0,71	0,72	0,92	-0,35	0,69	0,65	0,37	0,16	0,73	0,30	0,78	0,80	1	-0,02	0,76	0,71	0,54	0,30	0,81	0,38	0,70	0,68	0,77	0,41	0,66	0,64	0,48	0,45	0,69	0,46	0,76	0,74	0,89	0,21	0,69	0,66	0,54	0,41	0,74	0,52	HÄ				
-0,18	-0,32	-0,20	0,63	-0,19	-0,22	-0,27	-0,22	-0,27	-0,41	-0,03	-0,12	-0,02	1	-0,03	-0,03	-0,43	-0,43	-0,08	-0,55	0,03	-0,03	0,00	0,24	0,00	0,03	-0,19	-0,32	0,00	-0,25	-0,21	-0,30	-0,21	0,30	-0,20	-0,14	-0,47	-0,44	-0,26	-0,52	GF				
0,58	0,67	0,68	-0,35	0,90	0,73	0,33	0,11	0,70	0,19	0,64	0,76	0,76	-0,03	1	0,78	0,48	0,22	0,78	0,32	0,64	0,67	0,67	0,39	0,77	0,69	0,45	0,40	0,68	0,43	0,66	0,72	0,71	0,13	0,90	0,73	0,47	0,33	0,74	0,45	KI				
0,59	0,63	0,61	-0,37	0,69	0,91	0,30	0,04	0,66	0,17	0,65	0,73	0,71	-0,03	0,78	1	0,47	0,17	0,76	0,28	0,62	0,64	0,64	0,37	0,66	0,76	0,42	0,34	0,66	0,40	0,64	0,67	0,64	0,07	0,69	0,84	0,41	0,26	0,68	0,39	GS				
0,45	0,57	0,55	-0,46	0,47	0,49	0,72	0,34	0,58	0,56	0,44	0,56	0,54	-0,43	0,48	0,47	1	0,64	0,57	0,73	0,37	0,42	0,43	0,15	0,40	0,37	0,46	0,57	0,42	0,47	0,52	0,59	0,58	0,19	0,49	0,49	0,81	0,70	0,59	0,75	SS				
0,22	0,31	0,35	-0,33	0,26	0,21	0,36	0,75	0,32	0,75	0,18	0,28	0,30	-0,43	0,22	0,17	0,64	1	0,26	0,85	0,13	0,16	0,18	0,06	0,15	0,11	0,30	0,68	0,16	0,41	0,26	0,32	0,37	0,18	0,27	0,23	0,64	0,86	0,33	0,71	BK				
0,68	0,69	0,73	-0,39	0,70	0,71	0,36	0,10	0,92	0,25	0,74	0,76	0,81	-0,08	0,78	0,76	0,57	0,26	1	0,36	0,65	0,64	0,67	0,33	0,65	0,63	0,42	0,38	0,74	0,39	0,73	0,73	0,74	0,14	0,70	0,67	0,52	0,36	0,89	0,48	SB				
0,32	0,43	0,41	-0,48	0,34	0,32	0,39	0,49	0,40	0,81	0,29	0,40	0,38	-0,55	0,32	0,28	0,73	0,85	0,36	1	0,23	0,27	0,27	0,14	0,25	0,21	0,49	0,74	0,25	0,60	0,37	0,45	0,44	0,12	0,35	0,33	0,74	0,81	0,42	0,84	AP				
0,73	0,65	0,67	-0,32	0,61	0,59	0,25	0,08	0,61	0,20	0,77	0,69	0,70	0,03	0,64	0,62	0,37	0,13	0,65	0,23	1	0,93	0,94	0,67	0,90	0,89	0,65	0,50	0,93	0,61	0,76	0,70	0,70	0,16	0,62	0,65	0,41	0,28	0,66	0,40	GZ				
0,60	0,72	0,65	-0,37	0,64	0,62	0,26	0,07	0,61	0,17	0,63	0,76	0,68	-0,03	0,67	0,64	0,42	0,16	0,64	0,27	0,93	1	0,95	0,70	0,93	0,93	0,69	0,55	0,95	0,66	0,67	0,77	0,70	0,11	0,66	0,68	0,43	0,30	0,66	0,42	LM				
0,60	0,65	0,74	-0,33	0,65	0,61	0,28	0,10	0,63	0,20	0,64	0,69	0,77	0,00	0,67	0,64	0,43	0,18	0,87	0,27	0,94	0,95	1	0,69	0,94	0,92	0,69	0,56	0,96	0,66	0,68	0,71	0,77	0,16	0,66	0,68	0,45	0,32	0,68	0,44	HÄ				
0,26	0,29	0,33	-0,16	0,33	0,29	0,34	0,29	0,04	0,02	0,26	0,06	0,35	0,39	0,41	0,24	0,39	0,37	0,15	0,06	0,33	0,14	0,67	0,70	0,69	1	0,68	0,68	0,84	0,65	0,69	0,79	0,34	0,37	0,38	0,14	0,35	0,43	0,18	0,15	0,33	0,21	GF		
0,53	0,61	0,62	-0,33	0,74	0,63	0,26	0,07	0,61	0,14	0,57	0,66	0,66	0,00	0,77	0,66	0,40	0,15	0,65	0,25	0,90	0,93	0,94	0,68	1	0,94	0,66	0,53	0,95	0,63	0,62	0,69	0,68	0,12	0,76	0,71	0,41	0,28	0,67	0,40	KI				
0,53	0,59	0,59	-0,33	0,65	0,72	0,24	0,03	0,58	0,12	0,57	0,65	0,64	0,03	0,69	0,76	0,37	0,11	0,63	0,21	0,89	0,93	0,92	0,68	0,94	1	0,65	0,50	0,94	0,61	0,67	0,65	0,09	0,67	0,77	0,37	0,24	0,64	0,35	GS					
0,36	0,45	0,46	-0,40	0,44	0,41	0,25	0,14	0,41	0,31	0,39	0,47	0,48	-0,19	0,45	0,42	0,46	0,30	0,42	0,49	0,65	0,69	0,69	0,84	0,66	0,65	1	0,85	0,67	0,97	0,45	0,52	0,51	0,11	0,47	0,51	0,49	0,42	0,48	0,54	SS				
0,33	0,44	0,47	-0,40	0,42	0,37	0,30	0,42	0,43	0,53	0,32	0,43	0,45	-0,32	0,40	0,34	0,57	0,68	0,38	0,74	0,50	0,55	0,56	0,65	0,53	0,50	0,85	1	0,54	0,92	0,41	0,50	0,52	0,18	0,44	0,46	0,62	0,70	0,48	0,71	BK				
0,58	0,62	0,65	-0,34	0,65	0,63	0,27	0,06	0,70	0,16	0,62	0,66	0,69	0,00	0,68	0,66	0,42	0,16	0,74	0,25	0,93	0,95	0,96	0,69	0,95	0,94	0,67	0,54	1	0,64	0,67	0,70	0,70	0,13	0,67	0,69	0,43	0,29	0,74	0,41	SB				
0,36	0,45	0,46	-0,41	0,44	0,40	0,23	0,21	0,41	0,39	0,37	0,46	0,46	-0,25	0,43	0,40	0,47	0,41	0,39	0,60	0,61	0,66	0,66	0,79	0,63	0,61	0,97	0,92	0,64	1	0,44	0,52	0,51	0,11	0,46	0,50	0,52	0,50	0,48	0,60	AP				
0,92	0,79	0,79	-0,41	0,68	0,69	0,36	0,17	0,77	0,33	0,88	0,75	0,76	-0,21	0,66	0,64	0,52	0,26	0,73	0,37	0,76	0,67	0,68	0,34	0,62	0,61	0,45	0,41	0,67	0,44	1	0,85	0,85	0,24	0,70	0,68	0,62	0,46	0,82	0,60	GZ				
0,75	0,95	0,79	-0,50	0,76	0,73	0,40	0,18	0,77	0,34	0,70	0,89	0,74	-0,30	0,72	0,67	0,59	0,32	0,73	0,45	0,70	0,77	0,71	0,37	0,69	0,67	0																		

Die unterschiedlichen Ansätze zur Berechnung der Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren bieten nur sehr eingeschränkte Vergleichsmöglichkeiten. Ihre Aktivitäts- und Widerstandsfunktionen unterscheiden sich recht deutlich, sodass an für sich nur die Korrelationen zwischen den gleichartigen Indikatorarten ausgewertet werden sollten. Es werden hier dennoch alle Indikatorarten zugleich betrachtet, um – verknüpft mit dem Hinweis auf die eingeschränkte Vergleichbarkeit – Aussagen über die Zusammenhänge zwischen den Naherreichbarkeitsindikatoren in ihrer Tendenz herleiten zu können. Vor der Korrelationsanalyse werden dazu die mit den jeweiligen Indikatorarten ermittelten Ergebnisse aufbereitet. Um eine Vergleichbarkeit der Erreichbarkeitswerte von Reiseaufwandsindikatoren (niedrige Werte sind positiv) und Kumulations-/Potentialindikatoren (hohe Werte sind positiv) zu ermöglichen, wurden die Werte der Reiseaufwandsindikatoren mit minus eins multipliziert (siehe Kramar, Kalasek und Seidel 2011, S. 29). Anschließend wurden die jeweiligen aktivitäts- und verkehrsmittelbezogenen Naherreichbarkeitsergebnisse über eine Z-Transformation normiert (siehe Gleichung 30 im Kapitel 5.1.6). Als Resultat dieser Transformation beträgt der Mittelwert für alle Naherreichbarkeitsindikatoren null und die Standardabweichung ist eins. Mit negativen Werten werden unterdurchschnittliche und mit positiven Werten überdurchschnittliche Erreichbarkeitsverhältnisse beschrieben. Die aufbereiteten Naherreichbarkeitsergebnisse bildeten die Grundlage für eine Korrelationsanalyse nach Pearson. Bei dieser Analyse wird mit dem dimensionslosen Korrelationskoeffizienten r die Stärke des richtungsbezogenen, linearen Zusammenhangs zwischen zwei Naherreichbarkeitsindikatoren wiedergegeben. Ein Wert von $r = +1$ markiert einen vollkommenen positiven linearen Zusammenhang, ein Wert von $r = -1$ einen durchweg negativen. Tabelle 49 zeigt die Pearson-Korrelationen als Matrix für alle Verkehrsmittel und Aktivitätstypen. Ausgeprägte positive Korrelationen ($r \geq 0,7$) und ausgeprägte negative Korrelationen ($r \leq -0,7$) sind fett hervorgehoben. Die Korrelationsanalyse zeigt auf, dass unter den Naherreichbarkeitsindikatoren gleichen Typs zum Teil recht hohe Korrelationen bestehen.

Generell weisen die Naherreichbarkeitsverhältnisse mit dem Pkw höhere Korrelationen auf als bei der ÖPNV-Nutzung, dem Fahrradfahren oder dem Zufußgehen. In einigen herkömmlichen, einfachen Erreichbarkeitsanalysen wird lediglich die Pkw-Erreichbarkeit von Grundzentren betrachtet. Auch am Beispiel der Stadt Dortmund zeigt sich, dass dies in bestimmten Fällen durchaus seine Berechtigung haben kann. Die Pkw-Erreichbarkeiten zwischen Grundzentren und Hausärzten korrelieren mit $r = 0,94$, zwischen Grundzentren und Lebensmittelgeschäften und Grundzentren und Seniorenbegegnungsstätten mit $r = 0,93$, zwischen Grundzentren und Kindergärten mit $r = 0,90$, zwischen Grundzentren und Grundschulen mit $r = 0,89$ usw. Der Blick auf die übrigen Verkehrsmittel vermittelt ein etwas anderes Bild. Beispielhaft seien die Korrelationen der Erreichbarkeiten von Grundzentren und Hausärzten aufgeführt. Während die Korrelation für diese beiden Aktivitätsziele mit dem Pkw mit $r = 0,94$ noch sehr hoch ist, beträgt der Korrelationskoeffizient bei der ÖPNV-Erreichbarkeit $r = 0,85$, bei der Fahrrad-Erreichbarkeit $r = 0,78$ und bei der Zu-Fuß-Erreichbarkeit $r = 0,76$. Je langsamer ein Verkehrsmittel ist, desto größer fallen die räumlichen Disparitäten in der Erreichbarkeit aus. Mit schnelleren Verkehrsmitteln lässt sich eine ungleiche Verteilung von Aktivitätszielen im Raum besser kompensieren als zu Fuß. Mit der Verfügbarkeit eines Pkw schwindet bei einer Standortentscheidung nachweislich die Bedeutung eines Wohnstandortes mit einer guten Naherreichbarkeit. Diese Ubiquität zeigt sich auch in der mit $r = 0,67$ vergleichsweise hohen Korrelation zwischen der Pkw-Erreichbarkeit des Grundzentrums und der Pkw-Erreichbarkeit von Grün- und Freiflächen, zwei räumlich eigentlich entgegengesetzt zu vermutende Aktivitätsziele. Mit $r = -0,35$ zu Fuß beziehungsweise $r = -0,03$ mit dem Fahrrad besteht bei den nicht-motorisierten Verkehrsmitteln hier

ein negativer, kaum ausgeprägter Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient für die ÖPNV-Erreichbarkeit beträgt $r = 0,24$. Die Divergenzen der Erreichbarkeitsverhältnisse zwischen dem Zentrum und der Peripherie sind bei den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes – im Gegensatz zum Pkw – deutlich stärker spürbar.

In anderer Richtung gedeutet fällt auf, dass – im Gegensatz zur Pkw-Erreichbarkeit – die Erreichbarkeitsverhältnisse mit den Verkehrsmitteln des Umweltverbunds vergleichsweise hoch untereinander korrelieren. Ein Beispiel sei die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen. Die der fußläufigen Erreichbarkeit korreliert mit der Erreichbarkeit mit dem Fahrrad mit $r = 0,81$, gegenüber der ÖPNV-Erreichbarkeit mit $r = 0,74$ und gegenüber der Pkw-Erreichbarkeit mit $r = 0,39$. Zwischen der Fahrrad-Erreichbarkeit und der ÖPNV-Erreichbarkeit beträgt der Korrelationskoeffizient $r = 0,84$. Noch deutlicher fallen die positiven Zusammenhänge beim Umweltverbund auf, wenn die Erreichbarkeit von Aktivitätszielen, die wie Lebensmittelgeschäfte, Hausärzte, Grundschulen, Kindergärten oder Seniorenbegegnungsstätten von ihren Standorten stärker dem Wohnumfeld zuzuordnen sind, betrachtet wird. Bei der Naherreichbarkeit von Kindergärten beträgt die Korrelation zwischen der fußläufigen Erreichbarkeit und der Erreichbarkeit mit dem Fahrrad $r = 0,90$, zwischen der fußläufigen Erreichbarkeit und der Erreichbarkeit mit dem ÖPNV $r = 0,99$. Die letzte, nahezu übereinstimmende Korrelation von $r = 0,99$ erklärt sich methodisch allerdings auch dadurch, dass die ÖPNV-Erreichbarkeit aus der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/ÖPNV abgeleitet wird (siehe Kapitel 7.5.4). Weil sich Kindergärten/Kitas häufig im fußläufigen Einzugsbereich der Wohnstandorte befinden, kann auf eine ÖPNV-Nutzung zu meist verzichtet werden. Die Naherreichbarkeit zu Fuß/mit dem ÖPNV ist in diesen Fällen gleichbedeutend mit der Erreichbarkeit zu Fuß. Nicht ganz so stark ausgeprägt gilt dies für die anderen, oben aufgeführten Aktivitätstypen analog.

Insbesondere zwischen der Naherreichbarkeit von Grundzentren, Lebensmittelgeschäften, Hausärzten, Kindergärten, Grundschulen und Seniorenbegegnungsstätten bestehen erkennbar hohe Korrelationen. Betrachtet man die fußläufigen Erreichbarkeitsverhältnisse mit dem in dieser Arbeit gesetzten Fokus auf die nahräumliche Erreichbarkeit, so beträgt die Korrelation zwischen der Naherreichbarkeit von Kindergärten und Grundschulen $r = 0,75$, Kindergärten und Seniorenbegegnungsstätten $r = 0,75$, Kindergärten und Hausärzten $r = 0,73$, Kindergärten und Lebensmittelgeschäften $r = 0,71$ und Kindergärten und Grundzentren $r = 0,60$. Die höchsten Korrelationen ergeben sich folglich bei jenen Aktivitäten, die tendenziell eher in zentralörtlicheren, wohnstandortnahen Lagen angesiedelt sind. Für die anderen Aktivitätstypen zeigt sich bei der fußläufigen Erreichbarkeit kein derartig positiver linearer Zusammenhang; für die Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen und anderen Aktivitätszielen wurden zuvor bereits negative Korrelationen festgestellt. Dabei ermittelt sich der stärkste negative Zusammenhang für die fußläufigen Erreichbarkeitsmuster zwischen Grün- und Freiflächen und Lebensmittelgeschäften.

Reiseaufwandsindikatoren korrelieren tendenziell stärker als Kumulations-/Potenzialindikatoren. Dies hat vor allem methodische Gründe, weil bei Kumulations-/Potenzialindikatoren nicht nur die nächsterreichbaren Aktivitätsziele, sondern über eine Summationsformel auch entferntere Aktivitätsziele mit betrachtet werden. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind trotz der angewandten Z-Transformation stets auch indikatorbedingt prädeterniert gewesen. Dies schränkt die Vergleichbarkeit ein. Trotzdem konnten durch die Auswertung der Ergebnisse der Korrelationsanalyse wichtige grundsätzliche Erkenntnisse aufgezeigt werden, die für nun folgende inhaltliche Interpretation der jeweiligen Analyseergebnisse hilfreich sind.

8.2 Naherreichbarkeitsverhältnisse nach Aktivitätstypen

Mit diesem Abschnitt beginnt die inhaltliche Interpretation der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Analyseergebnisse. Im Folgenden werden sortiert nach den zehn betrachteten Aktivitätstypen für drei räumliche Bezugsebenen die für das Gebiet der Stadt Dortmund erzielten Naherreichbarkeitsverhältnisse ausgewertet. Die vorrangige Betrachtungsebene sind die Wohnquartiere und damit die Hexagone. Für sie wurde mit dem Indikatorensystem die Naherreichbarkeit originär berechnet. Eine Aufbereitung dieser Ergebnisse findet vor allem durch kartographische Darstellungen statt. Die entsprechenden Abbildungen ermöglichen eine einfache Lokalisierung der Wohnquartiere, die für den Status quo eine gute oder schlechte Naherreichbarkeit aufweisen. Zumeist werden die Ergebnisse der Naherreichbarkeitsanalyse exemplarisch für ein Verkehrsmittel dargestellt, wobei auf die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/ÖPNV ein besonderes Augenmerk gelegt wird. Die zweite räumliche Auswertungsebene umfasst die 170 statistischen Unterbezirke in Dortmund. Hierfür werden die auf der Ebene der Hexagone berechneten Analyseergebnisse einwohnergewichtet aggregiert. Ausgewählte Ergebnisse werden für die statistischen Unterbezirke in Tabellenform dargestellt. Auf der dritten Auswertungsebene werden die nach Aktivitätsart und Verkehrsmittel unterschiedenen, einwohnergewichteten durchschnittlichen Erreichbarkeitsverhältnisse in der Stadt Dortmund wiedergegeben. Sie ermöglichen eine bessere Einordbarkeit der kleinräumigen Analyseergebnisse.

8.2.1 Naherreichbarkeit von Grundzentren

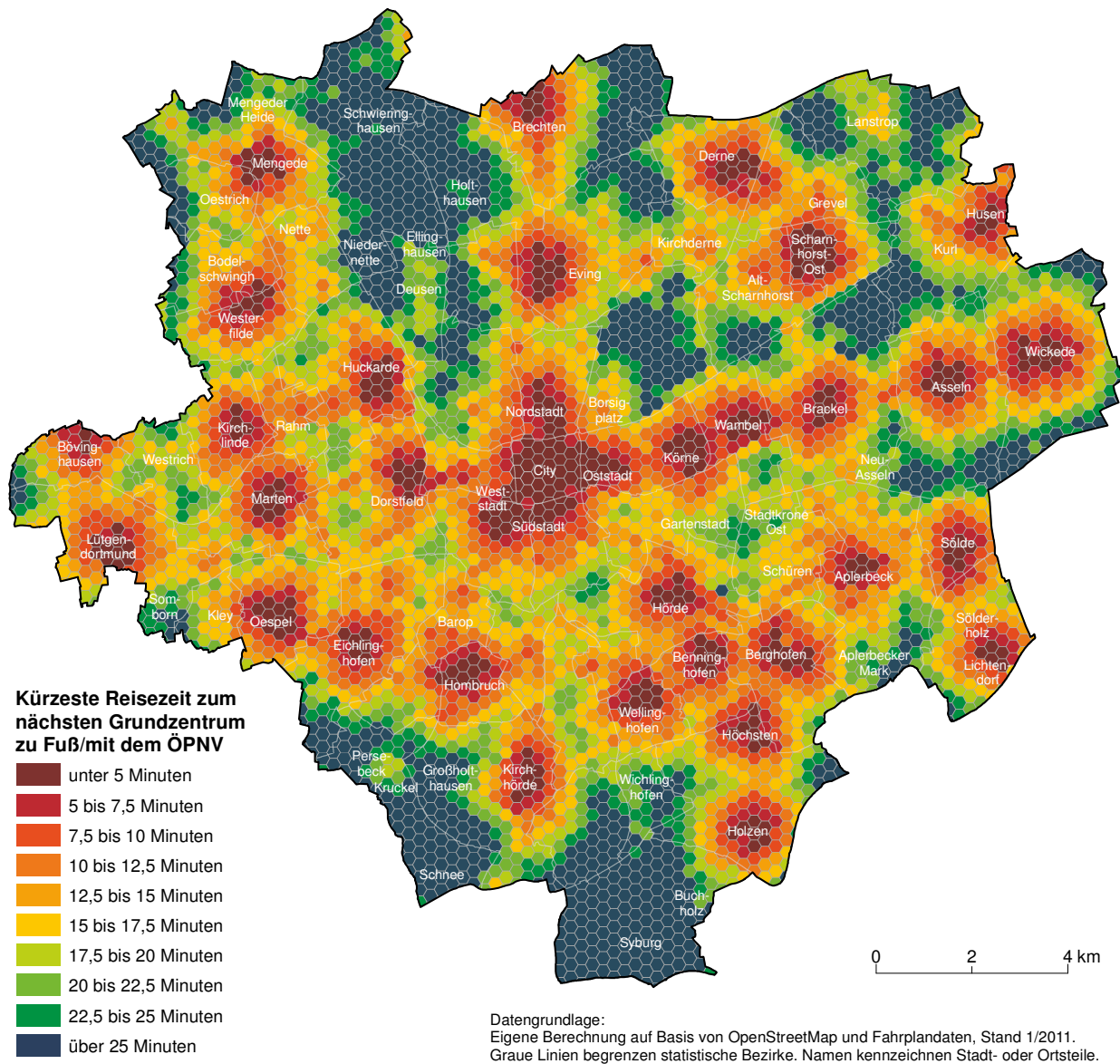
Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Grundzentren“ wurde die verkehrsmittelspezifische Reisezeit zum nächsterreichbaren Grundzentrum bestimmt. Als unterste Stufe im zentralörtlichen System sichern Grundzentren die Grundversorgung der Bevölkerung. Neben einem Grundangebot an Arbeitsplätzen und Einkaufsmöglichkeiten umfassen sie sowohl behördliche, soziale, medizinische, kulturelle und sportliche Angebote als auch sonstige Freizeitmöglichkeiten. Karte 22 zeigt für die Ebene der Hexagone die für die Stadt Dortmund ermittelte Naherreichbarkeit von Grundzentren zu Fuß/mit dem ÖPNV. Braun-rötliche Farbtöne markieren Wohnquartiere, aus denen das nächste Grundzentrum innerhalb kürzester Zeit zu erreichen ist. Grün-bläuliche Farbtöne markieren Gebiete, in denen die Naherreichbarkeit von Grundzentren eher unterdurchschnittlich ausfällt. Die genaue Klassifizierung hält die Legende fest.

Das Muster der Naherreichbarkeitsverhältnisse von Grundzentren deckt sich deutlich mit der Siedlungsstruktur Dortmunds. Die Innenstadt mit ihren umliegenden urbanen Wohnquartieren tritt mit sehr guten Naherreichbarkeitsverhältnissen ebenso dominant hervor wie die Vielzahl der Dortmunder Vororte. Deutlich zu erkennen sind die am Hellweg liegenden Vororte von Lütgendortmund im Westen bis Wickede im Osten. Nicht minder deutlich treten mit sehr guten Erreichbarkeitsverhältnissen in den Kernbereichen auch Kirchlinde, Westerfilde, Huckarde, Mengede, Brechten, Eving, Derne, Scharnhorst-Ost und Husen im Norden oder Sölde, Lichtendorf, Aplerbeck, Berghofen, Hörde, Benninghofen, Höchsten, Holzen, Wellinghofen, Kirchhörde, Hombruch, Eichlinghofen und Oespel im Süden hervor.

Als Vororte mit einer unterdurchschnittlichen Naherreichbarkeit von Grundzentren zu Fuß/mit dem ÖPNV lassen sich Lanstrop, Schüren, Syburg, Kley, Westrich, die Mengeder Heide und Deusen identifizieren. Unter den Stadtquartieren innerhalb der Kernstadt haben vor allem die Randbereiche des Borsigplatzviertels, die südliche Gartenstadt und die Stadtkrone Ost niedrige Erreichbarkeitswerte. Vergleichsweise schlechte Erreichbarkeitswerte weisen die nördlichen Ortsteile Niedernette, Schwieringhausen, Ellinghausen und Holthausen sowie die südlichen

Ortsteile Neuasseln, Wichlinghofen, Buchholz, Syburg, Schnee, Großholthausen, Kruckel, Persebeck und Somborn auf.

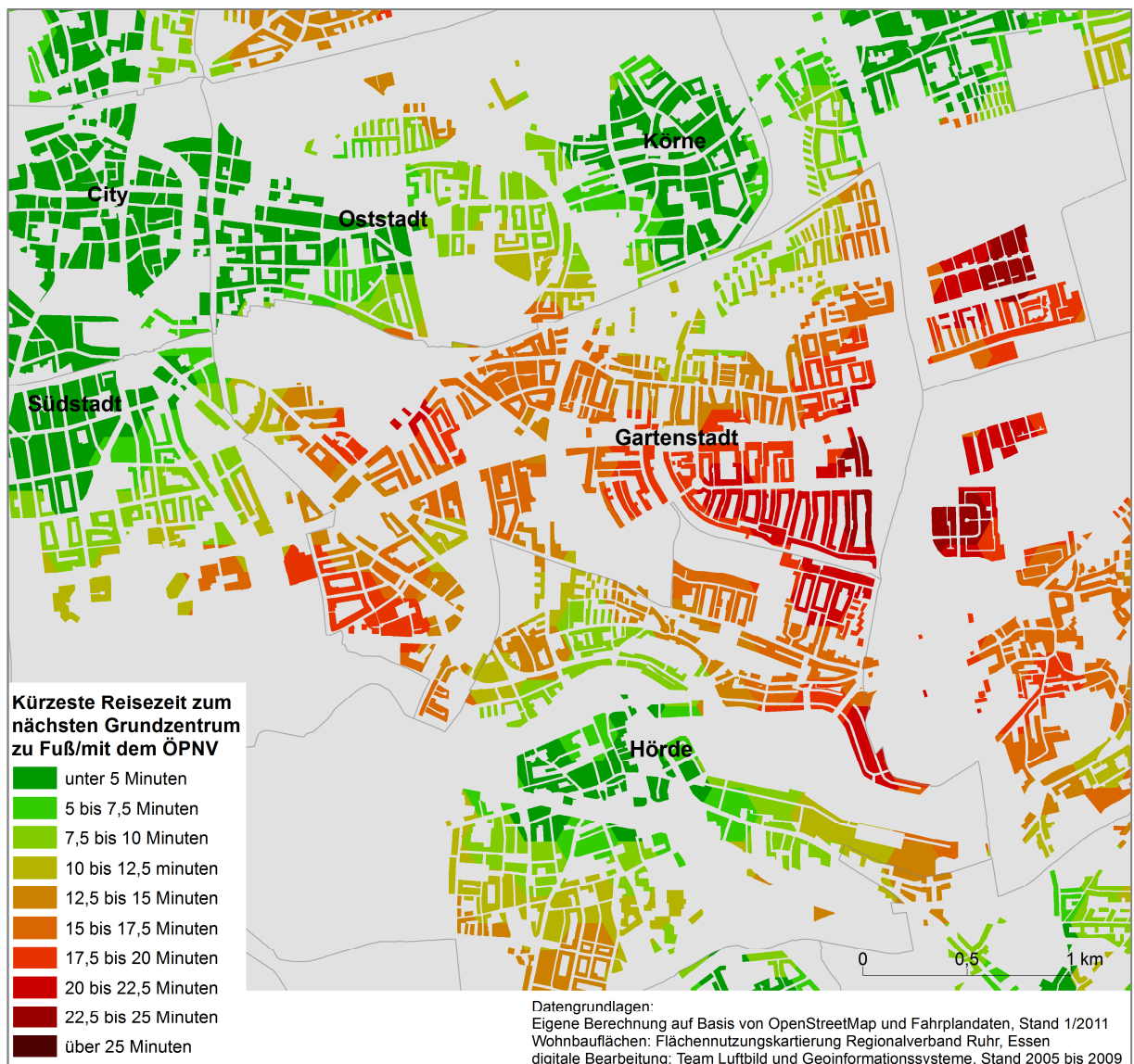
Karte 22: Naherreichbarkeit von Grundzentren in Dortmund zu Fuß/mit dem ÖPNV.



Karte 22 gibt die Dortmunder Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der kleinräumigen Ebene der 5.045 Hexagone wieder. Die Art der Darstellung unterstreicht, dass Erreichbarkeit ein kontinuierlich im Raum verortetes Phänomen ist. Nach Einschätzung des Autors handelt es sich um eine Darstellungsform, die sehr gut im wissenschaftlichen Kontext eingesetzt werden kann. Eine abweichende Darstellungsform, die sich für Präsentationen und Diskussionen von Erreichbarkeitsergebnissen in der Planungspraxis eignet, zeigt Karte 23. In ihr werden die Reisezeiten zum nächsten Grundzentrum nur für die Wohnbauflächen dargestellt. Hierzu wurden die Hexagone mit den Wohnbauflächen im Geoinformationssystem räumlich verschnitten und durch einen Grauton die Flächen mit anderen Nutzungen ausgeblendet. Durch das Ausblenden der unbewohnten Teilräume lassen sich die Erreichbarkeitsverhältnisse in den einzelnen Wohnsiedlungen gut identifizieren. Auch die Farbwahl unterscheidet sich. Ein grüner Farbton markiert in Karte 23 Wohnsiedlungen mit einer guten Naherreichbarkeit, ein rötlicher Farbton kennzeichnet

Wohnsiedlungen mit unterdurchschnittlichen Naherreichbarkeitsverhältnissen. Mit dieser Darstellungsart lassen sich vor allem Detailausschnitte ins rechte Licht setzen. Im hier dargestellten Kartenbeispiel werden im Besonderen die Naherreichbarkeitsunterschiede zwischen der Gartenstadt und den umliegenden Wohnquartieren hervorgehoben. Welche Form der Abbildung von Naherreichbarkeitsverhältnissen zu verwenden ist, ist neben den individuellen Präferenzen bei der Farbwahl und Darstellungsart vor allem vom Darstellungszweck abhängig. In diesem Kapitel werden im Weiteren beide Darstellungsformen verwendet.

Karte 23: Naherreichbarkeit von Grundzentren in Dortmund zu Fuß/mit dem ÖPNV (Detailausschnitt).



Da die räumliche Verteilung der Bevölkerung bekannt ist (siehe Kapitel 7.3), können die modellierten Naherreichbarkeitsergebnisse mit den Einwohnerzahlen verrechnet werden. So lässt sich die durchschnittliche Erreichbarkeit für beliebige Bevölkerungsgruppen und Raumeinheiten ermitteln. Im Rahmen dieser Arbeit wurden für die 170 statistischen Unterbezirke in Dortmund die aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsverhältnisse als mittlere Reisezeit je Nachfragenden ausgewertet. Aus Platzgründen folgt in Tabelle 50 nur eine verkürzte Auflistung der dreißig statistischen Unterbezirke mit den jeweils besten und schlechtesten Naherreichbarkeitswerten. Die Reihenfolge der statistischen Unterbezirke bestimmt sich aus der aufad-

Tabelle 50: Mittlere Reisezeiten je Einwohner zum nächsten Grundzentrum in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	City-Ost	1 Min.	1 Min.	2 ½ Min.	1 Min.
2.	City-West	2 Min.	1 ½ Min.	3 Min.	2 Min.
3.	Wickede Dorf	3 Min.	2 Min.	3 ½ Min.	3 Min.
4.	Hombruch	3 ½ Min.	2 ½ Min.	3 Min.	3 ½ Min.
5.	Huckarde	3 ½ Min.	3 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.
6.	Cityring-Ost	3 Min.	2 Min.	4 Min.	3 Min.
7.	Breierspfad	4 Min.	2 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.
8.	Asseln Dorf	4 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	4 Min.
9.	Wellinghofen	4 Min.	3 Min.	3 Min.	4 Min.
10.	Körne	5 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	5 Min.
11.	Scharnhorst-Ost	4 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	4 Min.
12.	Mengede-Mitte	5 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	5 Min.
13.	Niedereving	5 ½ Min.	3 Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
14.	Höchsten	5 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	5 Min.
15.	Aplerbecker Markt	5 Min.	3 Min.	4 Min.	5 Min.
16.	Kaiserbrunnen	3 ½ Min.	3 ½ Min.	4 ½ Min.	3 ½ Min.
17.	Asseln Hellweg	6 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
18.	Nordmarkt-Süd	3 ½ Min.	3 Min.	5 Min.	3 ½ Min.
19.	Lütgendortmund-Mitte	5 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	5 ½ Min.
20.	Westerfilde	6 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 Min.
21.	Marten	6 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 Min.
22.	Cityring-West	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 Min.	3 ½ Min.
23.	Eichlinghofen	6 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 Min.
24.	Oespel	6 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 Min.
25.	Sölde-Nord	6 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 ½ Min.
26.	Wambel Dorf	6 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	6 ½ Min.
27.	Knappschafts Krankenhaus	7 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	7 Min.
28.	Benninghofen	6 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.	6 ½ Min.
29.	Kirchhörde-West	7 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	6 ½ Min.
30.	Derne	7 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	7 Min.
Ø	Stadt Dortmund	13 Min.	6 ½ Min.	6 Min.	11 Min.
141.	Löttringhausen-Nord	19 ½ Min.	9 Min.	8 Min.	19 ½ Min.
142.	Niedernette	26 Min.	10 ½ Min.	8 ½ Min.	14 Min.
143.	Aplerbecker Mark	22 ½ Min.	9 Min.	7 ½ Min.	19 ½ Min.
144.	Funktursiedlung	25 Min.	9 ½ Min.	8 Min.	18 ½ Min.
145.	Pferderennbahn	23 Min.	9 ½ Min.	8 Min.	20 ½ Min.
146.	Westfalendamm-Süd	21 Min.	11 Min.	10 Min.	16 Min.
147.	Gartenstadt-Süd	21 ½ Min.	10 Min.	9 Min.	19 ½ Min.
148.	Schüren-Neu	25 Min.	10 ½ Min.	9 Min.	17 ½ Min.
149.	Lanstop-Neu	25 Min.	10 Min.	8 ½ Min.	18 ½ Min.
150.	Kirchhörde-Nord	21 ½ Min.	11 Min.	8 ½ Min.	21 Min.
151.	Somborn	26 Min.	10 ½ Min.	8 ½ Min.	23 Min.
152.	Salingen	21 ½ Min.	9 ½ Min.	11 Min.	21 ½ Min.
153.	Buchholz	30 ½ Min.	10 ½ Min.	8 Min.	25 ½ Min.
154.	Rombergpark	26 Min.	13 Min.	10 Min.	16 Min.
155.	Wichlinghofen	30 Min.	11 ½ Min.	8 Min.	23 Min.
156.	Kemminghausen	25 ½ Min.	12 Min.	9 ½ Min.	20 Min.
157.	Kolonie Neuasseln	28 ½ Min.	10 ½ Min.	9 Min.	22 Min.
158.	Franz-Zimmer-Siedlung	32 Min.	12 Min.	10 Min.	16 ½ Min.
159.	Alt-Scharnhorst	29 Min.	13 Min.	10 Min.	18 Min.
160.	Lanstop-Alt	33 ½ Min.	12 ½ Min.	9 Min.	19 Min.
161.	Schanze	34 Min.	11 ½ Min.	9 ½ Min.	24 Min.
162.	Schwieringhausen	30 ½ Min.	12 ½ Min.	9 Min.	28 Min.
163.	Westfalenhütte	29 ½ Min.	12 ½ Min.	13 Min.	21 Min.
164.	Großholthausen	29 Min.	12 ½ Min.	9 ½ Min.	28 Min.
165.	Kruckel	33 ½ Min.	12 ½ Min.	10 Min.	24 ½ Min.
166.	Ellinghausen	31 Min.	11 ½ Min.	13 ½ Min.	26 Min.
167.	Deusen	37 ½ Min.	15 Min.	12 Min.	21 Min.
168.	Persebeck	35 Min.	13 Min.	10 Min.	24 ½ Min.
169.	Schnee	34 Min.	12 ½ Min.	10 ½ Min.	29 ½ Min.
170.	Syburg	44 Min.	15 ½ Min.	10 Min.	27 Min.

dierten Rangsumme der Naherreichbarkeitsverhältnisse für die vier Verkehrsmittel. Die Verkehrsmittel werden dabei zunächst einzeln betrachtet. Hat beispielsweise ein statistischer Unterbezirk die beste Naherreichbarkeit zu Fuß, so erhält er für die fußläufige Naherreichbarkeit einen Rangpunkt. Belegt dieser statistische Unterbezirk darüber hinaus auch für die Fahrrad- und Pkw-Erreichbarkeit den ersten Rang sowie für die ÖPNV-Erreichbarkeit den zweiten Rang, so setzt sich die Rangsumme des statistischen Unterbezirks aus $1 + 1 + 1 + 2 = 5$ zusammen. Seine Rangsumme beträgt in diesem Fall fünf. Auf diese Weise wurden die in der Tabelle 50 aufgelisteten statistischen Unterbezirke entsprechend ihrer Rangsumme sortiert. Die statistischen Unterbezirke mit den dreißig niedrigsten Rangsummen belegen die Plätze eins bis 30, die mit den dreißig höchsten Rangsummen die Plätze 141 bis 170.

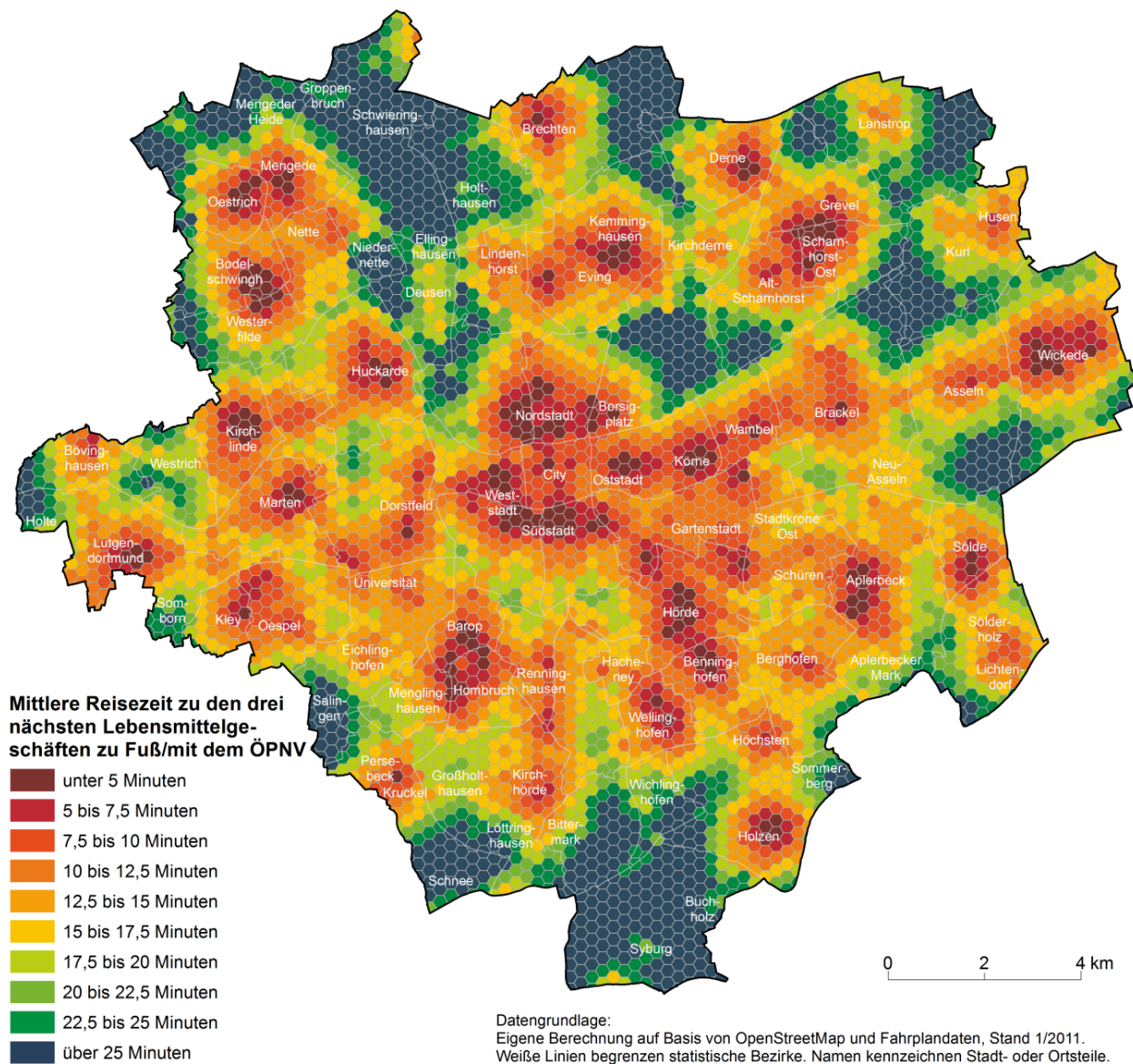
Die Auswertung zeigt, dass die beiden Innenstadtbezirke City-Ost (1. Platz) und City-West (2. Platz) die statistischen Unterbezirke mit der besten Naherreichbarkeit von Grundzentren in Dortmund sind. Die durchschnittlichen Reisezeiten betragen je nach Verkehrsmittel ein bis zweieinhalb Minuten. Die meisten der Bewohner wohnen bereits direkt innerhalb des definierten Aktivitätsziels oder in seiner unmittelbaren Nähe. Die Naherreichbarkeit zu Fuß ist entsprechend hoch. Aplerbecker Markt (15. Platz) ist ein Beispiel eines statistischen Unterbezirks, in dem das Fahrrad die beste Naherreichbarkeit ermöglicht. Mit dem Fahrrad wird das Grundzentrum im Durchschnitt innerhalb von drei Minuten erreicht. Mit dem Pkw werden vier Minuten und zu Fuß sowie mit dem ÖPNV fünf Minuten benötigt. Wambel-Dorf (26. Platz) ist dagegen ein statistischer Unterbezirk, bei dem der Pkw eine genauso schnelle Zugänglichkeit zum nächsten Grundzentrum wie das Fahrrad sichert. Im Durchschnitt werden vier Minuten benötigt. Die mittlere fußläufige Reisezeit beträgt im Gegensatz dazu schon sechseinhalb Minuten. Im Durchschnitt ist für die Bevölkerung Dortmunds das nächsterreichbare Grundzentrum zu Fuß in 13 Minuten, mit dem Fahrrad in sechseinhalb Minuten, mit dem Pkw in sechs Minuten und mit dem ÖPNV in elf Minuten zu erreichen. Je länger die durchschnittlichen Reisezeiten ausfallen, desto schneller wächst der absolute und relative Erreichbarkeitsvorteil durch die Nutzung eines Pkw. In dem statistischen Unterbezirk Syburg als Bezirk mit der niedrigsten Naherreichbarkeit von Grundzentren (170. Platz) beträgt die durchschnittliche Pkw-Reisezeit zehn Minuten. Mit dem Fahrrad benötigten Syburger fünfzehneinhalb Minuten, mit dem ÖPNV schon 27 Minuten und zu Fuß gar 44 Minuten.

8.2.2 Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften

Der Indikator „Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften“ gibt die verkehrsmittelspezifische mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Lebensmittelgeschäften wieder. Karte 24 zeigt auf der Ebene der Hexagone die Ergebnisse des Indikators für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. In die Erreichbarkeitsberechnungen flossen auch außerhalb Dortmunds liegende Standorte ein.

Vergleicht man die Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften mit den Ergebnissen der Naherreichbarkeit von Grundzentren (siehe Kapitel 8.2.1) so ist auf den ersten Blick zwar eine gewisse Ähnlichkeit feststellbar, doch sind im Detail auch viele Unterschiede auszumachen. Grundsätzlich besteht bei Vollsortimentern und Discountern ein Trend, der zu einer zunehmenden räumlichen Konzentration des Warenangebots führt. Die Unternehmen orientieren sich in ihrer Standortpolitik zwar auch an der Siedlungsstruktur, darüber hinaus bevorzugen sie aber auch Standorte mit einem hohen Verkehrsaufkommen. So lassen die Ergebnisse der Berechnungen zur Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften für den täglichen Bedarf durchaus die

Karte 24: Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften für tägliche Einkäufe in Dortmund zu Fuß/mit dem ÖPNV.



räumliche Struktur der Siedlungsschwerpunkte und Quartiersversorgungszentren in Dortmund wiedererkennen. Insbesondere um die Ortsteilzentren mit vergleichsweise hoher Einwohnerdichte ist eine gute Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften gegeben. Ortsteile wie Brechten, (Ober-)Eving, Kemminghausen, Derne, Scharnhorst-Ost, Körne, Wickede, Sölde, Aplerbeck, Hörde, Benninghofen, Holzen, Wellinghofen, Hombruch, Barop, Lütgendortmund, Marten, Kirchlinde, Huckarde, Westerfilde, Bodelschwingh, Oestrich und Mengede weisen durchaus eine positiv Naherreichbarkeit auf. Dennoch fallen bei der Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften räumliche Disparitäten stärker ins Gewicht. Der Hellweg zwischen Körne und Wickede ist in Karte 29 zwar nach wie vor sichtbar, allerdings liegen die dortigen Erreichbarkeitswerte nicht im Spitzenfeld. Sowohl in Wambel, Brackel als auch Asseln befinden sich jeweils nur zwei Lebensmittelgeschäfte. Auch die Dortmunder City fällt bei der Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften, insbesondere gegenüber den umliegenden Innenstadtquartieren etwas ab. Die citynahen, dicht bebauten Wohnquartiere rund um die Schützenstraße in der Nordstadt, das Borsigplatzviertel, um die Kaiserstraße in der Oststadt, die Saarlandstraße und

Tabelle 51: Mittlere Reisezeiten je Einwohner zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Zechenplatz	4 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	4 Min.
2.	Wickede Dorf	5 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	5 ½ Min.
3.	Körne	6 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 ½ Min.
4.	Clarenberg	6 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	6 Min.
5.	Hombruch	6 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.	6 ½ Min.
6.	Baroper Markt	7 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	7 ½ Min.
7.	Dorstfelder Brücke	5 Min.	3 Min.	5 Min.	5 Min.
8.	Brücherhof	7 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
9.	Dollersweg	8 Min.	4 Min.	4 Min.	8 Min.
10.	Aplerbecker Markt	7 ½ Min.	4 ½ Min.	5 Min.	7 ½ Min.
11.	Hafen-Südost	5 Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.	5 Min.
12.	Breierspfad	8 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	8 Min.
13.	Scharnhorst-Ost	7 ½ Min.	5 Min.	4 ½ Min.	7 Min.
14.	Alte Kolonie	8 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.	8 ½ Min.
15.	Aplerbeck Bahnhof Süd	8 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	8 ½ Min.
16.	Wellinghofen	8 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	8 ½ Min.
17.	Oestrich	8 ½ Min.	4 ½ Min.	5 Min.	8 ½ Min.
18.	Marten	8 ½ Min.	5 Min.	4 ½ Min.	8 Min.
19.	Benninghofen	8 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	8 ½ Min.
20.	Nordmarkt-West	7 ½ Min.	4 ½ Min.	5 ½ Min.	7 ½ Min.
21.	Funkenburg	8 ½ Min.	4 ½ Min.	5 Min.	8 ½ Min.
22.	Rahm	9 ½ Min.	4 ½ Min.	4 Min.	9 Min.
23.	Sölde-Süd	9 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	9 Min.
24.	Remberg	8 ½ Min.	5 Min.	5 Min.	8 Min.
25.	Hörde	8 ½ Min.	5 Min.	5 ½ Min.	7 ½ Min.
26.	Mengede-Mitte	9 Min.	5 Min.	5 Min.	8 ½ Min.
27.	Borsigplatz	7 ½ Min.	4 Min.	6 Min.	7 Min.
28.	Nordmarkt-Süd	5 ½ Min.	4 Min.	6 ½ Min.	5 ½ Min.
29.	Nordmarkt-Südost	5 ½ Min.	3 ½ Min.	6 ½ Min.	6 Min.
30.	Derne	9 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	9 Min.
Ø	Stadt Dortmund	12 ½ Min.	6 Min.	6 Min.	11 Min.
141.	Schulzentrum Hacheneay	20 ½ Min.	9 Min.	7 ½ Min.	13 Min.
142.	Groppenbruch	19 ½ Min.	7 ½ Min.	7 Min.	16 ½ Min.
143.	Westrich	22 Min.	8 ½ Min.	6 ½ Min.	18 ½ Min.
144.	Deipenbeck	18 ½ Min.	9 Min.	7 Min.	15 ½ Min.
145.	Lanstrop-Neu	19 ½ Min.	8 Min.	7 ½ Min.	15 Min.
146.	Kolonie Neuasseln	18 ½ Min.	8 Min.	7 ½ Min.	16 Min.
147.	Marsbruchstraße	19 Min.	8 Min.	8 Min.	15 ½ Min.
148.	Kurl-Nord	22 ½ Min.	8 ½ Min.	7 ½ Min.	15 ½ Min.
149.	Brüninghausen/Knepper	22 ½ Min.	8 ½ Min.	6 ½ Min.	19 ½ Min.
150.	Kirchderne	21 ½ Min.	9 Min.	7 ½ Min.	15 ½ Min.
151.	Löttringhausen-Süd	18 ½ Min.	8 ½ Min.	7 ½ Min.	18 ½ Min.
152.	Holthausen	20 Min.	8 ½ Min.	8 Min.	18 ½ Min.
153.	Westfalenhütte	20 Min.	8 ½ Min.	11 Min.	18 Min.
154.	Schnee	21 Min.	8 ½ Min.	8 Min.	20 ½ Min.
155.	Holte-Kreta	24 ½ Min.	10 Min.	7 Min.	20 ½ Min.
156.	Franz-Zimmer-Siedlung	24 Min.	10 Min.	8 Min.	16 ½ Min.
157.	Bittermark	22 Min.	9 ½ Min.	8 Min.	19 Min.
158.	Kurl-Süd	24 Min.	9 ½ Min.	8 ½ Min.	19 Min.
159.	Lanstrop-Alt	28 Min.	11 Min.	8 Min.	18 Min.
160.	Alt-Scharnhorst	25 Min.	11 Min.	8 ½ Min.	18 Min.
161.	Somborn	24 ½ Min.	10 Min.	8 Min.	22 Min.
162.	Wichlinghofen	27 Min.	10 ½ Min.	7 ½ Min.	22 Min.
163.	Mengeder Heide	26 Min.	10 Min.	8 ½ Min.	22 Min.
164.	Schanze	29 ½ Min.	10 ½ Min.	9 Min.	22 ½ Min.
165.	Salingen	26 ½ Min.	11 ½ Min.	13 Min.	23 ½ Min.
166.	Deusen	32 Min.	13 Min.	11 ½ Min.	19 ½ Min.
167.	Schwieringhausen	29 Min.	12 Min.	10 Min.	26 ½ Min.
168.	Buchholz	34 ½ Min.	12 ½ Min.	9 Min.	25 ½ Min.
169.	Ellinghausen	28 ½ Min.	11 Min.	13 Min.	27 Min.
170.	Syburg	36 ½ Min.	13 Min.	11 Min.	26 Min.

das Kreuzviertel in der Südstadt und die Rheinische Straße in der Weststadt weisen Spitzenwerte auf. Das Muster, dass die das eigentliche Zentrum umgebenden Wohnquartiere eine bessere Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften haben als das Zentrum, wiederholt sich übrigens auch bei den Vororten. Für die Randbereiche Hombruchs beispielsweise liegen bessere Naherreichbarkeitsverhältnisse vor als für die Fußgängerzone in Hombruch. Eine deutlich unterdurchschnittliche Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften haben dagegen die peripheren Vororte wie Sommerberg, Buchholz, Syburg, Wichlinghofen, Löttringhausen, Schnee, Salingen, Somborn, Holte, Westrich, Mengeder Heide, Groppenbruch, Schwieringhausen, Niedernette, Ellinghausen und Holthausen. Dies betrifft nicht nur die Naherreichbarkeit zu Fuß/mit dem ÖPNV, sondern auch für die übrigen Verkehrsmittel. Tabelle 51 zeigt eine Übersicht der mittleren Reisezeiten pro Einwohner für die dreißig statistischen Unterbezirke mit der jeweils höchsten und der niedrigsten Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften. Im Stadtdurchschnitt sind die drei nächsterreichbaren Lebensmittelgeschäfte für tägliche Einkäufe im Mittel zu Fuß in zwölfminuten, mit dem Fahrrad oder dem Pkw in sechs Minuten und mit dem ÖPNV in elf Minuten zu erreichen.

8.2.3 Naherreichbarkeit von Hausärzten

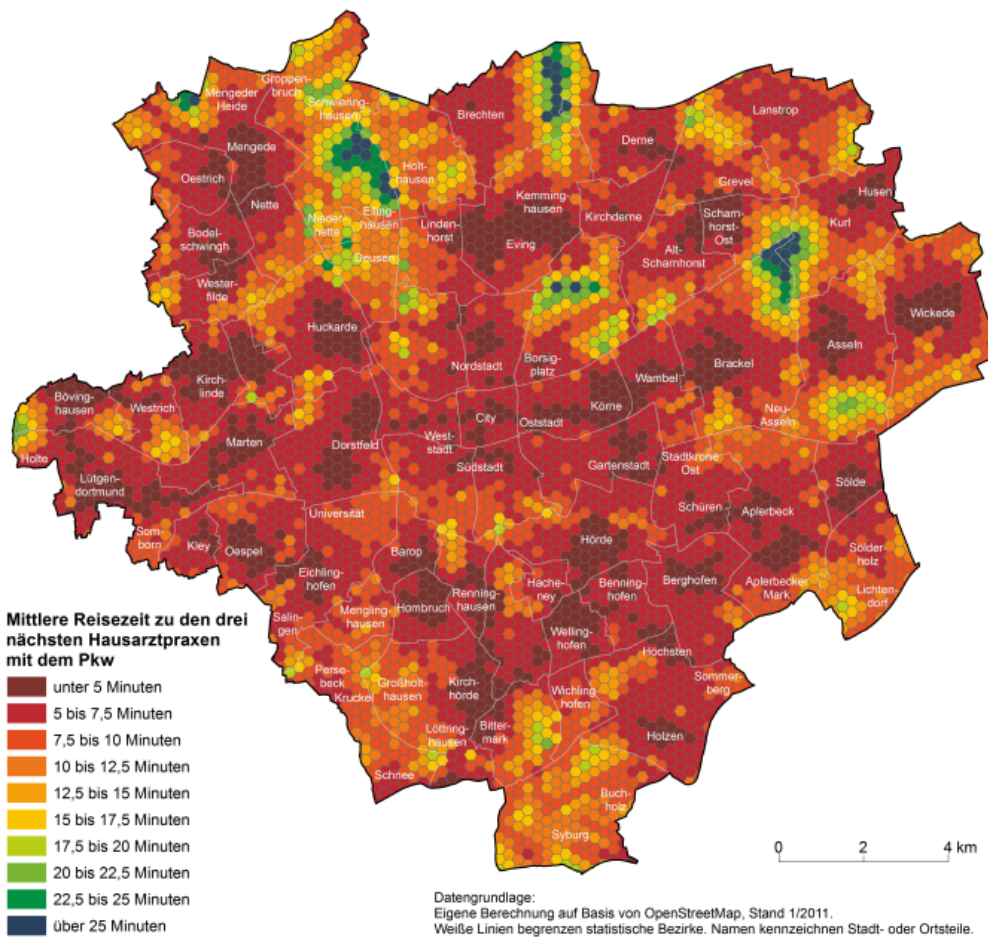
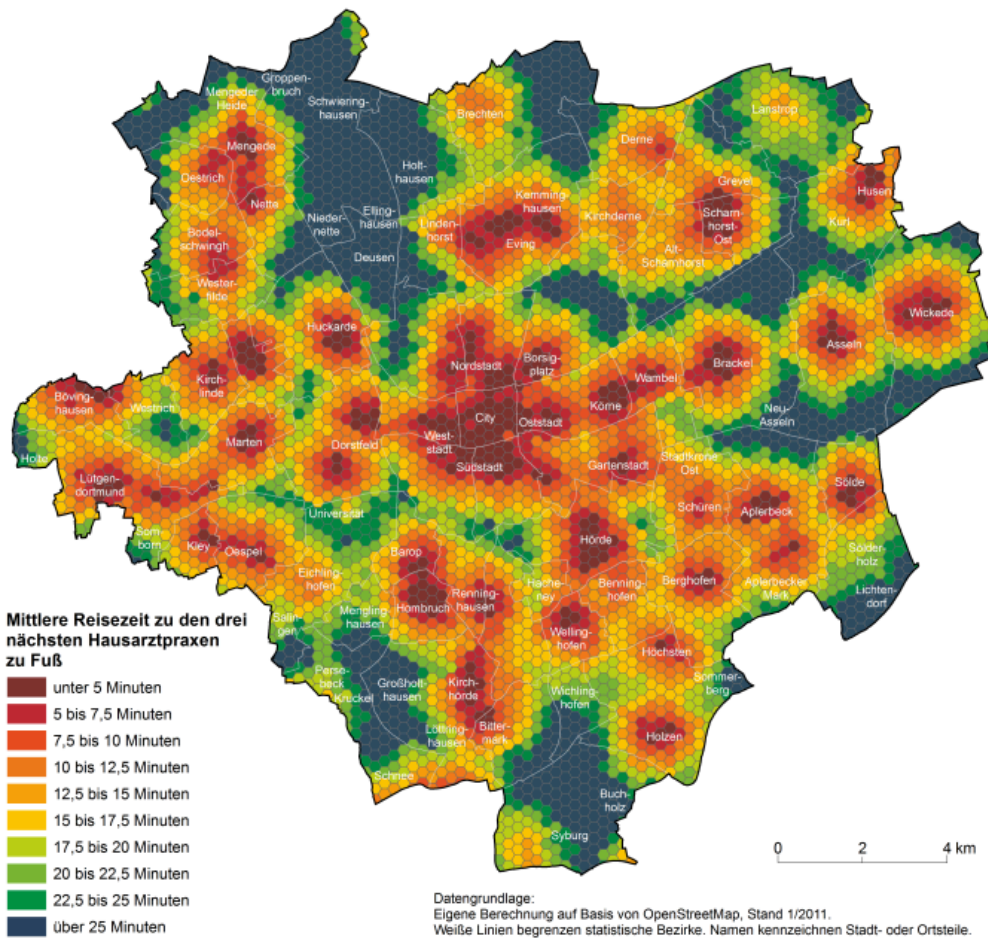
Hausärzte sichern die medizinische Grundversorgung. Für die Bevölkerung sind sie zumeist die erste Anlaufstelle bei gesundheitlichen Problemen. Der Indikator „Naherreichbarkeit von Hausärzten“ drückt die verkehrsmittelspezifische mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Hausärzten aus. Außerhalb Dortmunds liegende Praxen wurden mitberücksichtigt. Da Hausarztpraxen vorzugsweise in Grundzentren vorzufinden sind, korrelieren die Modellergebnisse zur Naherreichbarkeit von Hausärzten vergleichsweise stark mit den bereits zuvor beschriebenen Ergebnissen für Grundzentren und Lebensmittelgeschäften. Die Karten 25a und 25b veranschaulichen die für die vier betrachteten Verkehrsmittel ermittelten Verhältnisse der Naherreichbarkeit von Hausärzten in Dortmund. Zur besseren Vergleichbarkeit ist die Farbklassifizierung in den Abbildungen für alle Verkehrsmittel gleich gehalten. Tabelle 52 fasst die mittleren Reisezeiten pro Einwohner für die jeweils dreißig statistischen Unterbezirke mit der höchsten und der niedrigsten Naherreichbarkeit von Hausärzten zusammen. Im Stadtdurchschnitt beträgt die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Hausärzten elf Minuten zu Fuß, jeweils fünfminuten mit dem Fahrrad oder dem Pkw und zehn Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV.

Die Erreichbarkeitswerte für den Pkw und das Fahrrad unterscheiden sich deutlich von denen zu Fuß und für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Abgesehen von einigen wenigen abgelegenen Ortsteilen wie Deusen, Ellinghausen, Salingen und Syburg können mit dem Pkw die nächsten drei Hausärzte im Mittel in weniger als zehn Minuten erreicht werden. Ähnlich verhält es sich bei der Nutzung eines Fahrrads. Die Fahrrad-Naherreichbarkeit ist bei Kurzstrecken häufig noch besser als die Pkw-Erreichbarkeit. Für beide Verkehrsmittel gilt, dass sie in Dortmund eine nahezu ubiquitär gute Naherreichbarkeit von Hausärzten ermöglichen. Bei der fußläufigen Naherreichbarkeit von Hausärzten und der Naherreichbarkeit zu Fuß/mit dem ÖPNV fallen dagegen deutlich stärkere Disparitäten der Naherreichbarkeit ins Auge. Für diese Verkehrsmittel stechen Teilräume mit einer vergleichsweise guten Naherreichbarkeit von Hausärzten eher punktuell und räumlich konzentriert auf die Innenstadt und Vorortzentren hervor. Die innenstadtnahen Wohnquartiere in der City, am Borsigplatz und in der Süd- und Weststadt zeichnen sich durch eine gute Naherreichbarkeit von Hausärzten zu Fuß beziehungsweise zu Fuß/mit dem ÖPNV aus. Auch in der Nord- und Oststadt sind Bereiche vorzufinden, in denen die

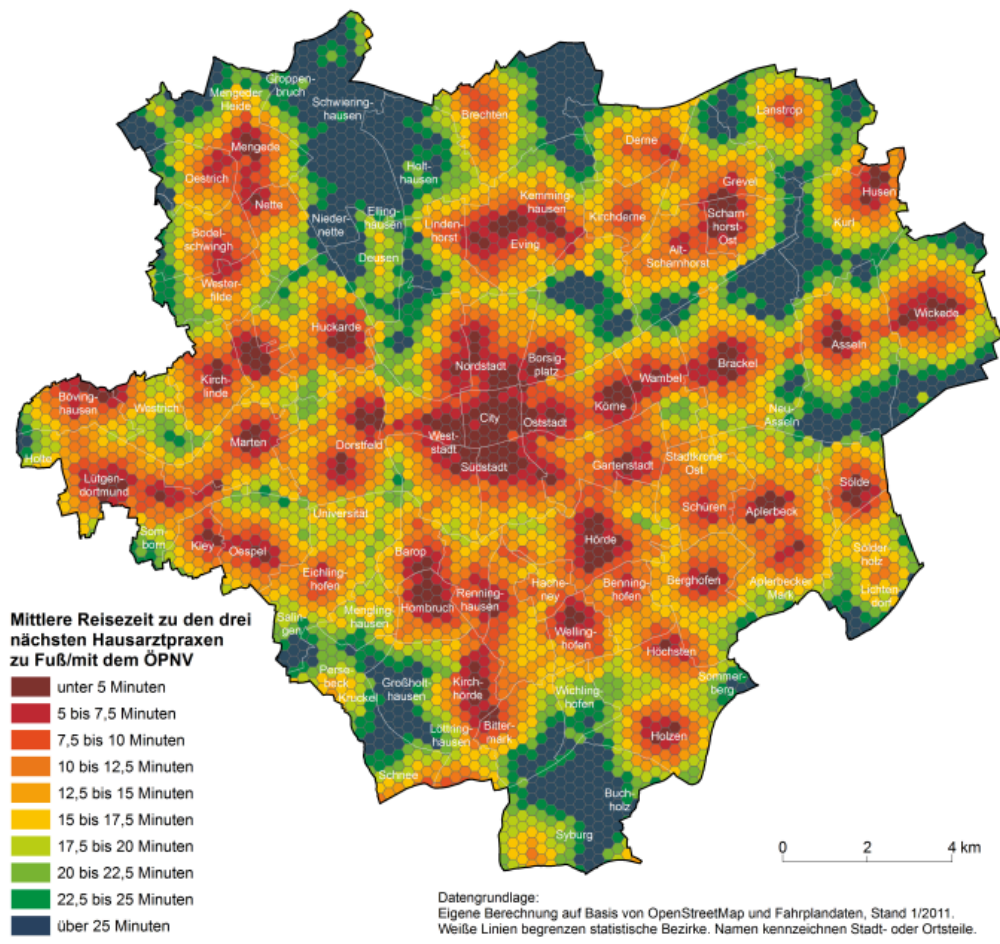
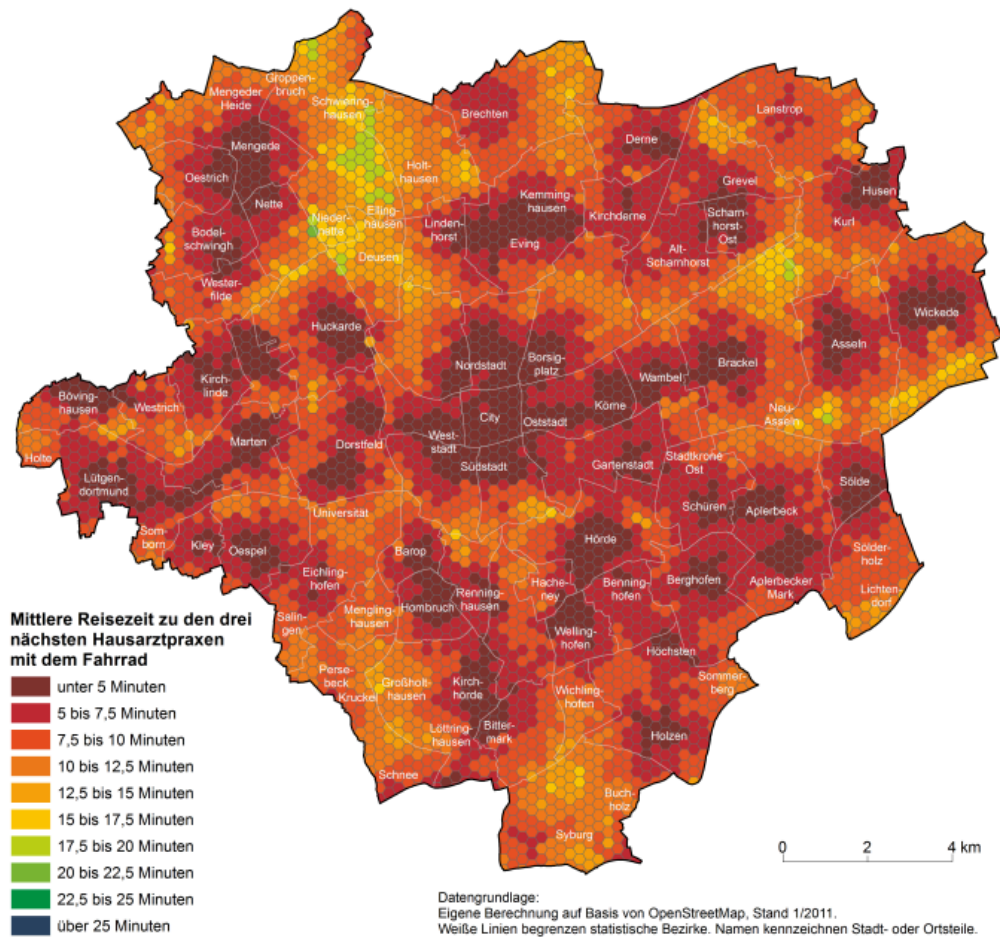
Tabelle 52: Mittlere Reisezeit je Einwohner zu den nächsten drei Hausärzten in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Zechenplatz	2 Min.	2 Min.	3 Min.	2 Min.
2.	City-Ost	1 ½ Min.	2 ½ Min.	4 Min.	2 Min.
3.	Brücherhof	5 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	5 Min.
4.	Hombruch	4 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.
5.	Clarenberg	4 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.
6.	Knappschaftskrankenhaus	5 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	5 Min.
7.	City-West	3 ½ Min.	3 Min.	5 Min.	3 ½ Min.
8.	Cityring-West	3 ½ Min.	3 Min.	5 Min.	3 ½ Min.
9.	Reichshof	5 ½ Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 Min.
10.	Wickede Dorf	5 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	5 Min.
11.	Aplerbecker Markt	5 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	5 ½ Min.
12.	Jungferntal	5 ½ Min.	3 ½ Min.	4 Min.	5 ½ Min.
13.	Wellinghofen	6 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	6 Min.
14.	Huckarde	5 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	5 ½ Min.
15.	Körne	6 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 Min.
16.	Kaiserbrunnen	4 ½ Min.	4 Min.	5 Min.	4 ½ Min.
17.	Nordmarkt-Südost	4 Min.	3 ½ Min.	5 Min.	4 Min.
18.	Nordmarkt-West	5 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.	5 ½ Min.
19.	Kirchhörde-Ost	6 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 Min.
20.	Mengede-Mitte	6 Min.	3 ½ Min.	4 Min.	6 Min.
21.	Scharnhorst-Ost	5 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	5 ½ Min.
22.	Westpark	4 Min.	3 Min.	5 ½ Min.	4 Min.
23.	Borsigplatz	4 ½ Min.	3 Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.
24.	Niedereving	6 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	6 ½ Min.
25.	Dorstfelder Brücke	5 Min.	3 Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.
26.	Eving	6 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	6 Min.
27.	Asseln Dorf	7 Min.	4 Min.	4 Min.	6 Min.
28.	Rahm	7 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	7 Min.
29.	Asseln Hellweg	8 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	7 Min.
30.	Kirchhörde-West	6 ½ Min.	4 Min.	4 ½ Min.	6 ½ Min.
Ø	Stadt Dortmund	11 Min.	5 ½ Min.	5 ½ Min.	10 Min.
141.	Schönau	18,5 Min.	8,0 Min.	7,5 Min.	13,5 Min.
142.	Niedernette	18,5 Min.	8,0 Min.	7,0 Min.	14,0 Min.
143.	Schnee	17,0 Min.	8,0 Min.	7,0 Min.	16,5 Min.
144.	Holte-Kreta	19,0 Min.	8,5 Min.	6,0 Min.	17,0 Min.
145.	Sölderholz	20,5 Min.	8,0 Min.	7,0 Min.	15,0 Min.
146.	Aplerbecker Straße	20,0 Min.	8,0 Min.	7,5 Min.	15,0 Min.
147.	Mengeder Heide	19,5 Min.	8,0 Min.	7,0 Min.	18,0 Min.
148.	Pferderennbahn	19,0 Min.	8,5 Min.	7,5 Min.	16,0 Min.
149.	Persebeck	19,5 Min.	9,0 Min.	7,5 Min.	17,0 Min.
150.	Kurl-Süd	19,0 Min.	8,5 Min.	8,0 Min.	18,0 Min.
151.	Menglinghausen	19,5 Min.	9,5 Min.	8,0 Min.	16,5 Min.
152.	Brackeler Feld	18,5 Min.	9,0 Min.	8,5 Min.	17,5 Min.
153.	Salingen	18,0 Min.	8,5 Min.	11,0 Min.	18,0 Min.
154.	Marsbruchstraße	20,5 Min.	9,0 Min.	8,5 Min.	16,0 Min.
155.	Universität	22,0 Min.	10,0 Min.	7,5 Min.	16,0 Min.
156.	Groppenbruch	22,0 Min.	9,0 Min.	7,5 Min.	19,5 Min.
157.	Löttringhausen-Nord	19,5 Min.	9,5 Min.	8,0 Min.	19,5 Min.
158.	Holthausen	21,0 Min.	9,0 Min.	8,5 Min.	19,5 Min.
159.	Kirchhörde-Nord	21,0 Min.	10,0 Min.	8,0 Min.	20,5 Min.
160.	Wichlinghofen	24,0 Min.	10,0 Min.	7,5 Min.	21,0 Min.
161.	Somborn	22,5 Min.	9,5 Min.	8,0 Min.	21,0 Min.
162.	Funkturmsiedlung	26,5 Min.	10,0 Min.	8,0 Min.	19,0 Min.
163.	Lichtendorf	27,5 Min.	10,5 Min.	9,0 Min.	17,0 Min.
164.	Syburg	26,5 Min.	9,5 Min.	10,0 Min.	23,0 Min.
165.	Kolonie Neuasseln	29,5 Min.	11,0 Min.	9,5 Min.	22,0 Min.
166.	Großholthausen	28,5 Min.	11,5 Min.	9,0 Min.	28,0 Min.
167.	Buchholz	30,0 Min.	11,0 Min.	9,0 Min.	26,0 Min.
168.	Schwieringhausen	32,0 Min.	12,0 Min.	8,5 Min.	28,5 Min.
169.	Deusen	36,0 Min.	14,0 Min.	11,5 Min.	20,0 Min.
170.	Ellinghausen	28,5 Min.	11,0 Min.	13,0 Min.	25,0 Min.

Karte 25a: Naherreichbarkeit von Hausärzten in Dortmund zu Fuß (oben) und mit dem Pkw (unten).



Karte 25b: Naherreichbarkeit von Hausärzten in Dortmund mit dem Fahrrad (oben) und zu Fuß/mit dem ÖPNV (unten).

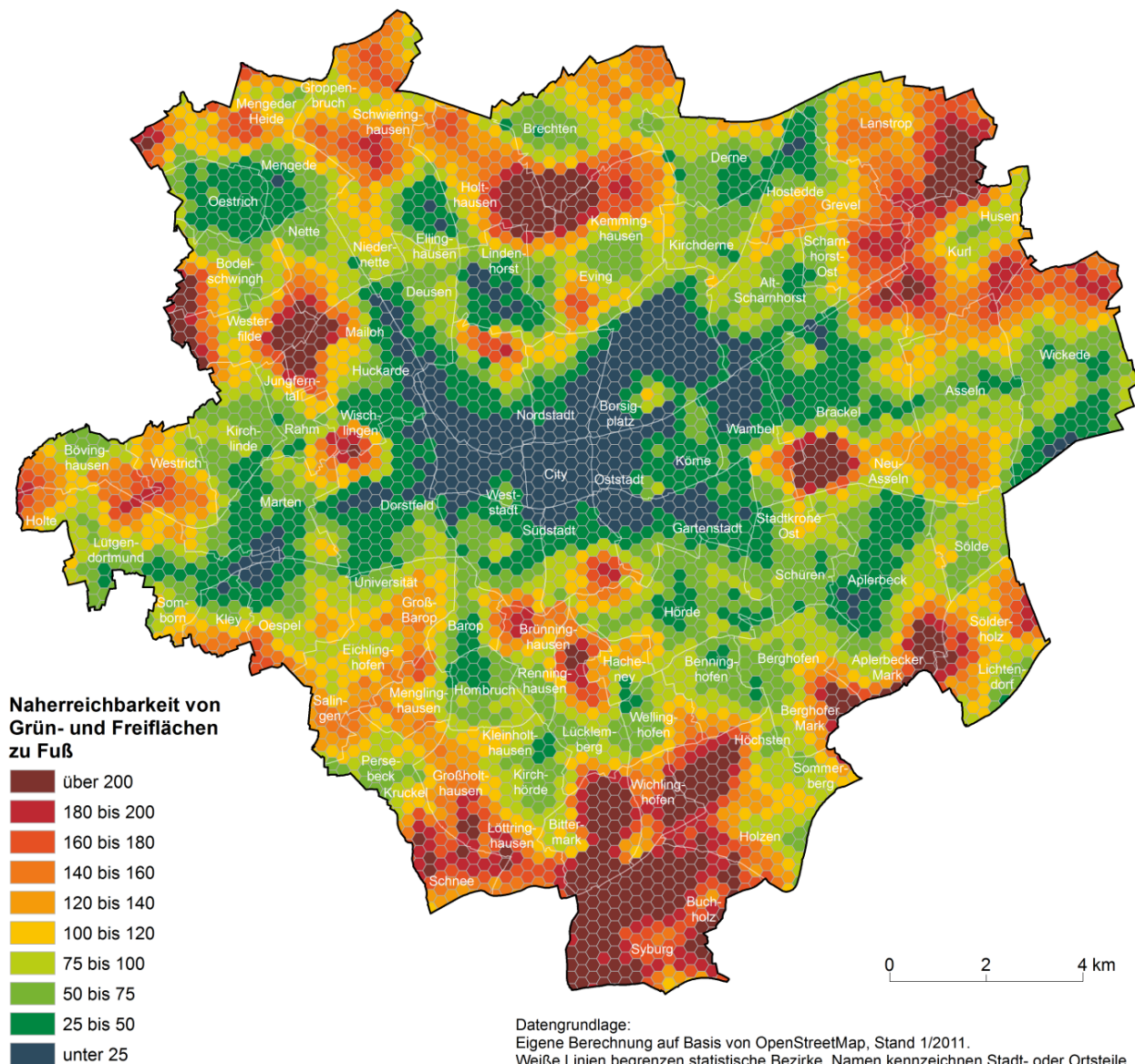


Naherreichbarkeit von Hausärzten gut ist. Außerhalb der Innenstadt ragen neben den am Hellweg liegenden Vororten von Lütgendortmund im Westen über Dorstfeld bis Wickede im Osten vor allem Eving, Scharnhorst-Ost, Husen, Sölde, Aplerbeck, Hörde, Renninghausen, Kirchhörde, Hombruch, Bövinghausen, Jungferntal, Huckarde und Mengede mit einer guten Naherreichbarkeit heraus. Ebenso gibt es in Kirchderne, Berghofen, Höchsten, Holzen, Wellinghofen, der Bittermark, Klein-Barop, Oespel, Kley, Kirchlinde oder Nette Wohnquartiere mit einer guten Naherreichbarkeit von Hausärzten zu Fuß beziehungsweise zu Fuß/mit dem ÖPNV. Zu den Vororten mit einer schlechten Naherreichbarkeit von Hausärzten zu Fuß beziehungsweise zu Fuß/mit dem ÖPNV zählen unter anderem Neuasseln, Sommerberg, Wichlinghofen, Buchholz, Syburg, Löttringhausen, Großholthausen, Kirchhörde-Nord, Salingen, Somborn, Groppenbruch, Schwieringhausen, Ellinghausen, Deusen und Holthausen.

8.2.4 Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen

Mit dem Indikator Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen wird die Möglichkeit zur Durchführung naturgebundener Erholungs- und Freizeitaktivitäten in Wohnortnähe modelliert. Dies beinhaltet zum Beispiel Spaziergehen, Laufen oder Spielen in Parkanlagen, Spiel- und Frei-

Karte 26: Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen zu Fuß in Dortmund.



zeitanlagen, Gärten, Wäldern, Feldern oder an Gewässern. Die Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen wurde mit einem Potenzialindikator berechnet, bei dem die Flächengröße das Attraktivitätsmaß ist. Bei diesem Naherreichbarkeitsindikator sind die Ergebnisse dimensionslos. Um eine einfache Interpretation zu ermöglichen, wurden die Modellergebnisse verkehrsmittelbezogen standardisiert. Für jedes Verkehrsmittel entspricht die durchschnittliche Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen in Dortmund dem Wert 100. Ein Vergleich der absoluten Erreichbarkeitswerte zwischen den Verkehrsmitteln ist nicht möglich.

Karte 26 stellt die ermittelten Naherreichbarkeitsverhältnisse für das Z Fußgehen dar. Schon die Korrelationsanalyse deckte auf, dass die fußläufige Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen gegenläufig zur Naherreichbarkeit von zentralörtlichen Einrichtungen ist. Augenscheinlich ist das abgebildete Muster der fußläufigen Naherreichbarkeitsverhältnisse entgegengesetzt zu den zuvor beschriebenen Erreichbarkeitsindikatoren. Bei der fußläufigen Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen fällt die Innenstadtlage am schlechtesten aus. In Teilen der südlichen und westlichen Innenstadtquartiere verbessert sich die Erreichbarkeitssituation nur wenig aufgrund der Nähe zum Westfalen-, Romberg-, Tremonia- und Westpark und dem Waldgebiet

Karte 27: Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.

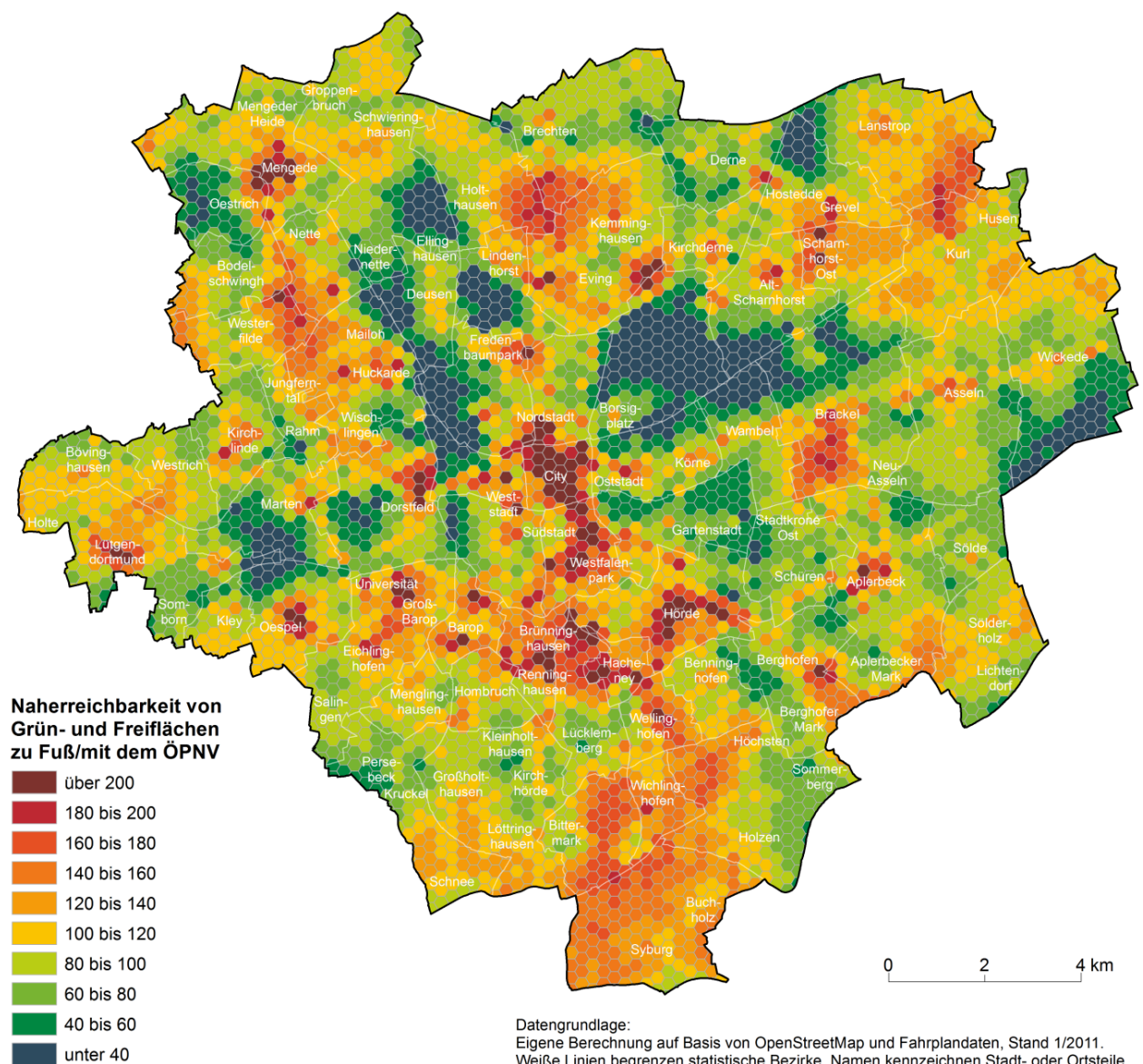


Tabelle 53: Erreichbarkeit von Grün- und Freiflächen auf Ebene in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Wichlinghofen	260	184	146	129
2.	Schanze	251	214	129	117
3.	Syburg	254	218	125	117
4.	Eichlinghofen	165	140	158	114
5.	Schulzentrum Hacheneay	180	112	139	205
6.	Pferdebachtal	159	122	139	145
7.	Buchholz	257	191	108	111
8.	Lanstrop-Alt	193	190	115	106
9.	Höchsten	147	157	141	96
10.	Durchstraße	125	140	135	116
11.	Wellinghofen	112	140	150	128
12.	Lütgendortmund-Mitte	138	117	138	146
13.	Kurl-Nord	208	187	83	143
14.	Universität	165	111	125	140
15.	Brüninghausen/Knepper	173	151	114	95
16.	Brüninghausen	167	100	123	189
17.	Brechten-Süd	162	146	108	104
18.	Mengeder Heide	166	166	119	87
19.	Großholthausen	236	156	96	96
20.	Berghofer Mark	167	154	137	80
21.	Mengede-Mitte	83	150	117	189
22.	Oespel	137	111	130	124
23.	Lanstrop-Neu	176	154	96	98
24.	Grevel	177	156	88	117
25.	Ostenbergstraße	139	103	127	136
26.	Holzen	159	163	132	77
27.	Renninghausen	114	107	131	141
28.	Sölderholz	169	175	94	92
29.	Holthausen	243	141	82	111
30.	Funkturmsiedlung	164	124	131	84
Ø	Stadt Dortmund	100	100	100	100
141.	Gartenstadt-Süd	48	63	136	63
142.	Hafen-Südost	22	41	81	156
143.	Westpark	49	47	80	129
144.	Hafen	81	65	94	86
145.	Schüren-Neu	103	89	93	67
146.	City-West	13	35	76	260
147.	Dorstfelder Brücke	39	45	70	137
148.	Nordmarkt-Süd	23	40	70	148
149.	Cityring-Ost	15	36	68	166
150.	City-Ost	14	29	61	227
151.	Gartenstadt-Nord	50	68	115	51
152.	Huckarde	56	71	81	88
153.	Tremonia	70	52	80	91
154.	Reichshof	47	90	92	81
155.	Körne	53	56	88	88
156.	Hafen-Süd	17	41	92	88
157.	Deusen	94	91	65	77
158.	Nordmarkt-Südost	15	42	71	107
159.	Flughafen	94	96	67	68
160.	Kaiserbrunnen	23	37	70	108
161.	Insterburgsiedlung	41	61	103	59
162.	Westfalendamm-Nord	29	46	98	75
163.	Wambel Dorf	41	68	95	67
164.	Funkenburg	51	47	84	81
165.	Brackeler Feld	89	81	73	56
166.	Union	10	37	82	87
167.	Westheck	48	75	89	44
168.	Borsigplatz	21	43	82	82
169.	Nordmarkt-Ost	41	56	75	72
170.	Westfalenhütte	44	42	60	45

Bolmke sowie in Teilen der nördlichen Nordstadt aufgrund der Nähe zum Fredenbaumpark. Überdurchschnittlich gute fußläufige Naherreichbarkeitsverhältnisse sind dagegen außerhalb der Siedlungskernbereiche an den Rändern der Vororte vorzufinden. Dies gilt im Besonderen für die Ortsteile Holthausen, Lindenhorst, Süd-Brechten, den Norden Evings, den Kurler Norden, die Aplerbecker und Berghofer Mark, Wichlinghofen, Holzen, Buchholz, Syburg, Brünninghausen, Renninghausen, die Bittermark, Löttringhausen, Schnee, Großholthausen, das Jungferntal, Erpinghofsiedlung, Mailoh, Westerfilde und Bodelschwingh, in denen eine gute fußläufige Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen feststellbar ist.

Allerdings sind die Ergebnisse des Naherreichbarkeitsindikators stark vom betrachteten Verkehrsmittel abhängig. Karte 27 zeigt die Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Dabei entspricht der Wert 100 dem Stadtdurchschnitt. Allein die Berücksichtigung der ÖPNV-Angebote in Karte 27 bewirkt im Vergleich zur Darstellung der fußläufigen Naherreichbarkeitsverhältnisse in Karte 26 eine erhebliche Verschiebung des Erreichbarkeitsmusters in Dortmund. Falls in einem Wohnquartier eine gute ÖPNV-Anbindung, zum Beispiel durch Stadtbahnen vorliegt, können Wohnquartiere mit einer relativ schlechten fußläufigen Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen durchaus sehr gute Naherreichbarkeitsverhältnisse zu Fuß/mit dem ÖPNV aufweisen. Wegen der guten Erreichbarkeit der innenstadtnahen Grünanlagen wie dem Westfalen-, Romberg- oder Fredenbaumpark mit der Stadtbahn schneiden beispielsweise die Innenstadt Dortmunds sowie einige andere an den ÖPNV gut angebundene Wohnquartiere ausgesprochen gut ab. Zwar haben die an den Rändern der Vororte befindlichen Wohnquartiere mit sehr guter fußläufiger Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen nach wie vor überdurchschnittlich gute Naherreichbarkeitsbedingungen, im Unterschied zu den citynahen Stadtquartieren, Hörde, Mengede, Brünninghausen, Renninghausen oder Hachenei allerdings besitzen sie weniger Auswahlmöglichkeiten und weisen daher für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV nicht die höchsten Naherreichbarkeitswerte auf.

Tabelle 53 listet die Erreichbarkeitsverhältnisse nach den jeweiligen Verkehrsmitteln differenziert auf. Nach der Rangsumme über alle Verkehrsmittel sortiert sind für Dortmund die jeweils dreißig statistischen Unterbezirke mit der höchsten und niedrigsten Naherreichbarkeit aufgeführt. Sehr deutlich treten die unterschiedlichen relativen Bewertungen für die einzelnen Verkehrsmittel hervor. In Großholthausen (19. Platz) sind die Naherreichbarkeitsverhältnisse zu Fuß und mit dem Fahrrad beispielsweise deutlich überdurchschnittlich. Für den Pkw und ÖPNV dagegen liegt die Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen knapp unterhalb des Dortmunder Durchschnitts. Anders verhält es sich in eher urbanen Wohnquartieren. In der Gartenstadt (141. und 151. Platz) beispielsweise bestehen deutlich unterdurchschnittliche Naherreichbarkeitsverhältnisse sowohl zu Fuß, mit dem Fahrrad als auch mit dem ÖPNV. Die relative Erreichbarkeit mit dem Pkw dagegen ist überdurchschnittlich hoch. Auch in Mengede-Mitte (21. Platz) ist die mit dem Potenzialindikator berechnete Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen zu Fuß nur unterdurchschnittlich. Allerdings wurden für das Fahrrad, den Pkw und ÖPNV deutlich überdurchschnittliche Werte ermittelt. Die häufig in den zentralen Lagen vorliegende schlechte fußläufige Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen kann unter bestimmten Bedingungen und in gewissen Maßen durch die Nutzung des Fahrrads, Pkws oder ÖPNV in Teilen kompensiert werden. Gleichwohl sind mit den Unterbezirken Unionsviertel, Westheck, Borsigplatz, Nordmarkt-Nord und Westfalenhütte (166. bis 170. Platz) dicht besiedelte, innenstadtna-

he Wohnquartiere identifiziert worden, für die in Dortmund die schlechteste Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen vorliegt.

8.2.5 Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten

Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten“ wird die Reisezeit zum nächsten Kindergarten oder zur nächsten Kindertagesstätte ermittelt. Bei der Modellierung der Erreichbarkeit wurden die angenommenen Fahrradfahr- beziehungsweise Gehgeschwindigkeiten kinderkonform auf 10 km/h beziehungsweise 3 km/h reduziert (siehe Kapitel 7.5). Karte 28 stellt auf der Darstellungsebene der Wohnbauflächen die erzielten Ergebnisse des Naherreichbarkeitsindikators für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV dar.

In Dortmund bewirkt die dezentrale Standortverteilung von Kindergärten und Kindertagesstätten in Nähe der Wohnorte, dass die Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten bis auf wenige Ausnahmen insgesamt gut ausfällt. Tabelle 54 zeigt eine Übersicht der mittleren Reisezeiten pro Kind im Kindergartenalter (hier: alle Drei- bis Fünfjährigen) für die dreißig statistischen Unterbezirke mit der jeweils höchsten und niedrigsten Naherreichbarkeit von Kindergär-

Karte 28: Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.

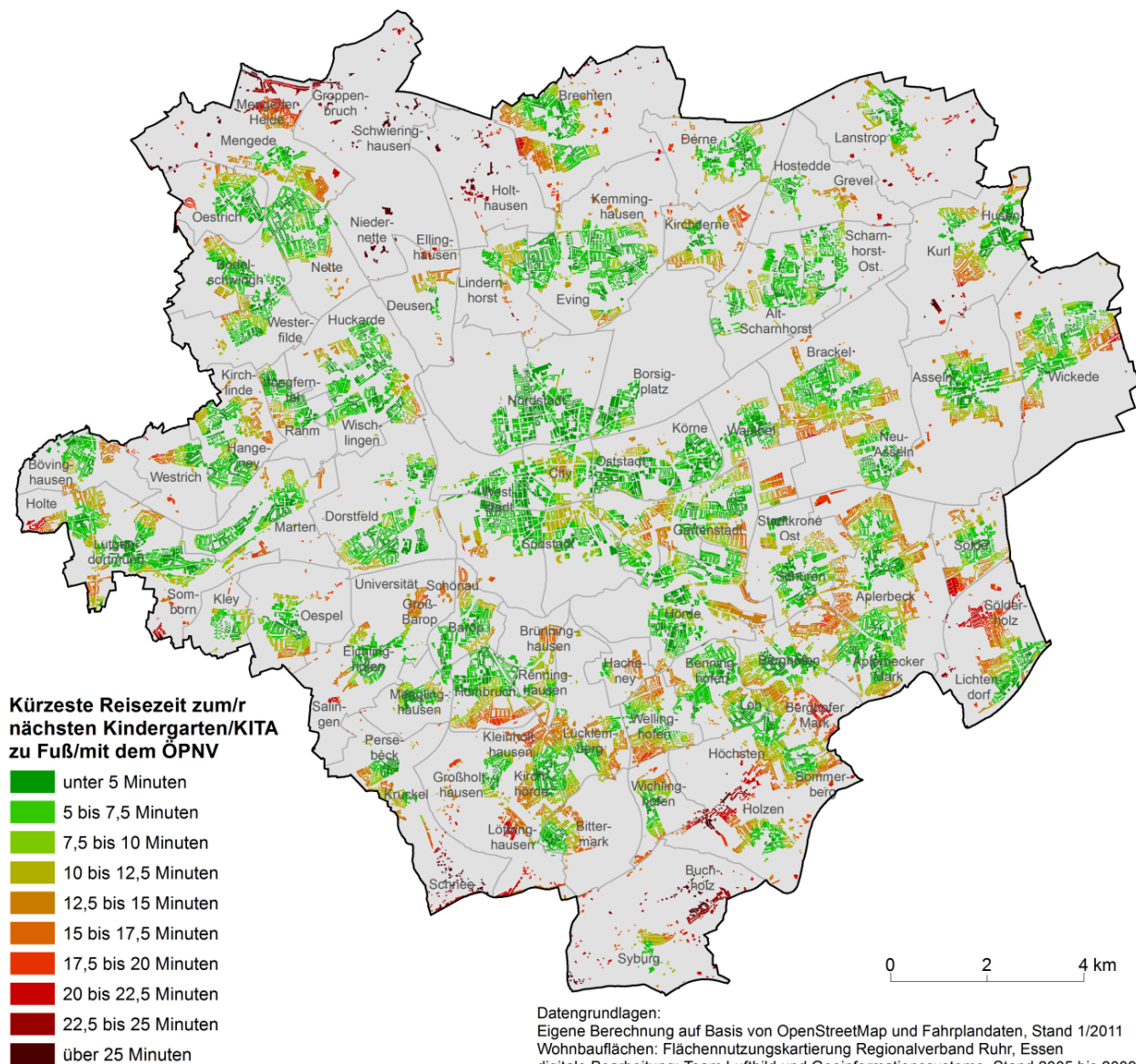


Tabelle 54: Erreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Westpark	1 ½ Min.	2 Min.	3 Min.	1 ½ Min.
2.	Nordmarkt-West	3 ½ Min.	3 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.
3.	Germania	4 Min.	3 Min.	3 Min.	4 Min.
4.	Baroper Markt	4 ½ Min.	3 Min.	3 Min.	4 ½ Min.
5.	Funkturmsiedlung	4 ½ Min.	3 Min.	3 Min.	4 Min.
6.	Breierspfad	5 Min.	3 Min.	3 Min.	4 ½ Min.
7.	Jungferntal	4 ½ Min.	3 Min.	3 ½ Min.	4 ½ Min.
8.	Ostenbergstraße	4 ½ Min.	3 ½ Min.	3 Min.	4 ½ Min.
9.	Nordmarkt-Süd	3 Min.	2 ½ Min.	4 Min.	3 Min.
10.	Dorstfeld	5 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	4 ½ Min.
11.	Asseln Dorf	5 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	4 ½ Min.
12.	Alte Kolonie	5 Min.	3 Min.	3 ½ Min.	5 Min.
13.	Remberg	5 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 Min.
14.	Niedereving	5 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 Min.
15.	Cityring-West	4 Min.	3 Min.	4 ½ Min.	4 Min.
16.	Körne	5 ½ Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
17.	Hombruch	5 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 Min.
18.	Huckarde	5 ½ Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 Min.
19.	Dorstfelder Brücke	4 ½ Min.	3 Min.	4 ½ Min.	4 Min.
20.	Lütgendortmund-Mitte	5 ½ Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
21.	Funkenburg	6 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
22.	Hafen-Südost	4 ½ Min.	3 Min.	4 ½ Min.	4 Min.
23.	MSA-Siedlung	5 ½ Min.	4 Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
24.	Wischlingen	6 Min.	4 Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
25.	Asseln Hellweg	6 Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	6 Min.
26.	Clarenberg	6 ½ Min.	3 ½ Min.	3 ½ Min.	6 Min.
27.	Westholz	5 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	5 Min.
28.	Scharnhorst-Ost	5 ½ Min.	4 ½ Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
29.	Husen-Süd	6 ½ Min.	4 Min.	4 Min.	6 Min.
30.	Borsigplatz	5 Min.	3 Min.	4 ½ Min.	5 Min.
Ø	Stadt Dortmund	9 Min.	5 Min.	4 ½ Min.	8 Min.
141.	Deusen	13 ½ Min.	6 ½ Min.	6 ½ Min.	12 ½ Min.
142.	Westfalenhütte	12 ½ Min.	6 ½ Min.	8 Min.	11 Min.
143.	Syburg	13 ½ Min.	7 Min.	6 ½ Min.	12 Min.
144.	Brünninghausen	17 ½ Min.	8 ½ Min.	5 Min.	13 Min.
145.	Sölde-Süd	17 ½ Min.	7 Min.	5 ½ Min.	16 Min.
146.	Knappschaftskrankenhaus	16 ½ Min.	7 ½ Min.	5 ½ Min.	13 Min.
147.	Flughafen	15 ½ Min.	7 ½ Min.	5 ½ Min.	14 Min.
148.	Marsbruchstraße	14 Min.	7 Min.	7 Min.	12 ½ Min.
149.	Kirchderne	18 ½ Min.	7 Min.	5 ½ Min.	15 ½ Min.
150.	Brünninghausen/Knepper	19 Min.	7 ½ Min.	5 Min.	17 Min.
151.	Kurl-Süd	16 ½ Min.	7 ½ Min.	6 Min.	15 Min.
152.	Universität	15 ½ Min.	8 Min.	6 Min.	13 Min.
153.	Söldeholz	17 Min.	7 ½ Min.	6 Min.	14 Min.
154.	Holte-Kreta	16 Min.	9 ½ Min.	6 Min.	14 ½ Min.
155.	Großholthausen	17 Min.	7 ½ Min.	6 ½ Min.	15 ½ Min.
156.	Schönau	15 ½ Min.	8 ½ Min.	7 Min.	12 ½ Min.
157.	Pferderennbahn	15 ½ Min.	8 Min.	7 Min.	14 Min.
158.	Pferdebachtal	17 ½ Min.	7 ½ Min.	6 ½ Min.	15 Min.
159.	Löttringhausen-Süd	19 Min.	8 Min.	6 ½ Min.	17 ½ Min.
160.	Salingen	25 Min.	9 ½ Min.	5 ½ Min.	21 ½ Min.
161.	Kleinholthausen	20 Min.	9 Min.	6 ½ Min.	17 Min.
162.	Holthausen	19 Min.	8 Min.	7 Min.	16 ½ Min.
163.	Groppenbruch	20 ½ Min.	8 ½ Min.	6 ½ Min.	17 ½ Min.
164.	Schanze	19 ½ Min.	9 ½ Min.	7 Min.	17 ½ Min.
165.	Mengeder Heide	22 ½ Min.	9 Min.	6 ½ Min.	19 Min.
166.	Schnee	20 Min.	9 ½ Min.	7 ½ Min.	18 Min.
167.	Somborn	22 Min.	9 ½ Min.	7 ½ Min.	19 Min.
168.	Buchholz	30 ½ Min.	11 ½ Min.	7 ½ Min.	25 Min.
169.	Ellinghausen	29 Min.	11 ½ Min.	11 ½ Min.	23 ½ Min.
170.	Schwieringhausen	42 ½ Min.	16 Min.	8 ½ Min.	31 Min.

ten und Kindertagesstätten. Im Stadtdurchschnitt ist der nächste Kindergarten beziehungsweise die nächste Kindertagesstätte zu Fuß in sieben Minuten, mit dem Fahrrad oder Pkw in dreieinhalb Minuten und mit dem ÖPNV in sechseinhalb Minuten zu erreichen. Die besten Naherreichbarkeitsverhältnisse sind in Dortmund für die Weststadt festzustellen. Sowohl die übrigen innenstadtnahen Wohnquartiere inklusive der City als auch die meisten Vororte Dortmunds liegen nur knapp dahinter. Zu den Orten, die eine eingeschränkte Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten zu Fuß/mit dem ÖPNV haben, zählen im Süden Dortmunds Sölderholz, Höchsten-West, Holzen-Nordwest, Buchholz, Löttringhausen-Süd, Schanze und Schnee, im Westen Dortmunds Salingen, Somborn und Holte und im Nordwesten Dortmunds die Mengeder Heide, Groppenbruch, Schwieringhausen, Niedernette, Ellinghausen und Holthausen. Es handelt sich hierbei um Teilräume, die zum einen über keinen Kindergarten und keine Kindertagesstätte im Wohnquartier verfügen und zum anderen vergleichsweise dünn besiedelt und eher peripher gelegen sind. Die meisten der Wohnorte befinden sich am Rande des Dortmunder Stadtgebiets. Die mittlere ÖPNV-Reisezeit zur nächsten Einrichtung beträgt fünfzehn Minuten oder mehr. Den mit deutlichem Abstand letzten Platz belegt hierbei der Ort Schwieringhausen, von dem aus zur nächsten Einrichtung im Mittel $29\frac{1}{2}$ Minuten Reisezeit benötigt werden. Um Schwieringhausen herum ist für Dortmund in Bezug auf Kindergärten und Kindertagesstätten die größte Erreichbarkeitslücke auszumachen.

8.2.6 Naherreichbarkeit von Grundschulen

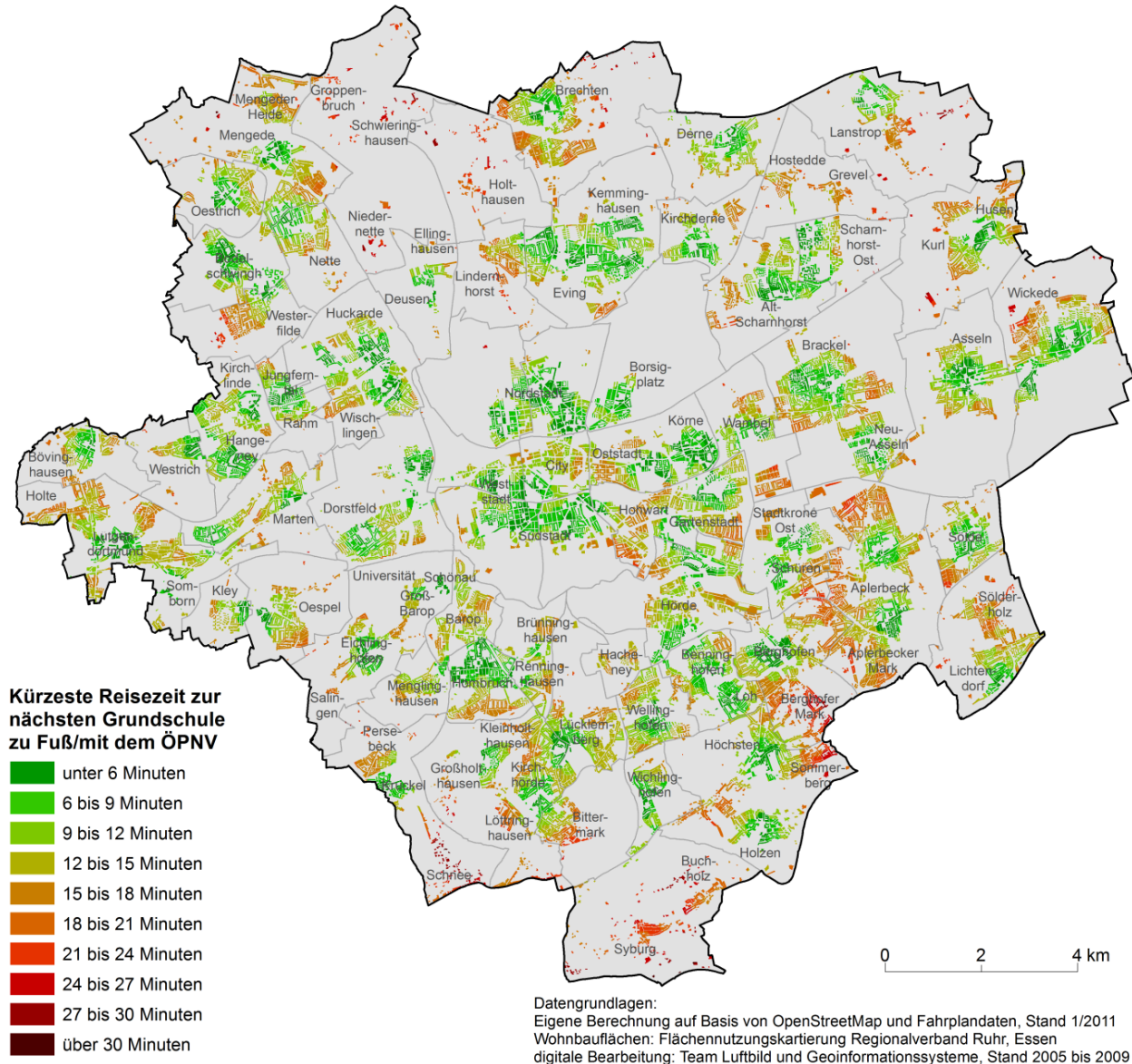
Grundschulen zählen zu den wohnortnahen Bildungseinrichtungen. Mit dem Indikator Naherreichbarkeit von Grundschulen wird die Reisezeit zur nächsterreichbaren Grundschule bestimmt. Schulbezirke bleiben unberücksichtigt, sie bestehen in Dortmund nicht. Für die Modellierung der Reisezeiten zur jeweils nächsten Grundschule wurde im Vergleich zur Gehgeschwindigkeit von Erwachsenen eine reduzierte Gehgeschwindigkeit von 3,0 km/h angenommen. Karte 29 zeigt auf der Darstellungsebene der Wohnbauflächen die erzielten Modellergebnisse für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Außerhalb Dortmunds liegende Einrichtungen wurden mitberücksichtigt.

Die Naherreichbarkeit von Grundschulen kann in Dortmund größtenteils als gut bezeichnet werden. In der Innenstadt und den Innenstadtquartieren, die eine gute Naherreichbarkeit von Grundschulen haben, sind leichte Abstriche lediglich im Kaiserstraßenviertel in der Oststadt sowie in der östlichen City zu machen. Außerhalb des Stadtzentrums zeigen sich gute Naherreichbarkeitsbedingungen vor allem in den Kernbereichen der meisten Vororte. Hervorzuheben sind beispielsweise Kemminghausen, Hombruch-Mitte, Kruckel, Huckarde, Niedereving oder Körne. Längere Schulwege müssen Grundschüler auf sich nehmen, die in den Siedlungsrandbereichen wohnen. Wohnquartiere mit deutlich unterdurchschnittlichen Naherreichbarkeitsverhältnissen finden sich beispielsweise in der Siedlung Hohwart, dem Süden Lanstrops, dem Aplerbecker Norden, Sölderholz, der Berghofer Mark, Sommerberg, Buchholz, Syburg, Löttringhausen-Süd, Schnee, Salingen, dem Westen Westerfildes, Groppenbruch, Niedernette, Schwieringhausen, Ellinghausen und Holthausen. Von hier aus betragen die Reisezeiten zur nächsterreichbaren Grundschule zu Fuß/mit dem ÖPNV mehr als 20 Minuten. Auch der Ortsteil Hacheneu, der ein Schulzentrum mit weiterführenden Schulen und eine Freie Waldorfschule beheimatet, weist eine unterdurchschnittliche Naherreichbarkeit von Grundschulen auf, da in dieser Analyse nur öffentliche Grundschulen betrachtet wurden und Grundschulen in freier Trä-

Tabelle 55: Erreichbarkeit von Grundschulen in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Kemminghausen	5 ½ Min.	4 Min.	3 ½ Min.	5 Min.
2.	Hombruch	5 ½ Min.	4 ½ Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.
3.	Kruckel	7 Min.	4 ½ Min.	4 Min.	7 Min.
4.	Huckarde	7 Min.	5 Min.	4 Min.	6 ½ Min.
5.	Niedereving	7 ½ Min.	5 ½ Min.	4 Min.	7 Min.
6.	Körne	8 ½ Min.	5 Min.	4 Min.	8 Min.
7.	Siedlung Siepmanstraße	7 ½ Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
8.	Breierspfad	8 ½ Min.	5 Min.	4 Min.	8 Min.
9.	Dollersweg	9 Min.	5 Min.	4 Min.	8 Min.
10.	Mengede-Mitte	8 ½ Min.	5 Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
11.	Nordmarkt-West	7 ½ Min.	5 Min.	5 Min.	7 Min.
12.	Brücherhof	9 ½ Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
13.	Jungferntal	8 ½ Min.	6 Min.	4 ½ Min.	8 Min.
14.	Asseln Dorf	9 Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
15.	Kirchhörde-Nord	8 Min.	6 ½ Min.	4 Min.	7 ½ Min.
16.	Hangeney	8 Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	8 Min.
17.	Westheck	9 Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	8 Min.
18.	Scharnhorst-Ost	8 ½ Min.	6 Min.	4 Min.	8 Min.
19.	Sölde-Nord	9 ½ Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	9 Min.
20.	Dorstfelder Brücke	7 Min.	4 ½ Min.	6 Min.	6 ½ Min.
21.	Westholz	7 Min.	6 ½ Min.	5 Min.	6 ½ Min.
22.	Hafen-Süd	8 Min.	5 Min.	5 ½ Min.	7 ½ Min.
23.	Cityring-West	7 Min.	5 Min.	6 Min.	6 ½ Min.
24.	Funkenburg	9 ½ Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	9 Min.
25.	Nordmarkt-Ost	9 Min.	5 ½ Min.	5 Min.	8 Min.
26.	Schwerter Straße	10 ½ Min.	6 Min.	4 ½ Min.	9 ½ Min.
27.	Lanstop-Neu	8 ½ Min.	6 ½ Min.	5 Min.	8 Min.
28.	Kirchlinde-Alt	10 Min.	6 Min.	4 ½ Min.	9 ½ Min.
29.	Erpinghofsiedlung	10 Min.	6 Min.	4 ½ Min.	9 ½ Min.
30.	Obereving	10 Min.	6 Min.	4 ½ Min.	9 Min.
Ø	Stadt Dortmund	13 Min.	7 ½ Min.	5 ½ Min.	11 Min.
141.	Brüninghausen/Knepper	24 Min.	10 ½ Min.	6 Min.	16 ½ Min.
142.	Brechten-Süd	24 Min.	11 Min.	6 ½ Min.	16 Min.
143.	Salingen	26 Min.	11 ½ Min.	5 ½ Min.	20 Min.
144.	Brackeler Feld	18 Min.	11 ½ Min.	8 Min.	15 Min.
145.	Schnee	20 ½ Min.	10 Min.	7 Min.	17 ½ Min.
146.	Holthausen	21 Min.	10 Min.	7 Min.	17 Min.
147.	Kirchderne	22 ½ Min.	11 ½ Min.	7 Min.	15 ½ Min.
148.	Union	21 Min.	12 Min.	7 Min.	14 ½ Min.
149.	Berghofer Mark	22 Min.	11 Min.	6 Min.	19 ½ Min.
150.	Kurl-Nord	19 Min.	12 Min.	7 Min.	17 Min.
151.	Mengeder Heide	23 Min.	10 ½ Min.	7 ½ Min.	15 Min.
152.	Westfalendamm-Süd	19 Min.	12 Min.	8 Min.	15 Min.
153.	Lanstop-Alt	22 ½ Min.	11 Min.	7 Min.	16 ½ Min.
154.	Kolonie Neuasseln	20 Min.	9 ½ Min.	10 Min.	17 ½ Min.
155.	Wickeder Feld	21 Min.	11 Min.	7 Min.	17 ½ Min.
156.	Sölderholz	26 Min.	11 Min.	7 Min.	15 ½ Min.
157.	Löttringhausen-Süd	19 Min.	11 ½ Min.	7 Min.	16 ½ Min.
158.	Marsbruchstraße	21 Min.	10 Min.	7 ½ Min.	18 Min.
159.	Niedernette	23 Min.	10 ½ Min.	7 Min.	17 ½ Min.
160.	Holte-Kreta	27 ½ Min.	13 ½ Min.	6 ½ Min.	16 ½ Min.
161.	Hostedde	25 Min.	12 Min.	7 Min.	16 ½ Min.
162.	Phönix-West	25 ½ Min.	12 ½ Min.	7 Min.	16 Min.
163.	Pferderennbahn	23 ½ Min.	12 Min.	8 Min.	17 ½ Min.
164.	Schulzentrum Hacheney	31 Min.	14 Min.	8 Min.	17 Min.
165.	Rombergpark	25 Min.	15 ½ Min.	8 ½ Min.	18 Min.
166.	Schanze	37 ½ Min.	14 ½ Min.	9 Min.	20 Min.
167.	Ellinghausen	31 Min.	13 Min.	11 Min.	20 ½ Min.
168.	Buchholz	42 Min.	16 Min.	8 Min.	21 Min.
169.	Syburg	54 Min.	21 ½ Min.	9 ½ Min.	21 Min.
170.	Schwieringhausen	47 ½ Min.	21 Min.	11 ½ Min.	25 Min.

Karte 29: Naherreichbarkeit von Grundschulen zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.



gerschaft unberücksichtigt blieben. Die mittlere Reisezeit zu nächsten Einrichtung dauert für Dortmunder Grundschüler zu Fuß dreizehn Minuten, mit dem Pkw fünfeinhalb Minuten, mit dem Fahrrad siebeneinhalb Minuten und zu Fuß/mit dem ÖPNV elf Minuten. Tabelle 55 zeigt eine Übersicht der mittleren Reisezeiten für die dreißig statistischen Unterbezirke mit der jeweils höchsten und niedrigsten Naherreichbarkeit. Im Vergleich mit den Werten der übrigen Ortsteile liegen die Ortsteile Schanze, Ellinghausen, Buchholz, Syburg und Schwieringhausen deutlich abgeschlagen auf den letzten Rängen.

8.2.7 Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II

Weiterführende Schulen der Sekundarstufen I und II umfassen zumeist die Einzugsbereiche mehrerer Grundschulen. Ihre Standorte sind für gewöhnlich stärker zentralisiert als bei Grundschulen. Weiterführende Schulen umfassen mit Gymnasien, Gesamtschulen, Realschulen und Hauptschulen verschiedene Schultypen, die an die individuell unterschiedlichen schulischen Leistungsfähigkeiten der Schüler angepasst sind. Um diese Angebotsvielfalt in einem Naherreichbarkeitsindikator abbilden zu können, wurde zur Modellierung der Naherreichbarkeit von weiterführenden Schulen ein Potenzialindikator verwendet. Als Attraktivitätsmaß wurden die

Aktivitätszielorte herangezogen, also die einzelnen Standorte der Gymnasien, Gesamtschulen, Realschulen und Hauptschulen.

Karte 30 zeigt die Ergebnisse des Potenzialindikators für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Die Naherreichbarkeitsergebnisse sind für jedes Verkehrsmittel mit dem Wert 100 auf den Durchschnitt Dortmunds standardisiert. Bedingt durch die Tatsache, dass das Einzugsgebiet einer Schule der Sekundarstufen I und II größer als bei einer Grundschule ist, fallen die Erreichbarkeitsunterschiede stärker als bei der Naherreichbarkeit von Grundschulen aus. Für einen bedeutenden Anteil an Schülern ist die nächste weiterführende Schule nicht mehr fußläufig zu erreichen. Die Naherreichbarkeit von weiterführenden Schulen gewährt vor allem der ÖPNV beziehungsweise das Fahrrad. Die räumliche Verteilung von weiterführenden Schulen konzentriert sich ringförmig um die Dortmunder Innenstadt. Folgerichtig liegt in den Innenstadtquartieren die höchste Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II vor. Zu Fuß/mit dem ÖPNV zeichnen sich darüber hinaus insbesondere die Ortsmitten von Hörde und Dorstfeld durch eine gute Naherreichbarkeit aus. Zugleich treten einige Orte mit einer guten Naherreichbarkeit punktuell hervor, die einerseits eine gute ÖPNV-Anbindung an die

Karte 30: Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.

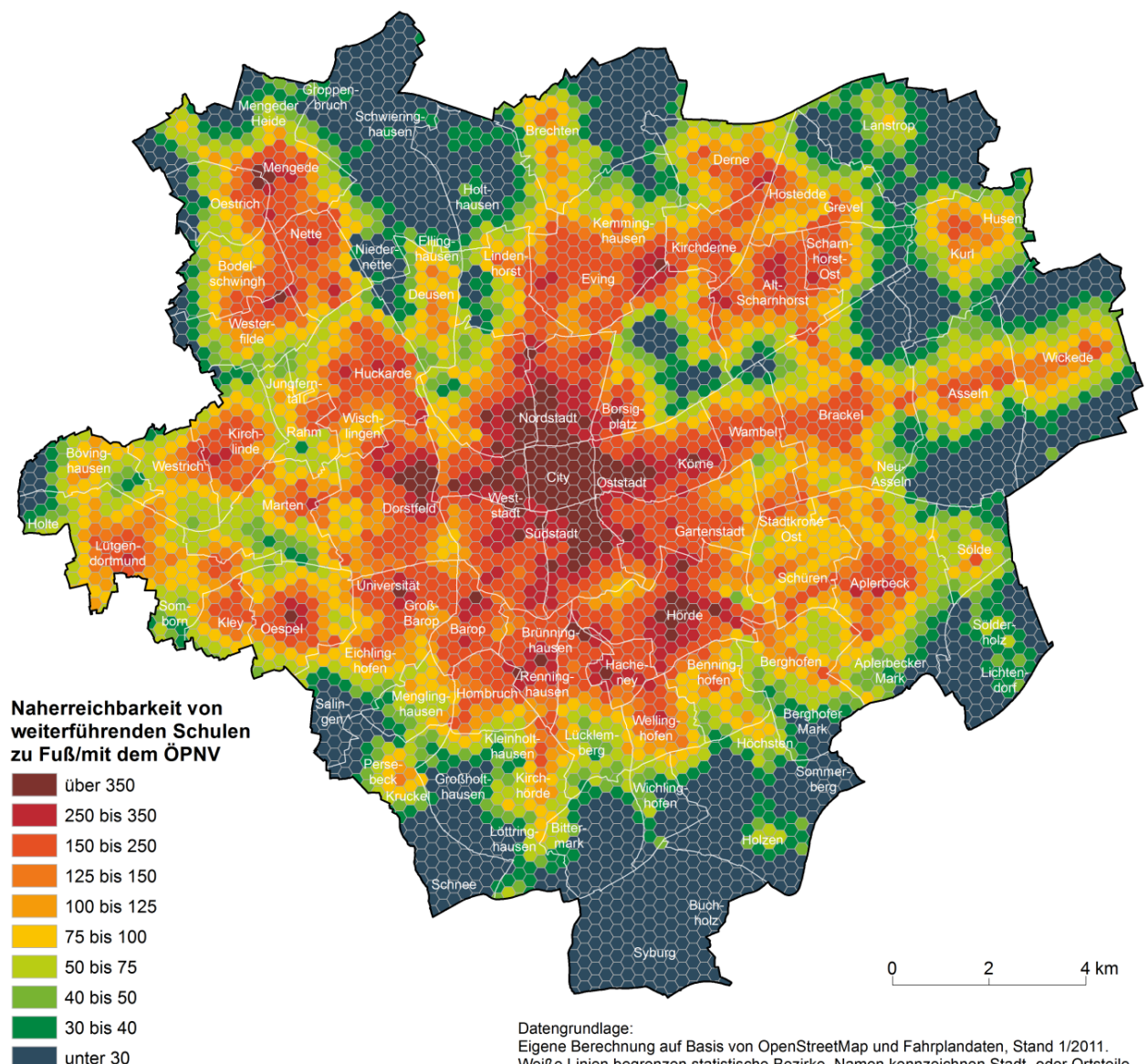


Tabelle 56: Erreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Cityring-West	277	205	126	254
2.	Westpark	336	209	122	224
3.	Hafen-Südost	286	197	122	262
4.	Hafen-Süd	323	178	130	176
5.	Südwestfriedhof	291	186	132	163
6.	Nordmarkt-West	378	192	118	205
7.	Hafen	317	184	124	164
8.	City-West	233	191	118	362
9.	Ruhrallee West	142	182	138	183
10.	Kaiserbrunnen	394	185	105	240
11.	Cityring-Ost	270	189	107	295
12.	Brücherhof	338	162	115	193
13.	Westfalenhalle	118	177	137	166
14.	Phönix-West	239	148	120	163
15.	Nordmarkt-Süd	201	178	107	262
16.	Tremonia	266	175	117	154
17.	City-Ost	291	163	99	347
18.	Ruhrallee Ost	120	165	119	243
19.	Brünninghausen	217	158	120	154
20.	Pferdebachtal	171	133	126	130
21.	Dorstfelder Brücke	143	177	111	221
22.	Nordmarkt-Ost	262	172	106	168
23.	Hangeney	241	104	135	114
24.	Funkenburg	200	152	107	163
25.	Westrich	307	138	129	81
26.	Westfalendamm-Nord	117	149	120	138
27.	Renninghausen	230	132	114	134
28.	Hallerey	145	114	108	204
29.	Wellinghofen	145	123	123	105
30.	Clarenberg	117	137	109	158
Ø	Stadt Dortmund	100	100	100	100
141.	Kirchhörde-Ost	5	54	83	59
142.	Höchsten	2	61	95	36
143.	Holthausen	17	59	69	41
144.	Wichlinghofen	5	47	100	19
145.	Kolonie Neuasseln	3	63	90	23
146.	Wickeder Feld	39	64	43	27
147.	Groppenbruch	14	61	79	17
148.	Berghofer Mark	1	55	96	21
149.	Mengeder Heide	1	46	95	31
150.	Deusen	1	54	68	54
151.	Kirchhörde-West	3	39	70	56
152.	Holzen	3	51	83	18
153.	Persebeck	1	39	85	42
154.	Kirchhörde-Nord	8	49	71	22
155.	Kruckel	1	39	83	42
156.	Schwieringhausen	9	48	73	13
157.	Husen-Nord	6	43	52	33
158.	Löttringhausen-Nord	2	44	69	24
159.	Sölderholz	3	53	53	24
160.	Lanstrop-Neu	2	46	56	31
161.	Großholthausen	2	41	72	17
162.	Lanstrop-Alt	1	46	62	31
163.	Ellinghausen	1	43	69	21
164.	Schanze	1	23	79	19
165.	Syburg	1	20	81	6
166.	Bittermark	1	32	67	26
167.	Lichtendorf	1	46	53	20
168.	Löttringhausen-Süd	1	31	61	24
169.	Buchholz	1	24	65	6
170.	Schnee	1	29	58	14

Innenstadt und andererseits entsprechende Schulangebote in ihrer Nähe vorzuweisen haben. Dies trifft beispielsweise auf die Ortskerne von Renninghausen und Mengede oder Wohnquartiere wie die Franz-Zimmer-Siedlung, Hacheneu, die Universität, Oespel oder Westerfilde zu, die in unmittelbarer Nähe von Stadtbahn- oder S-Bahnhaltepunkten liegen. In Bezug auf die Naherreichbarkeit von weiterführenden Schulen profitiert Dortmund vor allem von einer relativ guten Verteilung der Gymnasien, Realschulen, Gesamtschulen und Hauptschulen sowie einem im Hinblick auf die Erreichbarkeit des Zentrums gut ausgebauten ÖPNV-Angebot. Deutlich unterdurchschnittliche Erreichbarkeitswerte finden sich dagegen in Lanstrop, Husen-Nord, Sölderholz, Lichtendorf, der Berghofer Mark, Sommerberg, Teile Holzens, Buchholz, Wichlinghofen, Syburg, Löttringhausen-Süd, Schnee, Großholthausen, Salingen, der Mengeder Heide, Groppenbruch, Schwieringhausen, Ellinghausen und Holthausen. Insbesondere im äußersten Süden Dortmunds sind erkennbare Abstriche zu machen.

Tabelle 56 zeigt eine Übersicht der Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II für die dreißig statistischen Unterbezirke mit der jeweils höchsten und niedrigsten Naherreichbarkeit aus Sicht der Schüler. Die Unterbezirke sind über die verschiedenen Verkehrsmittel nach ihrer Rangsumme sortiert aufgelistet. Der Wert 100 entspricht dabei dem verkehrsmittelspezifischen Stadtdurchschnitt. Zu Fuß finden sich die höchsten Disparitäten in den Erreichbarkeitsverhältnissen vor, gefolgt vom ÖPNV und Fahrrad. Die Nutzbarkeit eines Pkws dagegen bewirkt wiederum vergleichsweise homogene Erreichbarkeitsverhältnisse. Die Unterbezirke mit der besten Naherreichbarkeit von weiterführenden Schulen sind Cityring-West, Westpark, Hafen-Südost, Hafen-Süd und Südwestfriedhof, die Unterbezirke mit den schlechtesten Erreichbarkeitswerten sind Schnee, Buchholz, Löttringhausen-Süd, Lichtendorf und die Bittermark.

8.2.8 Naherreichbarkeit von Berufskollegs

Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Berufskollegs“ wird die Erreichbarkeit von Berufskollegs abgebildet, die vornehmlich Schülern im Kernalter von 16 bis 19 Jahren Angebote zur berufsnahen Bildung und Erlangung der allgemeinen Hochschulreife anbieten. Die Naherreichbarkeit wurde mit einem Potenzialindikator berechnet. Dabei diente die Anzahl der Lehrkräfte an einem Berufskolleg als Maß der Attraktivität. Die dimensionslosen Ergebnisse sind verkehrsmittelspezifisch standardisiert worden. Ein Wert von 100 entspricht der durchschnittlichen verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit von Berufskollegs in Dortmund.

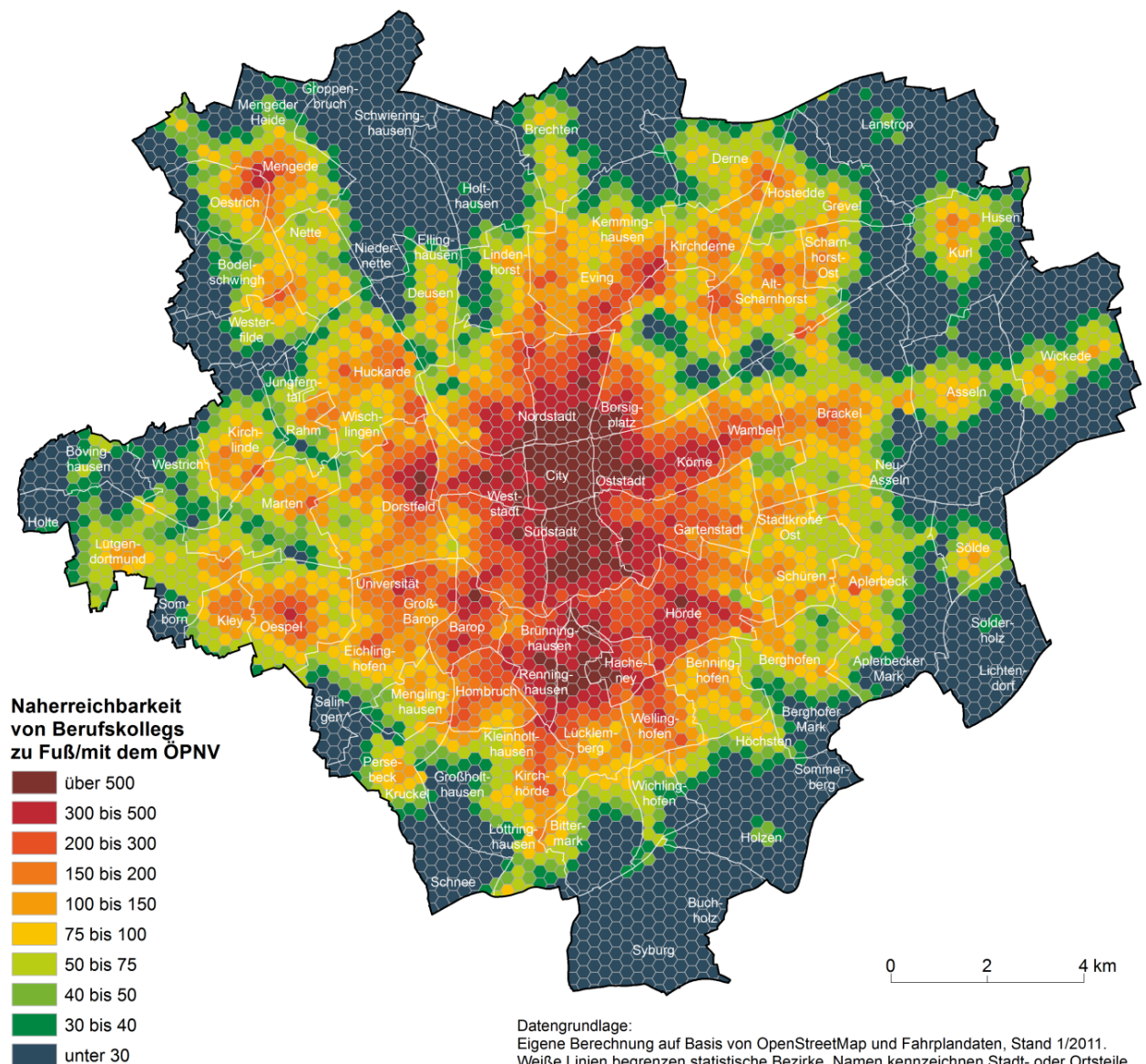
Karte 31 zeigt das räumliche Muster der Naherreichbarkeit von Berufskollegs in Dortmund für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Es ist von der Standortverteilung geprägt. Die 18 Berufskollegs sind bis auf eine Ausnahme in Oespel räumlich innerhalb Dortmunds auf einen schmalen Nord-Süd-Streifen beschränkt, der vom nordöstlichen Cityring bis zu den Schulzentren östlich und westlich des Rombergparks in Hacheneu und Brünninghausen verläuft. Dies führt zu einer starken Disparität der Erreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund. Sehr gute Naherreichbarkeitswerte für Berufskollegs finden sich in der Innenstadt und rund um das Schulzentrum Hacheneu und der Hagener Straße in Renninghausen vor. Im Weiteren werden die Naherreichbarkeitsverhältnisse in den Wohnquartieren vor allem durch die ÖPNV-Angebotsstruktur vorgegeben. In den Wohnquartieren, die eine gute ÖPNV-Erschließung haben, ist die Naherreichbarkeit von Berufskollegs in aller Regel überdurchschnittlich. Abseits der ÖPNV-Achsen jedoch fällt die Naherreichbarkeit deutlich ab. Die schlechtesten Erreichbarkeitswerte weisen die Quartiere entlang der Stadtgrenze im Norden, Osten und Süden auf.

Tabelle 57: Erreichbarkeit von Berufskollegs in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Cityring-Ost	4.090	875	221	685
2.	Nordmarkt-Südost	1.674	726	184	440
3.	Borsigplatz	1.483	727	188	347
4.	Ruhrallee Ost	884	485	188	407
5.	Kaiserbrunnen	1.286	597	187	366
6.	City-Ost	1.680	585	167	538
7.	Schulzentrum Hacheneay	1.433	391	187	391
8.	Ruhrallee West	539	427	195	315
9.	Rombergpark	1.870	423	168	349
10.	Nordmarkt-Süd	1.370	536	160	424
11.	City-West	698	476	166	482
12.	Cityring-West	386	398	171	334
13.	Funkenburg	410	461	168	229
14.	Brünninghausen	287	286	177	249
15.	Renninghausen	739	268	169	242
16.	Westfalendamm-Süd	488	336	168	230
17.	Westfalenhalle	160	285	173	241
18.	Hafen-Südost	259	311	142	335
19.	Westfalendamm-Nord	242	346	177	179
20.	Pferdebachtal	281	261	181	187
21.	Westpark	137	360	159	254
22.	Nordmarkt-Ost	448	376	139	231
23.	Phönix-West	147	194	154	191
24.	Dorstfelder Brücke	59	264	137	262
25.	Körne	52	270	146	185
26.	Südwestfriedhof	54	214	157	182
27.	Wellinghofen	84	194	166	145
28.	Hafen-Süd	78	241	134	207
29.	Nordmarkt-West	171	249	130	179
30.	Brücherhof	65	164	140	202
Ø	Stadt Dortmund	100	100	100	100
141.	Asseln Hellweg	0,000661	9,0	49	52
142.	Kolonie Neuasseln	0,001691	13,0	82	13
143.	Wickede Dorf	0,010112	9,1	35	36
144.	Grevel	0,000415	8,5	51	44
145.	Bodelschwingh	0,007495	5,0	61	33
146.	Asseln Dorf	0,000434	7,4	46	43
147.	Kurl-Nord	0,000060	5,9	33	67
148.	Schwerter Straße	0,001730	9,2	60	24
149.	Westerfilde	0,000309	3,1	61	47
150.	Bövinghausen	0,004543	4,1	80	20
151.	Wickeder Feld	0,042946	11,0	29	13
152.	Vieselerhofstraße	0,001167	8,5	58	26
153.	Niedernette	0,000136	5,9	53	41
154.	Mengeder Heide	0,004004	5,3	66	23
155.	Kolonie Holstein	0,000461	8,7	46	34
156.	Nette	0,000213	4,9	52	41
157.	Buchholz	0,004312	7,4	57	5
158.	Sölde-Nord	0,000077	4,7	57	37
159.	Husen-Nord	0,000294	5,7	34	30
160.	Ellinghausen	0,001342	6,7	46	14
161.	Kurl-Süd	0,000089	5,3	33	36
162.	Lanstrop-Neu	0,006439	5,0	33	16
163.	Asselburg	0,000368	5,6	37	22
164.	Husen-Süd	0,000288	5,7	32	26
165.	Lanstrop-Alt	0,000676	4,8	38	17
166.	Sölde-Süd	0,000101	4,1	43	27
167.	Groppenbruch	0,000914	3,7	52	8
168.	Schwieringhausen	0,000116	4,7	48	7
169.	Sölderholz	0,000010	2,6	33	14
170.	Lichtendorf	0,000002	1,9	34	9

Tabelle 57 fasst die Naherreichbarkeit von Berufskollegs für die dreißig statistischen Unterbezirke mit der jeweils höchsten und niedrigsten Naherreichbarkeit zusammen. Die statistischen Unterbezirke sind nach der Rangsumme der einzelnen Verkehrsmittel sortiert. Der Wert 100 entspricht dem verkehrsmittelspezifischen Stadtdurchschnitt. Wegen der vergleichsweise starken räumlichen Konzentration der Berufskollegs auf wenige Standorte in Innenstadtnähe weichen die Erreichbarkeitswerte für das Z Fußgehen und Fahrradfahren zwischen den Unterbezirken mit den besten und schlechtesten Werten merklich voneinander ab. Bei den nichtmotorisierten Verkehrsmitteln bestehen enorme Disparitäten in der Erreichbarkeit von Berufskollegs. Für das Aufsuchen der Berufskollegs spielen nichtmotorisierte Verkehrsmittel in vielen Wohnquartieren praktisch keine Rolle. Einzig der ÖPNV und der Pkw können die Erreichbarkeit von Berufskollegs in Dortmund sichern. Die Unterbezirke mit der besten Naherreichbarkeit von Berufskollegs sind Cityring-Ost, Nordmarkt-Südost, Borsigplatz, Ruhrallee Ost und Kaiserbrunnen, die Unterbezirke mit den schlechtesten Erreichbarkeitswerten sind Lichtendorf, Sölderholz, Schwieringhausen, Groppenbruch und Söde-Süd.

Karte 31: Naherreichbarkeit von Berufskollegs zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.



8.2.9 Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten

Seniorenbegegnungsstätten als Anlaufstellen und Betreuungsnetzwerk ermöglichen älteren Menschen Kontakt und unterstützen gesellschaftliche Teilhabe und ein selbstbestimmtes Leben. Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten“ wurde der mittlere Reiseaufwand zu den drei nächsterreichbaren Senioreneinrichtungen ermittelt.

Die Ergebnisse des berechneten Reisezeitindikators zeigt Karte 32 auf der Darstellungsebene der Wohnbauflächen für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Eine sehr gute Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten weisen die Wohnquartiere in der Dortmunder Innenstadt auf. Insbesondere die Gebiete nördlich des Hauptbahnhofs und um den Hackländer Platz in der Nordstadt, das westliche Kaiserstraßenviertel in der Oststadt, die Weststadt, das Kreuzviertel in der Südstadt und die nördliche Gartenstadt ragen heraus. Da Seniorenbegegnungsstätten in Dortmund recht dezentral im Raum verteilt sind, schneiden auch viele der Dortmunder Vororte mit einer außerordentlich guten Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten ab. Hervorzuheben sind beispielsweise Kirchderne, Scharnhorst-Ost, Lanstrop, Husen, die Hellwegvororte Wambel, Brackel, Asseln und Wickede, Sölde, Aplerbeck Markt, Hoffe, Ullersdorf, Somborn, Kle, Giesel, Eicklinghagen, Semingen, Menglinghausen, Großholzhausen, Kleinholzhausen, Löttinghausen, Schnee, Syburg, Bischholz, Wambel, Brackel, Asseln und Wickede, Sölde, Aplerbeck Markt, Hoffe, Ullersdorf, Somborn, Kle, Giesel, Eicklinghagen, Semingen, Menglinghausen, Großholzhausen, Kleinholzhausen, Löttinghausen, Schnee, Syburg, Bischholz.

Karte 32: Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.

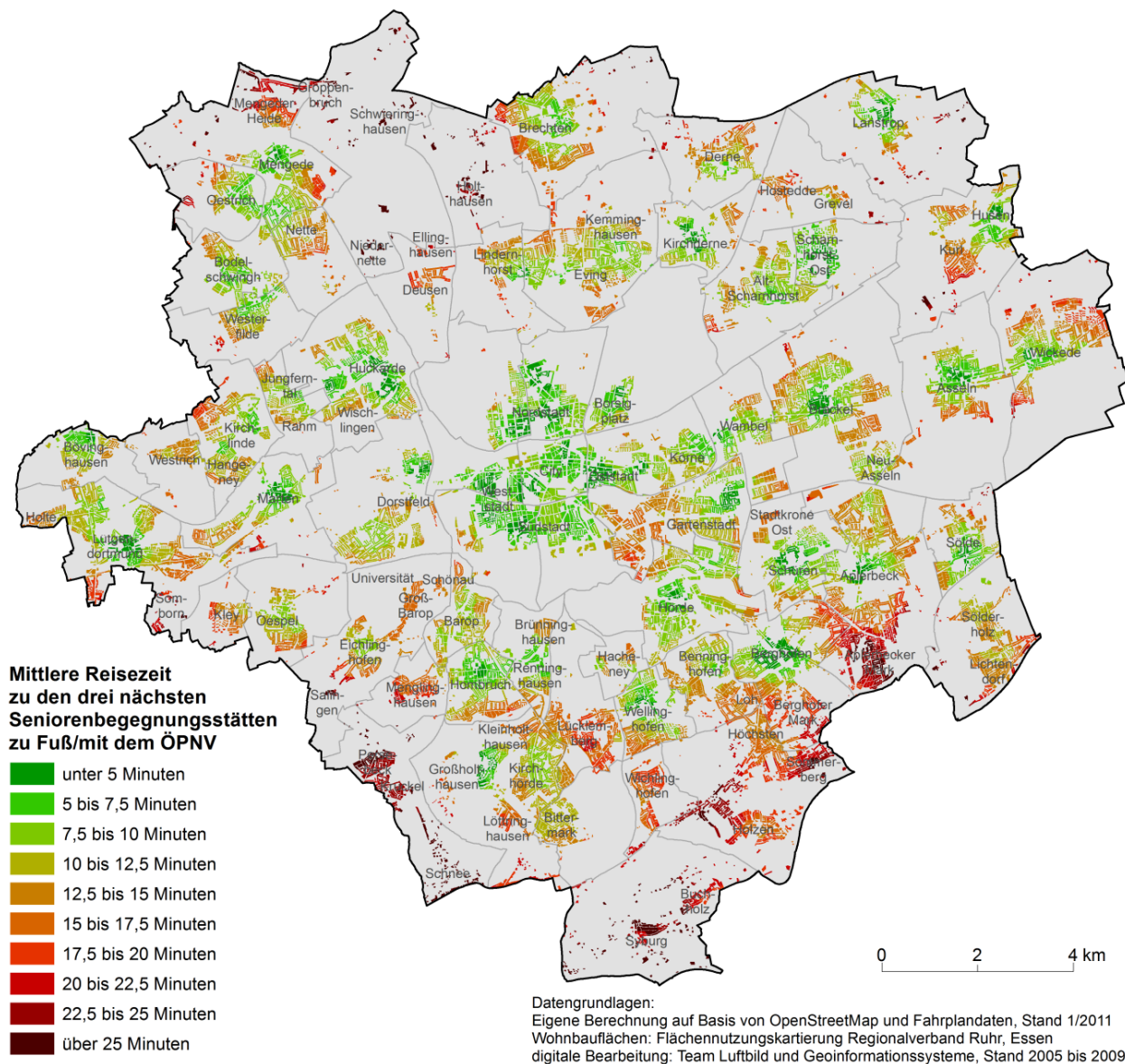


Tabelle 58: Erreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	Löttringhausen-Nord	5 ½ Min.	3 ½ Min.	4 ½ Min.	5 ½ Min.
2.	Asseln Dorf	7 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	6 ½ Min.
3.	Huckarde	7 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	7 Min.
4.	Nordmarkt-West	6 Min.	4 Min.	5 Min.	6 Min.
5.	Lütgendortmund-Mitte	7 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	7 Min.
6.	Scharnhorst-Ost	7 Min.	4 ½ Min.	5 Min.	7 Min.
7.	Mengede-Mitte	7 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	7 Min.
8.	Lanstrop-Neu	7 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
9.	Reichshof	8 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
10.	Kirchhörde-Nord	7 ½ Min.	5 Min.	5 Min.	7 ½ Min.
11.	Berghofen Dorf	8 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	8 Min.
12.	Dorstfelder Brücke	5 Min.	3 ½ Min.	5 ½ Min.	5 Min.
13.	Breierspfad	8 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	7 ½ Min.
14.	Aplerbecker Markt	7 ½ Min.	4 ½ Min.	5 Min.	7 ½ Min.
15.	Wickede Dorf	8 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	8 Min.
16.	Wellinghofen	8 ½ Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	8 ½ Min.
17.	Hombruch	8 Min.	5 Min.	5 Min.	7 ½ Min.
18.	Hafen-Südost	5 Min.	3 ½ Min.	6 Min.	5 Min.
19.	Erpinghofsiedlung	8 Min.	4 ½ Min.	5 Min.	8 Min.
20.	Alte Kolonie	9 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	9 Min.
21.	Gartenstadt-Nord	8 ½ Min.	5 Min.	5 Min.	8 ½ Min.
22.	Kaiserbrunnen	6 ½ Min.	5 Min.	6 Min.	6 ½ Min.
23.	Knappschaftskrankenhaus	10 Min.	5 Min.	5 Min.	9 Min.
24.	Westpark	6 Min.	4 Min.	6 Min.	6 Min.
25.	Franz-Zimmer-Siedlung	9 Min.	5 Min.	5 ½ Min.	8 ½ Min.
26.	Husen-Süd	9 ½ Min.	5 Min.	5 Min.	9 ½ Min.
27.	Clarenberg	9 ½ Min.	5 Min.	5 Min.	9 ½ Min.
28.	Marten	9 Min.	5 Min.	5 ½ Min.	9 Min.
29.	Westholz	10 Min.	6 Min.	5 Min.	9 ½ Min.
30.	Nordmarkt-Süd	6 Min.	4 Min.	6 ½ Min.	6 Min.
Ø	Stadt Dortmund	12 ½ Min.	6 Min.	6 Min.	11 ½ Min.
141.	Siedlung Siepmanstraße	18 Min.	8 ½ Min.	7 Min.	17 Min.
142.	Höchsten	21 ½ Min.	8 ½ Min.	7 Min.	16 ½ Min.
143.	Aplerbeck Bahnhof Süd	19 Min.	8 ½ Min.	7 Min.	15 ½ Min.
144.	Wichlinghofen	21 ½ Min.	9 Min.	6 ½ Min.	18 Min.
145.	Kurl-Süd	18 Min.	7 ½ Min.	7 Min.	17 Min.
146.	Niedernette	20 ½ Min.	8 ½ Min.	7 ½ Min.	15 Min.
147.	Universität	19 ½ Min.	9 Min.	7 ½ Min.	15 ½ Min.
148.	Berghofer Mark	19 ½ Min.	8 Min.	7 Min.	18 ½ Min.
149.	Hostedde	20 Min.	9 Min.	7 ½ Min.	16 Min.
150.	Kley	19 ½ Min.	9 ½ Min.	8 Min.	15 ½ Min.
151.	Menglinghausen	19 Min.	10 Min.	7 ½ Min.	16 ½ Min.
152.	Westfalendamm-Süd	18 Min.	9 ½ Min.	8 ½ Min.	16 Min.
153.	Holzen	23 Min.	9 ½ Min.	7 Min.	20 Min.
154.	Buchholz	24 ½ Min.	9 ½ Min.	7 Min.	22 ½ Min.
155.	Mengeder Heide	21 Min.	8 ½ Min.	7 ½ Min.	19 Min.
156.	Brüninghausen/Knepper	28 Min.	10 ½ Min.	7 ½ Min.	20 Min.
157.	Schwerter Straße	23 ½ Min.	10 Min.	8 Min.	19 ½ Min.
158.	Schanze	22 ½ Min.	9 ½ Min.	9 Min.	20 Min.
159.	Salingen	28 ½ Min.	11 ½ Min.	7 ½ Min.	26 Min.
160.	Holthausen	24 Min.	10 Min.	9 Min.	22 Min.
161.	Kruckel	26 Min.	11 Min.	8 ½ Min.	22 Min.
162.	Deusen	28 Min.	11 ½ Min.	10 ½ Min.	17 ½ Min.
163.	Somborn	27 Min.	11 Min.	8 ½ Min.	23 ½ Min.
164.	Aplerbecker Mark	27 ½ Min.	11 Min.	9 Min.	22 ½ Min.
165.	Groppenbruch	29 Min.	11 Min.	9 Min.	23 Min.
166.	Syburg	33 ½ Min.	13 Min.	9 Min.	24 ½ Min.
167.	Persebeck	30 Min.	12 ½ Min.	9 ½ Min.	25 Min.
168.	Schnee	30 ½ Min.	12 Min.	10 ½ Min.	28 Min.
169.	Schwieringhausen	35 Min.	13 ½ Min.	10 Min.	31 Min.
170.	Ellinghausen	32 ½ Min.	13 Min.	16 Min.	29 ½ Min.

Schüren, Berghofen, Hörde, Wellinghofen, Löttringhausen-Nord, Großholthausen, Hombruch-Mitte, Lütgendortmund-Mitte, Marten, Huckarde sowie Mengede-Mitte. Überall dort ist eine gute Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten zu Fuß/mit dem ÖPNV gegeben. Unterdurchschnittliche Naherreichbarkeitsverhältnisse besitzen dagegen die nordwestlichen und südlichen Vororte, so zum Beispiel die Mengeder Heide, Groppenbruch, Schwieringhausen, Niedere nette, Ellinghausen, Holthausen als auch die Aplerbecker und Berghofer Mark, Sommerberg, Holzen, Buchholz, Syburg, Schnee, Kruckel, Persebeck, Salingen oder Somborn.

Eine Übersicht der mittleren Reisezeiten für die dreißig statistischen Unterbezirke mit der jeweils höchsten und niedrigsten Naherreichbarkeit zeigt Tabelle 58. Die beste Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten in Dortmund findet sich in Löttringhausen-Nord, Asseln Dorf, Huckarde, Lütgendortmund, Scharnhorst-Ost, Mengede-Motte oder Lanstrop-Neu, also allesamt in Wohnquartieren, die in einem Dortmunder Vorort liegen. Die besten Naherreichbarkeitswerte in der Innenstadt finden sich im Unterbezirk Nordmarkt-West. Die schlechtesten Naherreichbarkeitsverhältnisse wurden für Ellinghausen, Schwieringhausen, Schnee, Persebeck und Syburg ermittelt. Im Stadtdurchschnitt sind die drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten zu Fuß für über 60-Jährige im Mittel in zwölfminuten, mit dem Fahrrad und dem Pkw in sechs Minuten und mit dem ÖPNV in elfminuten zu erreichen.

8.2.10 Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen

Mit dem Indikator „Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen“ wird die verkehrlich-räumliche Zugänglichkeit von Arbeitsplätzen abgebildet. Die Berechnung erfolgte sowohl mit einem Kumulations- als auch mit einem Potenzialindikator. Die kleinräumig verteilten Arbeitsplatzdaten bilden die Ziele. Als Attraktivitätsmaß dient die Anzahl der Arbeitsplätze.

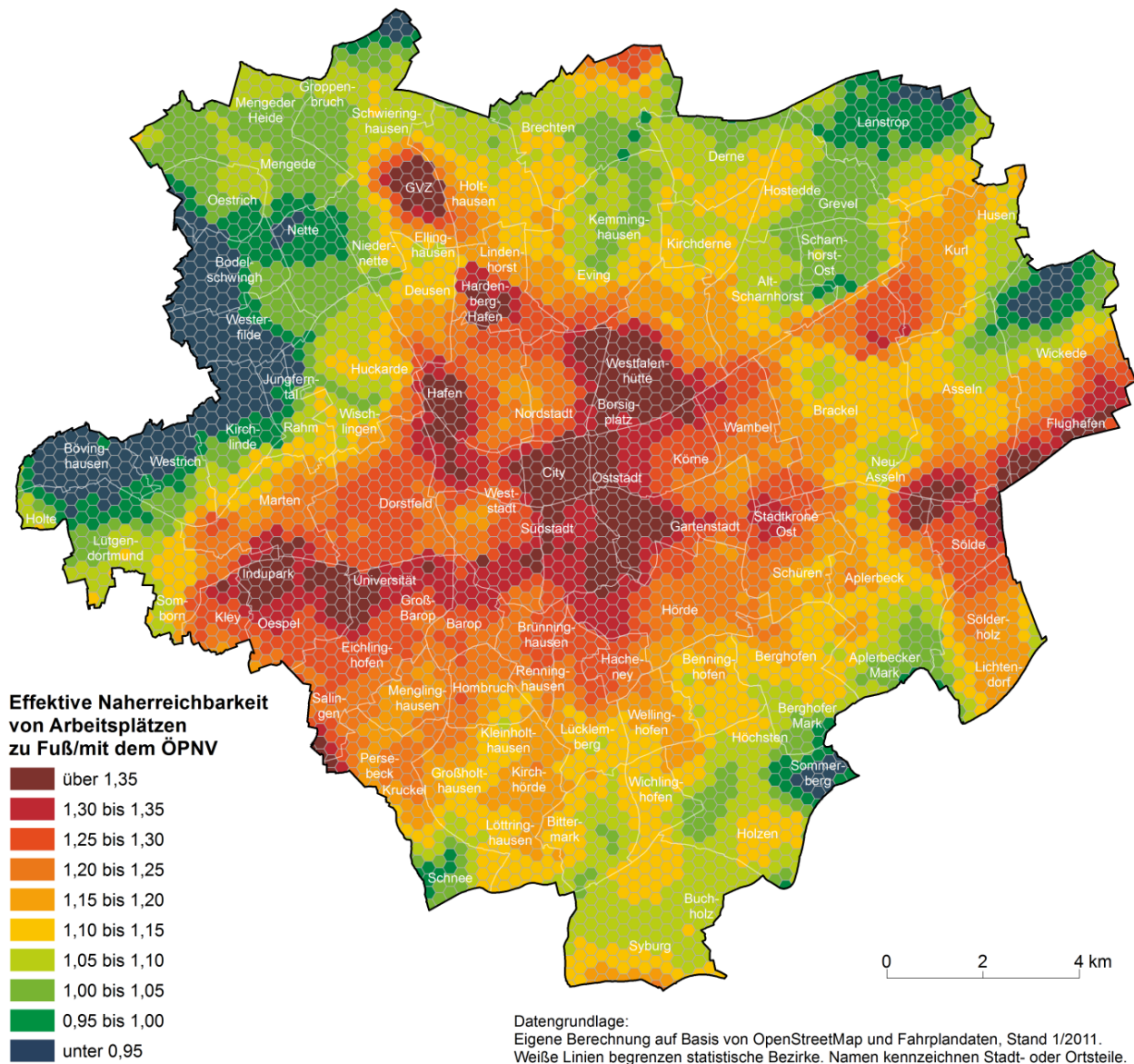
Bei dem Potenzialindikator wurden die Wettbewerbseffekte um Arbeitsplätze mit berücksichtigt. Durch eine Verrechnung des potenziellen Angebots an Arbeitsplätzen mit dem Nachfragepotenzial der Personen im Alter von 18 bis 67 Jahren wurde das effektive Arbeitsplatzangebot bestimmt (siehe Kapitel 5.2.4 und 6.2.1). Als Ergebnis der Berechnung liegt ein dimensionsloser, standardisierter Naherreichbarkeitswert vor. Ein Wert von eins entspricht hierbei einem theoretisch ausgeglichenen Angebot-Nachfrage-Verhältnis. Ein Wert unter eins signalisiert einen relativen Arbeitsplatzmangel, ein Wert von über eins dagegen ein Überangebot an Arbeitsplätzen. Karte 33 veranschaulicht die Ergebnisse dieses Potenzialindikators für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. In der Dortmunder City und dem südlich davon gelegenen Innenstadtdistrikt rund um die Bundesstraße 1 besteht die höchste effektive Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Weitere Gebiete mit einer überdurchschnittlich guten effektiven Naherreichbarkeit sind das Westfalenhüttenareal im Nordosten des Stadtzentrums, das Gewerbegebiet Aplerbeck-Ost, der Dortmunder Flughafen mitsamt dem südlich angeschlossenen Gewerbegebiet, die Technische Universität und der Technologiepark, der Indupark, die Hafengebiete und das Güterverteilzentrum (GVZ) Ellinghausen. Ebenso gut sind die Werte in den ansonsten eher erreichbarkeitsschwächeren westlichen Vororten Salingen und Persebeck, die bezogen auf diesen Potenzialindikator besonders von ihrer Nähe zum Wittener Gewerbegebiet Annen profitieren.

Deutlich unterdurchschnittlich schneiden dagegen die Vororte Lanstrop, Sommerberg, Schnee und die westlichen, an Castrop-Rauxel grenzenden Vororte Bövinghausen, Westrich, Kirchlinde, Westerfilde, Bodelschwingh sowie Nette ab. Tabelle 59 listet die dreißig statistischen Unter-

Tabelle 59: Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen in den statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Platz	Statistischer Unterbezirk	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
1.	City-Ost	5,44	2,21	1,24	1,49
2.	City-West	4,71	2,04	1,20	1,41
3.	Cityring-Ost	3,77	1,98	1,21	1,43
4.	Cityring-West	2,79	1,86	1,18	1,38
5.	Kaiserbrunnen	2,55	1,79	1,19	1,40
6.	Ruhrallee Ost	2,75	1,85	1,17	1,35
7.	Westfalendamm-Nord	2,47	1,69	1,16	1,37
8.	Ruhrallee West	2,20	1,76	1,15	1,34
9.	Borsigplatz	1,87	1,72	1,14	1,37
10.	Westfalendamm-Süd	2,26	1,60	1,13	1,37
11.	Westpark	1,62	1,69	1,17	1,29
12.	Nordmarkt-Südost	1,43	1,64	1,15	1,32
13.	Union	1,68	1,54	1,12	1,34
14.	Nordmarkt-Süd	1,56	1,60	1,14	1,28
15.	Universität	2,81	1,53	1,09	1,31
16.	Westfalenhütte	1,71	1,50	1,09	1,34
17.	Westfalenhalle	1,29	1,54	1,13	1,29
18.	Funkenburg	1,15	1,53	1,15	1,30
19.	Dorstfelder Brücke	1,11	1,60	1,16	1,28
20.	Nordmarkt-Ost	1,29	1,47	1,11	1,27
21.	Hallerey	1,35	1,36	1,10	1,28
22.	Dorstfeld	1,19	1,48	1,11	1,26
23.	Oespel	1,83	1,41	1,07	1,30
24.	Hafen-Südost	1,14	1,53	1,12	1,23
25.	Hafen-Süd	1,07	1,52	1,10	1,24
26.	Oberdorstfeld	1,28	1,44	1,08	1,27
27.	Körne	0,86	1,37	1,12	1,27
28.	Sölde-Nord	1,56	1,11	1,09	1,28
29.	Phönix-West	1,49	1,19	1,10	1,26
30.	Südwestfriedhof	0,80	1,44	1,12	1,26
Ø	Stadt Dortmund	0,91	1,09	1,05	1,16
141.	Holzen	0,56	0,72	1,01	1,04
142.	Holte-Kreta	0,49	0,80	1,02	1,02
143.	Mengede-Mitte	0,70	0,73	0,92	1,05
144.	Brüninghausen/Knepper	0,75	0,68	0,91	1,05
145.	Grevel	0,65	0,70	0,95	1,04
146.	Mengeder Heide	0,67	0,74	0,92	1,03
147.	Erpinghofsiedlung	0,23	0,87	1,00	1,06
148.	Aplerbecker Mark	0,25	0,74	1,02	1,06
149.	MSA-Siedlung	0,35	0,77	1,00	1,07
150.	Berghofer Mark	0,39	0,72	1,01	1,04
151.	Westholz	0,27	0,79	1,02	1,01
152.	Hangeney	0,42	0,68	1,01	1,04
153.	Kemminghausen	0,16	0,84	0,99	1,05
154.	Deipenbeck	0,38	0,75	1,01	0,98
155.	Scharnhorst-Ost	0,49	0,71	0,98	1,03
156.	Wickeder Feld	0,34	0,77	1,00	0,98
157.	Niedernette	0,42	0,81	0,92	0,99
158.	Rahm	0,20	0,72	1,00	1,03
159.	Bövinghausen	0,42	0,68	0,98	0,92
160.	Alte Kolonie	0,42	0,67	0,92	0,99
161.	Oestrich	0,35	0,61	0,93	1,04
162.	Jungferntal	0,14	0,67	1,00	0,97
163.	Kirchlinde-Alt	0,27	0,60	1,00	0,89
164.	Westrich	0,26	0,63	0,99	0,92
165.	Nette	0,35	0,70	0,91	0,96
166.	Westerfilde	0,34	0,58	0,95	0,96
167.	Siedlung Siepmannstraße	0,18	0,59	0,99	0,86
168.	Lanstrop-Alt	0,26	0,62	0,91	1,00
169.	Bodelschwingh	0,32	0,60	0,92	0,94
170.	Lanstrop-Neu	0,29	0,59	0,90	0,98

Karte 33: Effektive Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.

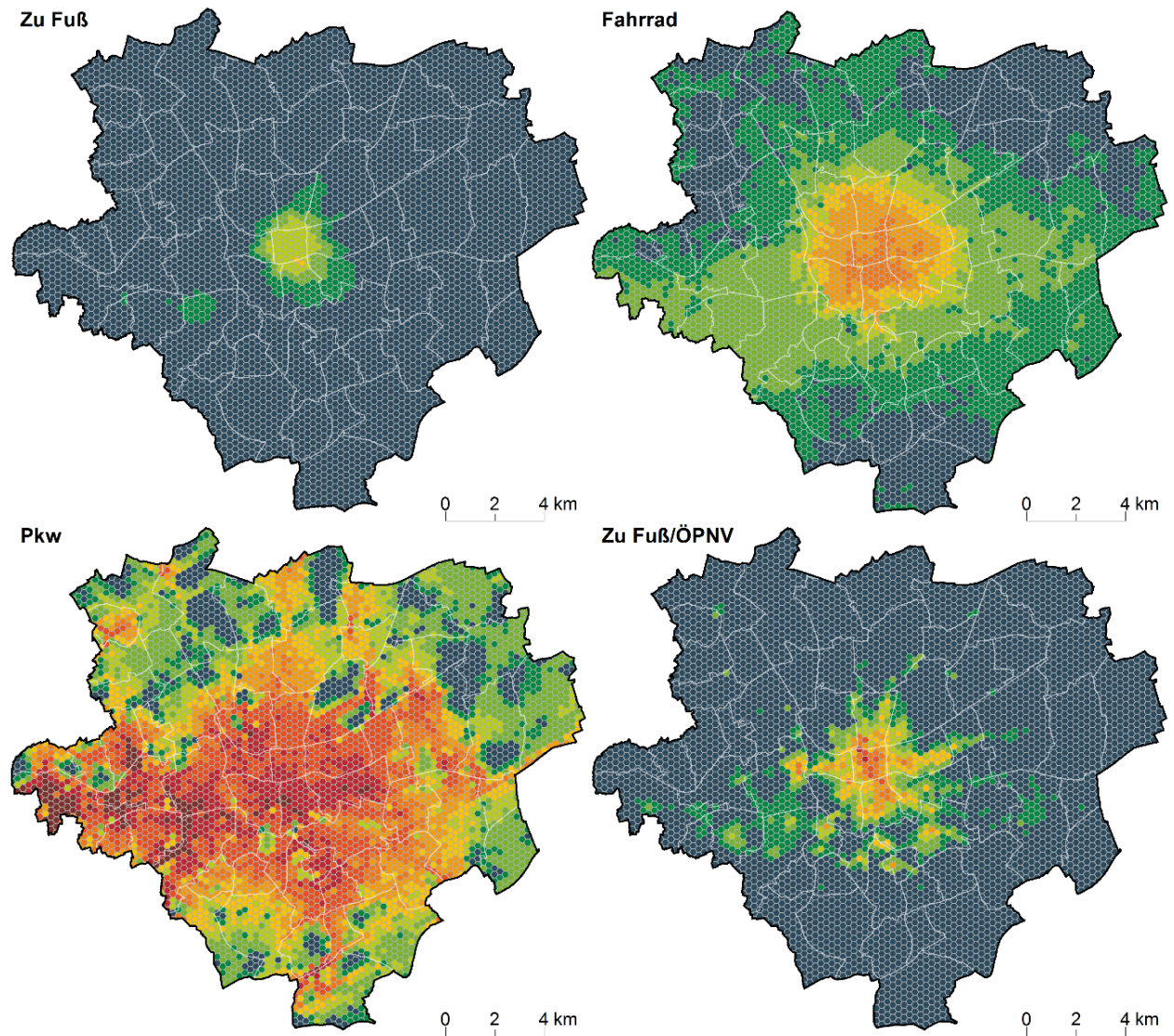


Unterbezirke mit der jeweils höchsten und niedrigsten Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen auf. Bezogen auf die verschiedenen Verkehrsmittel liegt aus Sicht der 18- bis 67-Jährigen der Stadtdurchschnitt beim Fußgängerverkehr bei 0,91, beim Fahrradverkehr bei 1,09, mit dem Pkw bei 1,05 und mit dem ÖPNV bei 1,16. Da der Wert eins einem theoretisch ausgeglichenen Verhältnis aus Angebot und Nachfrage entspricht, kann für die schnellen Verkehrsmittel ein leichtes Überangebot an Arbeitsplätzen in Dortmund konstatiert werden. Für den Fußgängerverkehr gilt dies jedoch nicht. Hier zeigen die Erreichbarkeitsberechnungen, dass in Dortmund ein leichter Mangel an fußläufig erreichbaren Arbeitsplätzen vorliegt. Das Jungferntal, Kemminghausen, die Siedlung Siepmanstraße und Rahm sind die Unterbezirke mit den schlechtesten fußläufigen Naherreichbarkeitswerten. Dagegen weisen die Innenstadtquartiere die besten Werte zur Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen auf.

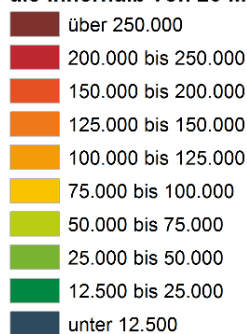
Eine andere Sichtweise auf die Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen bietet der Kumulationsindikator. Mit ihm wird die Anzahl der Arbeitsplätze wiedergegeben, die innerhalb einer definierten Reisezeit erreichbar sind. Karte 34 stellt die Ergebnisse des Naherreichbarkeitsindikators für die vier betrachteten Verkehrsmittel für eine Reisezeitgrenze von 20 Minuten dar. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde bei allen Verkehrsmitteln eine einheitliche Klassifizierung beziehungs-

weise Farbgebung angewandt. In der Karte 34 sind deutliche Erreichbarkeitsunterschiede zwischen den Verkehrsmitteln zu erkennen. Bei der Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen dominiert der Pkw deutlich. Mit dem Pkw können innerhalb von 20 Minuten Reisezeit erheblich mehr Arbeitsplätze als mit den anderen Verkehrsmitteln erreicht werden. Die beste Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem Pkw besteht entlang der Bundesstraße 1 und der Autobahnen 40 und 45 im Westen Dortmunds. Tendenziell liegt in Dortmund eine bessere Pkw-Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen im Westen als im Osten vor beziehungsweise ist die Erreichbarkeit im Süden höher als im Norden. Dies ist vor allem auf die gute verkehrliche Anbindung in das angrenzende

Karte 34: Erreichbare Arbeitsplätze innerhalb eines Reisezeitbudgets von 20 Minuten in Dortmund.



**Anzahl an Arbeitsplätzen,
die innerhalb von 20 Minuten erreicht werden können**



Datengrundlage:
Eigene Berechnung auf Basis von OpenStreetMap und Fahrplandaten, Stand 1/2011.
Weiße Linien begrenzen statistische Bezirke.

westliche Ruhrgebiet mit seinen zahlreichen Arbeitsplätzen zurückzuführen. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den übrigen Verkehrsmitteln. Zwar ist für das Zufußgehen, Fahrradfahren und die ÖPNV-Nutzung eine deutlich stärkere Konzentration auf die Innenstadt zu erkennen, die südlichen Innenstadtquartiere sind gegenüber den nördlichen jedoch im Vorteil. Bei der Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem ÖPNV sind zudem die ÖPNV-Achsen mit ihren „Perlen“ an den Haltepunkten gut ablesbar. Während sich die Erreichbarkeitsverhältnisse bei den nicht-motorisierten Verkehrsmitteln eher flächenhaft verteilen, konzentrieren sich beim ÖPNV die Bereiche mit guter Erreichbarkeit punktuell auf die Gebiete in Bahnhofsnähe beziehungsweise in die Nähe schienengebundener Haltestellen. Abseits der ÖPNV-Haltestunkte ermöglicht das Fahrrad bei einer Reisezeitgrenze von 20 Minuten zumeist eine höhere Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen als der ÖPNV.

Abbildung 47 fasst die durchschnittliche Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen je Erwerbsfähigen für die vier unterschiedlichen Verkehrsmittel als Reisezeitprofile zusammen. Demnach ist die Nah-

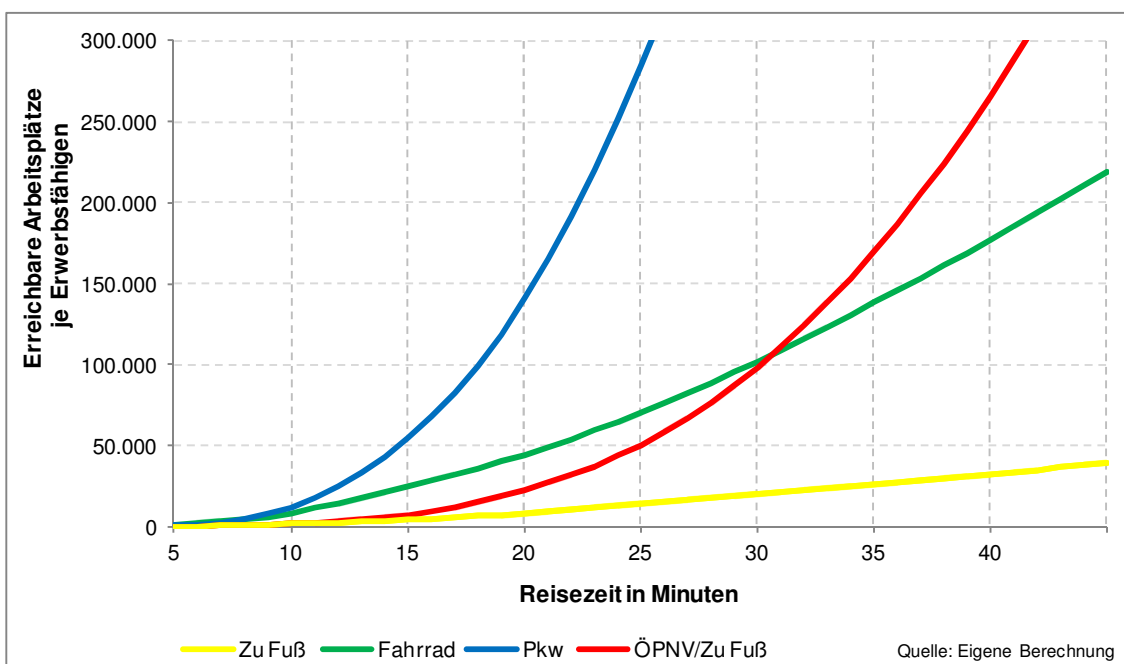
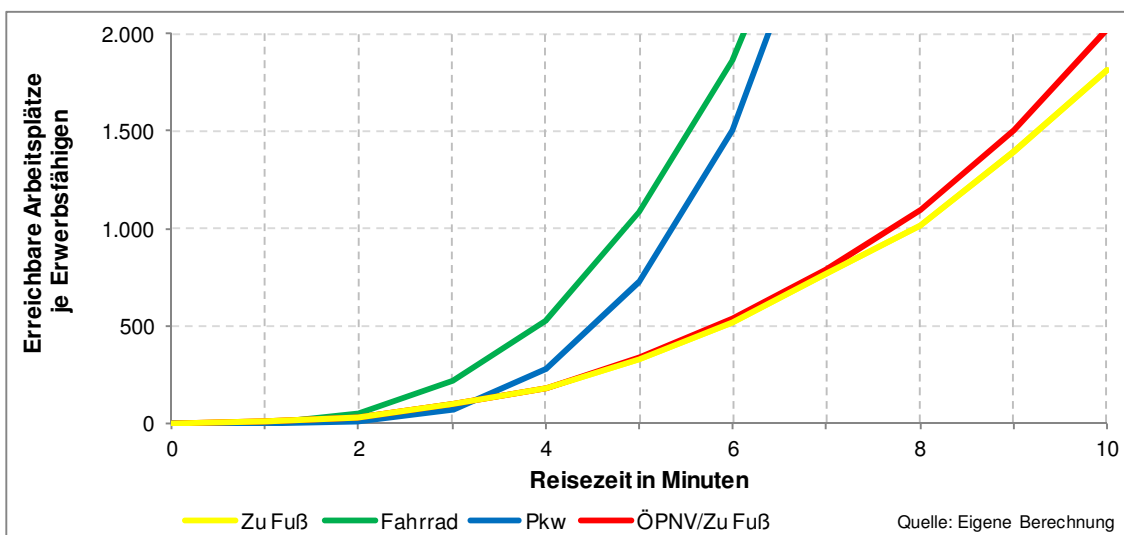


Abbildung 47: Durchschnittlich erreichbare Arbeitsplätze je Erwerbsfähigen in Dortmund im Nahbereich (oben) und auf regionaler Ebene (unten).

erreichbarkeit zu Fuß bis zu einer Reisezeit von ca. drei bis vier Minuten im Durchschnitt besser als bei motorisierten Verkehrsmitteln. Begründet ist dies durch die Zugangs-, Rüst-, Warte- und Abgangszeiten mit dem Pkw oder ÖPNV. Das Fahrrad ist zwischen zwei bis acht Minuten Reisezeit das Verkehrsmittel, mit dem man die meisten Arbeitsplätze erreichen kann. Erst ab ca. 30 Minuten Reisezeit wird die Erreichbarkeit zu Fuß/mit dem ÖPNV besser als mit dem Fahrrad. Dieser relativ hohe Wert ist vor allem der beim ÖPNV über Haltestellen und Linien erkennbar punktuellen Erschließung sowie den Warte- und Umsteigezeiten geschuldet. Die flächenhafte Erschließungsqualität des Fahrradverkehrs kann der ÖPNV erst auf längeren Strecken über höhere Reisegeschwindigkeiten kompensieren. Die insgesamt deutliche Dominanz des Pkw-Verkehrs beginnt ab ca. zehn Minuten Reisezeit.

8.3 Bewertung von Erreichbarkeitsveränderungen

Die Ergebnisse der zehn aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsindikatoren zeigen die Naherreichbarkeitsverhältnisse zu einem definierten Zeitpunkt. Zur Abbildung von Veränderungen in den Naherreichbarkeitsverhältnissen wurden im Kapitel 6.2 die Bewertungsindizes hergeleitet. Sie eignen sich zum Messen und Beobachten der Entwicklungen im Zeitverlauf sowie zur Ex-Ante-Bewertung von Maßnahmen der Flächennutzungs- oder Verkehrsplanung. In diesem Abschnitt wird die Anwendung der Bewertungsindizes für exemplarisch ausgewählte Anwendungsfälle diskutiert. Es wird auf die Abbildung von Erreichbarkeitsdifferenzen, Erreichbarkeitsgraden und Erreichbarkeitsungleichheiten sowie von intermodalen Erreichbarkeitsunterschieden eingegangen.

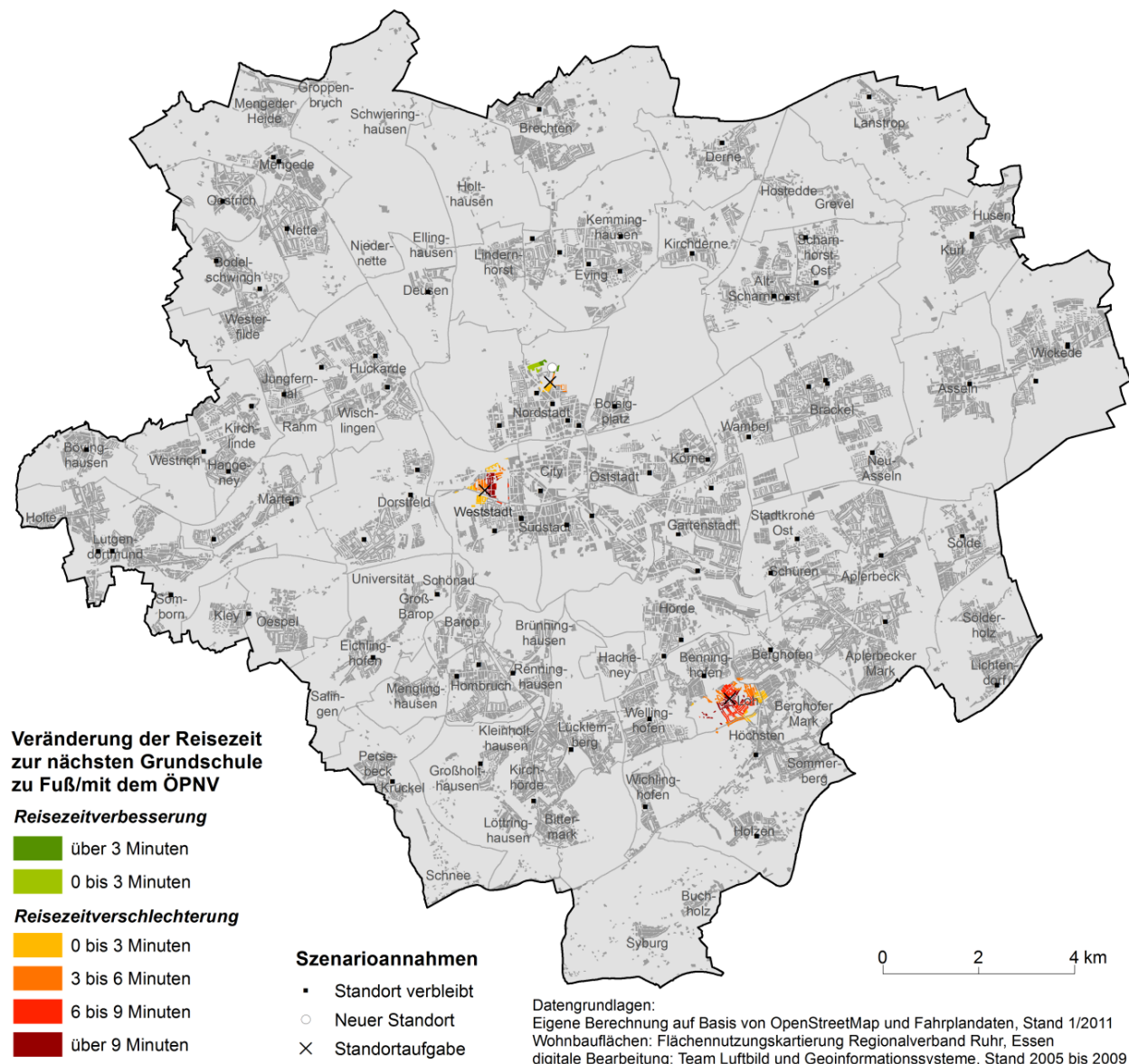
8.3.1 Erreichbarkeitsdifferenzen

Die Abbildung von absoluten oder relativen Erreichbarkeitsdifferenzen ist ein einfaches Maß für die Bewertung von zwei Systemzuständen. Die Veränderungen der Erreichbarkeitsverhältnisse lassen sich mit Differenzkarten veranschaulichen, die die zeitlichen Unterschiede in der Naherreichbarkeit aufzeigen. Ergänzend kann die Veränderung der Pro-Kopf-Erreichbarkeit bemessen werden. Zur Veranschaulichung wurden im Rahmen dieser Arbeit zwei räumlich sehr begrenzte Anwendungsbeispiele untersucht, die die Kleinräumigkeit dieses Ansatzes untermauern sollen. Bei einer steigenden Anzahl an Maßnahmen oder Kombinationen von Maßnahmen fielen naturgemäß Erreichbarkeitsdifferenzen deutlich stärker ins Gewicht.

Naherreichbarkeit von Grundschulen

Im ersten Anwendungsbeispiel wurden die Auswirkungen der jüngsten Veränderungen der Grundschullandschaft in Dortmund auf die Naherreichbarkeitsverhältnisse der Dortmunder Grundschüler untersucht. Aufgrund einer im Laufe der Jahre veränderten Nachfrage nach Schulangeboten ließ sich der Schulbetrieb in der Elsa-Brändström-Grundschule in der westlichen Innenstadt und in der Grundschule in Dortmund-Loh im Stadtbezirk Hörde nicht länger aufrechterhalten. Daher wurden die beiden Schulstandorte von der Stadt Dortmund in den Jahren 2011/2012 aufgegeben. In der nördlichen Innenstadt zog die frühere Vincke-Schule zudem in einen ca. 400 Meter vom alten Standort entfernt errichteten Neubau ein. Die Schule wurde im Zuge dieser Standortverlagerung in Libellenschule umbenannt. Karte 35 zeigt die Auswirkungen der Schließung zweier Grundschulen und der Standortverlagerung einer Grundschule in Dort-

Karte 35: Veränderung der Naherreichbarkeit von Grundschulen in Dortmund zwischen 2011 und 2012 zu Fuß/mit dem ÖPNV.



mund auf die kleinräumigen Naherreichbarkeitsverhältnisse für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Grüne Farben markieren Teilräume mit Reisezeitverbesserungen, gelbrötliche Farbtöne markieren Gebiete mit Erreichbarkeitseinbußen zwischen 2011 und 2012. Wie sich in diesem Fall zeigt, sind die durch die Standortveränderungen bedingten räumlichen Auswirkungen auf die Naherreichbarkeitsverhältnisse auf die unmittelbare Umgebung begrenzt. In den von den Schulschließungen betroffenen Wohnquartieren erhöhen sich die Reisezeiten zur nächsten Grundschule. Die betroffenen Schulkinder haben deutlich längere Schulwege zurückzulegen. Betrachtet man jedoch alle Schüler Dortmunds, so erhöht sich in der Gesamtstadt die durchschnittliche fußläufige Reisezeit lediglich von 13,0 Minuten auf 13,2 Minuten. Auch bei der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV ist der Anstieg der mittleren Reisezeit zur nächsten Grundschule in Dortmund von 11,1 auf 11,2 Minuten sehr gering.

Anders verhält es sich bei den Pro-Kopf-Erreichbarkeitswerten in den von den Grundschulschließungen betroffenen Wohnquartieren. Im unmittelbaren Wohnumfeld der aufgegebenen Grundschulen sind die Verschlechterungen der Naherreichbarkeitsverhältnisse deutlich spürbar. Für die Schüler der ehemaligen Elsa-Brändström-Grundschule in der Weststadt stehen als

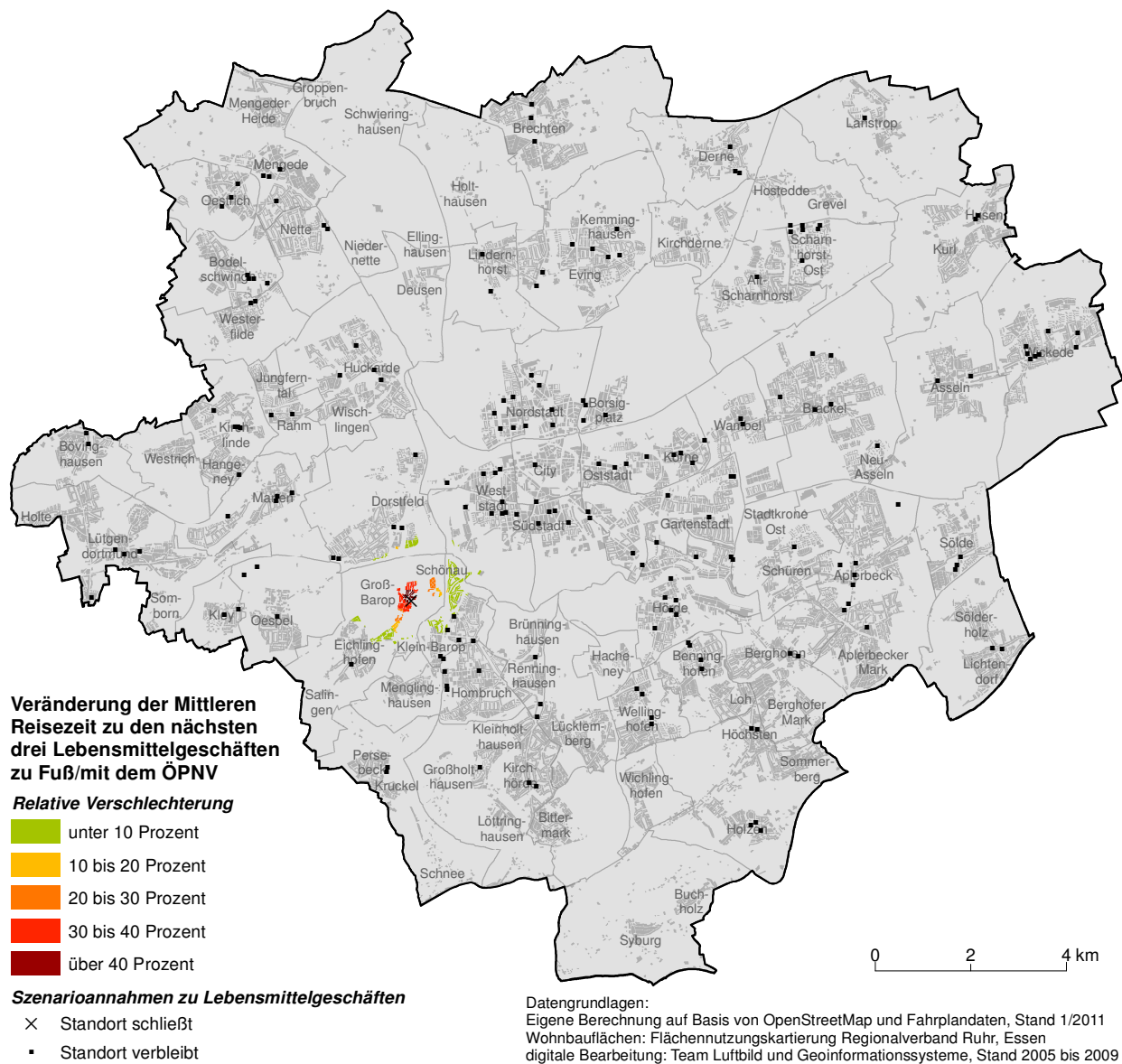
Ausweichmöglichkeiten die südlich gelegene Kreuz-Grundschule oder die Fine-Frau-Grundschule in Dorstfeld zur Verfügung. Der statistische Unterbezirk Dorstfelder Brücke, in dem sich die Elsa-Brändström-Grundschule befand, fällt beim Vergleich der Naherreichbarkeitsverhältnisse in den statistischen Unterbezirken in Dortmund vom 20. Rang (siehe Tabelle 55) auf den 142. Rang zurück. Nach dem Wegfall wird die nächsterreichbare Grundschule von den dort wohnenden Schülern im Durchschnitt in 19 ½ Minuten zu Fuß oder in 13 ½ Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV erreicht. Der Mehraufwand beträgt damit 13 Minuten zu Fuß und sieben Minuten zu Fuß/mit dem ÖPNV. In den angrenzenden statistischen Unterbezirken Union beziehungsweise Westpark haben die Schüler zur nächsten Grundschule im Mittel dreieinhalb beziehungsweise zwei Minuten längere Fußwege zurückzulegen. Auch die Schließung der Grundschule Loh im Süden Dortmunds hat erkennbare lokale Auswirkungen. Für im Stadtteil Loh wohnende Schüler bietet sich als nächsterreichbare Alternative die Benninghofer Grundschule an. Der Fußweg zur Grundschule verlängert sich hierbei im Durchschnitt um fünfeinhalb Minuten und beträgt nun 14 ½ Minuten. In der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV erhöht sich die Reisezeit durchschnittlich um vier Minuten von achteinhalb auf 12 ½ Minuten. In der nördlichen Innenstadt in den statistischen Unterbezirken Nordmarkt-West und Nordmarkt-Ost lassen sich dagegen Verbesserungen in der örtlichen Naherreichbarkeit feststellen. Nach den Modellrechnungen hat die Standortverlagerung zur Folge, dass die Grundschüler die nächste Grundschule im Durchschnitt eine halbe Minute schneller zu Fuß erreichen können als zuvor.

Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften

Im zweiten Anwendungsbeispiel wurden die Erreichbarkeitsfolgen eines Standortwegfalls des Supermarktes im Ortskern von Groß-Barop simuliert. Groß-Barop liegt im Stadtteil Barop nahe der Technischen Universität im Südwesten von Dortmund. Seine Nahversorgung sicherte die Filiale einer Discountsupermarktkette, für die nach ihrer Schließung Anfang 2013 keine Nachfolge gefunden werden konnte. Mit dem Naherreichbarkeitsindikator „Mittlere Reisezeit zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften“ wurde untersucht, welche Auswirkungen der Standortwegfall für die Anwohner in Bezug auf ihre Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften hat.

Karte 36 zeigt die relativen Veränderungen der mittleren Reisezeit zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV bei Wegfall des Lebensmittelgeschäfts in Groß-Barop. Die Analyseergebnisse zeigen, dass neben Groß-Barop auch Teile der umliegenden Stadtteile Eichlinghofen, Dorstfeld, Schönau und Klein-Barop eine Verschlechterung ihrer Naherreichbarkeitsverhältnisse erfahren. In den Teilräumen, die in der Karte grün markiert sind, erhöht sich die mittlere Reisezeit um bis zu zehn Prozent. In den Teilräumen, die dunkelrot markiert sind, fällt die Erhöhung der mittleren Reisezeit um vierzig Prozent oder höher aus. Im Durchschnitt erhöht sich für alle Bewohner von Groß-Barop die mittlere Reisezeit zu den nächsterreichbaren drei Lebensmittelgeschäften zu Fuß/mit dem ÖPNV um 20 Prozent von 12 ½ Minuten auf 15 Minuten. Bei der Erreichbarkeit mit dem Pkw fallen die Erreichbarkeitsverschlechterungen etwas moderater aus. Die mittlere Pkw-Reisezeit steigt um ca. 10 Prozent auf sieben Minuten. Ein drastisches Bild ergibt sich für die fußläufige Naherreichbarkeit. Durch die Schließung des einzigen Lebensmittelhändlers in Groß-Barop bricht die fußläufige Nahversorgung für die Bewohner des dörflichen Ortskerns praktisch weg. Die Schließung des Lebensmittelgeschäfts in Groß-Barop hat für die Anwohner eine zum Teil sehr deutliche Minderung der Nahversorgungsqualität zur Folge. Konnte die Bevölkerung von Groß-Barop

Karte 36: Folgen des Wegfalls des Supermarktstandorts in Groß-Barop auf die Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften zu Fuß/mit dem ÖPNV.



vor der Schließung das nächste Lebensmittelgeschäft im Mittel in drei Gehminuten erreichen, beträgt die Reisezeit mit dem Pkw nunmehr sieben Minuten und zu Fuß/mit dem ÖPNV 15 Minuten.

8.3.2 Erreichbarkeitsgrade

Die zweite Art der Bewertungsindizes sind Erreichbarkeitsgrade. Erreichbarkeitsgrade sind ein zweckmäßiges Maß zur Evaluierung von Erreichbarkeitszielvorgaben und zur Identifizierung von zielgruppenspezifischen Erreichbarkeitsproblemen. Sie geben an, wie hoch der Anteil einer Bevölkerungsgruppe ist, für die die nächstgelegenen Aktivitätsziele innerhalb einer festgelegten Reisezeit erreichbar sind. Abbildung 48 zeigt den Verlauf der mit dem Erreichbarkeitsmodell ermittelten Erreichbarkeitsgrade für die verkehrsmittelspezifische Naherreichbarkeit von Grundzentren aus Sicht der Dortmunder Bevölkerung. Die Ordinate gibt den prozentualen Anteil der Dortmunder Bevölkerung wieder, die innerhalb der auf der Abszisse angegebenen Reisezeit das nächsterreichbare Grundzentrum erreichen kann. Die Darstellung verdeutlicht, dass der Erreichbarkeitsgrad zu einem bestimmten Reiseaufwand entscheidend vom Verkehrsmittel ab-

hängig ist. Im Nahbereich und bei sehr kurzen Strecken ist der Weg zu Fuß am schnellsten. Innerhalb von fünf Gehminuten können 18 Prozent der Bevölkerung in Dortmund das nächste Grundzentrum zu Fuß erreichen. Mit dem Fahrrad sind dies innerhalb derselben Zeit bereits 37 Prozent. Das Fahrrad ist innerhalb einer Großstadt wie Dortmund auf vielen Strecken aufgrund kürzerer Zu- und Abgangswege, der meist entfallenden Parksuchzeit und der geringeren Staufälligkeit mit dem Pkw konkurrenzfähig. Abbildung 48 zeigt, dass sich die Erreichbarkeitsgrade für die Pkw- und Fahrradnutzung sehr ähneln. Mit einem Fahrrad können 87 Prozent der Bevölkerung das nächste Grundzentrum innerhalb von zehn Minuten erreichen, mit dem Pkw sind dies 96 Prozent. Bei 15 Minuten Reisezeit betragen die Erreichbarkeitsgrade 99,3 Prozent für die Fahrrad- und 99,6 Prozent für die Pkw-Nutzung. Die Stärke des ÖPNV liegt weniger in einer guten Erschließung der Fläche als in einer relationsbezogenen guten Verbindungsqualität bei höheren Entfernungen. Der ÖPNV ist im Nahbereich langsamer als das Fahrrad und auf fast allen Relationen langsamer als das Auto, da die Zu- und Abgangswege, Warte- und Umsteigezeiten zur Fahrzeit hinzukommen. Dennoch können immerhin 93 Prozent der Bevölkerung in Dortmund zu Fuß/mit dem ÖPNV das nächsterreichbare Grundzentrum innerhalb von 20 Minuten erreichen. Zu Fuß ist dies für 80 Prozent der Bevölkerung zu realisieren.

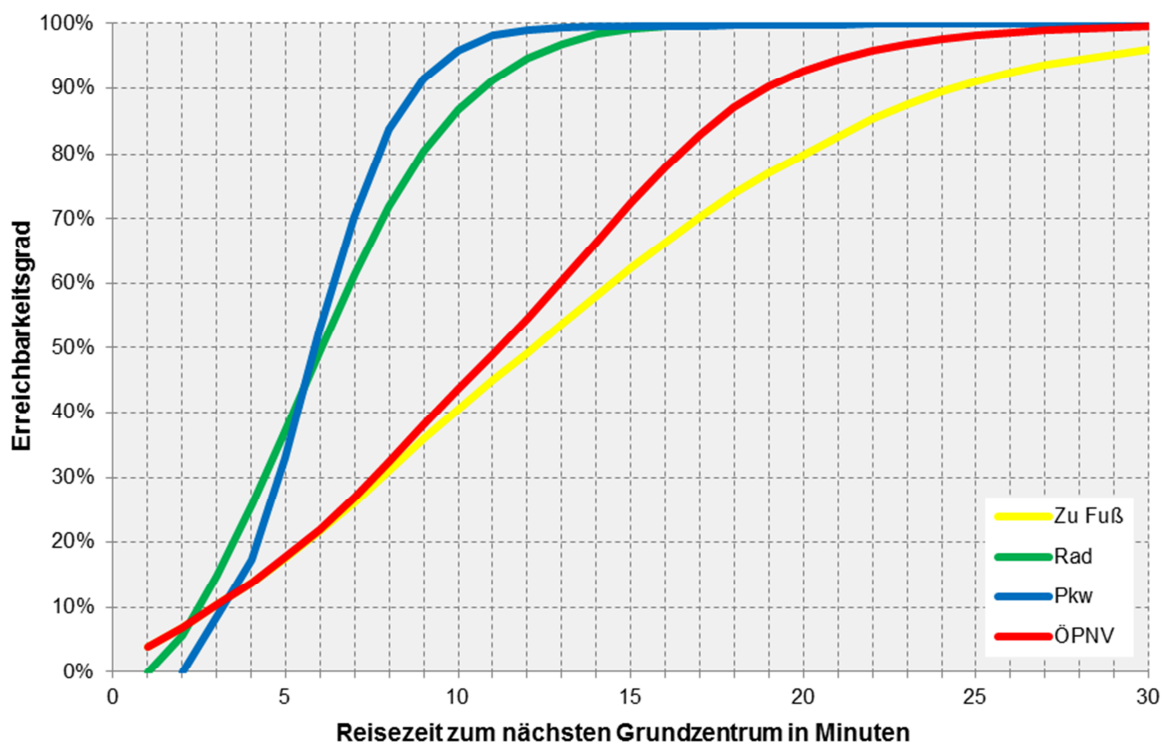


Abbildung 48: Verkehrsmittelspezifische Erreichbarkeitsgrade für die Reisezeit zum nächsten Grundzentrum in Dortmund.

Um eine Bewertung der Erreichbarkeitsgrade vornehmen zu können, sollten zur Aktivitätsart passende Zielgrößen oder Mindeststandards für Reisezeiten definiert werden. Die zur Demonstration im Rahmen dieser Arbeit vorgeschlagenen Erreichbarkeitsgradindikatoren wurden im Kapitel 6.2 diskutiert (siehe Tabelle 41). Tabelle 60 zeigt die für die Stadt Dortmund erzielten Ergebnisse. Der erste Erreichbarkeitsgradindikator gibt den Anteil der Personen in Dortmund an, die das nächste Grundzentrum innerhalb von 15 Minuten erreichen. Eine Reisezeitgrenze von 15 Minuten wird in dieser Arbeit als eine geeignete Zielgröße verstanden, mit der die Naherreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund bewertet werden können. Derzeit können innerhalb

der 15 Minuten Reisezeit 62,4 Prozent der Bevölkerung Dortmunds zu Fuß, 99,3 Prozent mit dem Fahrrad, 99,6 Prozent mit dem Pkw und 72,4 Prozent in der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV das nächste Grundzentrum erreichen. Die anderen in der Tabelle aufgeführten Erreichbarkeitsgradindikatoren sind ähnlich. Sie alle basieren auf den Reiseaufwandsindikatoren des Evaluationsschemas und den dort festgelegten Aktivitätszielen. Unterschiede ergeben sich lediglich darin, ob der Naherreichbarkeitsindikator, wie bei Grundzentren, Kindergärten/Kindertagesstätten und Grundschulen, die kürzeste Reisezeit zur nächsterreichbaren Einrichtung oder, wie bei Lebensmittelgeschäften, Hausärzten oder Senioreneinrichtungen, die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Einrichtungen bemisst.

Tabelle 60: Erreichbarkeitsgrade in Dortmund.

Erreichbarkeitsgradindikator	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ ÖPNV
Anteil der Personen in Dortmund, die das nächste Grundzentrum innerhalb von 15 Minuten erreichen	62,4 %	99,3 %	99,6 %	72,4 %
Anteil der Personen in Dortmund, die die drei nächsten Lebensmittelgeschäfte im Mittel innerhalb von 15 Minuten erreichen	71,7 %	99,9 %	99,9 %	80,7 %
Anteil der Personen in Dortmund, die die drei nächsten Hausarztpraxen im Mittel innerhalb von 15 Minuten erreichen	77,0 %	99,9 %	99,9 %	83,6 %
Anteil der Kinder (3 bis 6 Jahre) in Dortmund, die den/die nächste/n Kindergarten/Kindertagesstätte innerhalb von 12 Minuten erreichen	74,2 %	98,3 %	99,5 %	79,5 %
Anteil der Kinder (6 bis 10 Jahre) in Dortmund, die die nächste Grundschule innerhalb von 15 Minuten erreichen	68,1 %	99,0 %	99,8 %	76,8 %
Anteil der Senioren (über 60 Jahre) in Dortmund, die die drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten im Mittel innerhalb von 15 Minuten erreichen	72,0 %	99,9 %	99,9 %	80,1 %

Abbildung 49 visualisiert die Ergebnisse der Erreichbarkeitsgradindikatoren für die sechs betrachteten Aktivitätsarten für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV. Je weiter sich die Kurve links befindet, desto höher sind die Erreichbarkeitsgrade im Nahbereich. Die besten Werte lassen sich für die Naherreichbarkeit von Kindergärten und Kindertagesstätten identifizieren. Die dezentrale Verteilung dieser Einrichtungen in Wohnortnähe macht sich hier positiv bemerkbar. Etwas überraschender erscheinen da schon die beachtlich guten Naherreichbarkeitsgrade bei der hausärztlichen Grundversorgung in Dortmund, insbesondere da hier nicht die Reisezeit zum nächsten Hausarzt, sondern die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Hausärzten untersucht wurde. Bei der Naherreichbarkeit von Grundzentren stechen bei kurzen Reisezeiten vergleichsweise hohe Erreichbarkeitsgrade heraus. Dies erklärt sich dadurch, dass ein Teil der Dortmunder Bevölkerung bereits direkt in einem oder zumindest in unmittelbarer Nähe zu einem Grundzentrum wohnt. Die übrigen Einwohner benötigen dagegen entsprechend länger, das nächste Grundzentrum zu erreichen, als dies bei den anderen Aktivitätszielen der Fall ist. Dementsprechend flach fällt der Anstieg der Erreichbarkeitsgradkurve für die Grundzentren aus. Im Vergleich zu den anderen Aktivitätszielen sind die Grundzentren in Dortmund räumlich konzentrierter verteilt. Verhältnismäßig ähnlich verlaufen die Erreichbarkeitsgrade für Grundschulen, Lebensmittelgeschäfte und Senioreneinrichtungen. Allerdings ist auch hier wiederum zu beachten, dass bei der Reisezeit zu Grundschulen nur die nächsterreichbare betrachtet wurde, während bei den beiden anderen Einrichtungsarten die gemittelte Reisezeit zu den drei nächsten Zielen betrachtet wurde.

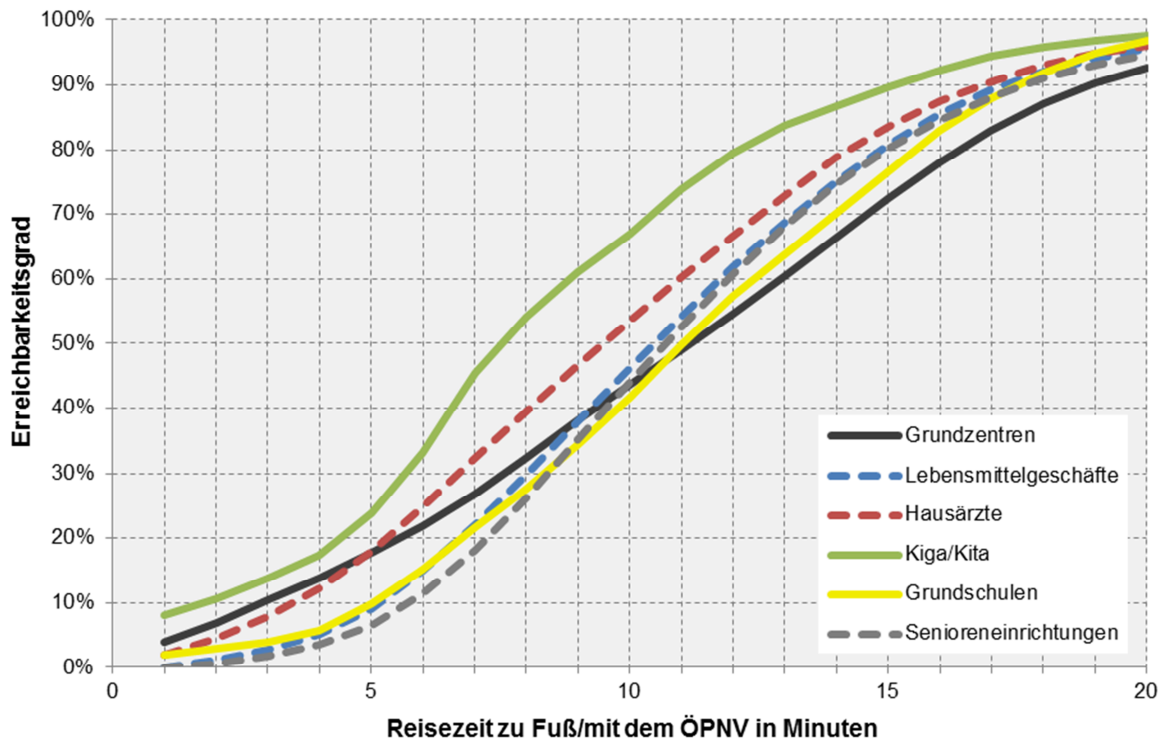
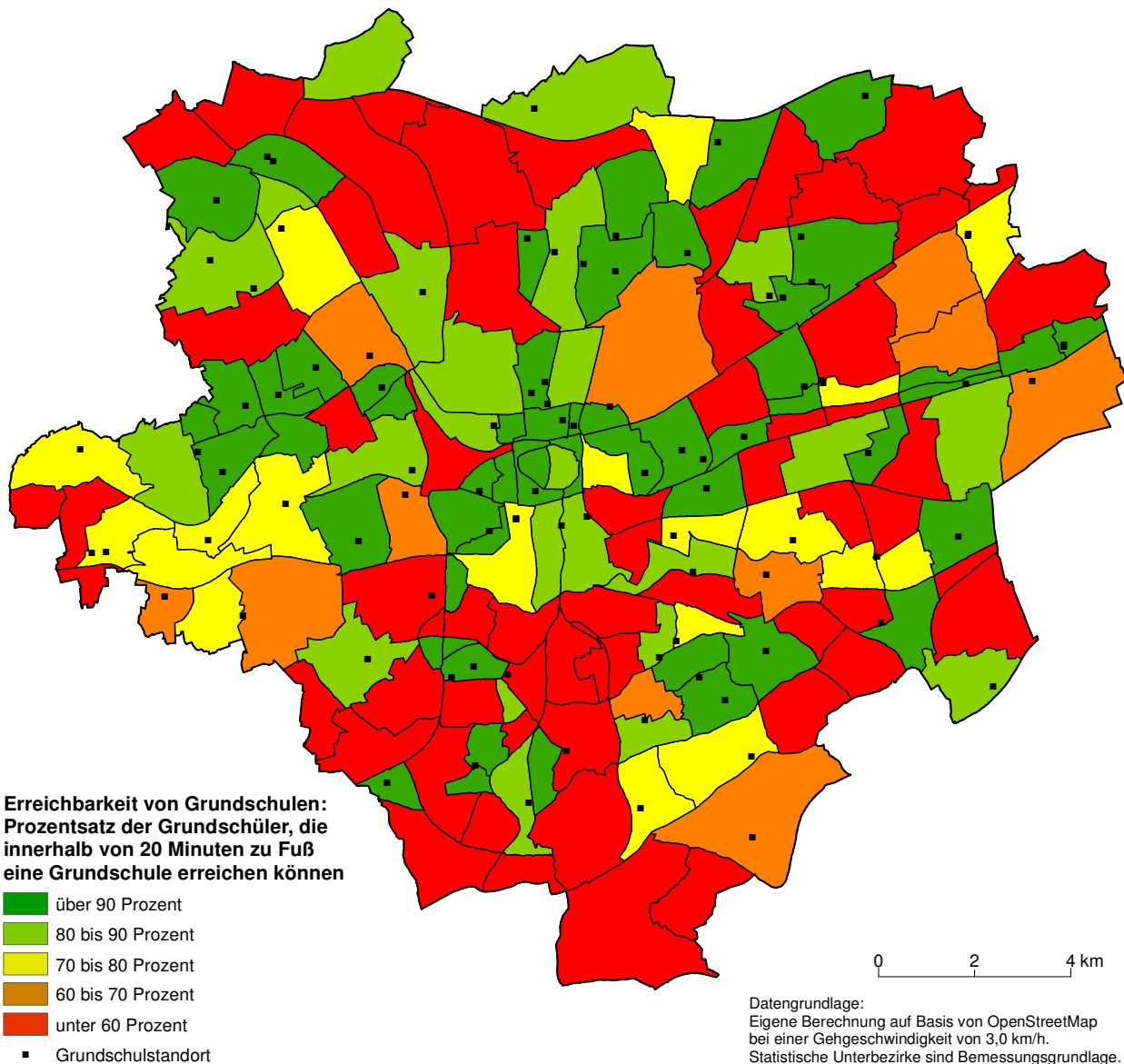


Abbildung 49: Erreichbarkeitsgrade für unterschiedliche Aktivitätsziele in der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV in Dortmund.

Innerhalb einer Reisezeitschwelle von 15 Minuten können in der Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV 89,6 Prozent der Kinder im Kindergartenalter den nächsten Kindergarten bzw. die nächste Kindertagesstätte, 76,8 Prozent der Grundschüler die nächste Grundschule und 72,4 Prozent der Bevölkerung das nächste Grundzentrum erreichen. Die drei nächstgelegenen Hausärzte können innerhalb einer mittleren Reisezeit 83,6 Prozent der Bevölkerung, die drei nächsten Lebensmittelgeschäfte 80,7 Prozent der Bevölkerung und die drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten 80,1 Prozent der Senioren erreichen. Die in der Tabelle 60 dargestellten Erreichbarkeitsgradindikatoren sind praktikable Instrumente, um Veränderungen von Naherreichbarkeitsverhältnissen abzubilden. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Aktivitätsziele und Verkehrsmittel lassen sich die wesentlichen Teilaspekte der Naherreichbarkeit abdecken. Die Bewertungsindikatoren eignen sich so für ein kontinuierliches Beobachtungs- und Monitoringsystem. Ein Vorteil liegt darin, dass die Erreichbarkeitsgrade und ihre Veränderungen einfach zu verstehen und nachzuvollziehen sind.

Auch selektive Probleme, wie zum Beispiel Defizite in der räumlichen Verteilung von Gelegenheiten oder bei den öffentlichen Verkehrsangeboten, können mit Naherreichbarkeitsgraden sichtbar gemacht werden. Karte 37 zeigt exemplarisch die Erreichbarkeitsgrade für Grundschüler in Bezug auf die fußläufige Erreichbarkeit der nächsten Grundschule bei einem Schwellenwert von 20 Gehminuten. Die Erreichbarkeitsgrade sind auf der Basis der statistischen Unterbezirke in Dortmund zusammengefasst. Unterbezirke mit hohen Naherreichbarkeitsgraden sind grün, Teilräume mit niedrigen Naherreichbarkeitsgraden rot dargestellt. Hohe Werte sind insbesondere in der Innenstadt und in den Kernorten der einzelnen Stadtteile anzutreffen. Niedrige Werte finden sich vor allem im Norden und Süden Dortmunds in den dünn besiedelten, eher dörflichen Teilräumen.

Karte 37: Erreichbarkeit von Grundschulen zu Fuß/mit dem ÖPNV in den Dortmunder Unterbezirken, dargestellt als Erreichbarkeitsgrade.



Im Abschnitt zuvor wurden in einem Erreichbarkeitsszenario die Auswirkungen des Wegfalls eines Supermarktangebots im Ortskern von Groß-Barop auf die absoluten und relativen Veränderungen in der Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften simuliert. Die Abbildung von Erreichbarkeitsgraden ist ein nicht minder geeignetes Mittel, um die Erreichbarkeitsfolgen der Standortschließung aus Sicht der Bevölkerung darzustellen. Abbildung 50 zeigt die Verschiebung der Erreichbarkeitsgrade für die Bevölkerung in Groß-Barop nach dem Wegfall des dortigen Lebensmittelangebots. Die dargestellten, verkehrsmittelspezifischen Erreichbarkeitsgrade haben entsprechend dem im Kapitel 8.2.2 beschriebenen Naherreichbarkeitsindikator die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Lebensmittelgeschäften zur Grundlage. Die durch den Standortwegfall bedingte Minderung des Naherreichbarkeitsgrads wirkt sich besonders drastisch auf die Naherreichbarkeit zu Fuß und mit dem ÖPNV aus. Hier hat die Schließung des Lebensmittelgeschäfts in Groß-Barop für die Bewohner Groß-Barops eine deutliche Verschlechterung der Nahversorgungsqualität zur Folge. Der Erreichbarkeitsgrad fällt bei einer mittleren Reisezeit von 15 Minuten zu Fuß von 35 Prozent auf ein Prozent und beim ÖPNV von 89 Pro-

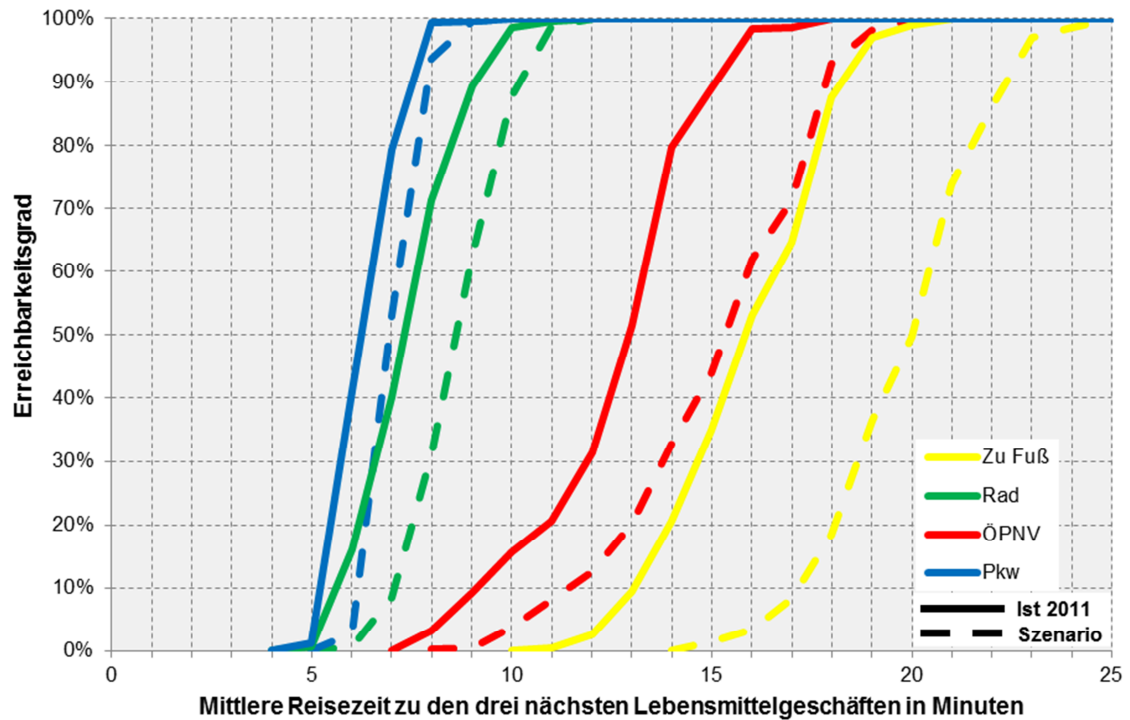


Abbildung 50: Veränderung der verkehrsmittelspezifischen Erreichbarkeitsgrade in Groß-Barop nach Schließung des dortigen Lebensmittelstandorts.

zent auf 44 Prozent. Dagegen sind die Veränderung bei der Nutzung des Pkw oder Fahrrads von eher geringerem Ausmaß. Die mittleren Reisezeiten erhöhen sich bei gleichem Erreichbarkeitsgrad um ca. eine bis zwei Minuten Reisezeit, der Verlauf der Vergleichskurven ist verhältnismäßig steil. Die Berechnung des Erreichbarkeitsszenarios belegte, dass der Wegfall des Supermarkts in Groß-Barop gerade für die Bevölkerungsgruppen in Groß-Barop, die weder einen Pkw noch ein Fahrrad nutzen können, erheblich negative Folgen auf die Nahversorgung mit Lebensmitteln hat.

8.3.3 Ungleichheit der Naherreichbarkeitsverhältnisse

Mit dem Gini-Koeffizienten und dem Interdezilverhältnis wird die Ungleichheit von Erreichbarkeitsverhältnissen bestimmt. Beide Bewertungsindizes eignen sich zur Abbildung der Veränderungen der Naherreichbarkeitsverhältnisse über die Zeit, insbesondere um darzustellen, inwieweit sich die Erreichbarkeitsverhältnisse bestimmter Bevölkerungsgruppen angleichen oder auseinanderdriften. Als Grundlage für ihre Berechnung dienen die Ergebnisse der zehn berechneten Naherreichbarkeitsindikatoren.

Der Gini-Koeffizient ist ein standardisierter Index mit einem Wertebereich von null bis eins (siehe Kapitel 5.1.6). Bei einer Gleichverteilung der Erreichbarkeitswerte beträgt sein Wert Null. Liegt dagegen eine absolute Ungleichverteilung der Naherreichbarkeit vor, so nimmt der Index den Wert Eins an. Die Berechnung erfolgte personenbezogen aus der Sicht der nachfragenden Bevölkerungsgruppe. Tabelle 61 zeigt die für die Naherreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund ermittelten Gini-Koeffizienten. Die Ergebnisse bestätigen schon zuvor getroffenen Aussagen über die Naherreichbarkeitswerte für die einzelnen Verkehrsmittel. Die Nutzung eines Pkw hat eine deutlich gleichmäßigere Verteilung der personenbezogenen Erreichbarkeitswerte zur Folge als bei den anderen Verkehrsmitteln. Ein anschauliches Beispiel hierfür bieten die Rechenergebnisse zur kumulativen Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen. Für die Pkw-Erreichbarkeit beträgt

der Gini-Koeffizient 0,140. Demzufolge ist die Erreichbarkeit der Arbeitsplätze für die Dortmunder Bevölkerung mit dem Pkw relativ gleichverteilt. Die fußläufige Naherreichbarkeit der Arbeitsplätze dagegen ist deutlich stärker vom Wohnort innerhalb Dortmunds abhängig. Für die fußläufige Naherreichbarkeit ist der Gini-Koeffizient vergleichsweise hoch und beläuft sich auf 0,620. Die Werte für die übrigen Verkehrsmittel liegen dazwischen, wobei bei den meisten Aktivitätszielen die Naherreichbarkeit mit dem Fahrrad gleichverteilter ist als mit dem ÖPNV. Eine dieser Ausnahmen ist die Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen. Hier beträgt der Gini-Koeffizient 0,366 für das Fahrrad und 0,336 für den ÖPNV.

Tabelle 61: Gini-Koeffizienten der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	0,556	0,352	0,231	0,524
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	0,304	0,210	0,144	0,277
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	0,426	0,265	0,172	0,405
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	0,322	0,222	0,150	0,217
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/Kita	0,522	0,339	0,204	0,508
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	0,497	0,333	0,190	0,457
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	0,621	0,251	0,152	0,360
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	0,908	0,675	0,244	0,497
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	0,274	0,191	0,129	0,250
Kumulative Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen	0,620	0,366	0,140	0,336

Ein ähnliches Muster ergibt sich für die errechneten Interdezilverhältnisse, die in Tabelle 62 dargestellt sind. Für die Naherreichbarkeit mit dem Pkw sind niedrige Interdezilverhältnisse, für die fußläufige Naherreichbarkeit deutlich höhere Interdezilverhältnisse ermittelt worden. Das Interdezilverhältnis gibt das Werteverhältnis zwischen den äußeren Dezilen der personenbezogenen Verteilung der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund wieder. Dabei stellt das erste Dezil den Erreichbarkeitswert dar, der die schlechtesten 10 Prozent von den besten 90 Prozent trennt und das neunte Dezil stellt den Erreichbarkeitswert dar, der die besten 10 Prozent von den schlechtesten 90 Prozent trennt. Beim Interdezilverhältnis handelt es sich um einen Bewertungsindex, der um die Extremwerte bereinigt ist und einen Wertebereich abdeckt, in dem 80 Prozent aller Werte liegen. Die zehn Prozent der Personen mit den besten und die zehn Prozent mit den schlechtesten Erreichbarkeitsbedingungen bleiben in dieser Berechnung unberücksichtigt. Ein Indexwert von 2 bedeutet beispielsweise, dass der Erreichbarkeitswert für das neunte Dezil doppelt so hoch ist wie für das erste Dezil. Mit einem hohen Interdezilverhältnis wird eine hohe Ungleichheit der Erreichbarkeitsverteilung abgebildet. Ein niedriges Interdezilverhältnis hingegen ergibt sich, wenn die Erreichbarkeitsverhältnisse relativ gleichverteilt sind. Die Reisezeit zum nächsten Grundzentrum als Beispiel hat zwischen dem neunten und dem ersten Dezil beim Pkw einen Faktor von 2,6 zur Folge, das heißt sie ist für das neunte Dezil 2,6 mal kürzer als für das erste Dezil. Für das Fahrrad beträgt dieses Interdezilverhältnis 3,9, für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV 4,7 und zu Fuß schon 6,0. Über alle Naher-

reichbarkeitsindikatoren gehen mit der Nutzung eines Pkw enger beieinander liegende Erreichbarkeitsverhältnisse einher als bei den anderen Verkehrsmitteln, insbesondere bei der fußläufigen Naherreichbarkeit, die deutlich ungleich verteilt ist.

Tabelle 62: Interdezilverhältnis der Naherreichbarkeit in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Zu Fuß	Fahrrad	Pkw	Zu Fuß/ÖPNV
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	6,0	3,9	2,6	4,7
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	3,7	2,5	1,9	3,3
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	4,7	3,1	2,1	4,1
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	6,0	3,3	2,0	2,5
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/Kita	16,6	8,0	3,2	14,9
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	4,0	3,1	2,1	3,2
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	113,4	3,3	2,0	6,6
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	262.739,8	61,4	3,4	12,2
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	3,4	2,3	1,8	2,9
Kumulative Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen	20,9	5,7	1,9	5,2

Die Werte für die jeweiligen Aktivitätsziele sind sowohl beim Gini-Koeffizienten als auch beim Interdezilverhältnis aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsansätze der Naherreichbarkeitsindikatoren untereinander nur eingeschränkt vergleichbar. Betrachtet man nur die Reiseaufwandsindikatoren, die die Reisezeit zum nächsterreichbaren Aktivitätsziel wiedergeben, so bewegen sich die Gini-Koeffizienten für die fußläufigen Naherreichbarkeitsverhältnisse zwischen 0,497 für Grundschulen, 0,522 für Kindergärten/Kindertagesstätten und 0,556 für Grundzentren. Die fußläufige Naherreichbarkeit zu Grundzentren ist in Dortmund ungleicher verteilt als zu Kindergärten/Kindertagesstätten oder Grundschulen. Die Äquivalenzwerte für das Interdezilverhältnis betragen 4,0 für Grundschulen, 16,6 für Kindergärten und 6,0 für Grundzentren. Während die Gini-Koeffizienten also noch recht dicht beieinander liegen, unterscheiden sich in diesem Fall die Interdezilverhältnisse deutlich. Überraschend erscheint das vergleichsweise hohe Interdezilverhältnis für die fußläufige Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten. Die Gehzeit für das erste Dezil ist 16,6-fach höher als für das neunte Dezil. Die Erklärung hierfür liegt in der Vielzahl und Dezentralität der Einrichtungen. Für mehr als zehn Prozent der Kinder im Kindergartenalter liegt der/die nächst/e Kindergarten/Kindertagesstätte in unmittelbarer Nähe des Wohnumfeldes. Im Vergleich dazu liegt die Gehzeit der Kinder, die keinen fußläufig gut erreichbare/n Kindergarten/Kindertagesstätte im Nahbereich haben, selbst bei einem noch akzeptablen Aufwand um ein Vielfaches höher, was letztendlich zu diesem hohen Interdezilverhältnis führt.

Bei den Reiseaufwandsindikatoren, mit denen die mittlere Reisezeit zu den drei nächsterreichbaren Aktivitätszielen abgebildet wird, bestehen derart deutliche Unterschiede nicht. Der Gini-Koeffizient für die fußläufige Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften beträgt 0,304, von Hausärzten 0,426 und von Seniorenbegegnungsstätten 0,274. Die entsprechenden Interdezilverhältnisse betragen 3,7 für Lebensmittelgeschäfte, 4,7 für Hausärzte und 3,4 für Seniorenbe-

gegnungsstätten. Durch die Betrachtung von drei Zielstandorten und die Mittelung der Reisezeiten scheint sich die Ungleichheit der Erreichbarkeitsverhältnisse etwas zu egalisieren. Für die hausärztliche Grundversorgung fällt sie gleichwohl höher aus als für die Nahversorgung mit Lebensmitteln und Seniorenbegegnungsstätten.

Bei den Kumulations- und Potenzialindikatoren ist die Ungleichheit der Ergebnisse zur fußläufigen Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II, Berufskollegs und Arbeitsplätzen am höchsten. Gerade die Lage der Berufskollegs ist in Dortmund sehr stark auf einzelne Standorte in Innenstadtnähe konzentriert. Die gemessene Ungleichheit der Naherreichbarkeitsverhältnisse fällt entsprechend hoch aus, beim Gini-Koeffizient 0,908 und beim Interdezilverhältnis ca. eins zu 260.000. Das Interdezilverhältnis ist zwar auf den ersten Blick etwas anschaulicher als der Gini-Koeffizient, allerdings offenbaren sich an diesem Beispiel auch deutlich die Schwächen dieses Bewertungsindex. Das Interdezilverhältnis kann für den Fußgängerverkehr schnell hohe und kaum noch zu vermittelnde Skalenwerte annehmen, wenn die Berechnungsgrundlagen – wie in diesem Fall – auf den Ergebnissen eines Potenzialindikators bei räumlich stark konzentrierten Zielstandorten beruhen. Bei der Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen, die ebenfalls mit einem Potenzialindikator bemessen wurde, fällt die Ungleichheit der Naherreichbarkeitsverhältnisse schon deutlich niedriger aus. Das Interdezilverhältnis beträgt zu Fuß wie bei der Naherreichbarkeit von Grundzentren 6,0, der Gini-Koeffizient lautet 0,322.

Der Gini-Koeffizient und das Interdezilverhältnis eignen sich als Bewertungsindizes im Besonderen für Monitoringzwecke. Erhöhen sich ihre Werte über die Zeit, bedeutet dies, dass die Erreichbarkeitsschere der nachfragenden Bevölkerung auseinander geht. Bei sinkenden Werten dagegen gleichen sich die Naherreichbarkeitsverhältnisse an. Die Stärke dieser Bewertungsindizes entfaltet sich bei der zeitlichen Vergleichsanalyse. Für Potenzialindikatoren ist die Anwendung des Interdezilverhältnisses allerdings eingeschränkt. Zudem ist zu berücksichtigen, dass eine Verschlechterung guter Erreichbarkeitswerte das gleiche Resultat haben kann wie eine Verbesserung schlechter Erreichbarkeitswerte. Der Gini-Koeffizient und das Interdezilverhältnis sollten daher interpretatorisch ergänzend zu den Naherreichbarkeitsindikatoren eingesetzt werden.

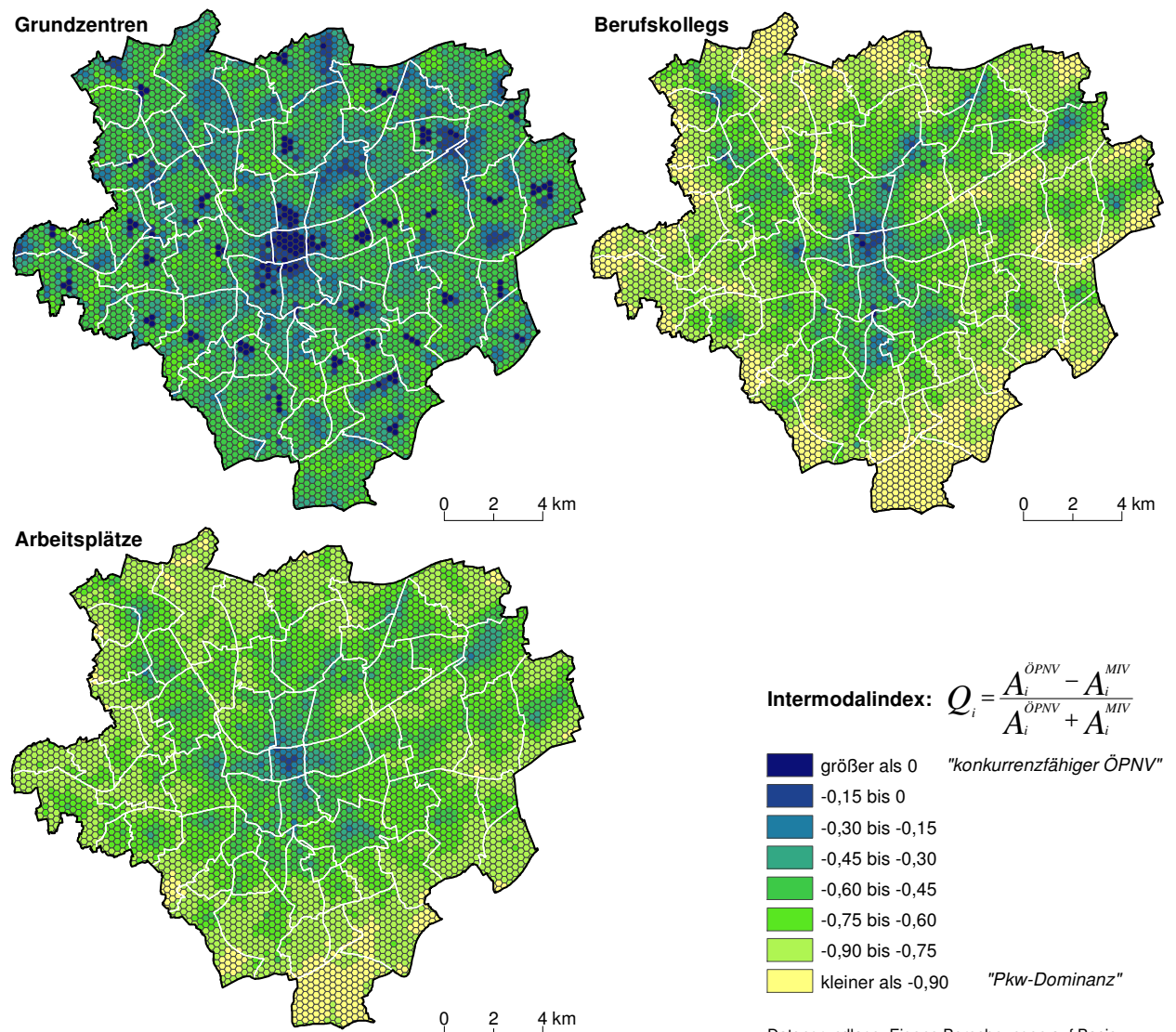
8.3.4 Intermodalindex

Ein Ziel kommunaler Nahverkehrsplanung ist die Stärkung des ÖPNV-Angebots. Dies wird häufig angestrebt, indem die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV verbessert wird. Ein Anhaltspunkt zur Bewertung von Planungsmaßnahmen ist hierbei der Vergleich mit dem MIV, da sich hieraus das Verkehrsmittelwahlverhalten ableiten lässt. Der Intermodalindex ist ein geeigneter Bewertungsindex zur Abbildung der Konkurrenzfähigkeit des ÖPNV zum Pkw. Er wird berechnet, indem die Erreichbarkeitsverhältnisse mit dem ÖPNV und Pkw zueinander in Bezug gesetzt werden (siehe Gleichung 29 im Kapitel 5.1.6). Der Intermodalindex ist ein standardisierter Bewertungsindex, der einen Wertebereich von -1 bis +1 abdeckt. Ist der Wert kleiner als Null, ist die Naherreichbarkeit zu Fuß/mit dem ÖPNV schlechter als mit dem Pkw, ist der Wert größer als Null, ist die Naherreichbarkeit zu Fuß/mit dem ÖPNV besser als mit dem Pkw. Ein ausgeglichenes intermodales Erreichbarkeitsverhältnis liegt bei einem Wert von Null vor.

In Dortmund hat der Intermodalindex für die meisten Wohnstandorte einen negativen Wert, das heißt, die Möglichkeit zur Nutzung eines Pkws bietet in den meisten Fällen eine bessere Naherreichbarkeit, als dies bei Nutzung der ÖPNV-Angebote möglich ist. Karte 38 zeigt am Beispiel

der Naherreichbarkeit von Grundzentren, Berufskollegs und Arbeitsplätzen eine kartographische Aufbereitung der für Dortmund ermittelten Intermodalindizes. Durch dunkelblaue Farben werden Teilräume markiert, in denen die ÖPNV-Angebote gegenüber dem MIV konkurrenzfähig oder besser sind. Grün-gelbliche Farben kennzeichnen dagegen jene Teilräume, in denen durch den Pkw eine deutlich bessere Naherreichbarkeit als mit dem ÖPNV ermöglicht wird. Hier ist der ÖPNV keine adäquate Alternative zum Pkw. Der beispielhafte Vergleich zeigt, dass die Naherreichbarkeit mit dem ÖPNV gegenwärtig vor allem in der Dortmunder Innenstadt dem Pkw gegenüber konkurrenzfähig ist. Dies gilt insbesondere für die Erreichbarkeit von Aktivitätszielen wie Berufskollegs oder Arbeitsplätzen, die sich räumlich eher konzentrieren. Bei der Naherreichbarkeit der Arbeitsplätze fallen in Karte 38 die im Stadtzentrum liegenden SPNV-Knotenpunkte, der Hauptbahnhof und die Stadtbahnkreuzungshaltestellen Kampstraße, Reinoldikirche und Stadtgarten als Orte mit der besten Wettbewerbsfähigkeit des ÖPNV auf. Bei den umliegenden Bereichen fallen die Werte der Intermodalindizes relativ schnell ab. Bei der Naherreichbarkeit von Berufskollegs etwas ausgeprägter als bei den Arbeitsplätzen als Aktivitätsziele

Karte 38: Intermodalindizes für die Naherreichbarkeit von Grundzentren, Berufskollegs und Arbeitsplätzen in Dortmund.



Datengrundlage: Eigene Berechnungen auf Basis von OpenStreetMap und Fahrplandaten, Stand 1/2011

len stechen nur noch die Haltestellen des Eisenbahn-, S-Bahn- und Stadtbahnsystems als Orte mit einer hinreichend annehmbaren Wettbewerbsfähigkeit des ÖPNV hervor. Anders verhält es sich bei der Naherreichbarkeit von Grundzentren in Dortmund, die mit einem Reiseaufwandsindikator abgebildet wurde. Bei den Reiseaufwandsindikatoren, mit denen die Reisezeit zu den nächsten ein bis drei Aktivitätszielen bemessen wird, fallen methodisch bedingt Erreichbarkeitsdisparitäten weniger ins Gewicht als bei den Kumulations- und Potenzialindikatoren, mit denen distanzgewichtet alle Aktivitätsziele zugleich betrachtet werden. In Karte 38 zeigt sich, dass in den Grundzentren selbst beziehungsweise in ihrer unmittelbaren Nähe die Naherreichbarkeit zu Fuß/mit dem ÖPNV besser ist als die Naherreichbarkeit mit dem Pkw. Dementsprechend weist der Intermodalindex dort positive Werte auf. Abseits der Grundzentren dreht sich dieses Verhältnis mit zunehmender Entfernung wiederum ins Gegenteil. In weiten Teilen Dortmunds gewährt der Pkw eine bedeutend bessere Erreichbarkeit als der ÖPNV.

Tabelle 63 fasst die für die zehn Naherreichbarkeitsindikatoren berechneten Intermodalindizes zusammen. Die Berechnung erfolgte einwohnergewichtet für die nachfragende Bevölkerungsgruppe in Dortmund. In der Tabelle sind die Werte absteigend sortiert. Da die Naherreichbarkeitswerte der einzelnen Aktivitätsarten auf verschiedenen Modellieransätzen beruhen, ist aus methodischen Gründen eine direkte Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Indikatortypen nur eingeschränkt möglich. Methodisch bedingt hat die Berechnung von Kumulations- und Potenzialindikatoren stärkere Disparitäten der Erreichbarkeitsverhältnisse zur Folge als bei Reiseaufwandsindikatoren. Die mit diesen beiden Indikatortypen berechneten Naherreichbarkeiten von Arbeitsplätzen, Berufskollegs, Schulen der Sekundarstufen I und II sowie Grün- und Freiflächen haben daher beim einwohnergewichteten Intermodalindex die negativsten Werte. Bei Reiseaufwandsindikatoren ist die Intermodallücke zwischen ÖPNV und MIV kleiner. Doch auch die Reiseaufwandsindikatoren weisen negative Werte beim Intermodalindex auf. Im einwohnergewichteten Mittel ist in Dortmund die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV in Bezug auf die Sicherung der Naherreichbarkeit dem Pkw unterlegen. Für keine der zehn betrachteten Aktivitätsarten liegt ein ausgeglichenes Intermodalverhältnis vor. Den mit -0,079 höchsten Wert erreicht die Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten, gefolgt von den Grundzentren mit -0,173, den Hausärzten mit -0,208 und den Grundschulen mit -0,237. Durch die dezentrale, wohnortnahe Lage dieser Einrichtungen ist einwohnergewichtet auf gesamt Dortmund bezogen die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV hier am wenigsten ungleichwertig.

Tabelle 63: Aktivitätsspezifische Intermodalindizes (ÖPNV/MIV) zur Naherreichbarkeit in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Einwohnergewichteter Intermodalindex
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/Kindertagesstätte	-0,079
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	-0,173
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	-0,208
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	-0,237
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	-0,266
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	-0,267
Kumulative Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen	-0,630
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	-0,656
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	-0,710
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	-0,878

Der Intermodalindex lässt sich grundsätzlich auch für andere Kombinationen von Verkehrsmitteln berechnen. So ist die Naherreichbarkeit mit dem Fahrrad in Dortmund höher als mit dem Pkw. Der einwohnergewichtete Intermodalindex liegt für den Vergleich der Reiseaufwände zu den drei nächsten Hausärzten mit +0,026, zum nächsten Kindergarten bzw. zur nächsten Kindertagesstätte mit +0,018, zum nächsten Grundzentrum mit +0,017, zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften mit +0,004 und zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten mit +0,001 jeweils zugunsten des Fahrrads im positiven Wertebereich. Zur Sicherung der Naherreichbarkeitsverhältnisse ist das Fahrrad dem Pkw gegenüber im Gemeindedurchschnitt nicht nur wettbewerbsfähig, sondern bei bestimmten Aktivitätszielen sogar leicht voraus.

Der hier exemplarisch dargestellte Intermodalindex kann zur Unterstützung einer nachhaltigen Flächennutzungs- und Verkehrsplanung verwendet werden. Er bemisst die von Planungsmaßnahmen ausgehenden verkehrsmittelspezifischen Veränderungen auf die Naherreichbarkeitsverhältnisse. Durch ihn lässt sich zum Beispiel abbilden, ob eine Stärkung oder Schwächung des ÖPNV, Fahrradverkehrs etc. zu erwarten ist. Zudem eignet sich der Intermodalindex zur Beobachtung von Intermodaldefiziten und ihrer Entwicklung.

8.4 Erreichbarkeitsprofile von Wohnorten

Nicht unerwähnt bleiben soll, dass sich die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methode ebenfalls zur Erstellung von spezifischen Erreichbarkeitsprofilen für Wohnquartiere eignet. Durch eine solche Charakterisierung von Wohnquartieren lassen sich sowohl Aussagen zu den Erreichbarkeitsvorteilen und -nachteilen der Wohnorte treffen als auch Erkenntnisse zu ihrer Eignung für bestimmte Bevölkerungsgruppen herleiten (siehe hierzu auch Kapitel 8.5). Die aus der Analyse der Naherreichbarkeit hergeleiteten Erreichbarkeitsprofile kommen damit für erreichbarkeitsbezogene Standortbewertungen infrage.

Am Beispiel von fünf exemplarisch ausgesuchten statistischen Unterbezirken in Dortmund wird im Folgenden ein knapper Einblick in die von diesem Ansatz ausgehenden Möglichkeiten gegeben. Die Auswahl der statistischen Unterbezirke spiegelt dabei die Vielfältigkeit der Wohnangebote mit unterschiedlichen Naherreichbarkeitsbedingungen in Dortmund wider. Es folgen Ausführungen für die statistischen Unterbezirke Borsigplatz, City-West, Gartenstadt-Süd, Löttringhausen-Nord und Lütgendortmund-Ost.

8.4.1 Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Borsigplatz

Der statistische Unterbezirk Borsigplatz befindet sich im nordöstlichen Bereich der Dortmunder Nordstadt. Namensgeber des Wohnviertels ist der Borsigplatz, ein städtebaulich markanter, sternförmiger Kreisverkehr. Überregional bekannt ist das Viertel durch seine Nachbarschaft zur ehemaligen Westfalenhütte sowie durch den Fußballverein Borussia Dortmund, der hier 1909 gegründet wurde.

Der Borsigplatz gilt als ein klassisches Arbeiterviertel, das um die Wende zum 20. Jahrhundert erbaut wurde. Charakteristisch sind die in Blockrandbebauung errichteten vier- bis fünfgeschossigen Wohnhäuser, die sich teilweise in einem renovierungsbedürftigen Zustand befinden. Karte 39 zeigt die Flächennutzung im ca. 50 ha großen Unterbezirk. Rund um den Borsigplatz dominieren mischgenutzte Häuser mit gewerblicher Nutzung im Erdgeschoss und Wohnnutzung in den übrigen Geschossen. Im Süden und Westen markieren Eisenbahngleise die Grenzen des Wohnquartiers. Die Einwohnerzahl betrug Ende 2010 7.494 Personen (Datengrundlage: Stadt

Dortmund, Fachbereich Statistik, Stand 31.12.2010). Abbildung 51 zeigt die Altersstruktur. Der Borsigplatz ist ein relativ „junges“ Wohnviertel, der Anteil der über 60-Jährigen ist hier vergleichsweise niedrig. Zugleich zeichnet sich die Bevölkerungsstruktur durch einen sehr hohen Ausländeranteil aus. Mit 45 Prozent liegt er deutlich über dem Stadtdurchschnitt von 12,6 Prozent (ebd.).

Karte 39: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Borsigplatz.

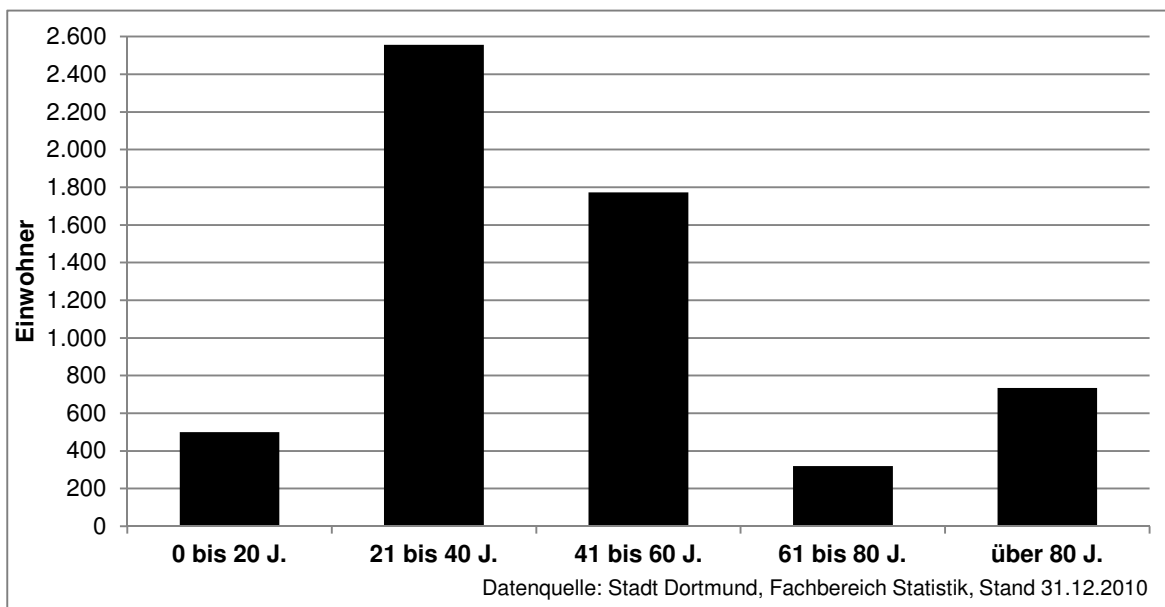


Abbildung 51: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Borsigplatz.

Der Borsigplatz wird den problembehafteten Wohnquartieren Dortmunds zugeordnet. Seine Bewohner erzielen die niedrigsten durchschnittlichen Einkommen je Steuerpflichtigen in Dortmund (siehe Stadt Dortmund 2010f, S. 166). Zudem liegt die Arbeitslosenquote erheblich über dem Stadtdurchschnitt. Dies führt dazu, dass „die Merkmale der Bevölkerungsbewegung [...] die

mit deutlichem Abstand höchste Mobilitätsrate und niedrigste Wohndauer [verzeichnen]. Das hohe Fluktuationsvolumen deutet auf negative Entwicklungsprozesse und daraus resultierende fehlende Bindungskräfte hin. Im Bereich Wohnen ist eine deutlich niedrigere Wohnfläche und ein überdurchschnittlich hoher Anteil an Wohnhäusern mit mehr als 10 Wohnungen erkennbar“ (Stadt Dortmund 2010d, S. 8). Rund um den Borsigplatz fällt die Wohnungsleerstandsquote entsprechend hoch aus.

Für seine Bewohner besteht ein hohes Gefährdungspotenzial sozialer Exklusion. Die Ergebnisse der Naherreichbarkeitsanalyse bestätigen dies allerdings nicht. Zwar liegen für den Borsigplatz niedrigere Naherreichbarkeitsverhältnisse als in den übrigen innenstädtischen Wohnquartieren vor, im Vergleich zum Rest Dortmunds sind die Erreichbarkeitswerte der Analyse zufolge jedoch größtenteils überdurchschnittlich. Tabelle 64 zeigt eine Übersicht der einwohnerbezogenen Naherreichbarkeitswerte für die einzelnen Aktivitätsarten und einen Vergleich zum Stadtdurchschnitt. Besonders positiv stechen am Borsigplatz die sehr guten Werte für die Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften, Hausärzten, Kindergärten/Kindertagesstätten, Grundschulen, Berufskollegs, Seniorenbegegnungsstätten und Arbeitsplätzen hervor. Ebenfalls überdurchschnittlich ist die Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufe I und II, insbesondere mit dem Fahrrad und ÖPNV. Zu Fuß dagegen fällt die Naherreichbarkeit der weiterführenden Schulen im Vergleich zum Stadtdurchschnitt eher schlecht aus.

Tabelle 64: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Borsigplatz mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Zu Fuß		Fahrrad		Pkw		Zu Fuß/ÖPNV	
	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	15 Min.	13 Min.	7 ½ Min.	6 ½ Min.	8 Min.	6 Min.	13 Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	7 ½ Min.	12 ½ Min.	4 Min.	6 Min.	6 Min.	6 Min.	7 Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	4 ½ Min.	11 Min.	3 Min.	5 ½ Min.	5 ½ Min.	5 ½ Min.	4 ½ Min.	10 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	21	100	43	100	82	100	82	100
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/Kindertagesstätte	5 Min.	9 Min.	3 Min.	5 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	5 Min.	8 Min.
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	8 ½ Min.	13 Min.	6 Min.	7 ½ Min.	6 ½ Min.	5 ½ Min.	8 Min.	11 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	51	100	140	100	104	100	158	100
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	1.483	100	727	100	188	100	347	100
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	10 ½ Min.	12 ½ Min.	5 Min.	6 Min.	7 Min.	6 Min.	9 ½ Min.	11 ½ Min.
Effektive Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen*	1,87	0,91	1,72	1,09	1,14	1,05	1,37	1,16

* Effektives Erreichbarkeitsverhältnis = Distanzgewichtetes Verhältnis aus Angebot und Nachfrage

Abbildung 52 enthält eine graphisch aufbereitete Zusammenfassung der einzelnen für den statistischen Unterbezirk Borsigplatz ermittelten aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitswerte. Die Darstellung erfolgt standardisiert mit relativen Werten, wobei durch die 100%-Linie die jeweilige durchschnittliche Naherreichbarkeit je Einwohner in Dortmund markiert ist. Eine Besonderheit des Borsigplatz-Bezirks ist es, dass die stadtweltweit mit anderen Verkehrsmitteln deutlich überdurchschnittlichen Naherreichbarkeitsverhältnisse für den Pkw nicht gelten.

Die Naherreichbarkeit mit dem Pkw fällt im Ranking der statistischen Unterbezirke erkennbar schlechter aus. In Abbildung 53 wird dies nochmals am Beispiel der Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten verdeutlicht. Der einwohnergewichtete Naherreichbarkeitswert eines statistischen Unterbezirks wird in ihr durch einen Punkt repräsentiert. Während die Werte für den Borsigplatz für die Verkehrsmittel des Umweltverbundes in den Top 20 aller statistischen Unterbezirke liegen, ist die Naherreichbarkeit mit dem Pkw nur durchschnittlich. Die Ursachen hierfür liegen in der Verkehrsführung rund um den Borsigplatz und in der Anzahl der

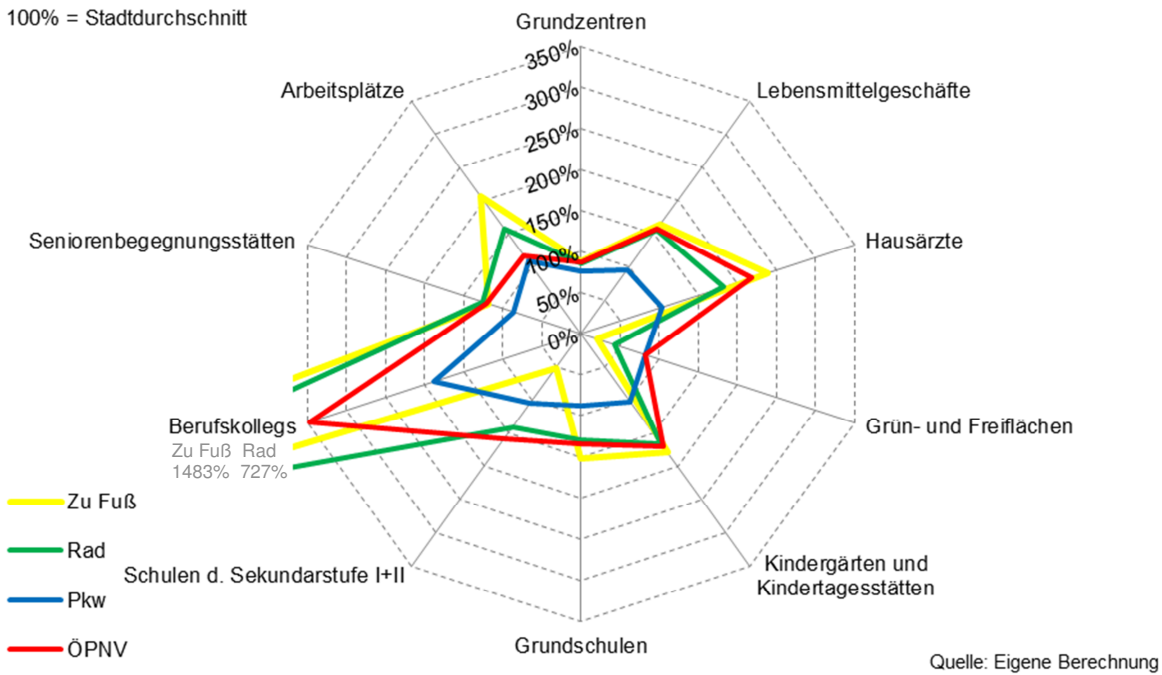


Abbildung 52: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Borsigplatz.

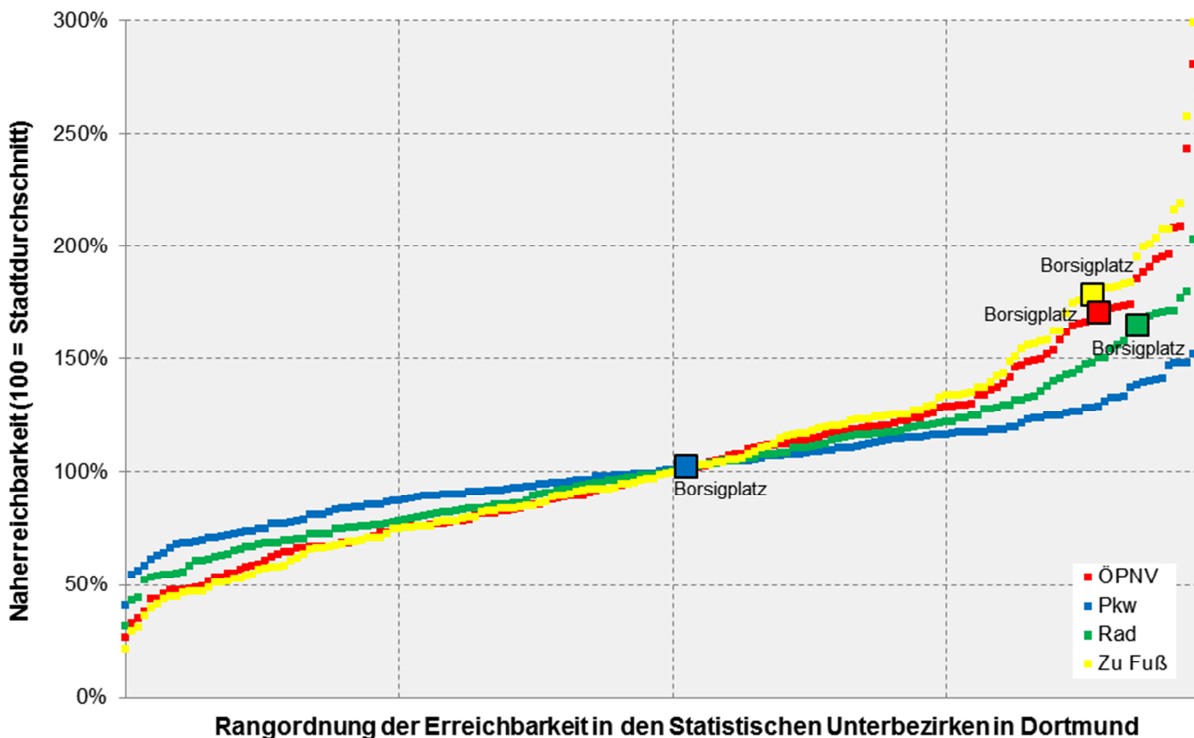


Abbildung 53: Vergleich der Naherreichbarkeitsverhältnisse in den statistischen Unterbezirken in Dortmund für die Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten.

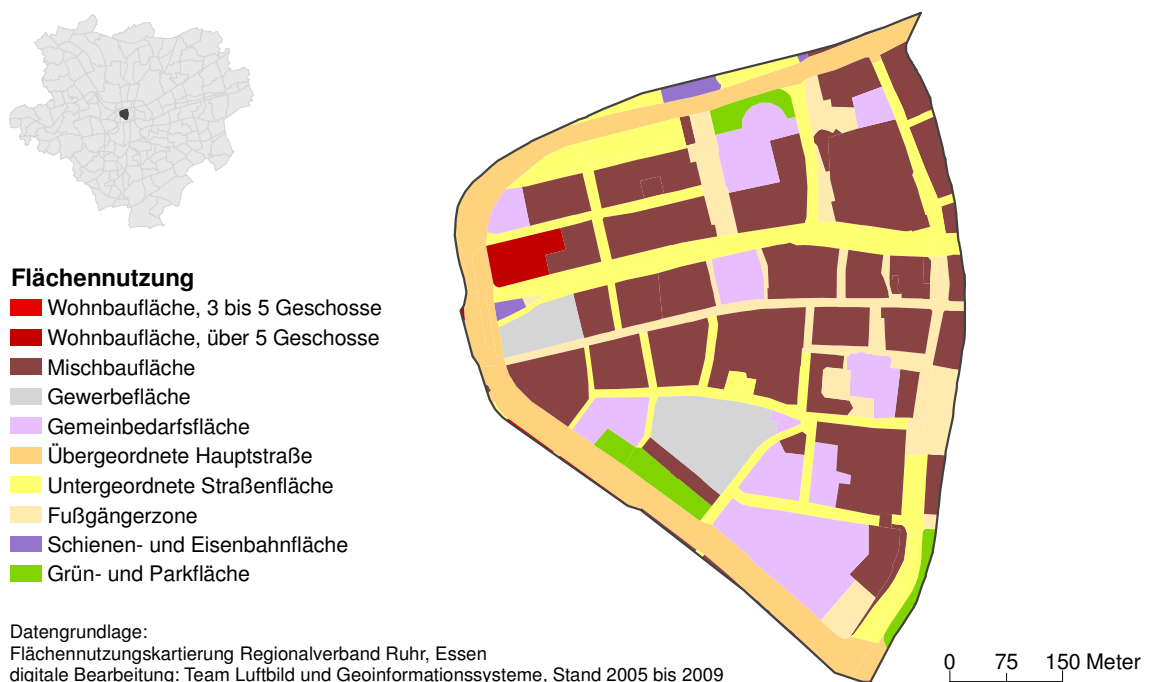
lichtsignalgesteuerten Knotenpunkte, in der durch das Viertel verlaufenden straßengeführten Stadtbahnlinie sowie in der durch die Bahndämme bedingten vergleichsweise isolierten Lage des Viertels für den Pkw-Verkehr. Die Durchlässigkeit ist hier für den Fuß- und Fahrradverkehr durch zusätzliche Unterführungen und Wegeverbindungen um einiges besser.

Die Naherreichbarkeit des nächsten Grundzentrums ist allerdings – für ein innenstadtnahes Wohnviertel atypisch – für alle Verkehrsmittel unterdurchschnittlich. Es ist hier einschränkend zu erwähnen, dass dies vor allem auf die definitorische Abgrenzung der Grundzentren seitens der Stadt Dortmund zurückzuführen ist (vgl. Kapitel 7.4.1). Der Borsigplatz wird zwar als Quartiersversorgungszentrum, nicht aber als Grundzentrum gezählt. Ebenfalls negativ stellt sich für die Bewohner dieses Unterbezirks die Naherreichbarkeit von Parkanlagen, Spiel- und Freizeitanlagen, Gärten, Wäldern, Feldern und Gewässern dar. Insbesondere die fußläufige und fahrradgebundene Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen zählt zu den schlechtesten Werten, die für Dortmund berechnet wurden. Die überdurchschnittlich guten Naherreichbarkeitsbedingungen zur Nahversorgung, medizinischen Grundversorgung und zu Bildungseinrichtungen und Arbeitsplätzen werden in der Zusammenfassung durch vergleichsweise schlechte Erreichbarkeitswerte zum nächsten Grundzentrum und zu Grün- und Freiflächen geschmälert.

8.4.2 Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk City-West

Die City ist das historische Zentrum der Stadt Dortmund. Die westliche Hälfte, der statistische Unterbezirk City-West, umfasst eine Fläche von 28,2 Hektar. Er wird vom Dortmunder Wallring sowie der HansasträÙe umschlossen und vom Westenhellweg, der historischen ost-westlich verlaufenden HandelsstraÙe durchzogen. Als heutige Fußgängerzone gilt der Westenhellweg als die zentrale, überregional bedeutende EinkaufsstraÙe Dortmunds. Neben dem Einzelhandel prägen viele Banken und Dienstleistungsunternehmen den statistischen Unterbezirk. An der nördlichen Grenze schließt sich der Dortmunder Hauptbahnhof an. Karte 40 gibt einen Überblick über die Flächennutzung im statistischen Unterbezirk City-West.

Karte 40: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk City-West.



Zum Analysezeitpunkt lebten im statistischen Unterbezirk City-West 838 Einwohner bei einem Ausländeranteil von 22 Prozent (Datengrundlage: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik, Stand 31.12.2010). Abbildung 54 zeigt die Altersstruktur der Bevölkerung. Die größte Bevölkerungsgruppe dieses Unterbezirks bilden die erwerbsfähigen Personen im Alter zwischen 21 und 60 Jahren. Aber auch der Anteil der über 60-Jährigen ist recht hoch.

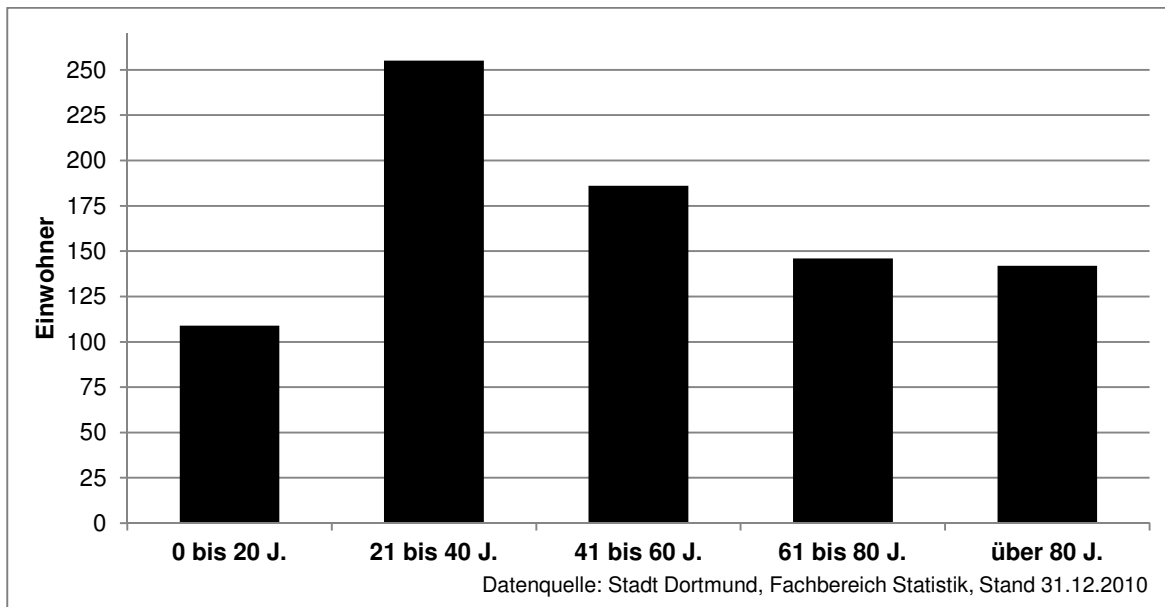


Abbildung 54: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk City-West.

Der Gebäudebestand umfasst einen sehr hohen Anteil an Gebäuden mit mehr als zehn Wohnungen. Es ist ein sehr urban geprägtes Viertel mit sehr wenigen Grün- und Freiflächen. „Die Merkmale der Erwerbs- und Einkommensdimension sowie der sozialen Lage und Absicherung bewegen sich auf einem für Dortmunder Verhältnisse durchschnittlichen Niveau“ (Stadt Dortmund 2010d, S. 7). Der Anteil Arbeitsloser beträgt rund acht Prozent, wohingegen rund 21 Prozent SGBII-Leistungsempfänger sind. Der Pkw-Bestand ist bei einem Anteil von 254 pro 1.000 Einwohner äußerst niedrig für Dortmund (ebd.).

Tabelle 65 zeigt die durchschnittliche Naherreichbarkeit im statistischen Unterbezirk City-West. Die dort wohnenden Personen haben überdurchschnittlich gute Naherreichbarkeitsbedingungen. Besonders die Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen ist ausgezeichnet, und zwar über alle Verkehrsmittel. Ebenso besteht eine gute bis sehr gute Erreichbarkeit des nächsten Grundzentrums, von Hausärzten, Lebensmittelgeschäften, weiterführenden Schulen, Berufskollegs und Seniorenbegegnungsstätten. Die Naherreichbarkeit von Grundschulen liegt dagegen auf durchschnittlichem Niveau, die von Kindergärten/Kindertagesstätten ist unterdurchschnittlich. Zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem Pkw können Grün- und Freiflächen nur schlecht erreicht werden. Anders verhält es sich bei der ÖPNV-Erreichbarkeit, die überdurchschnittlich gut ist. Ausreichende Grün- und Freiflächen liegen für Bewohner des westlichen Teils der Innenstadt zwar nicht in fußläufiger Entfernung, sie können aus der City aber mit dem gut ausgebauten Stadtbahnnetz erreicht werden. Abbildung 55 fasst die einzelnen aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitswerte, die für den statistischen Unterbezirk City-West ermittelt wurden, als vergleichende Darstellung gegenüber dem Stadtdurchschnitt zusammen. Wie auch für die anderen innerstädtischen Wohnorte modelliert, fällt die standortbezogene Pkw-Erreichbarkeit gegenüber den relativen Naherreichbarkeitswerten mit den Verkehrsmitteln des Umweltver-

bunds etwas ab. Der statistische Unterbezirk City-West ist ein Wohnstandort, an dem für einige Aktivitäten die Naherreichbarkeit zu Fuß, mit dem Fahrrad und mit dem ÖPNV besser ausfällt als mit dem Pkw. Aufgrund der schlechten Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen und der durchschnittlichen Naherreichbarkeit von Kinderbetreuungs- und Bildungseinrichtungen taugt der statistische Unterbezirk City-West aus Naherreichbarkeitssicht für Familien mit Kindern eher nicht als Wohnstandort. Für kinderlose Erwerbstätige und Senioren erweist er sich als geeignet.

Tabelle 65: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk City-West mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Zu Fuß		Fahrrad		Pkw		Zu Fuß/ÖPNV	
	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	2 Min.	13 Min.	1 ½ Min.	6 ½ Min.	3 Min.	6 Min.	2 Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	9 Min.	12 ½ Min.	6 Min.	6 Min.	7 ½ Min.	6 Min.	7 ½ Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	3 ½ Min.	11 Min.	3 Min.	5 ½ Min.	5 Min.	5 ½ Min.	3 ½ Min.	10 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	13	100	35	100	76	100	260	100
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/ Kindertagesstätte	9 Min.	9 Min.	6 Min.	5 Min.	6 ½ Min.	4 ½ Min.	8 Min.	8 Min.
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	11 ½ Min.	13 Min.	8 Min.	7 ½ Min.	7 Min.	5 ½ Min.	10 Min.	11 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	233	100	191	100	118	100	362	100
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	698	100	476	100	166	100	482	100
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	7 ½ Min.	12 ½ Min.	5 Min.	6 Min.	6 ½ Min.	6 Min.	7 Min.	11 ½ Min.
Effektive Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen*	4,71	0,91	2,04	1,09	1,20	1,05	1,41	1,16

* Effektives Erreichbarkeitsverhältnis = Distanzgewichtetes Verhältnis aus Angebot und Nachfrage

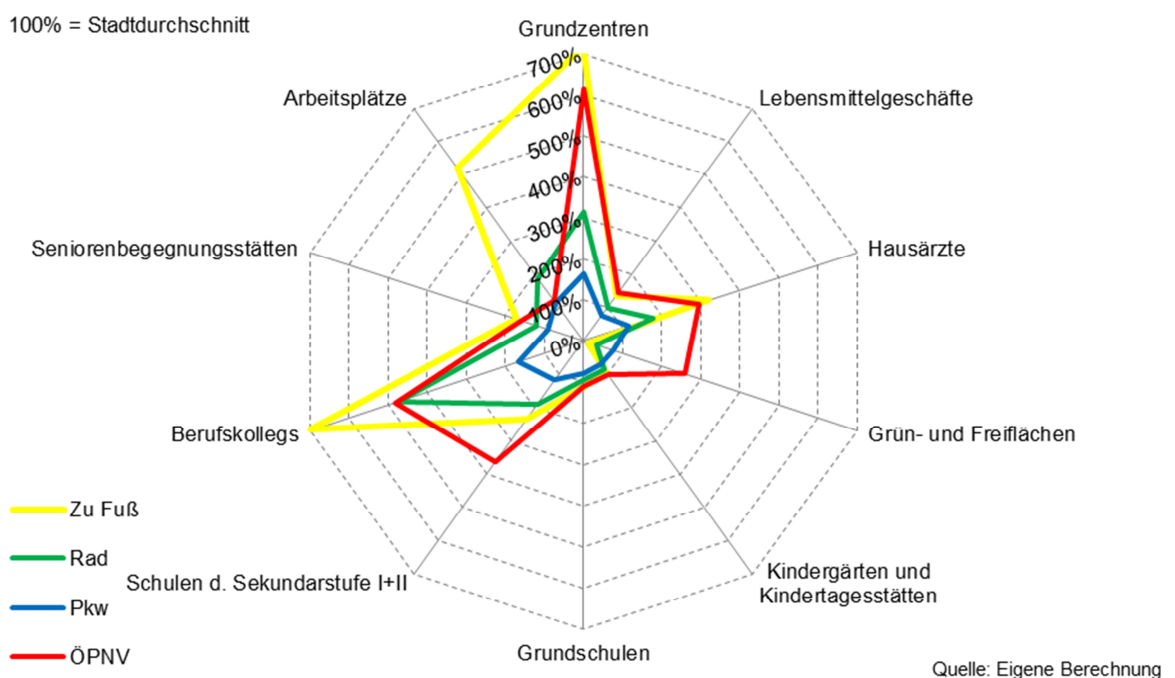


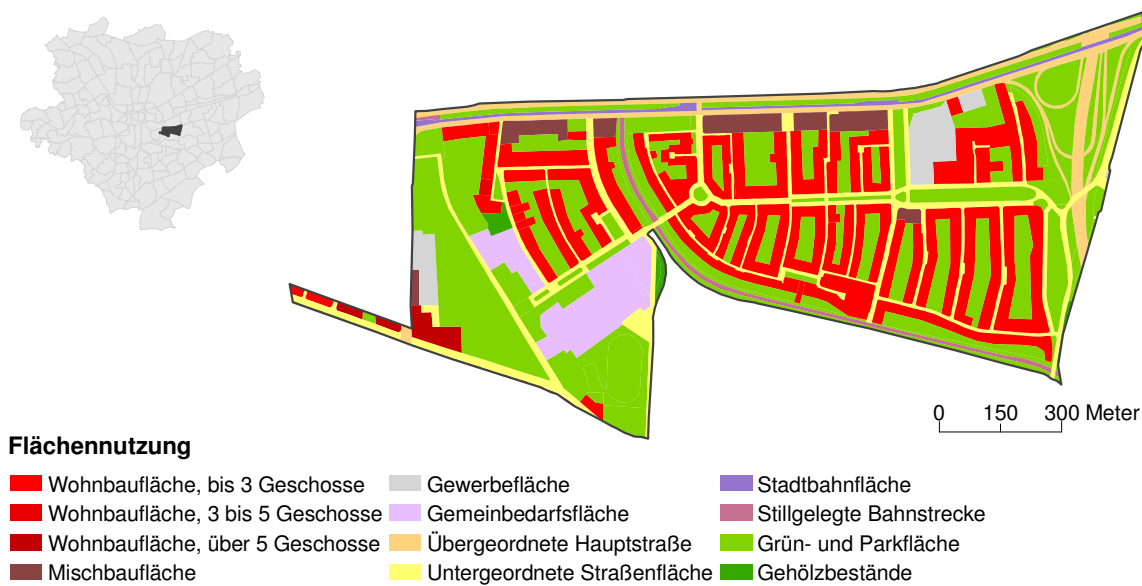
Abbildung 55: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk City-West.

8.4.3 Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Gartenstadt-Süd

Südöstlich der City liegt die Dortmunder Gartenstadt. Sie wurde 1912 nach einem einheitlichen Entwurf zur Stadterweiterung als Villenviertel für finanzkräftige Privathaushalte geplant. Noch heute handelt es sich bei der Gartenstadt um ein gehobenes und bürgerliches Wohnviertel, das durch großzügig angelegte Grundstücke und architektonisch wertvolle Häuser charakterisiert ist. Eine Trennlinie stellt die Bundesstraße 1 dar, die die Gartenstadt in einen nördlichen und einen südlichen Teil unterteilt.

Der statistische Unterbezirk Gartenstadt-Süd befindet sich südlich der Bundesstraße 1. Auf der Bundesstraße verkehrt die Stadtbahnlinie U47, deren Stadtbahnhaltestellen Vosskuhle, Lübkestraße und Max-Eyth-Straße eine wichtige Erschließungsfunktion für die Gartenstadt ausüben. Entlang dieser Verkehrsachse überwiegen Büronutzungen und der Einzelhandel. Südlich davon dominieren im restlichen Gebiet Wohnnutzungen mit einem hohen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern. Südwestlich hiervon befinden sich eine Grundschule und die städtische Gesamtschule Gartenstadt, die von ca. 1.200 Schülern besucht wird. Karte 41 gibt einen Überblick über die Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd.

Karte 41: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd.



Datengrundlage:
 Flächennutzungskartierung Regionalverband Ruhr, Essen
 digitale Bearbeitung: Team Luftbild und Geoinformationssysteme, Stand 2005 bis 2009

Im statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd ist der Großteil der Bevölkerung zwischen 41 und 80 Jahren alt. Abbildung 56 gibt einen Einblick in die Bevölkerungsstruktur. Insgesamt lebten dort Ende 2010 2.091 Personen, 4 Prozent davon sind Ausländer (Datengrundlage: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik, Stand 31.12.2010). Die Bewohner der Gartenstadt-Süd sind wohlhabend. Der Anteil an Arbeitslosen wie auch SGBII-Leistungsempfängern beträgt jeweils gerade anderthalb Prozent. Der Wohlstand spiegelt sich auch im hohen Pkw-Bestand wider: Pro 1.000 Einwohner sind 583 Pkws angemeldet (ebd.).

Tabelle 66 zeigt die durchschnittliche Naherreichbarkeit zu den einzelnen Aktivitätszielen. Abbildung 57 stellt den relativen Vergleich der Naherreichbarkeitsverhältnisse gegenüber dem

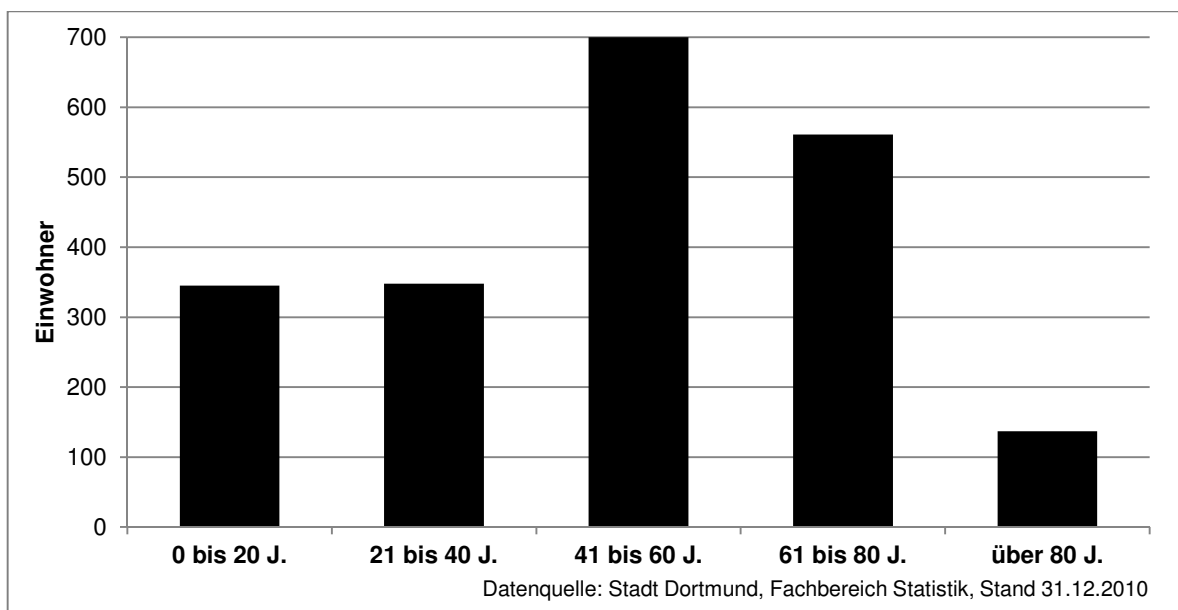


Abbildung 56: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd.

Stadtdurchschnitt dar. Die Naherreichbarkeit in der Gartenstadt-Süd orientiert sich über alle Verkehrsmittel nah am Stadtdurchschnitt. Außerordentlich gut sind Arbeitsplätze zu erreichen. Im besonderen Maße trifft dies auf den Pkw als dabei genutztes Verkehrsmittel zu. Aufgrund der verkehrsgünstigen Lage zum überörtlichen Straßennetz fällt die Erreichbarkeit mit dem Pkw generell recht hoch aus. Auch erwähnenswert ist die gute Fahrraderreichbarkeit in der Gartenstadt-Süd. Für die meisten Aktivitätsarten liegt sie oberhalb des Stadtdurchschnitts. Über alle Verkehrsmittel oberhalb des Stadtdurchschnitts befindet sich die Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften, Hausärzten, weiterführenden Schulen und Seniorenbegegnungsstätten. Ebenfalls überdurchschnittlich liegt mit Ausnahme der fußläufigen Naherreichbarkeit die Naherreichbarkeit von Berufskollegs.

Tabelle 66: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Zu Fuß		Fahrrad		Pkw		Zu Fuß/ÖPNV	
	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	21 ½ Min.	13 Min.	10 Min.	6 ½ Min.	9 Min.	6 Min.	19 ½ Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	10 Min.	12 ½ Min.	5 ½ Min.	6 Min.	5 ½ Min.	6 Min.	10 Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	7 ½ Min.	11 Min.	5 Min.	5 ½ Min.	5 Min.	5 ½ Min.	7 ½ Min.	10 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	48	100	63	100	136	100	63	100
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/ Kindertagesstätte	11 Min.	9 Min.	5 ½ Min.	5 Min.	5 Min.	4 ½ Min.	10 Min.	8 Min.
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	14 Min.	13 Min.	8 ½ Min.	7 ½ Min.	6 ½ Min.	5 ½ Min.	12 ½ Min.	11 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	110	100	120	100	126	100	100	100
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	24	100	150	100	136	100	101	100
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	12 Min.	12 ½ Min.	6 Min.	6 Min.	6 Min.	6 Min.	11 ½ Min.	11 ½ Min.
Effektive Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen*	1,09	0,91	1,27	1,09	1,09	1,05	1,28	1,16

* Effektives Erreichbarkeitsverhältnis = Distanzgewichtetes Verhältnis aus Angebot und Nachfrage

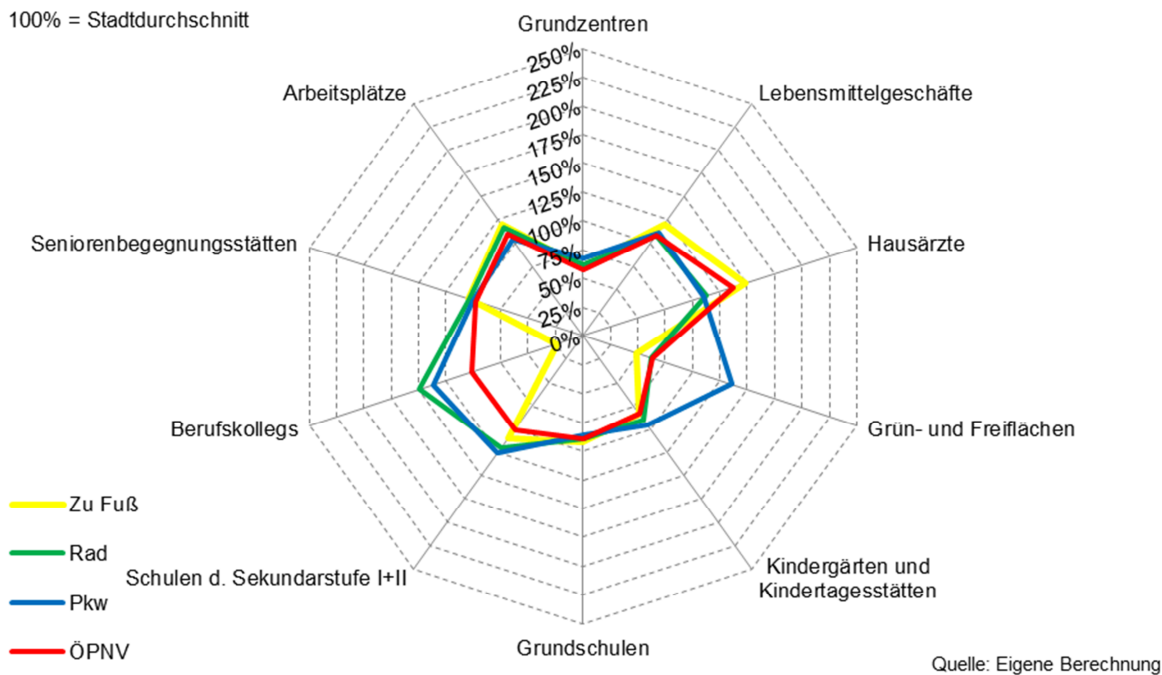


Abbildung 57: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Gartenstadt-Süd.

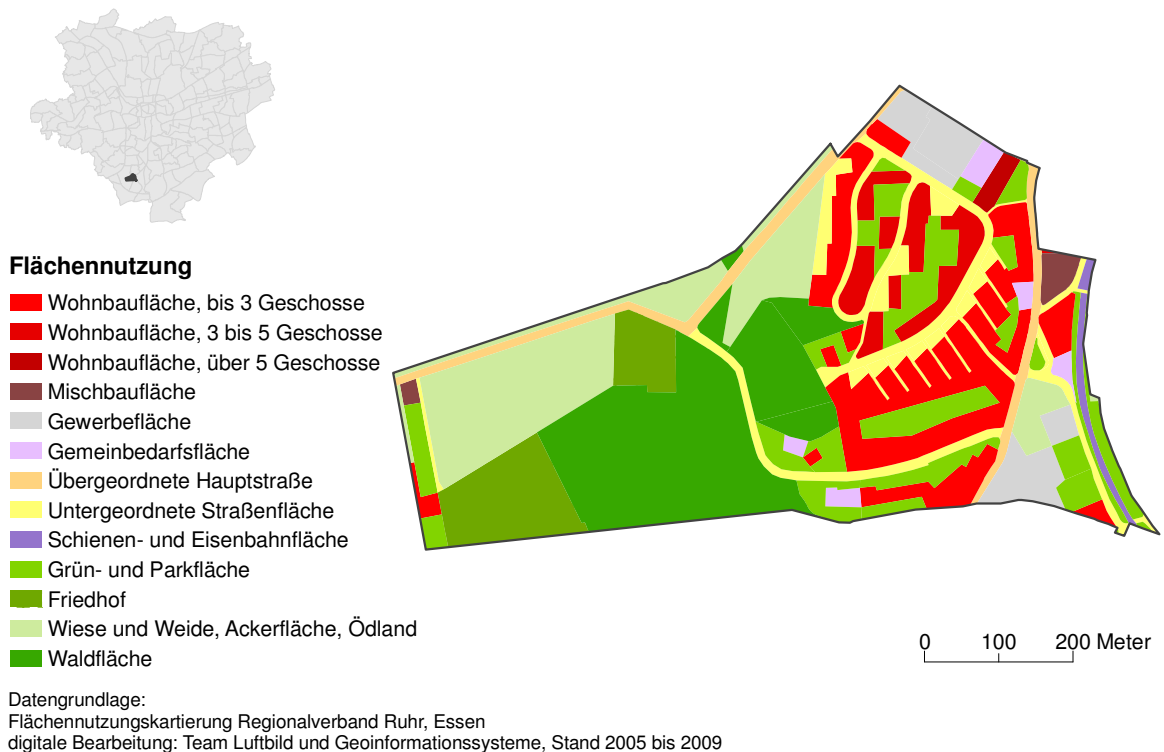
Vergleichsweise schlecht fällt dagegen die Naherreichbarkeit von Grundzentren aus, und zwar für alle Verkehrsmittel gleichermaßen. Mit dem Pkw benötigt man von hier aus im Durchschnitt neun Minuten, mit dem ÖPNV sogar 19 ½ Minuten zum Erreichen des nächsten Grundzentrums. Auch die Naherreichbarkeit öffentlicher Grün- und Freiflächen erweist sich als unterdurchschnittlich, wenn der Umweltverbund genutzt wird. Mit dem Pkw dagegen garantiert der an das überörtliche Straßennetz gut angebundene Standort auch hier eine überdurchschnittliche Erreichbarkeit. In der Gartenstadt-Süd sind insgesamt durchaus akzeptable Naherreichbarkeitsbedingungen vorzufinden. Allerdings müssen die hier wohnenden Haushalte eine vergleichsweise schlechte Naherreichbarkeit von Grundzentren in Kauf nehmen.

8.4.4 Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Löttringhausen-Nord

Löttringhausen ist ein ehemals kleiner, bäuerlich geprägter Ort im Südosten Dortmunds. Ab Mitte der 1960er-Jahre veränderte er sich grundlegend, als im Norden mit dem Bau einer für die damalige Zeit typischen Großwohnsiedlung begonnen wurde. 1974 war der Wandel von einer Bauernschaft zu einem bevölkerungsreichen Vorort mit kleinem Einkaufszentrum vollzogen. Heute verfügt Löttringhausen über eine einfache wohnortnahe Grundausrüstung. Neben einem Supermarkt befinden sich in Löttringhausen eine Sparkasse, ein Kindergarten, eine Grundschule und einige kirchliche Sozialeinrichtungen. Karte 42 zeigt die Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord. Im Norden befindet sich angrenzend an die Großwohnsiedlung Kirhhörde-Nord das Siedlungszentrum. Der Ort ist durch die Buslinie 448 erschlossen, die im halbstündigen Takt über die Ortsmitte von Hombruch in Richtung Witten verkehrt und dort endet. Neben der Großwohnsiedlung ist Löttringhausen-Nord baulich durch drei- bis viergeschossige Zeilenbebauung und Reihenhäuser im Stil der Sechziger- beziehungsweise Siebzigerjahre gekennzeichnet. Im Osten wird der statistische Unterbezirk durch einen Abschnitt der Bahnstrecke Dortmund-Hagen berührt. Im südlichen Teil Löttringhausens befindet sich etwas abseits des Siedlungskerns der Haltepunkt Löttringhausen. Die Züge verkehren stündlich. Im Westen beginnt ein Waldgebiet, in dessen Nähe sich der Friedhof Großholthausen befindet. Die

südliche Bezirksgrenze wird durch den Rad- und Wanderweg Rheinischer Esel auf der ehemaligen Strecke der Rheinischen Bahn gebildet.

Karte 42: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord.



Ende 2010 wohnten in Löttringhausen-Nord 996 Personen (Datengrundlage: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik, Stand 31.12.2010). Abbildung 58 zeigt die Altersstruktur. Neun Prozent der Bevölkerung bezieht SGBII-Leistungen. Der Anteil an Arbeitslosen beträgt rund drei Prozent. Sechs Prozent der Bevölkerung sind Ausländer (ebd.).

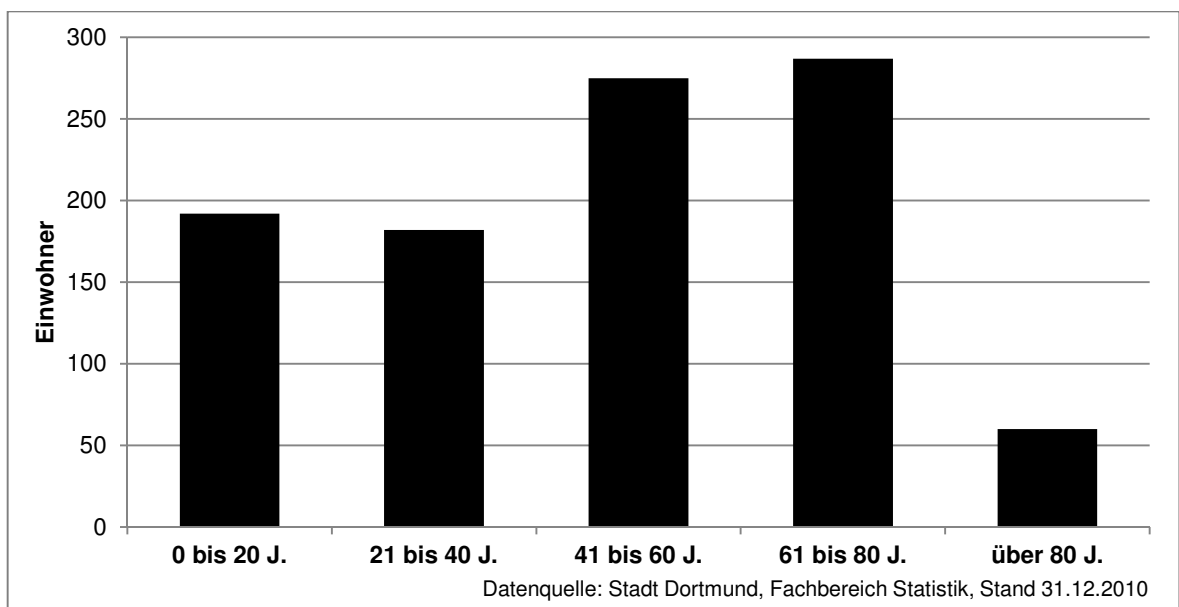


Abbildung 58: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord.

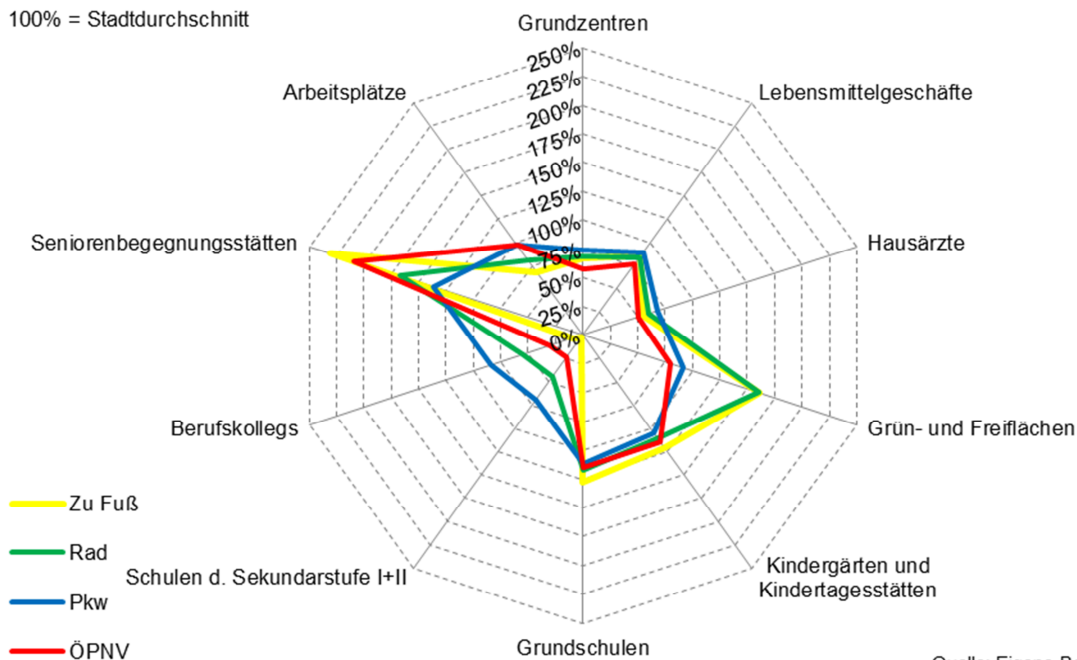
Tabelle 67 zeigt die durchschnittliche Naherreichbarkeit zu den einzelnen Aktivitätszielen. Das relative Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord ist in Abbildung 59 dargestellt. Die Naherreichbarkeitsverhältnisse im statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord sind im Verhältnis zum Rest Dortmunds eher unterdurchschnittlich. Zwar existieren grundlegende Aktivitätsangebote in Wohnortnähe, die Auswahl ist jedoch eher begrenzt und als einfach zu bezeichnen. Während Kindergärten/Kindertagesstätten und Grundschulen gut erreicht werden können, ist die Naherreichbarkeit höherer Bildungseinrichtungen gering. Die

Tabelle 67: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Zu Fuß		Fahrrad		Pkw		Zu Fuß/ÖPNV	
	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	19 ½ Min.	13 Min.	9 Min.	6 ½ Min.	8 Min.	6 Min.	19 ½ Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	14 ½ Min.	12 ½ Min.	7 ½ Min.	6 Min.	6 ½ Min.	6 Min.	14 ½ Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	19 ½ Min.	11 Min.	9 ½ Min.	5 ½ Min.	8 Min.	5 ½ Min.	19 ½ Min.	10 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	161	100	160	100	91	100	80	100
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/ Kindertagesstätte	7 ½ Min.	9 Min.	4 ½ Min.	5 Min.	4 ½ Min.	4 ½ Min.	7 Min.	8 Min.
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	10	13 Min.	6 ½ Min.	7 ½ Min.	5 Min.	5 ½ Min.	9 ½ Min.	11 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	2	100	44	100	69	100	24	100
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	9	100	55	100	84	100	30	100
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	5 ½ Min.	12 ½ Min.	3 ½ Min.	6 Min.	4 ½ Min.	6 Min.	5 ½ Min.	11 ½ Min.
Effektive Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen*	0,61	0,91	0,88	1,09	1,03	1,05	1,12	1,16

* Effektives Erreichbarkeitsverhältnis = Distanzgewichtetes Verhältnis aus Angebot und Nachfrage

100% = Stadtdurchschnitt



Quelle: Eigene Berechnung

Abbildung 59: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Löttringhausen-Nord.

Naherreichbarkeit von weiterführenden Schulen und Berufskollegs fällt deutlich unterdurchschnittlich aus. Löttringhausen-Nord zählt hier zu den zwanzig statistischen Unterbezirken in Dortmund, die am schlechtesten abschneiden. Das nächste Grundzentrum ist zu Fuß oder mit dem ÖPNV in 19 ½ Minuten zu erreichen. Hierbei handelt es sich um einen deutlich unterdurchschnittlichen Wert. Mit dem Pkw werden immerhin noch 33 Prozent länger benötigt als im Stadtdurchschnitt. Die Reisezeit aus Löttringhausen-Nord zum nächsten Grundzentrum beträgt mit dem Pkw acht Minuten. Generell ist festzuhalten, dass die Verfügbarkeit eines Pkw eine wesentlich bessere Erreichbarkeit ermöglicht als die Nutzung des ÖPNV. Insgesamt fällt die ÖPNV-Erreichbarkeit an diesem Standort vergleichsweise schlecht aus. Sehr gut, auch fußläufig zu erreichen sind dagegen Grün- und Freiflächen. Die Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten gehört sogar zu den Spitzenwerten in Dortmund. Als Wohnort eignet sich Löttringhausen-Nord vor allem für Haushalte ohne oder mit kleinen Kindern sowie für Seniorenhaushalte, die schnell im Grünen sein möchten und wenig Wert auf eine gute Naherreichbarkeit des nächsten Grundzentrums, von Hausärzten oder weiterführenden Schulen legen.

8.4.5 Naherreichbarkeitsprofil für den Unterbezirk Lütgendortmund-Ost

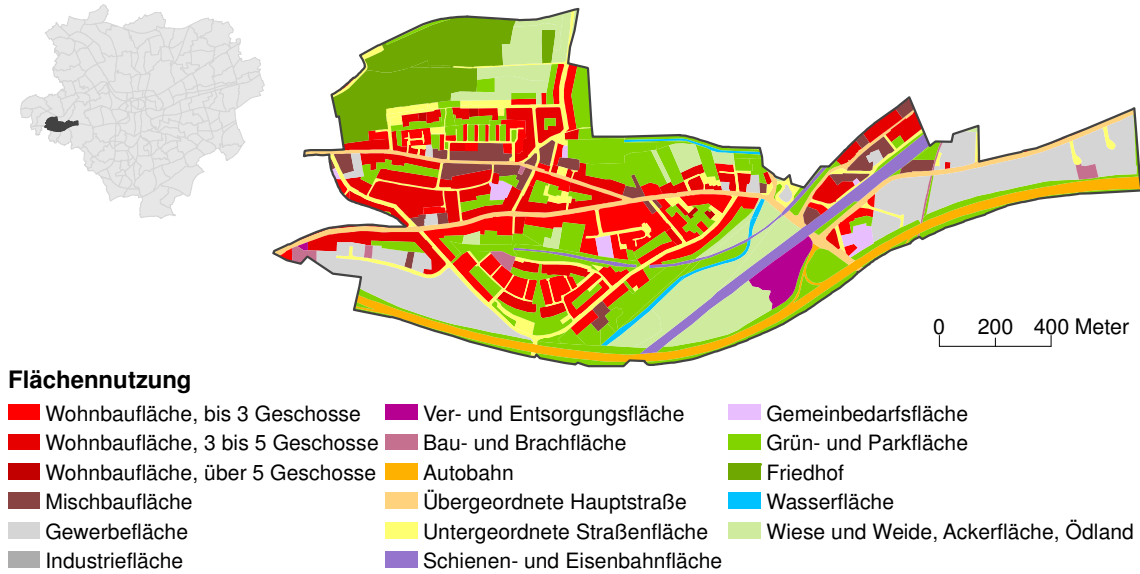
Der Vorort Lütgendortmund befindet sich am historischen Hellweg auf halber Distanz zwischen den Innenstädten Dortmunds und Bochums. Er liegt im Westen Dortmunds und grenzt an die Städte Bochum und Castrop-Rauxel. Der ursprünglich landwirtschaftlich dominierte Ort wuchs vor allem zu Anfang des vergangenen Jahrhunderts im Zuge der Industrialisierung stark an. Die in dieser Zeit entstandene Siedlungsstruktur prägt bis heute das Ortsbild. Der Charakter Lütgendortmunds kann als kleinstädtisch umschrieben werden.

Über die Bundesautobahn-Anschlussstellen Dortmund-Lütgendortmund und Dortmund-Kley ist Lütgendortmund gut an das überregionale Straßenverkehrsnetz angebunden. Mit dem Pkw können das westliche Ruhrgebiet oder die Dortmunder Innenstadt relativ schnell erreicht werden. Die in West-Ost-Richtung verlaufende S-Bahnlinie 4 in Richtung Unna beginnt in der Ortsmitte Lütgendortmunds. Östlich des eigentlichen Ortskerns befindet sich der rund 198 Hektar große statistische Unterbezirk Lütgendortmund-Ost. Die beiden Hauptverkehrsachsen, die Lütgendortmunder Straße und der Lütgendortmunder Hellweg, sind städtebauliche Dominanten. Im Süden wird Lütgendortmund-Ost durch die Bundesautobahn 40 begrenzt. Der Unterbezirk ist durch zwei S-Bahnhaltepunkte erschlossen. Im Zentrum von Lütgendortmund-Ost befindet sich die S-Bahnhaltestelle Somborn, am östlichen Rand liegt die S-Bahnhaltestelle Germania. Die Bebauungsstrukturen sind variantenreich, sie reichen vom gründerzeitlichen Wohnhaus über mehrgeschossigen Mietwohnungsbau bis zur Reihenhauszeile. Karte 43 veranschaulicht die Flächennutzung.

Die Bevölkerungsdichte ist mit 37 Einwohnern pro Hektar relativ hoch. Der statistische Unterbezirk Lütgendortmund-Ost hatte Ende 2010 7.358 Einwohner, der Ausländeranteil betrug acht Prozent (Datengrundlagen: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik, Stand 31.12.2010). Im Vergleich zu anderen statistischen Unterbezirken in Dortmund hat Lütgendortmund-Ost eine relativ junge Bevölkerung. Abbildung 60 vermittelt einen Einblick in die Altersstrukturen.

Lütgendortmund-Ost ist ein Wohnviertel mit besonderem Entwicklungsbedarf. Das durchschnittliche steuerpflichtige Einkommen ist niedrig. Der Anteil der Arbeitslosen beläuft sich auf sieben-einhalb Prozent, der Anteil der SGBII-Leistungsempfänger beträgt 15 Prozent (ebd.). Die Be-

Karte 43: Flächennutzung im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost.



Datengrundlage:
 Flächennutzungskartierung Regionalverband Ruhr, Essen
 digitale Bearbeitung: Team Luftbild und Geoinformationssysteme, Stand 2005 bis 2009

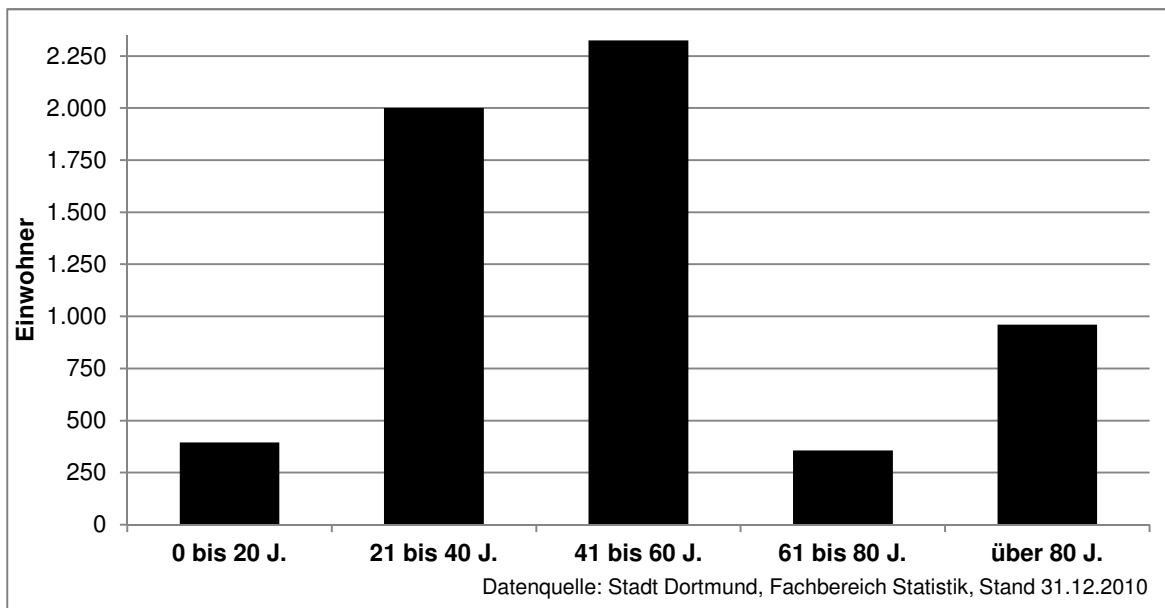


Abbildung 60: Bevölkerungsstruktur im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost.

wohner haben mit den wirtschaftlichen und sozialen Folgen des Strukturwandels zu kämpfen. Einige Straßenzüge weisen soziale Probleme von Armut und Arbeitslosigkeit auf. Es besteht für viele Bewohner aus Lütgendortmund-Ost die Gefahr sozialer Exklusion. Tabelle 68 listet die durchschnittlichen Naherreichbarkeitsverhältnisse für die einzelnen Aktivitätsarten und Verkehrsmittel im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost auf. Den relativen Vergleich gegenüber dem Städturchschnitt visualisiert Abbildung 61. Die relative Naherreichbarkeit fällt im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost für die einzelnen Verkehrsmittel recht unterschiedlich aus. Während der Pkw eine leicht überdurchschnittliche Naherreichbarkeit aufweist, ist die Naherreichbarkeit mit dem Umweltverbund unterdurchschnittlich. Für die Bewohner aus Lütgendortmund-Ost, die nicht über einen Pkw verfügen, liegen die Naherreichbarkeitsverhält-

nisse oft leicht unterhalb des gesamtstädtischen Durchschnitts. Das nächste Grundzentrum ist durchschnittlich zu Fuß in 17 Minuten, die drei nächsten Lebensmittelgeschäfte sind im Mittel in 15 Minuten und die drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten im Mittel in 16 ½ Minuten zu erreichen. Besonders niedrig fällt in der Relation zum gesamtstädtischen Gefüge die Naherreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II sowie von Berufskollegs aus. Positiv hingegen fällt die Naherreichbarkeit von Kindergärten/Kindertagesstätten und von Hausärzten ins Gewicht, die für alle Verkehrsmittel überdurchschnittlich ausgeprägt ist. Interessant ist es zudem,

Tabelle 68: Naherreichbarkeitswerte für den statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost mit Vergleich zum Stadtdurchschnitt in Dortmund.

Naherreichbarkeitsindikator	Zu Fuß		Fahrrad		Pkw		Zu Fuß/ÖPNV	
	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø	Quartier	Ø
Reiseaufwand zum nächsten Grundzentrum	17 Min.	13 Min.	7 ½ Min.	6 ½ Min.	5 ½ Min.	6 Min.	13 Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Lebensmittelgeschäften	15 Min.	12 ½ Min.	7 Min.	6 Min.	5 ½ Min.	6 Min.	12 Min.	11 Min.
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Hausärzten	8 ½ Min.	11 Min.	5 Min.	5 ½ Min.	5 Min.	5 ½ Min.	8 ½ Min.	10 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Grün- und Freiflächen	81	100	94	100	126	100	83	100
Reiseaufwand zum/r nächsten Kindergarten/ Kindertagesstätte	7 ½ Min.	9 Min.	4 ½ Min.	5 Min.	4 Min.	4 ½ Min.	7 Min.	8 Min.
Reiseaufwand zur nächsten Grundschule	15 Min.	13 Min.	8 Min.	7 ½ Min.	5 ½ Min.	5 ½ Min.	13 Min.	11 Min.
Potenzialerreichbarkeit von Schulen der Sekundarstufen I und II	1	100	64	100	140	100	68	100
Potenzialerreichbarkeit von Berufskollegs	6	100	16	100	112	100	47	100
Mittlerer Reiseaufwand zu den drei nächsten Seniorenbegegnungsstätten	16 ½ Min.	12 ½ Min.	8 Min.	6 Min.	6 Min.	6 Min.	13 Min.	11 ½ Min.
Effektive Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen*	0,75	0,91	0,91	1,09	1,03	1,05	1,15	1,16

* Effektives Erreichbarkeitsverhältnis = Distanzgewichtetes Verhältnis aus Angebot und Nachfrage

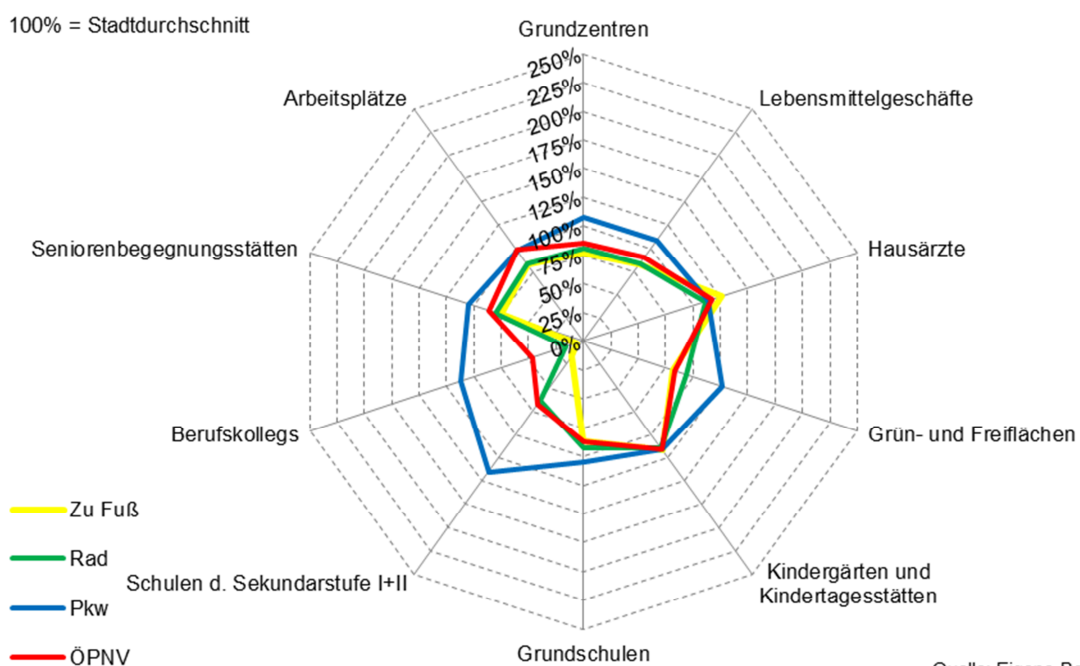


Abbildung 61: Relatives Erreichbarkeitsprofil für den statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost.

dass die Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen mit dem ÖPNV im Unterschied zu anderen Aktivitätszielen dem Stadtdurchschnitt entspricht. Hier profitiert Lütgendortmund-Ost von einer guten Erschließung mit der S-Bahnlinie 4 in Richtung Innenstadt. Im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost haben vor allem jene Personen eine überdurchschnittliche Naherreichbarkeit, die über einen Pkw verfügen. Angesichts der sozioökonomischen Struktur der Haushalte und des Umstands, dass auf 1.000 Einwohner lediglich 407 Pkw kommen (ebd.), dürfte ein beachtlicher Teil der Bevölkerung hiervon ausgeschlossen sein. Mit dem Umweltverbund sind die relativen Naherreichbarkeitsverhältnisse im statistischen Unterbezirk Lütgendortmund-Ost erkennbar schlechter. Für die meisten Aktivitätsziele fallen sie unterdurchschnittlich aus.

8.5 Aggregierte Erreichbarkeit nach Nachfragegruppen

Das im Kapitel 6.2 hergeleitete Indikatorensystem umfasst Erreichbarkeitsindikatoren, mit denen die Naherreichbarkeit unterschieden nach zehn Aktivitätstypen und vier Verkehrsmitteln abgebildet wird. Ihre Auswertung erlaubt eine fundierte und detaillierte Analyse der verschiedenartigen Naherreichbarkeitsbedingungen von Wohnquartieren. Durch eine Bündelung der 40 einzeln berechneten Naherreichbarkeitsindikatoren zu einem gemeinsamen Index lassen sich die Gesamterreichbarkeitsverhältnisse in den Wohnquartieren bestimmen. Hiermit lässt sich unter anderem die Eignung von Wohnquartieren aus der Sicht von Nachfragegruppen untersuchen. Im Folgenden soll dies hier exemplarisch aufgezeigt werden.

Da die einzelnen aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsindikatoren unterschiedliche Wertebereiche aufweisen, sind die Indikatoren vor ihrer Zusammenführung, wie im Kapitel 8.1 bereits beschrieben wurde, zu normieren. Um die Vergleichbarkeit der Erreichbarkeitswerte von Reiseaufwandsindikatoren (niedrige Werte sind positiv) und Kumulations-/Potenzialindikatoren (hohe Werte sind positiv) zu ermöglichen, werden die Werte der Reiseaufwandsindikatoren mit minus eins multipliziert. Die Normierung erfolgt über eine Z-Transformation (siehe Gleichung 30). Als Resultat beträgt bei allen aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Indikatoren der Mittelwert null und die Standardabweichung eins. Mit negativen Werten werden unterdurchschnittliche und mit positiven Werten überdurchschnittliche Erreichbarkeitsverhältnisse beschrieben. Der aggregierte Gesamterreichbarkeitsindex ergibt sich aus der gewichteten Addition der einzelnen normierten Naherreichbarkeitsindikatoren. Gewichtungsfaktoren berücksichtigen die jeweilige Bedeutung einer Aktivitätsart und eines Verkehrsmittels für die jeweilige Nachfragegruppe. Gleichung 54 gibt die Bündelung der einzelnen Naherreichbarkeitsindikatoren zum Gesamterreichbarkeitsindex A_{ges} als mathematische Formel wieder:

$$A_{ges} = \sum_{a,v} \frac{w_{a,v}}{\sum w_{a,v}} Z_{a,v} \quad (\text{Gleichung 54})$$

mit $Z_{a,v}$ als normierter Erreichbarkeitsindikator und $w_{a,v}$ als Gewichtungsfaktor für die Aktivitätsart a und das Verkehrsmittel v . Der Gesamterreichbarkeitsindex weist eine relative Werteskala auf. Es erfolgt also keine absolute Eignungsbewertung, sondern nur eine relative Skalierung. Mit dem nachfragegruppenspezifischen Gesamterreichbarkeitsindex wird angegeben, welche Wohnquartiere entsprechend den Gewichtungsfaktoren im Vergleich zu den übrigen Wohnquartieren für eine Nachfragegruppe geeignet sind.

Die Gewichtungsfaktoren der einzelnen Nachfragegruppen wurden mittels eigener Annahmen festgelegt. Aus zeitlichen Gründen konnten keine Befragungen durchgeführt werden. Als Grundlage zur Festlegung realistischer Gewichtungsfaktoren dienten Forschungsergebnisse zu

Standortpräferenzen von verschiedenen Haushaltstypen (siehe Holz-Rau, Scheiner und Schwarze 2010, S. 108ff.). Um den Ansatz der Bildung eines nachfragegruppenspezifischen Gesamterreichbarkeitsindex exemplarisch darzustellen, wird im Folgenden zwischen Familien mit Kleinkindern, Single-Haushalten und Seniorenhaushalten unterschieden. Weiterhin wird für alle Gruppen zwischen Haushalten mit und ohne Pkw-Nutzung unterschieden.

8.5.1 Gesamterreichbarkeit von Familien mit Kleinkindern

Als für Familien mit Kleinkindern annähernd gleichrangig werden die Naherreichbarkeit von Grundzentren, Lebensmittelgeschäften, Hausärzten, Kindergärten/Kindertagesstätten, Grundschulen, Schulen der Sekundarstufe I und II und Berufskollegs angesehen. Die Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen und Grün- und Freiflächen hat die höchste Wichtigkeit. Im Vergleich dazu wird die Naherreichbarkeit von Seniorenbegegnungsstätten zwar auch als relevant, jedoch als erheblich unwichtiger betrachtet. Für Familien mit Pkws wird hier zudem angenommen, dass für sie die Naherreichbarkeit zu Fuß und mit dem Pkw wichtiger als mit dem ÖPNV oder dem Fahrrad ist. Abbildung 62 zeigt die angenommenen Gewichtungsfaktoren der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsindikatoren für Familien mit Kleinkindern und Pkw als Matrix. Das Profil soll die Präferenzen einer klassischen Familie mit heranwachsenden Kleinkindern und Pkw-Verfügbarkeit abbilden. Die Gewichtungsfaktoren sind als Tausendstel angegeben, d.h. die Summe aller Gewichte beträgt 1.000.

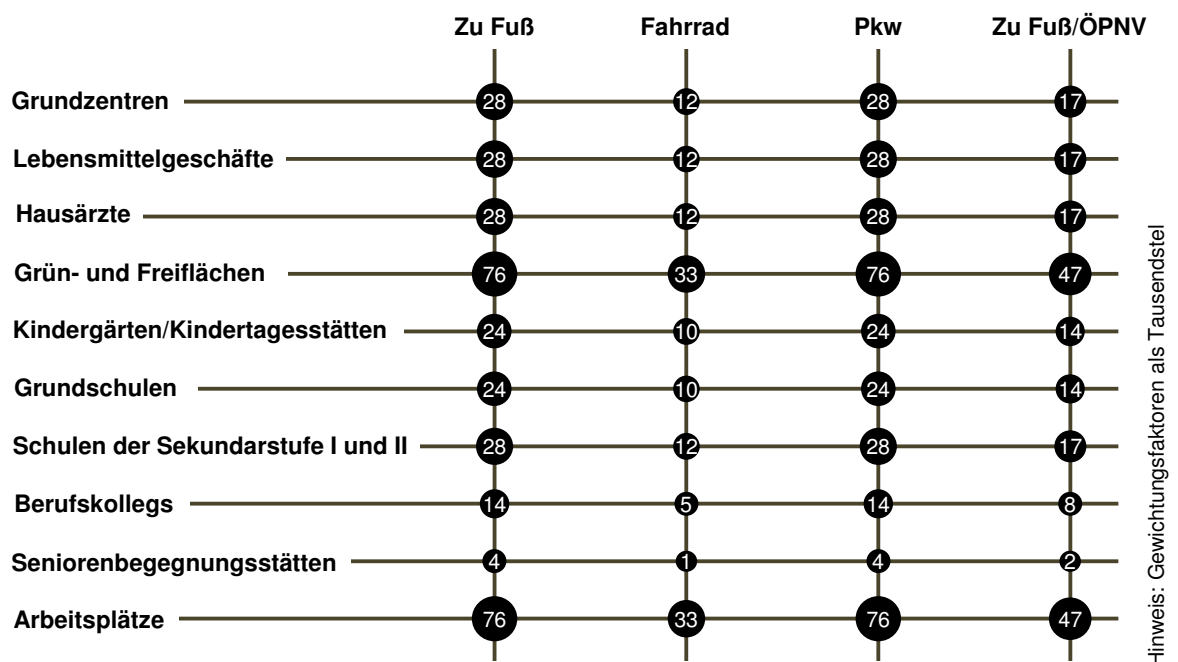


Abbildung 62: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für die Nachfragegruppe Familien mit Kleinkindern und Pkw.

Karte 44 zeigt das Ergebnis der Aggregation der einzelnen Naherreichbarkeitsindikatoren zu einem nachfragegruppenbezogenen Gesamterreichbarkeitsindex. Die Berechnung wurde für die räumliche Ebene der Hexagone durchgeführt. Eine gute Gesamterreichbarkeit für Familien mit Kleinkindern und Pkw haben vor allem die innenstadtnahen Wohnquartiere. Ebenso bieten die Stadtteile Barop, Brünninghausen, Dorstfeld, Eichlinghofen, Hachenedy, Hörde, Körne, Oespel und Renninghausen sowie die zentralen Bereiche von Aplerbeck, Berghofen, Hombruch, Huckarde, Kirchlinde, Kley, Lütgendortmund, Marten, Sölde und Wellinghofen gute Naherreich-

barkeitsbedingungen. Eine schlechte Gesamterreichbarkeit für Familien mit Kindern weisen hingegen die Aplerbecker Mark, Buchholz, Deusen, Ellinghausen, Groppenbruch, Großholthausen, Holte, Holthausen, Kruckel, Kurl, Lanstrop, Mengeder Heide, Niedernette, Persebeck, Schnee, Schwieringhausen, Somborn, Sommerberg und Syburg auf.

Karte 44: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus Sicht von Familien mit Kindern und Pkw.

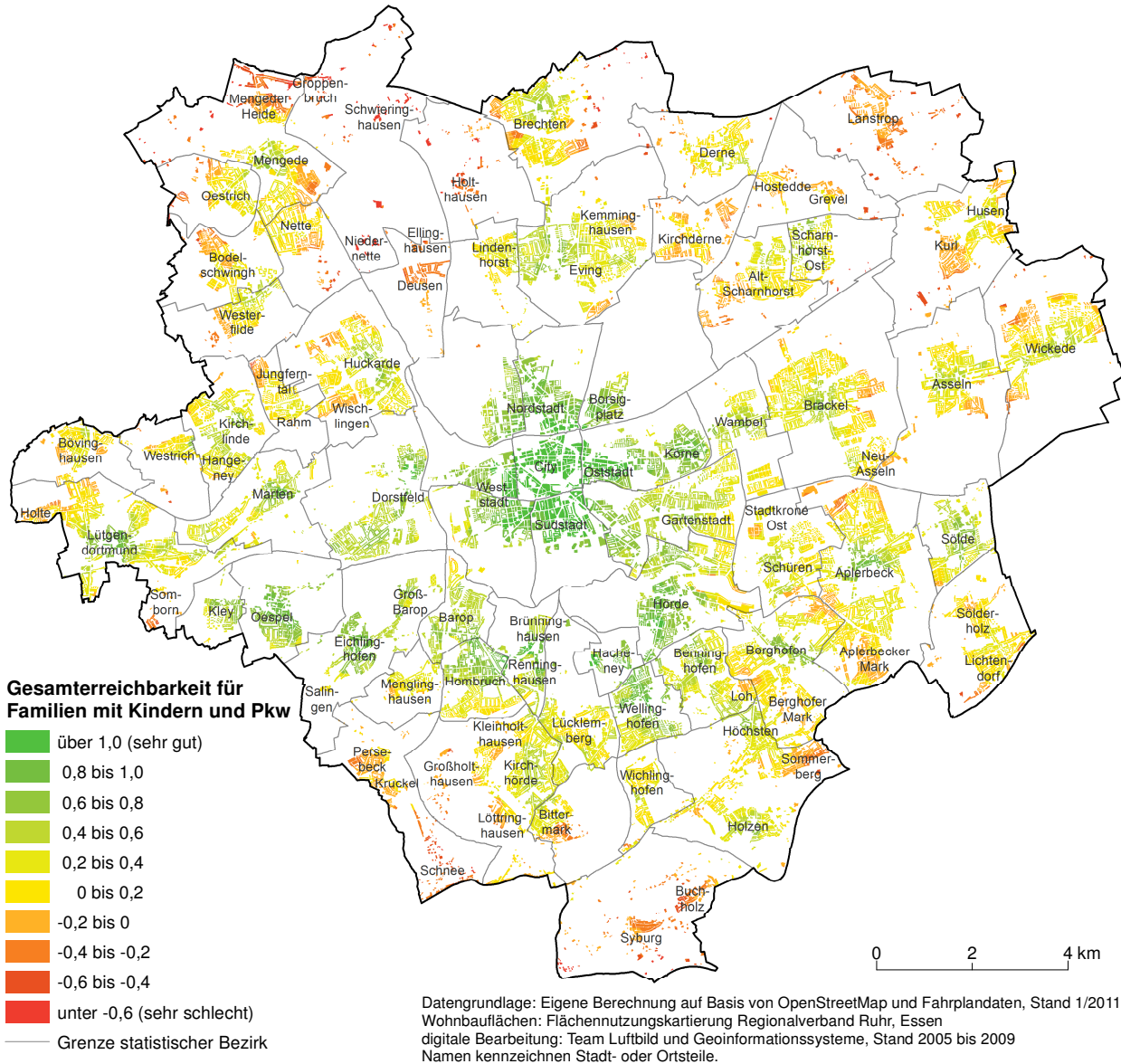


Abbildung 63 zeigt die für Familien mit Kindern ohne Pkw-Verfügbarkeit getroffenen Annahmen. Im Vergleich zu Familienhaushalten mit Pkw-Verfügbarkeit bleiben die Präferenzstrukturen im Wesentlichen bestehen. Es entfällt jedoch die Bedeutung der Pkw-Naherreichbarkeit. Hierdurch verändert sich die Gewichtung der verkehrsmittelbezogenen Erreichbarkeit. Die Naherreichbarkeit mit dem ÖPNV wird wichtiger. Karte 45 veranschaulicht die Naherreichbarkeit für Familien mit Kleinkindern ohne Pkw-Verfügbarkeit. Das aus der Gewichtung resultierende Ergebnisbild ähnelt dem schon beschriebenen Gesamterreichbarkeitsindex für Familien mit Pkw. Durch den Wegfall der ubiquitären Pkw-Naherreichbarkeit fallen die relativen Erreichbarkeitsdisparitäten

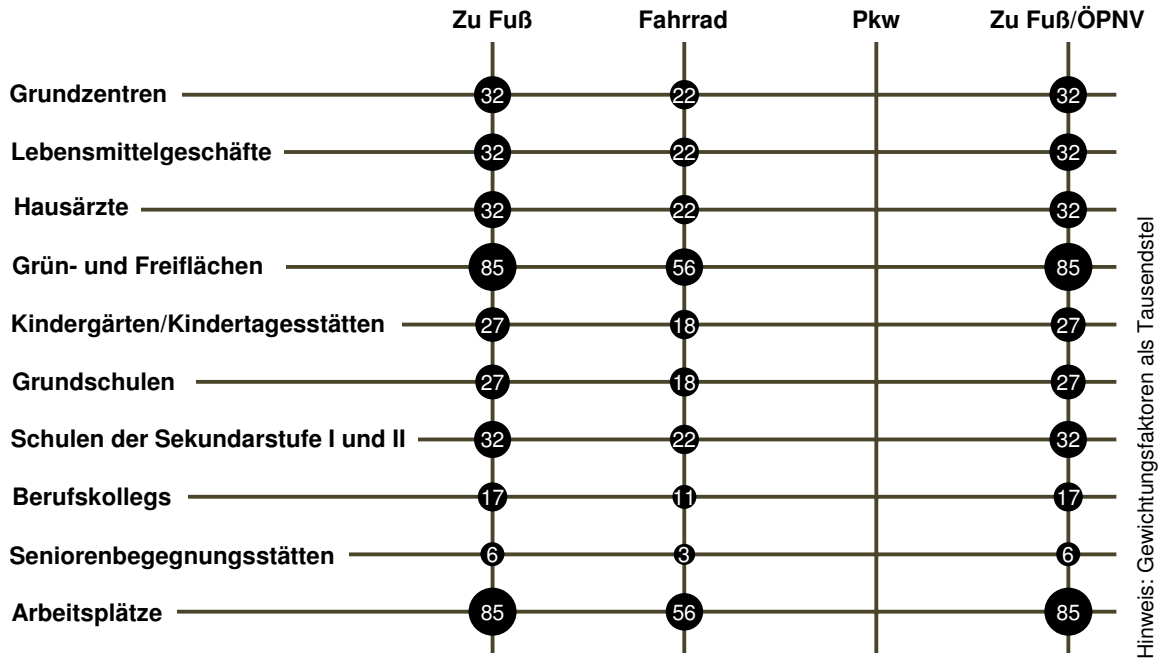


Abbildung 63: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für die Nachfragegruppe Familien mit Kleinkindern ohne Pkw.

Karte 45: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus Sicht von Familien mit Kindern ohne Pkw.

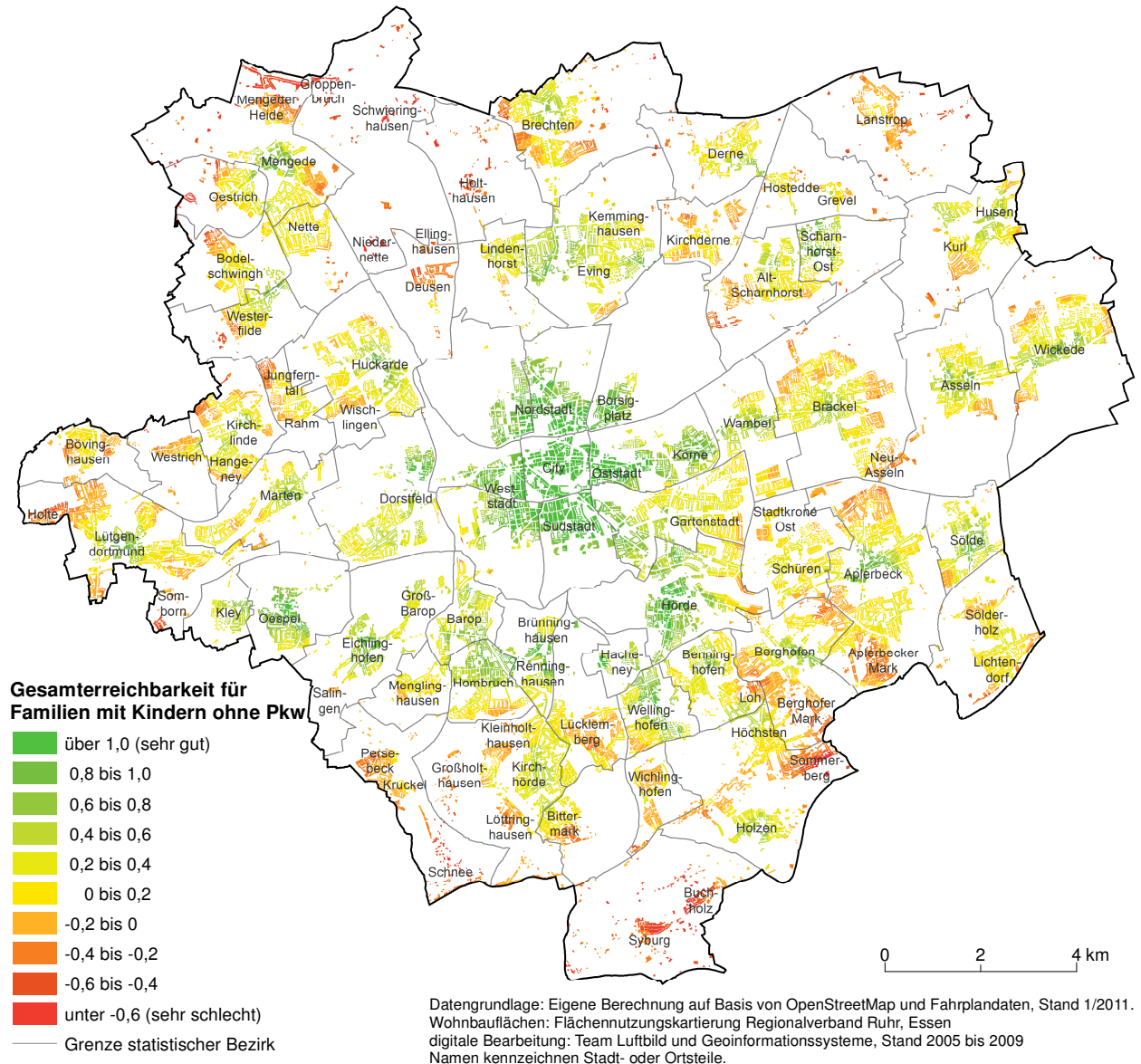


Tabelle 69: Gesamterreichbarkeit für Familien mit Kleinkindern in statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Statistischer Unterbezirk	Naherreichbarkeit ohne Pkw		Naherreichbarkeit mit Pkw	
	Rang	A_{ges}	Rang	A_{ges}
City-Ost	1	1,78	1	1,43
City-West	2	1,75	2	1,38
Cityring-Ost	3	1,61	3	1,34
Cityring-West	4	1,39	4	1,20
Ruhrallee Ost	5	1,19	7	1,03
Kaiserbrunnen	6	1,19	5	1,07
Nordmarkt-Süd	7	1,18	8	0,96
Ruhrallee West	8	1,10	6	1,06
Westpark	9	1,00	9	0,88
Nordmarkt-Südost	10	0,99	12	0,83
Hafen-Südost	11	0,95	15	0,79
Dorstfelder Brücke	12	0,88	18	0,76
Borsigplatz	13	0,87	17	0,78
Westfalenhalle	14	0,87	10	0,88
Nordmarkt-West	15	0,87	16	0,79
Brücherhof	16	0,86	14	0,82
Schulzentrum Hacheneu	17	0,84	11	0,87
Südwestfriedhof	18	0,84	13	0,82
Phönix-West	19	0,80	19	0,76
Hallerey	20	0,76	27	0,67
Nordmarkt-Ost	21	0,73	29	0,67
Hafen	22	0,73	26	0,67
Funkenburg	23	0,72	21	0,74
Hafen-Süd	24	0,70	31	0,65
Körne	25	0,68	22	0,71
Hombruch	26	0,67	24	0,69
Oespel	27	0,66	23	0,71
Brünninghausen	28	0,65	30	0,65
Clarenberg	29	0,64	32	0,63
Wellinghofen	30	0,62	20	0,75
..
Lütgendortmund-West	141	-0,05	86	0,27
Siedlung Siepmannstraße	142	-0,06	111	0,16
Kirchderne	143	-0,07	153	-0,09
Kruckel	144	-0,07	146	-0,02
Löttringhausen-Süd	145	-0,08	145	0,00
Westrich	146	-0,09	121	0,12
Lanstrop-Neu	147	-0,09	157	-0,15
Berghofer Mark	148	-0,10	125	0,11
Schanze	149	-0,10	142	0,02
Kirchhörde-Nord	150	-0,10	141	0,02
Aplerbecker Mark	151	-0,14	138	0,04
Alt-Scharnhorst	152	-0,15	154	-0,09
Persebeck	153	-0,17	152	-0,08
Lanstrop-Alt	154	-0,20	159	-0,23
Kolonie Neuasseln	155	-0,20	147	-0,04
Salingen	156	-0,21	127	0,11
Deusen	157	-0,25	163	-0,27
Großholthausen	158	-0,25	158	-0,19
Holte-Kreta	159	-0,31	148	-0,04
Brünninghausen/Knepper	160	-0,33	161	-0,25
Somborn	161	-0,33	155	-0,15
Mengeder Heide	162	-0,33	164	-0,28
Holthausen	163	-0,37	166	-0,35
Ellinghausen	164	-0,40	167	-0,43
Schnee	165	-0,42	165	-0,34
Buchholz	166	-0,43	160	-0,24
Syburg	167	-0,44	162	-0,25
Groppenbruch	168	-0,64	168	-0,53
Niedernette	169	-0,71	169	-0,76
Schwieringhausen	170	-0,98	170	-0,89

allerdings stärker ins Gewicht. Wohnquartiere, die keine schnelle ÖPNV-Anbindung haben, bieten im relativen Vergleich Familien ohne Pkw bedeutend schlechtere Erreichbarkeitsbedingungen. Hierzu zählen beispielsweise die Aplerbecker Mark, Buchholz, Groppenbruch, Holte, Holthausen, Niedernette, Schnee, Schwieringhausen, Somborn, Sommerberg und Syburg. Tabelle 69 zeigt die Gesamterreichbarkeitswerte der in der Rangfolge besten dreißig und schlechtesten dreißig statistischen Unterbezirke in Dortmund. In Bezug auf die Naherreichbarkeitsverhältnisse ändert sich die Rangfolge zwar nur in einzelnen Wohnquartieren. Der südwestliche Vorort Salingen beispielsweise, die Berghofer Mark, Lütgendortmund-West oder Westrich haben deutlich schlechtere Naherreichbarkeitsbedingungen für Familien, die nicht über einen Pkw verfügen, als für Familien mit Pkw-Ausstattung. Ursächlich hierfür sind die vergleichsweise ausgedünnten ÖPNV-Angebote. Demgegenüber bewirkt ein SPNV-Anschluss in Wohnquartieren wie zum Beispiel in Kruckel oder Kurl, dass die Rangfolge der Naherreichbarkeitsverhältnisse in den Wohnquartieren für Personen mit und ohne Pkw-Verfügbarkeit auf einem stabilen Niveau verbleibt. Auf die Gesamtbetrachtung der Naherreichbarkeitsverhältnisse hat dies kaum Auswirkung. Für Familien mit Kleinkindern sowohl mit als auch ohne Pkw-Verfügbarkeit bieten die zentralen Wohnquartiere aus Naherreichbarkeitsgesichtspunkten die hochwertigsten Lagebedingungen.

8.5.2 Gesamterreichbarkeit von Single-Haushalten

Die für die Nachfragegruppe Single-Haushalte angenommenen Gewichtungsfaktoren zeigt Abbildung 64. Im oberen Teil der Abbildung befinden sich die Annahmen für Single-Haushalte mit Pkw-Verfügbarkeit, im unteren Teil die für Single-Haushalte ohne Pkw-Verfügbarkeit. Mit den Gewichtungen wird das Profil eines klassischen erwerbstätigen Single-Haushalts abgebildet. Hinsichtlich der Standortpräferenzen werden vor allem eine gute Naherreichbarkeit zu Arbeitsplätzen und Grün- und Freiflächen, ebenso wie eine gute Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften und Grundzentren angenommen. Die Naherreichbarkeit medizinischer Grundversorgungseinrichtungen ist als ein weiteres Kriterium berücksichtigt worden. Mit Bezug auf die Verkehrsmittelwahl hat die fußläufige Naherreichbarkeit den höchsten Stellenwert. Die Naherreichbarkeit der Aktivitätsorte mit dem Pkw wurde für Single-Haushalte mit Pkw als gleichgewichtet angenommen. Bei Single-Haushalten ohne Pkw-Verfügbarkeit wird diese Rolle vom ÖPNV ausgefüllt. Für Single-Haushalte mit Pkw ist die Naherreichbarkeit mit dem ÖPNV weniger relevant. Als relativ bedeutend für beide Haushaltstypen wurde der Fahrradverkehr angenommen, der ebenfalls eine vergleichsweise hohe Gewichtung erfuhr.

In Tabelle 70 sind die Gesamterreichbarkeitsergebnisse unterschieden nach Single-Haushalten mit und ohne Pkw auf der Ebene der statistischen Unterbezirke als Rangliste zusammengefasst. Karte 46 veranschaulicht die Gesamterreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund aus der Perspektive von Single-Haushalten ohne Pkw. Die Ergebnisse für Single-Haushalte mit Pkw sind relativ ähnlich, auf ihre Darstellung wird daher verzichtet. Die zentralen Bereiche in der Innenstadt und in den Stadtteilzentren weisen für Single-Haushalte in Dortmund die besten Erreichbarkeitsbedingungen auf. Es dominiert die Dortmunder City und Südstadt mit den höchsten Erreichbarkeitswerten. Innerhalb des Kerngebiets fallen die Nordstadt, das Borsigplatzviertel und Teile der Weststadt leicht ab. Als Gründe hierfür ist vor allem eine niedrigere effektive Naherreichbarkeit von Arbeitsplätzen und rund um den Borsigplatz eine vergleichsweise schwächere Naherreichbarkeit von Grundzentren ausschlaggebend. In den Kernbereichen der Stadtteilzentren sind die Naherreichbarkeitsverhältnisse ähnlich gut und teilweise sogar besser

als in diesen Innenstadtquartieren. Positiv stechen insbesondere jene Teilräume hervor, in denen die S- oder Stadtbahn durch attraktive ÖPNV-Angebote eine gute Erreichbarkeit mit dem ÖPNV ermöglicht. Unterdurchschnittliche Gesamterreichbarkeitsverhältnisse für Single-Haushalte ohne Pkw bestehen in Dortmund vor allem in den südlichen und nordwestlichen Randlagen ohne SPNV-Anschluss sowie in den Ortsteilen Kirchderne und Alt-Scharnhorst. Die entsprechenden Gebiete sind in der Karte 46 rötlich eingefärbt dargestellt.

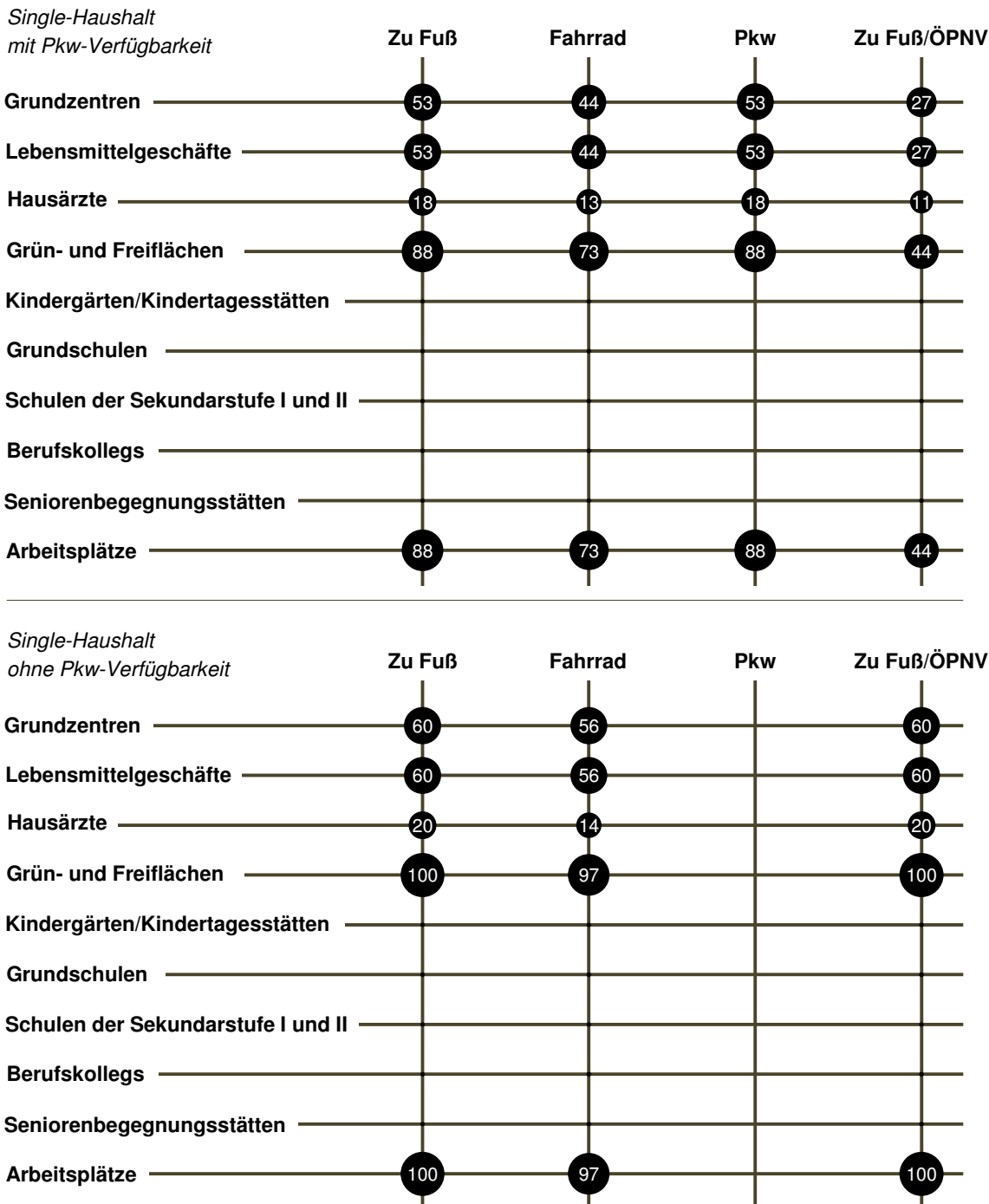
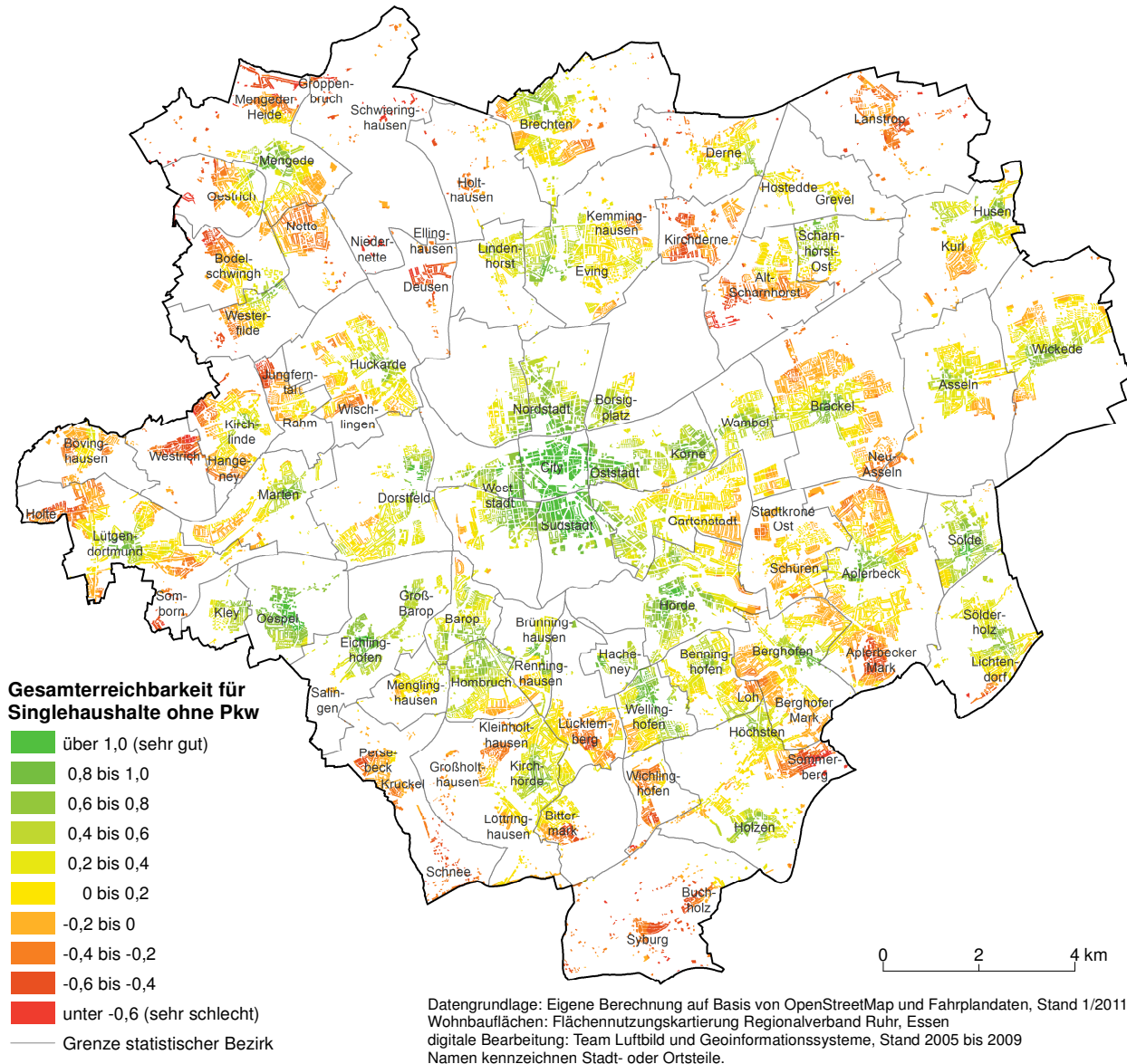


Abbildung 64: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für Single-Haushalte mit Pkw (oben) und ohne Pkw (unten).

Tabelle 70: Gesamterreichbarkeit für Single-Haushalte in statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Statistischer Unterbezirk	Naherreichbarkeit ohne Pkw		Naherreichbarkeit mit Pkw	
	Rang	A_{ges}	Rang	A_{ges}
City-West	1	1,57	2	1,26
City-Ost	2	1,55	1	1,30
Cityring-Ost	3	1,17	3	1,04
Cityring-West	4	1,09	4	0,97
Ruhrallee West	5	0,96	5	0,97
Ruhrallee Ost	6	0,95	6	0,83
Kaiserbrunnen	7	0,83	7	0,82
Nordmarkt-Süd	8	0,80	12	0,69
Oespel	9	0,79	8	0,79
Westpark	10	0,74	14	0,68
Westfalenhalle	11	0,72	9	0,77
Schulzentrum Hachenev	12	0,68	13	0,69
Südwestfriedhof	13	0,65	15	0,68
Wellinghofen	14	0,64	10	0,76
Eichlinghofen	15	0,63	11	0,71
Dorstfelder Brücke	16	0,62	22	0,57
Brücherhof	17	0,62	21	0,60
Nordmarkt-Südost	18	0,61	24	0,55
Hafen-Südost	19	0,60	31	0,53
Hombruch	20	0,60	18	0,63
Körne	21	0,60	16	0,66
Zechenplatz	22	0,59	20	0,61
Hallerey	23	0,58	35	0,51
Phönix-West	24	0,58	23	0,57
Niedereving	25	0,57	32	0,52
Aplerbecker Markt	26	0,56	27	0,54
Sölde-Nord	27	0,56	19	0,62
Borsigplatz	28	0,54	28	0,53
Nordmarkt-West	29	0,53	29	0,53
Pferdebachtal	30	0,52	17	0,64
..
Westheck	141	-0,15	130	0,04
Kruckel	142	-0,15	147	-0,10
Wichlinghofen	143	-0,15	121	0,08
Jungferntal	144	-0,17	142	-0,06
Holthausen	145	-0,17	154	-0,19
Kirchderne	146	-0,19	155	-0,19
Nette	147	-0,19	158	-0,23
Aplerbecker Mark	148	-0,20	137	-0,01
Kolonie Neuasseln	149	-0,20	139	-0,02
Persebeck	150	-0,20	150	-0,13
Großholthausen	151	-0,21	151	-0,15
Kirchhörde-Nord	152	-0,25	144	-0,08
Brüninghausen/Knepper	153	-0,25	157	-0,21
Lanstrop-Neu	154	-0,26	162	-0,29
Ellinghausen	155	-0,26	164	-0,32
Buchholz	156	-0,26	146	-0,09
Siedlung Siepmanstraße	157	-0,27	136	-0,01
Mengeder Heide	158	-0,29	160	-0,26
Lanstrop-Alt	159	-0,32	165	-0,34
Holte-Kreta	160	-0,32	148	-0,10
Franz-Zimmer-Siedlung	161	-0,35	163	-0,32
Schnee	162	-0,36	161	-0,28
Syburg	163	-0,37	156	-0,20
Westrich	164	-0,40	152	-0,15
Somborn	165	-0,42	159	-0,24
Alt-Scharnhorst	166	-0,45	166	-0,36
Deusen	167	-0,45	168	-0,48
Groppenbruch	168	-0,48	167	-0,42
Niedernette	169	-0,65	169	-0,70
Schwieringhausen	170	-0,76	170	-0,73

Karte 46: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus der Sicht von Single-Haushalten ohne Pkw.



8.5.3 Gesamterreichbarkeit von Seniorenhaushalten

Die angenommenen Gewichtungsfaktoren für Seniorenhaushalte sind in Abbildung 65 für Haushalte mit Pkw (oben) und ohne Pkw (unten) dargestellt. Als für Seniorenhaushalte relevante Aktivitätsziele wurden Grün- und Freiflächen, Grundzentren, Lebensmittelgeschäfte, Hausärzte und Seniorenbegegnungsstätten ausgemacht. Für Seniorenhaushalte mit Pkw ist die Naherreichbarkeit zu Fuß und mit dem Pkw am wichtigsten. Für Seniorenhaushalte ohne Pkw nimmt dagegen die Naherreichbarkeit mit dem ÖPNV eine besondere Bedeutung ein. Das Fahrradfahren ist für Senioren weniger bedeutend als die anderen Fortbewegungsarten.

Tabelle 71 gibt eine vergleichende Übersicht zur Naherreichbarkeit in den statistischen Unterbezirken aus der Sicht von Seniorenhaushalten mit und ohne Pkw in Dortmund. In einzelnen Wohnquartieren zeigen sich Unterschiede. So weist Wellinghofen für Senioren mit Pkw-Verfügbarkeit eine sehr hohe Naherreichbarkeit auf, für Senioren ohne Pkw-Verfügbarkeit bieten dagegen die innenstadtnahen Wohnquartiere im Vergleich aller Standorte bessere Erreichbarkeitsbedingungen. Karte 47 stellt die Ergebnisse des Gesamterreichbarkeitsindikators für

Seniorenhaushalte ohne Pkw dar. Als Wohnquartiere mit einer besonders guten Gesamterreichbarkeit lassen sich die zentrumsnahen Innenstadtviertel identifizieren. Darüber hinaus bieten aber auch viele Vororte wie Brechten-Nord, Eving, Scharnhorst-Ost, Wickede, Asseln, Brackel, Wambel, Körne, Sölde, Aplerbeck Markt, Berghofen, Hörde, Kirchhörde, Hombruch, Lütgendortmund, Marten, Bövinghausen, Kirchlinde, Huckarde, Westerfilde oder Mengede sehr gute Naherreichbarkeitsbedingungen für Seniorenhaushalte. Aus Sicht von Seniorenhaushalten ohne Pkw eher ungeeignet sind dagegen peripher gelegene Wohnorte wie Aplerbecker Mark, Buchholz, Deusen, Ellinghausen, Groppenbruch, Holthausen, Niedernette, Persebeck, Schnee, Schwieringhausen, Somborn oder Syburg. Sie sind in der Karte 47 rötlich gekennzeichnet.

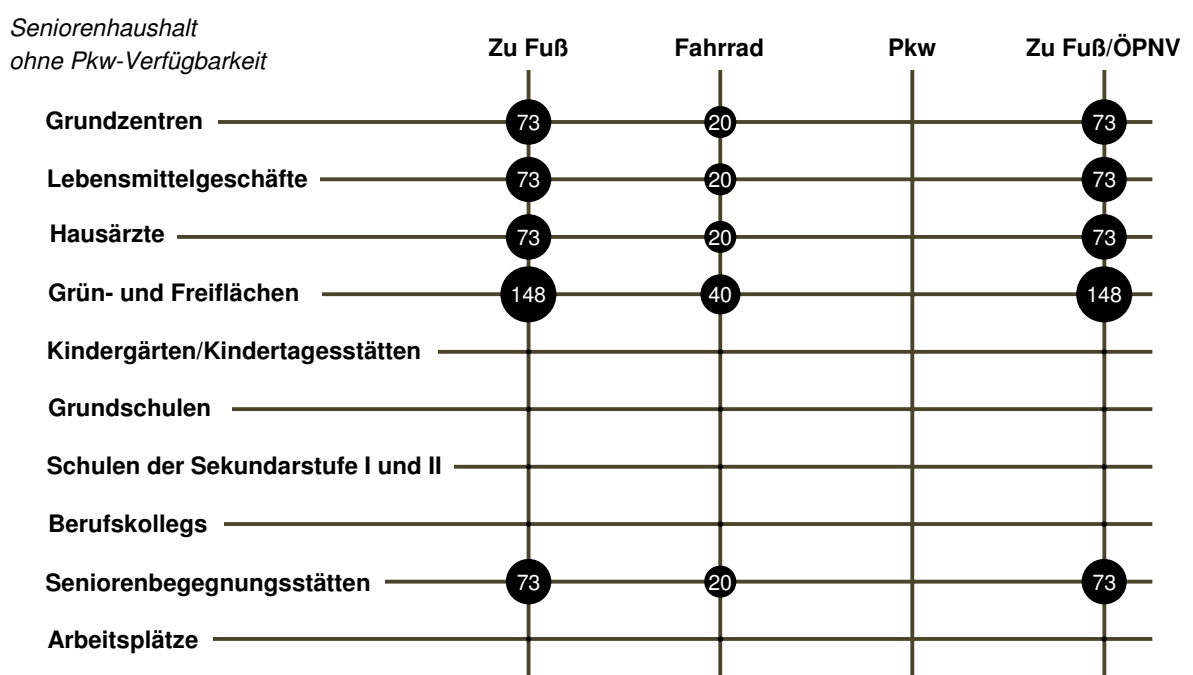
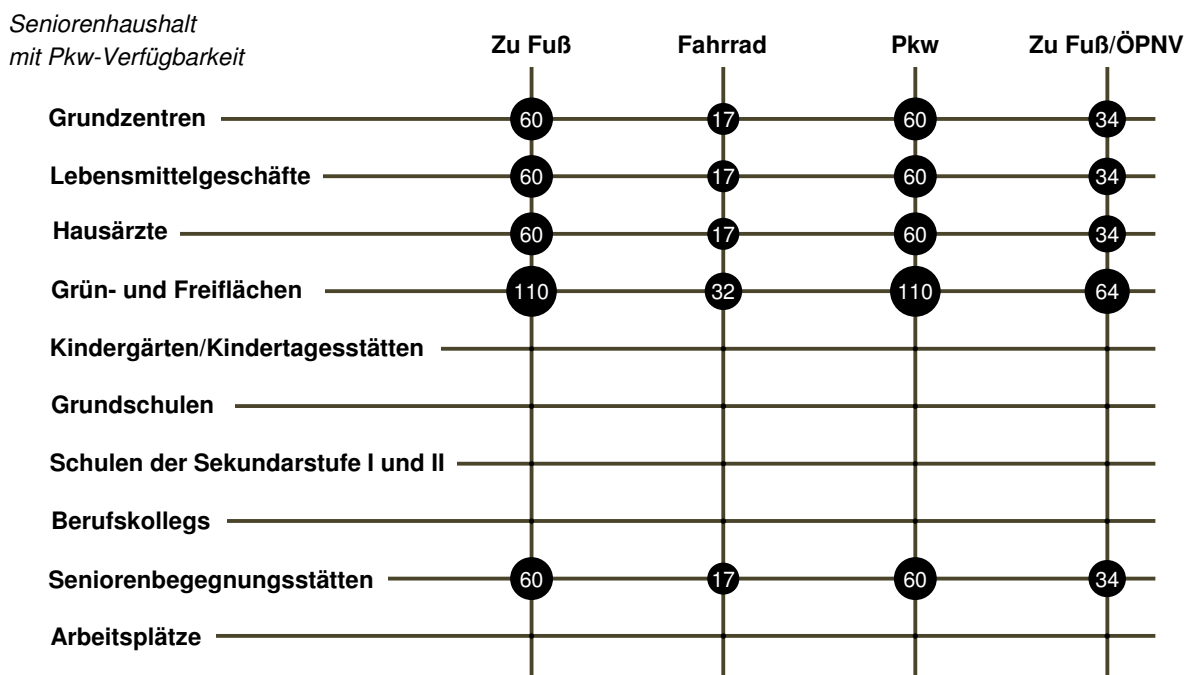
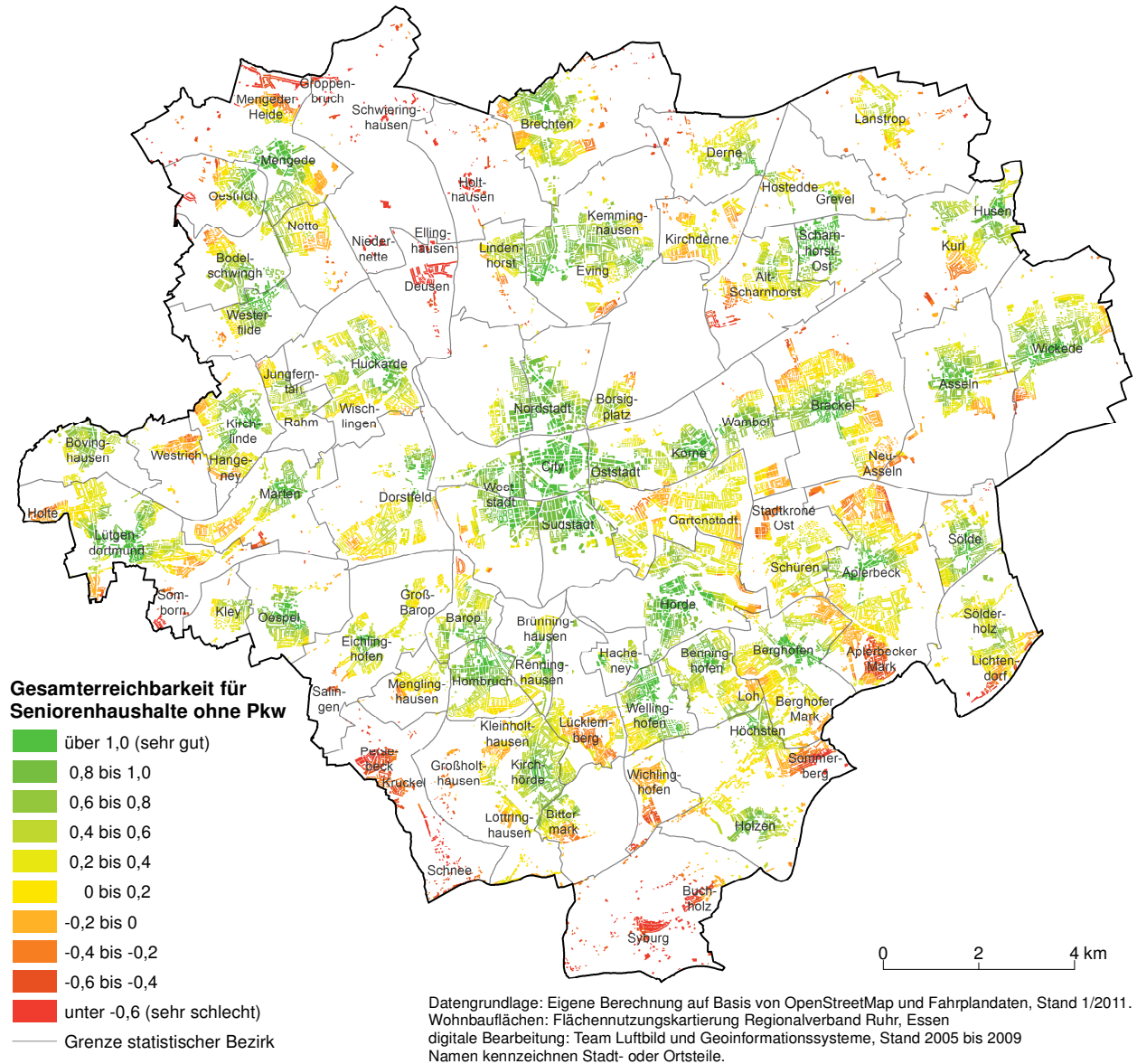


Abbildung 65: Annahmen über die Gewichtung der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeit für Seniorenhaushalte mit Pkw (oben) und ohne Pkw (unten).

Tabelle 71: Gesamterreichbarkeit für Seniorenhaushalte in statistischen Unterbezirken in Dortmund.

Statistischer Unterbezirk	Naherreichbarkeit ohne Pkw		Naherreichbarkeit mit Pkw	
	Rang	A_{ges}	Rang	A_{ges}
City-West	1	1,45	5	0,88
City-Ost	2	1,28	15	0,78
Scharnhorst-Ost	3	1,09	7	0,87
Brücherhof	4	1,05	3	0,94
Cityring-West	5	1,05	19	0,75
Wellinghofen	6	1,00	1	1,06
Nordmarkt-Süd	7	0,99	35	0,68
Cityring-Ost	8	0,98	42	0,65
Lütgendortmund-Mitte	9	0,97	2	0,97
Aplerbecker Markt	10	0,97	6	0,88
Hombruch	11	0,93	4	0,92
Wickede Dorf	12	0,93	12	0,80
Ruhrallee Ost	13	0,92	48	0,62
Hafen-Südost	14	0,92	40	0,65
Knappschafts Krankenhaus	15	0,89	10	0,81
Niedereving	16	0,89	14	0,79
Ruhrallee West	17	0,88	11	0,80
Clarenberg	18	0,88	9	0,84
Asseln Dorf	19	0,87	26	0,72
Dorstfelder Brücke	20	0,87	52	0,61
Zechenplatz	21	0,86	8	0,85
Phönix-West	22	0,85	21	0,74
Nordmarkt-West	23	0,85	24	0,74
Westfalahalle	24	0,82	16	0,76
Südwestfriedhof	25	0,81	25	0,73
Huckarde	26	0,81	17	0,75
Hallerey	27	0,80	46	0,63
Schulzentrum Hachenev	28	0,80	22	0,74
Westpark	29	0,80	59	0,55
Kaiserbrunnen	30	0,80	51	0,61
..
Aplerbecker Straße	141	0,03	138	0,17
Funkturmsiedlung	142	0,02	127	0,22
Pferderennbahn	143	0,02	147	0,13
Westheck	144	0,00	133	0,19
Marsbruchstraße	145	0,00	149	0,09
Altenderne	146	-0,01	135	0,18
Kirchhörde-Nord	147	-0,02	146	0,14
Westrich	148	-0,04	126	0,23
Kurl-Süd	149	-0,07	152	-0,02
Holte-Kreta	150	-0,12	145	0,14
Wichlinghofen	151	-0,12	144	0,15
Kolonie Neuasseln	152	-0,20	154	-0,03
Aplerbecker Mark	153	-0,21	151	0,04
Alt-Scharnhorst	154	-0,21	157	-0,15
Mengeder Heide	155	-0,26	155	-0,05
Brüninghausen/Knepper	156	-0,29	153	-0,03
Großholthausen	157	-0,31	160	-0,19
Kruckel	158	-0,40	159	-0,19
Buchholz	159	-0,43	158	-0,17
Holthausen	160	-0,53	163	-0,42
Salingen	161	-0,54	156	-0,05
Persebeck	162	-0,55	162	-0,30
Somborn	163	-0,55	161	-0,29
Schnee	164	-0,59	164	-0,43
Ellinghausen	165	-0,66	167	-0,57
Syburg	166	-0,67	165	-0,47
Groppenbruch	167	-0,81	166	-0,54
Deusen	168	-0,85	168	-0,84
Niedernette	169	-1,14	169	-1,01
Schwieringhausen	170	-1,37	170	-1,10

Karte 47: Gesamterreichbarkeit in Dortmund aus der Sicht von Seniorenhaushalten ohne Pkw.



8.6 Zusammenfassung

Mit dem im Kapitel 6 aufgestellten Indikatorensystem wurde die Naherreichbarkeit in der Stadt Dortmund untersucht. Die Naherreichbarkeit wurde für zehn verschiedene Aktivitätsziele und vier verschiedene Verkehrsmittel berechnet. Als räumliche Analyseebene wurden kleinräumige Hexagone genutzt, die den Untersuchungsraum regelmäßig untergliedern. Sie repräsentieren die Wohnquartiere in Dortmund.

Die Naherreichbarkeitsanalyse lieferte kartographische und statistische Aussagen über die Naherreichbarkeit der Aktivitätsziele aus der Sicht der Bevölkerung beziehungsweise bestimmter Nachfragegruppen. Die mit dem Ansatz erzielten Ergebnisse zeigten, dass in der Stadt Dortmund durchaus gute und angemessene Naherreichbarkeitsverhältnisse vorliegen. Zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit dem Pkw und mit dem ÖPNV können die untersuchten Aktivitätsziele, das heißt die Grundzentren, Lebensmittelgeschäfte, Hausärzte, Grün- und Freiflächen, Kindergärten/Kindertagesstätten, Grundschulen, Schulen der Sekundarstufen I und II, Berufskollegs, Se-

nierenbegegnungsstätten und Arbeitsplätze, häufig innerhalb weniger Minuten Reisezeit erreicht werden.

Bei detaillierter Betrachtung bestehen zwischen den Wohnquartieren in Dortmund allerdings spürbare Erreichbarkeitsunterschiede. Hierbei lässt sich ein bestimmtes, wiederkehrendes Muster feststellen. Die Wohnquartiere mit den besten Naherreichbarkeitsbedingungen befinden sich in der Dortmunder Innenstadt. Hier besteht für nahezu alle Aktivitätsziele die beste Naherreichbarkeit. Die kleinräumigen Erreichbarkeitsunterschiede innerhalb der Innenstadtquartiere sind eher marginal. Während in der West- und Nordstadt die Naherreichbarkeit zu Kindergärten/Kindertagesstätten oder Grundschulen beispielsweise sehr hoch ausfällt, ist in der Süd- und Oststadt die Naherreichbarkeit von Berufskollegs und Arbeitsplätzen am höchsten. Im Vergleich zu den anderen innenstadtnahen Wohnquartieren fällt nur das Viertel rund um den Borsigplatz etwas ab. Dennoch liegt auch hier ein für Dortmund deutlich überdurchschnittliches Erreichbarkeitsniveau vor.

Ebenfalls ausgezeichnet ist die Naherreichbarkeit in den Kernbereichen der einzelnen Stadtteilzentren in Dortmund. Insbesondere die Naherreichbarkeit von Lebensmittelgeschäften oder Hausärzten fällt hier außerordentlich hoch aus. Die Stadtteilzentren sichern die Nahversorgung und medizinische Grundversorgung für die umliegenden kleineren Vororte. Die auf die Stadtteilzentren ausgerichteten ÖPNV-Verbindungen ermöglichen häufig angemessene ÖPNV-Erreichbarkeitsverhältnisse. Bei den kartographischen Darstellungen lässt sich in vielen Fällen die perlenartige Struktur der Haltestellen des S- und Stadtbahnnetzes identifizieren. Rund um die Haltestellen finden sich Bereiche mit erhöhten Erreichbarkeitswerten wieder.

Die Wohnquartiere abseits der ÖPNV-Linien weisen hingegen deutlich unterdurchschnittliche Naherreichbarkeitsverhältnisse in Dortmund auf. Betroffen sind vor allem die Vororte in den Randlagen. Wohnquartiere mit einer niedrigen Naherreichbarkeit sind häufig im Ortsteil Schnee, im Dortmunder Süden rund um Syburg und Buchholz sowie im Dortmunder Nordwesten rund um Deusen, Schwieringhausen und daran angrenzend auszumachen. Oft kann eine vergleichsweise angemessene Reisezeit zu den Aktivitätszielen hier nur der Pkw gewährleisten. Hier wohnende Personen ohne Pkw-Verfügbarkeit sind hinsichtlich ihrer Teilhabechancen an sozialen und wirtschaftlichen Austauschprozessen stark benachteiligt.

Zu einem interessanten Ergebnis führte die Analyse der Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen in Dortmund. Die Erreichbarkeitsberechnung wurde mit einem Potenzialindikator durchgeführt, der die Wahlfreiheit mitberücksichtigt. In Bezug auf die Naherreichbarkeit zu Fuß weisen die Wohnquartiere in der Innenstadt die niedrigsten Erreichbarkeitswerte auf. Wie zu erwarten, profitieren die suburbanen Wohnquartiere hier von ihrer Randlage im Grünen und weisen die höchste fußläufige Naherreichbarkeit von Grün- und Freiflächen auf. Dieses Bild drehte sich jedoch mit der Analyse der Naherreichbarkeit für die Verkehrsmittelkombination zu Fuß/mit dem ÖPNV um. Aufgrund der sehr guten ÖPNV-Erschließung mit S- und Stadtbahnlinien erreichen die Bewohner der Innenstadtquartiere in Dortmund innerhalb vergleichbarer Zeit mehr Grün- und Freiflächen als die Bevölkerung in den Vororten.

Die Erreichbarkeitswerte der verschiedenen Verkehrsmittel unterscheiden sich zum Teil erheblich. Die Naherreichbarkeitsanalyse zeigte, dass die Nutzung eines Pkw zu vergleichsweise ubiquitäreren Erreichbarkeitsbedingungen führt, gerade wenn – wie hier erfolgt – die Kosten ausgeblendet und zunächst nur die Reisezeiten betrachtet werden. Auch die Nutzung eines Fahrrads führt in vielen Fällen zu einer vergleichsweise guten Naherreichbarkeit in Dortmund. In

einigen Fällen übertrifft die Naherreichbarkeit mit dem Fahrrad sogar die mit dem Pkw. So sind in verdichteten Räumen und auf kurzen Strecken beispielsweise mit dem Fahrrad kürzere Tür-zu-Tür-Reisezeiten zu erzielen als mit dem Pkw. In dieser Naherreichbarkeitsanalyse wurde das klassische Fahrrad untersucht. Elektrofahrräder, also Fahrräder mit Motorunterstützung, bieten höheren individuellen Komfort und ermöglichen auch unerfahrenen Nutzern mit weniger Aufwand deutlich höhere Geschwindigkeiten auch auf längeren oder anspruchsvollen Strecken. Dies berücksichtigend dürfte das Fahrrad, das einen derzeitigen Verkehrsmittelanteil von gerade einmal zehn Prozent in Dortmund hat (siehe Modal Split in Abbildung 35 im Kapitel 7.1), bei entsprechend ausgerichteter fahrradfreundlicher Planung noch einiges an Potenzial haben.

Hinsichtlich der fußläufigen Naherreichbarkeit in den Wohnquartieren ist vor allem die Standortverteilung der Aktivitätsziele bestimmend. Generell nehmen mit niedrigeren Geschwindigkeiten die Erreichbarkeitsdisparitäten in Dortmund zu. Bei dezentralen und wohnortnahen Aktivitätszielen wie Kindergärten/Kindertagesstätten, Grundschulen oder Seniorenbegegnungsstätten fallen die Naherreichbarkeitsunterschiede in Dortmund deutlich geringer aus als bei weiterführenden Schulen und Berufskollegs, die auch einen größeren Einzugsbereich haben. Eine voranschreitende Zentralisierung von Standorten, zum Beispiel des Einzelhandels oder der medizinischen Grundversorgung, wird folglich vor allem für die Bevölkerung in den kleineren Vororten, wo schon heute keine angemessene fußläufige Naherreichbarkeit besteht, zu längeren Reisezeiten führen.

Mit einem kommunalen Naherreichbarkeitsmonitoring lassen sich die Veränderungen in den Naherreichbarkeitsverhältnissen abbilden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden hierzu Bewertungsindizes hergeleitet, die aus Sicht der nachfragenden Bevölkerungsgruppe die Erreichbarkeitsdifferenzen, Erreichbarkeitsgrade und Erreichbarkeitsungleichheiten messen. Auch ex-ante-Analysen für Maßnahmen der Flächennutzungs- oder Verkehrsplanung sind möglich. Die Praxistauglichkeit der Methode wurde am Beispiel von Erreichbarkeitsszenarien zu ausgewählten Anwendungsfällen zur Nahversorgung und Grundschulbildung demonstriert. Mittels kartographischer Darstellungen und tabellarischer Auswertungen mit Erreichbarkeitsgraden wurde gezeigt, dass die Schließung oder Verlagerung einiger weniger Standorte nur relativ geringe Auswirkungen auf das Gesamterreichbarkeitsbild in Dortmund nach sich zog. Erheblich sind dagegen die von solchen Maßnahmen ausgehenden lokalen Effekte. Die Bevölkerung im näheren Umfeld ist – und dies gilt insbesondere für die fußläufige Naherreichbarkeit der Zieleinrichtungen – sehr wohl und zumeist deutlich spürbar betroffen.

Im nachfolgenden Kapitel werden die mit der Methode zum Messen von Naherreichbarkeit in Wohnquartieren in dieser Arbeit gemachten Erfahrungen kritisch reflektiert und gewürdigt.

9 Fazit

Diese Arbeit befasste sich mit der Modellierung und Analyse von Naherreichbarkeit. Sie ist vorwiegend methodisch orientiert. Auf der Grundlage einer umfassenden Evaluation von Messmethoden, nationalen und internationalen Best-Practice-Beispielen und Ansätzen zur Modellierbarkeit von Naherreichbarkeit wurde eine GIS-basierte Methode entwickelt, mit der Naherreichbarkeit mess- und darstellbar gemacht werden kann. Hierdurch wird, aus der Sicht von Nachfragegruppen, eine Evaluation der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsverhältnisse auf der Ebene von Wohnquartieren und ihrer Veränderungen über die Zeit ermöglicht. Die Modellierung erfolgt auf der Basis von komplexen, standörtlichen Erreichbarkeitsindikatoren. Die Praxistauglichkeit des Untersuchungsansatzes wurde anhand einer Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund aufgezeigt.

Im Kapitel 8 wurden die mit dem Ansatz erzielten inhaltlichen Ergebnisse bereits erörtert und zusammengefasst. In diesem abschließenden Kapitel soll die Methode vor dem Hintergrund ihres Praxiseinsatzes und der dabei gemachten Erfahrungen kritisch reflektiert werden. Hierzu wird zunächst auf die methodische Herangehensweise (siehe Kapitel 9.1) und anschließend auf das für die Evaluierung von Naherreichbarkeit angewandte Indikatorensystem (siehe Kapitel 9.2) eingegangen. Zum Schluss werden ein Ausblick sowie Hinweise auf weitere Forschungsbedarfe gegeben (siehe Kapitel 9.3).

9.1 Methodische Herangehensweise

Naherreichbarkeit umfasst die Erreichbarkeit von haushaltsnahen, alltäglichen Aktivitätszielen im nahräumlichen Wohnumfeld. Eine Stärkung der Naherreichbarkeitsverhältnisse ist sowohl aus sozialen und ökologischen als auch aus wirtschaftlichen Motiven wünschenswert. Gute Naherreichbarkeitsverhältnisse stützen verkehrs-, umwelt- und klimapolitische Ziele, sichern die Teilhabechancen am örtlichen Bildungs-, Sozial- und Gesundheitswesen, minimieren soziale Exklusionsentwicklungen, beleben Wohnquartiere und fördern die lokale Ökonomie.

Im Konzept von Naherreichbarkeit nehmen die Förderung des Umweltverbunds (Fußgänger- und Fahrradverkehr, ÖPNV) und siedlungsstrukturelle Faktoren wie Dichte, Nutzungsmischung und Maßstäblichkeit eine große Rolle ein. Die Gestaltung von Verkehrsangeboten und die räumliche Verteilung der Aktivitäten als Standortplanung lassen sich durch die kommunale Flächennutzungs-, Verkehrs- und Fachplanung im Rahmen der planerischen und finanziellen Möglichkeiten systematisch steuern. Mit entsprechender politischer Unterstützung kann Naherreichbarkeit planerisch beeinflusst werden. Es mangelt, nicht nur in Deutschland, derzeit allerdings noch an (bewährten und im regelmäßigen Einsatz befindlichen) Analyse- und Bewertungsmethoden, die zur Unterstützung der kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozesse die Naherreichbarkeitsverhältnisse in den Wohnquartieren akkurat messen und wiedergeben können. Bestehende Verkehrssimulationsmodelle sind in ihrer Anwendung häufig sehr aufwändig, zudem steht bei ihnen die Modellierung des Verkehrsverhaltens im Vordergrund. Sie simulieren zwar, wie sich Menschen verhalten würden; sie geben jedoch nicht wieder, welche Naherreichbarkeitspotenziale bestehen, das heißt, wie sich Menschen verhalten können. In dieser Arbeit wurde daher ein Untersuchungsansatz entwickelt, mit dem die Möglichkeiten der Menschen, im nahräumlichen Wohnumfeld Aktivitäten ausüben zu können, wirklichkeitstreu abgebildet werden.

Auf der Grundlage einer umfassenden Literaturlauswertung wurden geeignete Ansätze zum Messen von Naherreichbarkeit eingegrenzt, die auf theoretisch fundierten, komplexen, standörtlichen Naherreichbarkeitsindikatoren beruhen. Eine umfangreiche Evaluation nationaler und internationaler Best-Practice-Beispiele zeigte auf, wie sie bei kleinräumigen, aktivitätsspezifischen Naherreichbarkeitsanalysen angewandt werden können. Auf dieser Basis und unter besonderer Berücksichtigung der Modellierbarkeit standörtlicher Naherreichbarkeit wurde ein Indikatorensystem hergeleitet, mit dem die Naherreichbarkeitsverhältnisse in deutschen Kommunen auf der Ebene von Wohnquartieren analysiert und bewertet werden können. Auf dieses Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit wird im Kapitel 9.2 vertiefend eingegangen.

Die Operationalisierung und Implementierung der Methode erfolgte vollständig im Geoinformationssystem ArcGIS®. Geoinformationssysteme befinden sich in Kommunalverwaltungen in vielen Sachgebieten bereits im Einsatz. Auf die Nutzung einer weiteren Spezialsoftware wurde in dieser Arbeit verzichtet. Sowohl die Aufbereitung der Inputdaten, die Modellierung der Verkehrsgraphen, die Berechnung der Naherreichbarkeit und die Visualisierung der Ergebnisse wurden durchweg im Geoinformationssystem durchgeführt. Bei der Nutzbarmachung der Daten wurde ein hoher Stellenwert darauf gelegt, dass weitgehend Daten eingesetzt werden, die direkt kommunalen oder frei verfügbaren Datenbeständen entstammen. Um standörtliche Naherreichbarkeit abbilden zu können, müssen Daten aus drei verschiedenen Sachbereichen aufbereitet werden: Quellorte, Zielorte und die sie verknüpfenden Verkehrsangebote.

Die *Quellorte* der Naherreichbarkeitsanalyse sind die Wohnstandorte der Bevölkerung. In dieser Arbeit wurde zur Abbildung der Wohnstandorte ein rasterbezogener Ansatz gewählt, bei dem der Untersuchungsraum durch gleichförmige Hexagone, die einen Radius von 150 Metern haben, untergliedert wurde. Durch das rasterbezogene Raumbezugssystem kann Erreichbarkeit als ein kontinuierlich im Raum verortetes Phänomen dargestellt werden. Die Nutzung von Hexagonen hat zum Vorteil, dass zwischen den Mittelpunkten in alle Richtungen der gleiche Abstand besteht.

Um die Naherreichbarkeitsverhältnisse für unterschiedliche Nachfragegruppen auswerten zu können, müssen für die betrachteten Wohnstandorte die entsprechenden Bevölkerungsstrukturdaten aufbereitet werden. Um zonal vorliegende Bevölkerungsstrukturdaten auf ein rasterbezogenes Raumbezugssystem anpassen zu können, muss ein Bevölkerungsverteilungsmodell angewendet werden. Die in Deutschland bestehenden Disaggregierungsmodelle sind inzwischen weit erprobt und liefern zuverlässige Ergebnisse. Sie erlauben es, die statistischen demographischen und sozio-ökonomischen Zonendaten unter Zuhilfenahme weiterer Informationen wie Flächennutzungsdaten auf kleinräumige Rasterzellen zu verteilen. Für die Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund hat sich das gewählte hexagonale Raumbezugssystem bewährt. Zur Disaggregation der Bevölkerungsstrukturdaten wurde ein eigener Ansatz verfolgt.

An den *Zielorten* der Naherreichbarkeitsanalyse befinden sich die zu untersuchenden Aktivitätsarten und -gelegenheiten. Die Zieldaten ließen sich ohne größere Aufwände aufbereiten. Vielfach konnten aktuelle Informationen über die potenziellen Aktivitätsziele aus kommunalen Datenbeständen als Auflistung von postalischen Adressen zusammengetragen und mit einem Geoinformationssystem geolokalisiert werden. Lediglich die Nutzbarmachung der Einzelhan-

dels- und Arbeitsplatzdaten gestaltete sich komplexer: Während Erstere per Internetrecherche und durch eigene Erhebungen nacherfasst wurden, mussten Letztere über ein Simulationsmodell geschätzt werden, bevor sie auf die Hexagone übertragen werden konnten. Dies war jedoch eine Ausnahme.

Das betrachtete Untersuchungsgebiet wurde über die Grenzen der Stadt Dortmund hinaus ausgeweitet. Dies ermöglichte die Abbildung realistischer Erreichbarkeitsbedingungen für Dortmund, da auf diese Weise sämtliche relevanten räumlich-verkehrlichen Verflechtungen nach außen mit modelliert werden konnten.

Für die Datenvalidierung erwiesen sich Standortkarten als ein wichtiges Instrument. In Standortkarten können die räumliche Lage der Zielorte und die Verteilung der Aktivitätsgelegenheiten abgebildet werden. Sie lassen sich mit einem Geoinformationssystem erzeugen und eignen sich gut zur visuellen Prüfung der Inputdaten vor der Erreichbarkeitsberechnung.

Die *Verkehrsangebote*, die die Wohnstandorte mit den Aktivitätszielen verbinden, müssen für Naherreichbarkeitsanalysen sehr detailliert und feinmaschig abgebildet werden. In dieser Arbeit wurde hierauf besonderer Wert gelegt. Die Naherreichbarkeit wurde für vier verschiedene Verkehrsmittel ermittelt: zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit dem Pkw und mit dem ÖPNV. In dem Konzept von Naherreichbarkeit nimmt gerade die Erreichbarkeit zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem ÖPNV eine bedeutende Rolle ein. Um realistische Naherreichbarkeitsverhältnisse zu ermitteln, ist es inhaltlich sinnvoll, die Verkehrsgraphen für das Netzwerk-Routing so fein und wirklichkeitsgetreu wie möglich zu modellieren.

Für die Naherreichbarkeitsanalyse zu Fuß, mit dem Fahrrad und mit dem Pkw wurden OpenStreetMap-Daten genutzt. Diese frei verfügbaren Daten erwiesen sich als gut geeignet zur Abbildung realitätsnaher Reisezeitmatrizen und kleinräumiger Erreichbarkeitsverhältnisse. Die aus den Daten extrahierten Verkehrsnetze waren feinmaschig und umfassten Rad- oder Fußwege, die in anderen (proprietären) Verkehrsnetz-Datenbanken nicht enthalten waren. In dieser Arbeit wurden Tür-zu-Tür-Reisezeiten ermittelt. Jeder Weg beginnt und endet zu Fuß. Daher gingen die Gehzeiten in die Berechnung der Gesamtreisezeiten ebenso ein wie die Fahr-, Dispositions-, Warte-, Parksuch- oder Abstellzeiten. Um realistische Annahmen zu streckenbezogenen Fahr- und Gehgeschwindigkeiten bilden zu können, wurden bei der Erzeugung der Fahrrad- und Fußgängerverkehrsgraphen Steigungen und Gefälle mit modelliert. Sie beeinflussen die Geschwindigkeiten der nicht-motorisierten Verkehrsmittel merklich. Die notwendigen Informationen wurden aus digitalen Höhendaten abgeleitet.

Die Analyse der Naherreichbarkeit mit dem ÖPNV erfolgte auf der Basis von digitalen Fahrplandaten, mit denen das vollständige ÖPNV-Angebot abgedeckt wurde. Bei der Berechnung der Tür-zu-Tür-Reisezeiten mit dem ÖPNV wurden die fußläufigen Zu- und Abgangswege, die Wartezeit an der Ersteinstiegshaltestelle und die gegebenenfalls notwendigen Umstiege mitberücksichtigt. Die Berechnung der ÖPNV-Reisezeiten unter Einbezug aller Fußwege und basierend auf den realen Fahrplänen ermöglicht eine präzise Wiedergabe der realen ÖPNV-Erreichbarkeitsverhältnisse. Technisch wurde hierzu der aus digitalen Fahrplandaten generierte geographische ÖPNV-Graph mit dem feinteiligen Fußgängerverkehrsgraphen kombiniert.

Die Integration der digitalen Fahrplandaten erwies sich allerdings aufwändiger als gedacht. Zum einen lagen die Fahrplandaten der unterschiedlichen Verkehrsunternehmen in uneinheitlichen Datenformaten vor, zum anderen mussten wegen festgestellter Dateninkonsistenzen einige

Fahrpläne und Haltestellendaten nacheditiert werden. Erst danach ließ sich die kleinräumige Naherreichbarkeit mit dem ÖPNV fahrplangenau und für festgelegte Stunden im Tagesverlauf bestimmen.

9.2 Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit

Ein Ziel dieser Arbeit war es, ein Indikatorensystem zu entwickeln, mit dem die Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren bestimmt werden können. In dieser Arbeit konnte aufgezeigt werden, dass das Spektrum an Ansätzen, wie Erreichbarkeit gemessen werden kann, sehr groß ist. Die Wahl der Methode sollte durch den Untersuchungszweck bestimmt sein. In dieser Arbeit wurden komplexe, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren für das Messen der Naherreichbarkeitsverhältnisse in Wohnquartieren als geeignet identifiziert. Sie sind wissenschaftlich fundiert, verhaltenstheoretisch begründet und liefern verständliche Ergebnisse, die planerisch nutzbar und dem Laien gegenüber kommunizierbar sind. Komplexe, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren eignen sich sowohl zur Abbildung kleinräumiger aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischer Naherreichbarkeitsbedingungen bestimmter Nachfragegruppen als auch zum Aufdecken von sozial-räumlichen Naherreichbarkeitsdisparitäten und -veränderungen. Innerhalb komplexer, standörtlicher Erreichbarkeitsindikatoren lassen sich Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren unterscheiden. Während sich Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren durch ihre gute Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit auszeichnen, liegt der große Vorteil von Potenzialindikatoren darin, dass sie das menschliche Verhalten besser abbilden.

Das Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit nimmt komplexe, standörtliche Erreichbarkeitsindikatoren zur Grundlage. Im Einvernehmen mit der Stadt Dortmund wurden für zehn Aktivitätsarten Indikatoren formuliert, die aus der Sicht von Nachfragegruppen die Naherreichbarkeitsbedingungen in den Dortmunder Wohnquartieren wiedergeben. Die zeit- und verkehrsmittelspezifische Berechnungsmethode und die Bandbreite der zehn Aktivitätsziele aus den Themenfeldern Schulbildung, Nahversorgung, ärztliche Versorgung, Grün- und Freiflächen sowie Arbeitsplätze ermöglichen es, einen tiefen Einblick in die örtlichen Naherreichbarkeitsverhältnisse zu erhalten.

Bei der exemplarischen Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund wurden die mit den einzelnen Naherreichbarkeitsindikatoren erzielten Ergebnisse aussagekräftig kartographisch und tabellarisch aufbereitet. Wohnquartiere mit einer guten Naherreichbarkeit konnten identifiziert und die örtlichen, verkehrsmittel- und aktivitätsspezifischen Erreichbarkeitsunterschiede aufgezeigt werden. Um umfassende Kenntnisse in der Anwendung der Reiseaufwands-, Kumulations- und Potenzialindikatoren zu gewinnen, bestand das zur Bestimmung von Naherreichbarkeit hergeleitete Indikatorensystem aus allen drei standörtlichen Erreichbarkeitsindikatortypen. Die aus dem praktischen Einsatz am Beispiel der Naherreichbarkeitsanalyse für die Stadt Dortmund gewonnenen Erfahrungen und die mit kommunalen Stadtplanern geführten Gespräche machten jedoch deutlich, dass nicht alle Naherreichbarkeitsindikatoren in gleicher Weise verständlich sind. Die Ergebnisse von Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren ließen sich wesentlich leichter vermitteln als die Ergebnisse von Potenzialindikatoren. Obwohl Potenzialindikatoren theoretisch gut begründet sind, sind ihre Ergebnisse dimensionslos, das heißt, sie werden nicht in intuitiv leicht erfassbaren Größen wie Reisezeit, Reisekosten oder durch die Anzahl erreichbarer Aktivitätsziele wiedergegeben. Aufgrund ihrer unterschiedlichen verkehrsmittelbezogenen Reiseaufwandssensibilitätsparameter blieb zudem die Vergleichbar-

keit der Ergebnisse für die verschiedenen Verkehrsmittel und Aktivitätsarten stark eingeschränkt. Die gewählten Potenzialindikatoren erscheinen für einen regelmäßigen Einsatz im kommunalen Planungsbereich daher als zu komplex. Die Nachteile der Vermittelbarkeit ihrer Ergebnisse wiegen schwerer als ihre Vorteile bei der Abbildung von Erreichbarkeit, insbesondere bei Aktivitäten mit Wahlfreiheit. Die Schlussfolgerung, die sich hieraus ziehen lässt, ist, dass auf ihren Einsatz bei der Einführung eines kommunalen Naherreichbarkeitsbeobachtungssystems zunächst verzichtet werden sollte.

Vergleichbare Schwierigkeiten waren bei Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren nicht festzustellen. Sie lassen sich daher ohne Weiteres verwenden. Während Reiseaufwandsindikatoren die Tür-zu-Tür-Reisezeiten zu einem oder mehreren Aktivitätsziel(en) wiedergaben, bemessen Kumulationsindikatoren die Anzahl der Aktivitätsgelegenheiten, die innerhalb einer bestimmten Reisezeit potenziell erreichbar sind. Um die Wahlfreiheit abzubilden, die bei Aktivitätszielen wie Lebensmittelgeschäften, Hausärzten oder weiterführenden Schulen gegeben ist, lassen sich gleichwohl sowohl Kumulationsindikatoren als auch Reiseaufwandsindikatoren nutzen. Bei Reiseaufwandsindikatoren sollte in diesen Fällen nicht der Reiseaufwand zum nächst-erreichbaren Aktivitätsziel, sondern die durchschnittliche Reisezeit zu einer vorab definierten Zahl an Aktivitätszielen berechnet werden. Ein solcher Reiseaufwandsindikator könnte beispielsweise die durchschnittliche Reisezeit zu den drei oder fünf nächsterreichbaren Aktivitätszielen bemessen.

Die in dieser Arbeit am Beispiel der Stadt Dortmund durchgeführte Naherreichbarkeitsanalyse zeigte das Potenzial des Untersuchungsansatzes auf. Neben der aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsbewertung wurden für einzelne Standorte Erreichbarkeitsprofile erstellt und die Naherreichbarkeitsindikatoren zu einem Gesamterreichbarkeitsindex aggregiert, um die Eignung der Wohnquartiere für bestimmte Nachfragegruppen darzustellen. Ergänzt wurde das aufgestellte Indikatorensystem um spezifische Bewertungsindizes, mit denen vor allem die Entwicklung der Naherreichbarkeit über die Zeit quantifiziert werden kann. Im Besonderen eignen sich die Bewertungsindizes zur regelmäßigen Evaluation im Rahmen eines kommunalen Naherreichbarkeitsmonitorings, da sie neben den Veränderungen über die Zeit auch die Abweichungen von definierten Erreichbarkeitszielen oder Mindeststandards bemessen können. Zugleich können sie auch für ex-ante-Analysen genutzt werden, zum Beispiel um vorab die Auswirkungen von geplanten oder zur Diskussion stehenden einzelnen Maßnahmen oder Maßnahmenpaketen der Raum-, Flächennutzungs- oder Verkehrsplanung auf die Naherreichbarkeit zu bestimmen. Erreichbarkeitsveränderungen können szenarienhaft so schon im Vorfeld prognostiziert und Alternativen diesbezüglich fundiert bewertet werden.

Als ein zweckmäßiger Ansatz hierfür erwies sich die Darstellung der Erreichbarkeitsveränderungen zweier Zustände, die anschaulich als räumlich verortbare absolute oder relative Erreichbarkeitsdifferenz kartographisch wiedergegeben werden. Mit dem Gini-Koeffizient und dem Interdezilverhältnis kann ergänzend bestimmt werden, ob und in wie weit Erreichbarkeitsveränderungen zu einem Angleichen oder einem Auseinanderdriften der Naherreichbarkeitsverhältnisse bestimmter Bevölkerungsgruppen führen. Erreichbarkeitsgrade geben den prozentualen Anteil einer Bevölkerungsgruppe an, der die definierten Aktivitätsziele innerhalb einer bestimmten Reisezeit erreichen kann. Sie sind ein zweckmäßiges, gleichermaßen anschauliches und erprobtes Maß, mit dem zielgruppenspezifische Naherreichbarkeitsprobleme identifiziert und Erreichbarkeitszielvorgaben evaluiert werden können.

Angesichts der Begrenztheit zeitlicher Kapazitäten war es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, das Indikatorensystem zur Evaluation von Naherreichbarkeit, mittels dessen die Naherreichbarkeit in den Dortmunder Wohnquartieren im Jahr 2011 berechnet wurde, für einen zweiten, aktuellen Zeitpunkt anzuwenden und so dessen Entwicklung anhand der Evaluationsindizes darzustellen. So hätte ein Vergleich der Situation in Dortmund im Jahr 2011 mit den aktuellen Naherreichbarkeitsverhältnissen möglicherweise überaus interessante Einblicke in die Dynamik von aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischen Naherreichbarkeitsveränderungen anhand eines komplexen, realen Fallbeispiels geben können. Stattdessen wurde die Praxistauglichkeit des Ansatzes exemplarisch anhand von Erreichbarkeitsszenarien zu ausgewählten Anwendungsfällen der Nahversorgung und Grundschulbildung demonstriert. So wurde mittels kartographischer Darstellungen und tabellarischer und graphischer Auswertungen zu Erreichbarkeitsgraden gezeigt, dass die Schließung oder Verlagerung einiger weniger Standorte nur relativ geringe Auswirkungen auf das Gesamterreichbarkeitsbild in Dortmund nach sich zögen. Erheblich wären dagegen die von solchen Maßnahmen ausgehenden lokalen Effekte. Betroffen wären insbesondere diejenigen Einwohner in den kleineren Vorortquartieren, die über keinen Pkw verfügen. Mit der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Methode zum Messen von Naherreichbarkeit konnte anschaulich aufgezeigt werden, dass dieser Personenkreis bei weiteren Standortkonzentrationen zum Teil sehr deutliche Naherreichbarkeitseinbußen erführe.

9.3 Ausblick

Diese Arbeit beschreibt die Herleitung, Entwicklung und Anwendung eines Indikatorensystems aus komplexen, standörtlichen Naherreichbarkeitsindikatoren, mit dem die kleinräumige Naherreichbarkeit in Wohnquartieren und ihre Veränderungen akkurat gemessen und evaluiert werden können. Die Methode wurde mittels eigens entwickelter Softwaremodule in einem Geoinformationssystem operationalisiert und ihre praktische Tauglichkeit anhand einer exemplarischen Naherreichbarkeitsanalyse für die Stadt Dortmund demonstriert. Damit wurden die zu Beginn dieser Arbeit gesetzten Ziele erreicht. Der Modellansatz ist sachlogisch, umfassend, zielorientiert, realitätstreu und handhabbar. Es konnten eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung von Erreichbarkeitsmessungen erreicht, nachfragegruppenbezogene aktivitäts- und verkehrsmittelspezifische Naherreichbarkeitsberechnungen durchgeführt, zahlreiche methodische und praktische Erfahrungen gesammelt und wichtige Impulse für ein kommunales Naherreichbarkeitsmonitoring beziehungsweise eine kommunale Naherreichbarkeitsplanung gegeben werden.

Diese Arbeit versteht sich als ein wissenschaftlicher Beitrag zur Förderung einer integrierten kommunalen Naherreichbarkeitsplanung: Erreichbarkeit als strategisches Ziel von Raum- und Verkehrsplanung. Zeitgleich werden auf vielen Ebenen vergleichbare Anstrengungen für die Weiterentwicklung von praxisorientierten Erreichbarkeitsmodellen unternommen: Im Rahmen einer internationalen "COST Action" (COST = European Cooperation in Science and Technology) erforscht beispielsweise ein von der Europäischen Kommission geförderter Verbund von Erreichbarkeitswissenschaftlern, wie Erreichbarkeitsmodelle für die und in der Planungspraxis implementiert werden sollten. Das Ziel ist es aufzuzeigen, wie die aktuell dominierende, sektoral orientierte Verkehrs- und Mobilitätsplanung unterstützt durch geeignete Erreichbarkeitsmodelle in Zukunft durch den integrierten Ansatz einer umfassenden, nachhaltigen Erreichbarkeitsplanung erneuert werden kann (siehe Hull, Silva und Bertolini 2012). Der Endbericht zu diesem Forschungsvorhaben soll in Kürze erscheinen.

Auf Seiten der Planungspraxis sammeln europäische Stadtregionen derzeit intensive Erfahrungen mit der Aufstellung von "Sustainable Urban Mobility Plans" (SUMP). Angesichts des demographischen Wandels, der Tendenzen von sozialer Exklusion in Städten, der Folgen des Klimawandels und der Energiewende sowie einer zunehmenden Knappheit öffentlicher Mittel stellt sich die zentrale Frage, in welchen Raum- und Verkehrsstrukturen eine Gesellschaft diese Herausforderungen organisatorisch am besten meistern kann. Bei den "Sustainable Urban Mobility Plans" handelt es sich um ein Planungsinstrument, mit dem der städtische Verkehr hinsichtlich von Planungszielen wie Sicherheit, (Nah-)Erreichbarkeit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit neu organisiert werden soll. Bei ihrer Aufstellung wird ein hoher Stellenwert auf einen integrativen Ansatz und damit den Einbezug aller motorisierten und nicht-motorisierten Verkehrsmittel gelegt. Die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Methode zur Evaluation von Naherreichbarkeit in Kommunen wäre als Instrument geeignet, den Planungsprozess der "Sustainable Urban Mobility Plans" zu unterstützen.

Die mit der Methode bei der Entwicklung und Anwendung gewonnenen Erfahrungen lassen die folgenden offenen Forschungsfragen und Felder mit weiterem Forschungsbedarf erkennen:

Feinheit des Raumbezugssystems

Bezüglich des Raumbezugssystems wird davon ausgegangen, dass sich die Aussagekraft einer Erreichbarkeitsmessung mit zunehmender Feinheit erhöht. Bei der Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund orientierte sich die Größe der verwendeten Hexagone an der durchschnittlichen Flächengröße von statistischen Baublöcken in Dortmund. Der Radius vom Mittelpunkt zu den Eckpunkten betrug 150 Meter. Da die Größe der Hexagone beliebig skalierbar ist, könnten für ein besseres Methodenverständnis die Auswirkungen von Veränderungen der Feinheit des Raumbezugssystems auf die Naherreichbarkeitsergebnisse systematisch untersucht werden.

Wahl der betrachteten Verkehrsmittel

Im Fokus von Naherreichbarkeitsanalysen steht die Erreichbarkeit mit Verkehrsmitteln des Umweltverbunds. Für die Modellierung der Naherreichbarkeit mit dem Fahrrad wurde in dieser Arbeit das klassische Fahrrad betrachtet. Elektrofahrräder, die den Fahrer beim Treten mit einem Elektromotor unterstützen, sodass Steigungen leichter überwunden und längere Distanzen schneller zurückgelegt werden können, blieben unberücksichtigt. Angesichts ihrer zunehmenden Verbreitung könnte eine zukünftige Einbindung von Elektrofahrrädern in die durchzuführenden Analysen überlegenswert sein. In Abhängigkeit vom konkreten Untersuchungsraum könnten gegebenenfalls weitere Verkehrskonzepte wie Bike & Ride und/oder Ride & Bike ebenso berücksichtigt werden.

Nutzbarmachung von Arbeitsplatzdaten

Im Blickpunkt von Naherreichbarkeitsanalysen stehen Aktivitäten, die im Wohnumfeld ausgeübt werden, wie der Einkauf von Lebensmitteln, das Aufsuchen des Hausarztes, der Besuch des Kindergartens etc. Bei der Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund wurde auch die Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen untersucht. Die Verfügbarkeit von Arbeitsplatzdaten in der notwendigen sachlichen und räumlichen Tiefe ist in Deutschland insbesondere aufgrund von Datenschutzbestimmungen jedoch mangelhaft. Die Entwicklung eines verlässlichen einheitlichen Modells zur Erfassung und Ausgabe kleinräumiger Arbeitsplatzdaten könnte nicht nur für Erreichbarkeitsanalysen, sondern auch für andere Anwendungen Abhilfe schaffen.

Einbindung von Kostenaspekten in die Naherreichbarkeitsanalyse

Angesichts steigender Treibstoffpreise und einer damit verknüpften wachsenden Mobilitätsungleichheit könnten zukünftig Kostenaspekte noch bedeutender werden. Schon heute dürften Reisekosten für einige Bevölkerungsgruppen eine große Barriere für die Ausübung bestimmter Aktivitäten darstellen. Es könnte daher erforscht werden, wie neben der Reisezeit auch Kosten als Reiseaufwand in die Naherreichbarkeitsanalyse einbezogen werden können und wie damit gegebenenfalls verbundene Daten- und Kommunikationsschwierigkeiten gelöst werden können.

Analyse vergangener Entwicklungen

Mit der entwickelten Methode zum Messen von Naherreichbarkeit könnte für Regionen und Kommunen die Dynamik der Veränderungen der Naherreichbarkeitsbedingungen in jüngerer Vergangenheit abgebildet werden. Datenverfügbarkeit und Übertragbarkeit vorausgesetzt, ließe sich der Ansatz dazu nutzen, um zum Beispiel die Hypothese zu untersuchen, dass die fußläufige Naherreichbarkeit in den letzten Jahren oder Jahrzehnten fortlaufend zurückgegangen sei.

Fortentwicklung von Naherreichbarkeitsindikatoren

Die Erfahrungen aus dieser Arbeit mit Naherreichbarkeitsindikatoren decken sich mit Erfahrungen, die in anderen Ländern mit Naherreichbarkeitsanalysen gemacht wurden: Für einen praktischen Einsatz im kommunalen Umfeld sind Reiseaufwands- und Kumulationsindikatoren zumindest vorläufig besser geeignet als Potenzialindikatoren. Sie sind einfach zu verstehen und ihre Ergebnisse können leichter vermittelt werden. Um auch die Vorzüge von Potenzialindikatoren nutzen zu können, könnten sie hinsichtlich ihrer praktischen Verständlichkeit und Vergleichbarkeit weiterentwickelt werden. Für ein Naherreichbarkeitsmonitoring wäre es gegebenenfalls überlegenswert, die Ergebnisse von Potenzialindikatoren über standardisierte Messzahlen auszugeben, beispielsweise als auf das Basisjahr bezogene Indexwerte. Verschlechterungen oder Verbesserungen der Naherreichbarkeitsbedingungen ließen sich so direkt erkennen.

Des Weiteren könnten die Naherreichbarkeitsindikatoren für die planende Praxis in Deutschland dahingehend weiterentwickelt werden, dass aus ihren Ergebnissen unmittelbare planerische Handlungsempfehlungen oder -notwendigkeiten ableitbar sind. Mit dem LUPTAI-Index und den „Structural Accessibility Layers“ existieren bereits internationale Ansätze, die die gemessenen Erreichbarkeitsverhältnisse dahingehend bewerten können, ob konkrete Maßnahmen der Raum-, Flächennutzungs- oder Verkehrsplanung Verbesserungen der Naherreichbarkeit herbeiführen können. Die bestehenden Naherreichbarkeitsindikatoren und -indizes könnten zur besseren Veranschaulichung auch mit einem Warnsystem gekoppelt werden, das zum Beispiel über Ampelfarben anzeigt, ob in einem Wohnquartier adäquate Naherreichbarkeitsbedingungen vorliegen oder eben planerischer Handlungsbedarf besteht.

Definieren von Naherreichbarkeitsstandards und -zielen

Für eine umsetzbare Naherreichbarkeitsplanung sollten kommunalpolitische Erreichbarkeitsstandards formuliert werden. Ein solches, mögliches Planungsziel könnte zum Beispiel in folgender Form beschlossen werden: „Die nächste Grundschule sollte für die Bürger unserer Kommune mit dem Umweltverbund innerhalb von zehn Minuten erreichbar sein“. Der Verwaltung könnten derartige Erreichbarkeitsziele als Maßstab für eine kommunale Naherreichbarkeitsplanung dienen.

Derzeit wird von den Entscheidungsträgern für das Definieren von Naherreichbarkeitsstandards und -zielen aus nachvollziehbaren Gründen noch viel Mut und Engagement abverlangt. Gleich-

zeitig wären sie aber ein wichtiges Initial auf dem Weg zu einer nachhaltigen Naherreichbarkeitsplanung in der Kommune. Das Vorhandensein allgemeingültiger (aktivitäts- und verkehrsmittelspezifischer) Naherreichbarkeitsrichtwerte könnte das Formulieren von kommunalen Naherreichbarkeitsstandards und -zielen und die Bewertung der lokalen Naherreichbarkeitsverhältnisse erleichtern. Auch am Planungsprozess nicht beteiligten Bürgern oder Unternehmen bieten diese Informationen die Chance, bessere Standort- und Verkehrswahlentscheidungen zu fällen oder besser in einen Dialog mit staatlichen Institutionen und Anbietern von Verkehrsdienstleistungen treten zu können.

Übertragbarkeit auf andere Kommunen

Aufgrund der allgemeinen Verfügbarkeit aller erforderlichen Inputdaten und ihres flexiblen, modularen Aufbaus kann angenommen werden, dass die hier entwickelte Methode zur Evaluation von Naherreichbarkeit auf andere Untersuchungsräume ohne größere Probleme übertragen werden kann. Ein Nachweis hierüber steht allerdings noch aus.

Verzahnung von Forschung und Praxis

Mit der Naherreichbarkeitsanalyse am Beispiel der Stadt Dortmund konnte gezeigt werden, dass die entwickelte Analysemethode praktisch anwendbar ist und nachweislich planungsrelevante Ergebnisse liefern kann. Es handelt sich um einen hilfreichen Ansatz, um die Zusammenhänge zwischen Raum-, Flächennutzungs- und Verkehrsentwicklung besser verstehen und eine versachlichte Diskussion über Naherreichbarkeitsstandards und -ziele führen zu können. Mit der Methode kann eine gezielte nachhaltige Siedlungs- und Verkehrsentwicklung mit Erreichbarkeit als strategischem Planungsziel unterstützt werden.

Der nächste Arbeitsschritt wäre die gemeinsame, dauerhafte Implementierung der entwickelten Methode in einer Kommune und mit ihr. Im optimalen Fall könnte ein auf die Bedürfnisse der Kommune angepasstes System zur Beobachtung der Naherreichbarkeitsverhältnisse in den Wohnquartieren eingeführt werden. Dies könnte sowohl als ein eigenständiger Ansatz erfolgen oder sich an einem schon bestehenden städtischen Monitoringsystem, zum Beispiel zur sozialräumlichen Analyse, orientieren und darauf aufsetzen. Bei einer entsprechenden Fortentwicklung zu einem anwendungsorientierten Planungsinstrument könnten sich Forschung und Praxis wechselseitig befruchten. Spätestens mit der Implementierung eines Naherreichbarkeitsmonitoringsystems vor Ort könnten die Methodenentwickler und zukünftige Anwender eng verzahnt zusammenarbeiten und den methodischen Ansatz unter Berücksichtigung aller kommunalen Anforderungen weiterentwickeln. Eine Konkretisierung der Anforderungen, die zu berücksichtigenden Aktivitätsziele und Verkehrsmittel, die relevanten Nachfragegruppen, der räumliche und zeitliche Detailgrad, die Messmethoden und das Indikatorensystem und technische Aspekte könnten ebenso wie die ersten Testauswertungen in einem dialogischen, iterativen Lernprozess gemeinsam erarbeitet werden. Dies erhöhte zugleich den praktischen Nutzen, den eine Kommune durch die Einführung eines Naherreichbarkeitsmonitoringsystems erzielen wird. Die Vielfältigkeit an Anwendungsmöglichkeiten für die hier vorgeschlagene, innovative Methode konnte bereits demonstriert werden.

10 Quellenverzeichnis

- Abley, S. (2010): Measuring Accessibility and Providing Transport Choice. In: *Proceedings of the Annual National Conference of the Australian Institute of Traffic Planning and Management (AITPM)*. Brisbane: AITPM.
- Abley, S. und Halden, D. (2013): *The New Zealand Accessibility Analysis Methodology*. Forschungsbericht Nr. 512. Wellington: New Zealand Transport Agency.
- Abley, S. und Turner, S. (2011): *Predicting Walkability*. Forschungsbericht Nr. 452. Wellington: New Zealand Transport Agency.
- Abley, S. und Williams, R. (2008): Public Transport Accessibility Levels. In: *Proceedings of the IPENZ Transportation Conference 2008*. New Plymouth: Institution of Professional Engineers New Zealand (IPENZ), Transportation Group.
- Aderhold, J. (2004): *Form und Funktion sozialer Netzwerke in Wirtschaft und Gesellschaft – Beziehungsgeflechte als Vermittler zwischen Erreichbarkeit und Zugänglichkeit*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Agyemang-Duah, K. und Hall, F. L. (1997): Spatial Transferability of an Ordered Response Model of Trip Generation. In: *Transportation Research Part A*, Nr. 31(5), S. 389-402.
- Albrecht, J. (2010): Lernen von Großbritannien? Die „Local Transport Plans“ als Beispiel strategischer Steuerung. In: Wolfram, M., Albrecht, J., Wulfhorst, G., Horn, B., Krebsler, S., Veron, H. und Holz-Rau, C. (Hrsg.): *Steuerung einer nachhaltigen kommunalen Verkehrsentwicklungsplanung in Deutschland*. IÖR-Texte 162. Dresden: IÖR.
- Allen, W. B., Liu, D. und Singer, S. (1993): Accessibility Measures of U.S. Metropolitan Areas. In: *Transportation Research, Part B: Methodological*, Nr. 27, S. 439-449.
- Andersson, M. und Karlsson, C. (2002): The Role of Accessibility for Regional Innovation Systems. In: *Proceedings of the ERSA Conference*. Wien: European Regional Science Association (ERSA).
- Anderson, P., Levinson, D. und Parthasarathi, P. (2011): *Accessibility Futures*. Arbeitspapier. Minneapolis: University of Minnesota. Zugriff am 12.10.2011 unter <http://nexus.umn.edu/Papers/AccessibilityFutures.pdf>.
- Anderson, P., Levinson, D. und Parthasarathi, P. (2012): *Using Twin Cities Destinations and Their Accessibility as a Multimodal Planning Tool*. „Access to Destinations“-Forschungsbericht Nr. 13. Minneapolis: University of Minnesota. Zugriff am 04.04.2014 unter <http://conservancy.umn.edu/bitstream/121730/6/MnDOT2012-05.pdf>.
- Apel, D., Lehmbruck, M., Pharoa, T. und Thiemann-Linden, J. (1998): *Kompakt, mobil, urban: Stadtentwicklungskonzepte zur Verkehrsvermeidung im internationalen Vergleich*. DifU-Beiträge zur Stadtforschung, Bd. 24. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.
- Bach, L. (1981): The Problem of Aggregation and Distance for Analyses of Accessibility and Access Opportunity in Location-Allocation Models. In: *Environment and Planning A*, Nr. 13(8), S. 955-978.
- Bahn.Ville 2-Konsortium (2010): *Die Bahn als Rückgrat einer nachhaltigen Siedlungs- und Verkehrsentwicklung*, Synthesebericht zum Projekt Bahn.Ville 2. München. Zugriff am 09.10.2010 unter http://www.region-frankfurt.de/media/custom/1169_3658_1.pdf.
- Bähr, J., Jentsch, C. und Kuls, W. (1992): *Bevölkerungsgeographie*. Bd. 9. Berlin, New York: de Gruyter.

- Bahrenberg, G. (2003): Suburbanisierung: die Abschwächung der Stadt/Land-Differenz in der modernen Gesellschaft. In: Krämer-Badoni, T. und Kuhm, K. (Hrsg.): *Die Gesellschaft und ihr Raum: Raum als Gegenstand der Soziologie*. Opladen: Leske und Budrich, S. 215-232.
- BAK Basel Economics AG (2005): *Globale und kontinentale Erreichbarkeit: Resultate der Modellerweiterung*. Bericht. Basel: BAK Basel Economics AG.
- Baker, J., MacDonald, M., Bravery, R. und Hurst, N. (2010): The Application of Accessibility Planning to Develop a Locational Policy for the West Midlands. In: *Proceedings of the European Transport Conference*. London, Glasgow: Association for European Transport.
- Baltimore Region Environmental Justice in Transportation Project (BREJTP) (2008): *Baltimore Accessibility Calculator*. Baltimore: BREJTP. Zugriff am 23.10.2011 unter <http://ej-kit.com/the-toolkit/ej-analysis-tools/accessibility-calculator/>.
- Baltimore Region Environmental Justice in Transportation Project (BREJTP) (2010): *Baltimore Accessibility Maps*. Baltimore: BREJTP. Zugriff am 23.10.2011 unter <http://maps.caliper.com/TransCAD/AccessMaps/>.
- Barth, S. (2000): *Nahverkehr in kommunaler Verantwortung: Der öffentliche Personennahverkehr nach der Regionalisierung*. Bielefeld: Erich Schmidt.
- Barton, H. (2000): *Sustainable Neighbourhoods*. London: Earthscan.
- Batty, M. (2010): *Urban Modelling: Algorithms, Calibrations, Predictions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Batty, M. und Mackie, S. (1972): The Calibration of Gravity, Entropy, and Related Models of Spatial Interaction. In: *Environment and Planning*, Nr. 4(2), S. 205-233.
- Batty, M., Foot, D., Alonso, L., Bray, G., Breheney, M., Constable, D., Dubmore, K., Ellender, R., Shepherd, J. und Williams, J. (1973): Spatial System Design and Fast Calibration of Activity Interaction-Allocation Models. In: *Regional Studies*, Nr. 7, S. 351-366.
- Bauer, U., Scheiner, J., Liepe, S., Jung, S. und Günther, S. (2011): *Nahversorgung und Nahmobilität: Verkehrsverhalten und Zufriedenheit*. BMVBS-Online-Publikation 08/2011. Berlin: BMVBS.
- Becker, U. (2000): Mobilität und Verkehr – vier persönliche Erwartungen. In: *Verkehrszeichen*, Heft 2/2000, S. 4-7.
- Beckmann, K. J. (2002): *Mobilität und Kritik - Die Straße als Spiegel einer verflüssigten Gesellschaft*. Vortrag am 1. November 2002 in Kassel-Bettenhausen. Zugriff am 07.01.2010 unter <http://www.ifr-ev.de/fileadmin/pdf/beckmann.pdf>.
- Beckmann, K. J. (2004): Erreichbarkeit und Mobilität. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS) (Hrsg.): *Raum – Zeit – Planung*, 9. Konferenz für Planerinnen und Planer NRW. Dortmund: ILS, S. 52-69.
- Beckmann, K. J., Bracher, T. und Hesse, M. (Hrsg.) (2007): Städtische Mobilität und soziale Ungleichheit. *Deutsche Zeitschrift für Kommunalwissenschaften*, Heft 2/2007, Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.
- Beckmann, K. J., Brüggemann, U., Gräfe, J., Huber, F., Meiners, H., Mieth, P., Moeckel, R., Mühlhans, H., Schaub, H., Schrader, R., Schürmann, C., Schwarze, B., Spiekermann, K., Strauch, D., Spahn, M., Wagner, P. und Wegener, M. (2007): ILUMASS: Integrated Land-Use Modelling and Transport System Simulation. Forschungsbericht. Berlin: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).

- Beckmann, M. J., Golob, T. F. und Zahavi, Y. (1983): Travel Probability Fields and Urban Spatial Structure: 1. Theory. In: *Environment and Planning A*, Nr. 15, S. 593-606.
- Ben-Akiva, M. und Lerman, S. (1979): Disaggregate Travel Mobility Choice Models and Measures of Accessibility. In: Hensher, D. A. und Stopher, P. R. (Hrsg.): *Behavioral Travel Modeling*. London: Croom Helm, S. 654-679.
- Bertolini, L., le Clercq, F. und Kapoen, L. (2005): Sustainable Accessibility: A Conceptual Framework to Integrate Transport and Land Use Plan-making. Two Test-applications in the Netherlands and a Reflection on the Way forward. In: *Transport Policy*, Nr. 12, S. 207-220.
- Bhat, C. R., Bricka, S., La Mondia, J., Kapur, A., Guo, J. und Sen, S. (2006): *Metropolitan Area Transit Accessibility Analysis Tool – Measuring Access to Public Transportation Service*. Forschungsbericht 5178. Austin: University of Texas, Center for Transportation Research.
- Bhat, C. R., Carini, J. P. und Misra, R. (1999): Modeling the Generation and Organization of Household Activity Stops. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1676, S. 153-161
- Bhat, C. R., Handy, S. L., Kockelman, K. M., Mahmassani, H. S., Chen, Q. und Weston, L. (2000): *Accessibility Measures: Formulation Considerations and Current Applications*. Forschungsbericht 4938-2. Austin: University of Texas, Center for Transportation Research.
- Bhat, C. R., Handy, S. L., Kockelman, K. M., Mahmassani, H. S., Chen, Q., Srour, I. und Weston, L. (2001): *Assessment of Accessibility Measures*. Forschungsbericht 4938-3. Austin: University of Texas, Center for Transportation Research.
- Bhat, C. R., Handy, S. L., Kockelman, K. M., Mahmassani, H. S., Weston, L., Gopal, A. und Srour, I. (2002a): *Development of an Urban Accessibility Index: Formulations, Aggregations and Applications*. Forschungsbericht 4938-4. Austin: University of Texas, Center for Transportation Research.
- Bhat, C. R., Handy, S. L., Kockelman, K. M., Mahmassani, H. S., Weston, L., Gopal, A. und Srour, I. (2002b): *Urban Accessibility Index. User's Guide*. Austin: University of Texas, Center for Transportation Research.
- Bishop, S. (2007): Accessing all Areas: Integrating Accessibility Planning into the Local Transport Planning Process. In: *Proceedings of the European Transport Conference*. London: Association for European Transport.
- Black, J. A. und Conroy, M. (1977): Accessibility Measures and the Social Evaluation of Urban Structure. In: *Environment and Planning A*, Nr. 9(12), S. 1013–1031.
- Black, J. A., Kuranami, C. und Rimmer P. J. (1982): Macroaccessibility and Mesoaccessibility: A Case Study of Sapporo, Japan. In: *Environment and Planning A*, Nr. 14, S. 1355-1376.
- Bleisch, A. (2005): *Die Erreichbarkeit von Regionen: Ein Benchmarking-Modell*. Dissertation. Basel: Universität Basel, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät.
- Blotevogel, H. H. (1997): *Einführung in die Wissenschaftstheorie: Konzepte der Wissenschaft und ihre Bedeutung für die Geographie*. Diskussionspapier 1/1997. Duisburg: Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Geographisches Institut.
- Bökemann, D. (1999): *Theorie der Raumplanung*. 2. Auflage, München: Oldenbourg Verlag.
- Bökemann, D., Hackl, R. und Kramar, H. (1997): *Socio-economic Indicators Model and Report*. SASI-Forschungsbericht, Nr. 4. Wien: Technische Universität Wien, Institut für Stadt- und Regionalforschung.

- Bonsall, P. W. (1975): *Approaches to the Prediction of Intrazonal Interactions*. Arbeitsbericht, Nr. 65. Leeds: University of Leeds, Institute for Transport Studies.
- Bonß, W., Kesselring, S. und Weiß, A. (2004): Society on the Move. Mobilitätspioniere in der Zweiten Moderne. In: Beck, U. und Lau, C. (Hrsg.): *Entgrenzung und Entscheidung. Perspektiven reflexiver Modernisierung*. Frankfurt: Suhrkamp, S. 258-280.
- Botma, H. (1995): Method to Determine Level of Service for Bicycle Paths and Pedestrian-bicycle Paths. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1502, S. 38-44.
- Brake, K., Danielzyk, R., Karsten, M. und Rudolph, A. (1997): *Dezentrale Konzentration – empirische Implikationen eines raumordnerischen Leitbildes*. Endbericht zum DFG-Projekt Br 939/10-1. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Forschungsinstitut Region und Umwelt.
- Breheny, M. J. (1978): The Measurement of Spatial Opportunity in Strategic Planning. In: *Regional Studies*, Nr. 12(4), S. 463-479.
- Bröcker, J. (1989): How to Eliminate Certain Defects of the Potential Formula. In: *Environment and Planning A*, Nr. 21, S. 817-830.
- te Brömmelstroet, M. (2010): Equip the Warrior Instead of Manning the Equipment - Land Use and Transport Planning Support in the Netherlands. In: *Journal of Transport and Land Use*, Bd. 3, Nr. 1, S. 25-41.
- Brown, A. L., Khattak, Asad, J., Rodriguez, D. A. (2009): Neighbourhood Types, Travel and Body Mass: A Study of New Urbanist and Suburban Neighbourhoods in the US. In: *Urban Studies*, Nr. 45(4), S. 963-988.
- Bruinsma, F. und Rietveld, P. (1998): The Accessibility of European Cities: Theoretical Framework and Comparison of Approaches. *Environment and Planning A*, Nr. 30, S. 499-521.
- Bundesagentur für Arbeit (2008): *Pendler in Nordrhein-Westfalen 2007. Daten des Statistik-Services West*. Düsseldorf: Bundesagentur für Arbeit.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): *Masterplan Daseinsvorsorge: Regionale Anpassungsstrategien – Ein MORO-Forschungsfeld*. MORO-Informationen 4/2. Bonn: BBSR.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2011): *Das Forschungsfeld Regionalplanerische Handlungsansätze zur Gewährleistung der öffentlichen Daseinsvorsorge*. Bonn: BBSR.
- Bundesministerium für Verkehr (BMV) (Hrsg.) (1992): *Verkehr in Zahlen 1992*. 21. Jahrgang. Bearbeitet vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW). Bonn: BMV.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2010): *Regionale Daseinsvorsorgeplanung – Ein Leitfaden zur Anpassung der öffentlichen Daseinsvorsorge an den demographischen Wandel*. Schriftenreihe Werkstatt: Praxis, Heft 64. Bonn: BBSR.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2013): *Verkehr in Zahlen 2013/2014*. 42. Jahrgang. Bearbeitet vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW). Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2008): *Automatische Ableitung von stadtstrukturellen Grundlagendaten und Integration in einem Geographischen Informationssystem*. Schriftenreihe Forschungen, Heft 134. Bonn: BBR.

- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2009): *Regionalplanerische Handlungsansätze zur Gewährleistung der öffentlichen Daseinsvorsorge*. BBSR-Online-Publikation, Nr. 32/2009. Bonn: BBSR.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2011): *Regionalstrategie Daseinsvorsorge – Denkanstöße für die Praxis*. Bonn: BBSR.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2013): *Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge. Ein MORO-Forschungsfeld*. MORO-Information 10/02. Berlin: BMVBS.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2006): *Verkehrsfolgenabschätzung in der Regionalplanung. Ein Leitfaden zur Nutzung von Verkehrsmodellen*. Werkstatt: Praxis, Nr. 46. Bonn: BBR.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2014): *Das Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge*. Internetpräsenz. Zugriff am 21.07.2014 unter <http://www.regionale-daseinsvorsorge.de>.
- Burgdorf, M. (2010): Disaggregation von Bevölkerungsdaten mittels ATKIS Basis DLM. In: *Tageband zur AGIT 2010*. Berlin: Wichmann, S. 474-483.
- Burns, L. D. (1979): *Transportation, Temporal, and Spatial Components of Accessibility*. Lexington: Lexington Books.
- Burns, L. D. und Golob, T. F. (1976): The Role of Accessibility in Basic Transportation Choice Behaviour. In: *Transportation*, Nr. 5, S. 175–198.
- Büttner, B., Keller, J. und Wulfhorst, G. (2010): *Ein Erreichbarkeitsatlas für die Europäische Metropolregion München*. Schlussbericht der Arbeitsgruppe Mobilität der Europäischen Metropolregion München e. V. (EMM). München: EMM und Technische Universität München.
- Büttner, B., Keller, J. und Wulfhorst, G. (2011): *Erreichbarkeitsatlas – Grundlagen für die Zukunft der Mobilität in der Metropolregion München*. München: Technische Universität München.
- Campbell, W. J. und Chisholm, M. (1970): Local Variations in Retail Grocery Prices. In: *Urban Studies*, Nr. 7(1), S. 76-81.
- Canzler, W., Kaufmann, V. und Kesselring, S. (Hrsg.) (2008): *Tracing Mobilities: Towards a Cosmopolitan Perspective*. Aldershot: Ashgate Publishing.
- Canzler, W. und Knie, A. (1998): *Möglichkeitsräume – Grundrisse einer modernen Mobilitäts- und Verkehrspolitik*. Wien, Köln, Weimar: Böhlau.
- Carey, H. C. (1858): *Principles of Social Science*. Bd. 1. New York: J. B. Lippincott & Co.
- Carrothers, G. A. P. (1956): A Historical Review of the Gravity and Potential Concepts of Human Interaction. In: *Journal of the American Institute of Planners*, Nr. 22, S. 94-102.
- Cauvin, C. (1994): Accessibilité de système et accessibilité locale. In: *Flux*, Nr. 16, S. 39-48.
- Cauvin, C. (2005): A Systemic Approach to Transport Accessibility. A Methodology Developed in Strasbourg: 1982-2002. In: *Cybergeo: European Journal of Geography*, Dokument 311. Zugriff am 16.10.2011 unter <http://cybergeo.revues.org/3425>.

- Cervero, R. und Kockelman, K. M. (1997): Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity and Design. In: *Transportation Research D*, Nr. 2(3), S. 199-219.
- Cervero, R., Rood, T. und Appleyard, B. (1999): Tracking Accessibility: Employment and Housing Opportunities in the San Francisco Bay Area. In: *Environment and Planning A*, Nr. 31(7), S. 1259-1278.
- Cerwenka, P. (1999): Mobilität und Verkehr: Duett oder Duell von Begriffen? In: *Der Nahverkehr*, Heft 5/1999, S. 34-37.
- Cerwenka, P. (2004): Mobilität kontra Verkehr? Aufklärung einer Dialektik zu ihrem zehnjährigen Bestehen. In: *Der Nahverkehr*, Heft 6/2004, S. 28-30.
- Cerwenka, P., Hauger, G. Hörl, B. und Klamer, M. (2000): *Kompendium der Verkehrssystemplanung*. Wien: Österreichischer Kunst- u. Kulturverlag.
- Chapman, S. und Weir, D. (2008): *Accessibility planning methods*. Forschungsbericht 363. Wellington: New Zealand Transport Agency.
- Chin, H. und Foong, K. (2006): Influence of School Accessibility on Housing Values. In: *Journal of Urban Planning and Development*, Nr. 132(3), S. 120-129.
- CITY:mobil Forschungsverbund (Hrsg.) (1999): *Stadtverträgliche Mobilität: Handlungsstrategien für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung in Stadtregionen*. Stadtökologie Bd. 3. Berlin: Analytica.
- Cochrane, R. A. (1975): A Possible Economic Basis for the Gravity Model. In: *Journal of Transport Economics and Policy*, Nr. 9 (1), S. 34-49.
- Coffin, A. und Morrall, J. (1995): Walking Speeds of Elderly Pedestrians at Crosswalks. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1487, S. 63-67.
- Cooper, S. (2003): *Measuring Public Transport Accessibility Levels (PTALs)*. London: Transport for London.
- Cooper, S., Wright, P. und Ball, R. (2009): Measuring the Accessibility of Opportunities and Services in Dense Urban Environments: Experiences from London. In: *Proceedings of the European Transport Conference*. London: Association for European Transport.
- Currie, G., Stanley, J. und Stanley, J. (Hrsg.) (2007): *No Way to Go: Transport and Social Disadvantage in Australian Communities*. Melbourne: Monash University.
- Curtis, C. und Scheurer, J. (2009): *Network City Activity Centres – Developing an Analysis, Conception and Communication Tool for Integrated Land Use and Transport Planning in the Perth Metropolitan Area*. Forschungsbericht. Perth und Melbourne: Curtin University of Technology und Royal Melbourne Institute of Technology.
- Dalal, P., Chen, Y., Ravulaparthi, S. und Goulias, K. G. (2011): *Dynamic Opportunity-Based Multipurpose Accessibility Indicators in California*. Forschungsbericht. Santa Barbara: University of California, Transportation Center.
- Dalvi, M. Q. (1979): Behavioural Modelling Accessibility. Mobility and Need: Concepts and Measurements. In: Hensher, D. A. und Stopher, P. R. (Hrsg.): *Behavioural Travel Modelling*. London: Croom Helm, S. 639-653.
- Dalvi, M. Q. und Martin, K. M. (1976): The Measurement of Accessibility: Some Preliminary Results. In: *Transportation*, Nr. 5, S. 17-42
- Daniels, P. W. und Warnes, A. M. (1980): *Movement in Cities: Spatial Perspectives in Urban Transport and Travel*. London: Methuen.

- Daniels, R. und Mulley, C. (2010): A Proposal for Accessibility Planning in NSW: Research and Policy Issues. In: *Proceedings of the 33th Australasian Transport Research Forum (ATRF)*. Canberra: ATRF.
- Davidson, K. B. (1977): Accessibility in Transport Land-use Modelling and Assessment. In: *Environment and Planning A*, Nr. 9, S. 1401-1416.
- Davidson, K. B. (1980): *Accessibility and Isolation in Transport Network*. Highfields: Davidson Transport Consulting.
- Davis, G. A. und Xiong, H. (2007): *Travel Time Estimation on Arterials*. "Access to Destinations"-Forschungsbericht Nr. 3. Minneapolis: University of Minnesota.
- Davis, G. A., Hourdos, J., Xiong, H. und Morris, T. (2010): *Arterial Data Acquisition and Network-Wide Travel Time Estimation (Phase II)*. "Access to Destinations"-Forschungsbericht Nr. 10. Minneapolis: University of Minnesota.
- Department of the Environment, Transport and the Regions (2000): *Guidance on Full Local Transport Plans*. London: Department of the Environment, Transport and the Regions.
- Department for Transport (DfT) (2006a): *Guidance on Accessibility Planning in Local Transport Plans*. Überarbeitete Fassung. London: Department for Transport.
- Department for Transport (DfT) (2006b): *Technical Guidance on Accessibility Planning in Local Transport Plans*. London: Department for Transport.
- Department for Transport (DfT) (2010): *Core Accessibility Indicators Guidance*. London: Department for Transport.
- Department for Transport (2011): *Values of Time and Operating Costs*. Transport Analysis Guidance, Unit 3.5.6. London: Department for Transport.
- Derek Halden Consultancy (DHC) (2004): *Access to Food in Knowsley*. Edinburgh: DHC. Zugriff am 04.02.2010 unter http://www.dhc1.co.uk/projects/access_food_knowsley.pdf.
- Derek Halden Consultancy (DHC) (2006): *Calculation of Scottish Public Transport Accessibility Indicators*. Edinburgh: DHC. Zugriff am 01.09.2010 unter <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/933/0044968.pdf>.
- Derek Halden Consultancy (DHC) (2007): *Land Transport New Zealand: Neighbourhood Accessibility Assessment Tool*. Edinburgh: DHC.
- Derek Halden Consultancy (DHC) und University of Westminster (2004): *Accessibility Planning: Developing and Piloting Approaches*. Forschungsbericht. Zugriff am 03.07.2010 unter http://www.dhc1.co.uk/content/accessibility_developing.pdf.
- Derichs, A. (2002): *Nahverkehrspläne im Zeichen der Liberalisierung*. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Verkehr 1. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (1972): *Verkehr in Zahlen*. Berlin: DIW.
- Diewitz, U., Klippel, P. und Verron, H. (1998): Der Verkehr droht die Mobilität zu ersticken. In: *Internationales Verkehrswesen*, Nr. 50/3, S. 72-74.
- Die Zeit (o. V.) (1978): Pantoffel-Grün für Essen. In: *Die Zeit 1978*, Nr. 42. Zugriff am 19.04.2011 unter <http://www.zeit.de/1978/42/pantoffel-gruen-fuer-essen>.
- Dijkstra, E. W. (1959): A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. In: *Numerische Mathematik*, Nr. 1, S. 269-271.
- Dijst, M. J. (1995). *Het elliptisch leven: actieruimte als integrale maat voor bereik en mobiliteit*. Dissertation. Delft: Technische Universiteit Delft.

- Dijst, M. J., de Jong, T. und Ritsema van Eck, J. R. (2002): Opportunities for Transport Mode Change: An Exploration of Disaggregated Approach. In: *Environment and Planning B*, Nr. 29, S. 413-430.
- Dijst, M. J. und Vidakovic, V. (1997): Individual Action Space in the City. In: Ettema, D. F. und Timmermans, H. J. P. (Hrsg.): *Activity-based Approaches to Travel Analysis*. Oxford: Elsevier, S. 117-134.
- Dijst, M. J. und Vidakovic, V. (2000): Travel Time Ratio: The Key Factor of Spatial Reach. In: *Transportation*, Nr. 27, S. 179-200.
- Doi, K., Nakanishi, H., Sugiyama, I. und Shibata, H. (2006): Development of A QoL-Based Multi-Dimensional Evaluation System for Urban Infrastructure Planning. In: *Journal of Infrastructure Planning and Management D*, Nr. 62(3), S. 288-303.
- Domencich, T. A. und McFadden, D. L. (1975): *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*. Amsterdam: North-Holland.
- Duden (2011): *Deutsches Universalwörterbuch: Das umfassende Bedeutungswörterbuch der deutschen Gegenwartssprache*. 7. Auflage. Mannheim: Bibliographisches Institut.
- Dürr, H. (1979): *Planungsbezogene Aktionsraumforschung – Theoretische Aspekte und eine Pilotstudie*. Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Nr. 34. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL).
- Echenique, M., Crowther, D. und Lindsay, W. (1969): A Spatial Model of Urban Stock and Activity. In: *Regional Studies*, Nr. 3, S. 281-312.
- El-Geneidy, A. M. und Levinson, D. M. (2006): *Development of Accessibility Measures*. "Access to Destinations"-Forschungsbericht Nr. 1. Minneapolis: University of Minnesota.
- EMNID-Institut (1991): *KONTIV 1989. Bericht zur Methode, Tabellenteil, Anlagenband*. Bielefeld: EMNID-Institut.
- Envall, P. (2007): *Accessibility Planning: A Chimera?* Dissertation. Leeds: University of Leeds, Institute for Transport Studies.
- Europäische Metropolregion München e.V. (EMM) (2011): *Erreichbarkeitsatlas für die Metropolregion München*. Internettool. Zugriff am 15.12.2011 unter <http://www.metropolregion-muenchen.eu/erreichbarkeit/>.
- Evangelinus, C., Hesse, C. und Püschel, R. (2011): Die Erreichbarkeit deutscher Großstädte durch den Schienenpersonenverkehr. In: *ifo Dresden berichtet*, Nr. 5/2011, S. 20-27.
- Ewing, R., Haliyr, P. und Page, G. W. (1994): Getting Around a Traditional City, a Suburban Planned Unit Development, and Everything in between. In: *Transportation Research*, Nr. 1466. S. 53-62.
- Fiedler, J. (1992): *Stop and go – Wege aus dem Verkehrschaos*. Köln: Kiepenheuer & Witsch.
- Flórez, J. (1997): Effects of Accessibility on Residential Land Patterns. In: European Transport Forum (Hrsg.): *Proceedings of the European Transport Forum Annual Meeting, Brunel University*. London: European Transport Forum, S. 263-276.
- Forer, P. C. und Kivell, H. (1981): Space-time Budgets, Public Transport, and Spatial Choice. In: *Environment and Planning A*, Nr. 13, S. 497-509.
- Fotheringham, A. S. (1983): A New Set of Spatial-interaction Models: The Theory of Competing Destinations. In: *Environment and Planning A*, Nr. 15(1), S. 15-36.
- Fotheringham, A. S. (1986): Modelling Hierarchical Destination Choice. In: *Environment and Planning A*, Nr. 18, S. 401-418.

- Fotheringham, A. S. und O'Kelly, M. E. (1989): *Spatial Interaction Models: Formulations and Applications*. London: Kluwer.
- Fotheringham, A. S. und Wong, D. W. S. (1991). The Modifiable Areal Unit Problem in Multivariate Statistical Analysis. In: *Environment and Planning A*, Nr. 23(7), S. 1025-1044.
- Fröhlich, P. und Axhausen, K. W. (2004): *Sensitivity of Accessibility Measurements to the Underlying Transport Model*. Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung, Nr. 245. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT).
- Frost, M. E. und Spence, N. A. (1995): The Rediscovery of Accessibility and Economic Potential: The Critical Issue of Self-potential. In: *Environment and Planning A*, Nr. 27, S. 1833-1848.
- Fuchs, P. (1992): *Die Erreichbarkeit der Gesellschaft: zur Konstruktion und Imagination gesellschaftlicher Einheit*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Fuchs-Heinritz, W., Klimke, D., Lautmann, R., Rammstedt, O., Stäheli, U., Weischer, C. und Wienold, H. (2010): *Lexikon zur Soziologie*. 5. Auflage. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Fuchte, K. (2006): *Verkehr und Erreichbarkeit als Kriterien der Wohnstandortwahl*. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Verkehr 5. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- Fülöp, G., Kopetsch, T. und Schöpe, P. (2007): *Einzugsbereiche von Arztpraxen und die Rolle der räumlichen Distanz für die Arztwahl der Patienten*. Forschungsbericht. Mannheim: Universität Mannheim, Fakultät für Rechtswissenschaft und Volkswirtschaftslehre.
- Galster, M. (2009): *Modellierung von Anbindungen in Verkehrsplanungsmodellen*. Dissertation. Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Heft 40. Stuttgart: Universität Stuttgart.
- Garrison, W. L. (1960): Connectivity of the Interstate Highway System. In: *Regional Science Association Papers*, Bd. VI, S. 121-137.
- Garrison, W. L. und Marble, D. F. (1962): *The Structure of Transportation Networks*. Technischer Bericht, Nr. 62-11. Evanston: Northwestern University.
- Garrison, W. L. und Marble, D. F. (1964): Factor Analytic Study of the Connectivity of a Transportation Network. In: *Regional Science Association Papers*, Bd. XII, S. 231-238.
- Garrison, W. L. und Marble, D. F. (1965): *Graph Theoretic Concepts*. Forschungsbericht. Evanston: Northwestern University, Transportation Center.
- Geertman, S. C. M und Ritsema van Eck, J. R. (1995): GIS and Models of Accessibility Potential: An Application in Planning. In: *International Journal of Geographical Information Systems*, Nr. 9, S. 67-80.
- Gertz, C. (2009): Das Prinzip Nähe. Die Bedeutung einer verkehrssparsamen Siedlungsstruktur bei hohen Energiekosten. In: *PlanerIn*, Nr. 1/2009, S. 11-14.
- Gertz, C. und Altenburg, S. (2009): Chancen und Risiken steigender Verkehrskosten für die Stadt- und Raumentwicklung. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): *Steigende Verkehrskosten - bezahlbare Mobilität*. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 12.2009. Bonn: BBSR, S. 785-796.

- Gertz, C., Winkler, M. und Bohnet, M. (2008): *Intermodale Erreichbarkeitsstrukturen in der Region Frankfurt RheinMain*. Vortrag auf dem ivm-Workshop „Erreichbarkeitsindikatoren als Planungsgrundlage – Anwendungsmöglichkeiten und Anforderungen aus Nutzersicht“ am 20.05.2008 in Frankfurt.
- Geurs, K. T. und Ritsema van Eck, J. R. (2001): *Accessibility Measures: Review and Applications. Evaluation of Accessibility Impacts of Land-use Transportation Scenarios, and Related Social and Economic Impacts*. Bilthoven: Rijksinstituuets voor Volksgezondheid en Milieu.
- Geurs, K. T. und Ritsema van Eck, J. R. (2003) Accessibility Evaluation of Land-use Scenarios: The Impact of Job Competition, Land-use and Infrastructure Developments for the Netherlands. In: *Environment and Planning B*, Nr. 30(1), S. 69-87.
- Giffinger, R. (2010): *Methoden der Regionalanalyse und Standortbewertung*. Skripte. Wien: Technische Universität Wien, Fachbereich Stadt- und Regionalforschung.
- Gölz, H. (2007): *Aufbau eines Radverkehrsmodells für die Radverkehrsplanung in Stuttgart*. Diplomarbeit. Stuttgart: Universität Stuttgart, Institut für Straßen- und Verkehrswesen.
- Goodwin, P. B. (1978): Travel Choice and Time Budgets. In: Hensher, D. A. und Dalvi, M. Q. (Hrsg.): *Behavioral Travel Modeling*. Farnborough: Saxon House.
- Gould, P. R. (1969): *Spatial Diffusion*. Washington, D.C.: Association of American Geographers.
- Grammer, K. und Atzwanger, K. (1993): Aspekte der Mobilität in menschlichen und tierischen Gesellschaften. In: Schaufler, H. (Hrsg.): *Mobilität und Gesellschaft*. München: Verlag Bonn Aktuell.
- Grengs, J. (2008): *The Metropolitan Accessibility Index – White Paper*. Forschungsbericht. Ann Arbor: University of Michigan, A. Alfred Taubman College of Architecture and Urban Planning.
- Grengs, J. (2009): *Nonwork Travel: A Social Equity Analysis of Accessibility in Detroit*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration.
- Grengs, J. (2010): Job Accessibility and the Modal Mismatch in Detroit. In: *Journal of Transport Geography*, Nr. 18(1), S. 42-54.
- Grengs, J., Levine, J., Shen, Q. und Shen, Q. Y. (2010): Intermetropolitan Comparison of Transportation Accessibility: San Francisco and Washington, D.C. In: *Journal of Planning Education and Research*, Nr. 29(4), S. 427-443.
- Grimm, J. und Gyukits, A. (2002): *Erreichbarkeitsanalyse potentieller Wohnstandorte mit Hilfe des Geoinformationssystems ArcInfo – Dargestellt am Beispiel der Stadt Dortmund*. Diplomarbeit. Dortmund: Universität Dortmund, Fakultät Raumplanung.
- Groß, M. (2008): *Klassen, Schichten, Mobilität: Eine Einführung*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gutiérrez, J., Monzón, A. und Pinéro, J. M. (1998): Accessibility, Network Efficiency, and Transport Infrastructure Planning. In: *Environment and Planning A*, Nr. 30, S. 1337-1350.
- Gutsche, J.-M. und Kutter, E. (Hrsg.) (2006): *Mobilität in Stadtregionen. Akteursorientierte Planungsstrategien für verkehrseffiziente Ballungsräume*. Berlin: edition sigma.
- Guy, C. M. (1983): The Assessment of Access to Local Shopping Opportunities: A Comparison of Accessibility Measures. In: *Environment and Planning B*, Nr. 10, S. 219-238.
- Hägerstrand, T. (1970): What about people in regional science? In: *Papers of the Regional Science Association*. Bd. XXIV, S. 7–21.

- Haggett, P. und Chorley, R. J. (1969): *Network Analysis in Geography*. London: Edward Arnold.
- Haklay, M. (2010): How Good is OpenStreetMap Information? A Comparative Study of OpenStreetMap and Ordnance Survey Datasets. In: *Environment and Planning B*, Nr. 37(4), S. 682-703.
- Halden, D. (2009): 10 Years of Accessibility Planning in UK – What Has Been Achieved? In: *Proceedings of the European Transport Conference*. Leeuwenhorst: Association for European Transport Conference.
- Halden, D., Jones, P. und Wixey, S. (2005): *Accessibility Analysis Literature Review. Measuring Accessibility as Experienced by Different Socially Disadvantaged Groups*. Arbeitspapier 3. London: Derek Halden Consultancy und University of Westminster, Transport Studies Group.
- Halden, D., McGuigan, D., Nisbet, A. und McKinnon, A. (2000): *Accessibility: Review of Measuring Techniques and their Application*. Forschungsbericht 89. Edinburgh: Scottish Executive, Central Research Unit.
- Hammer, A. und Scheiner, J. (2006): Lebensstile, Wohnumlieus, Raum und Mobilität – Der Untersuchungsansatz von StadtLeben. In: Beckmann, K. J., Hesse, M., Holz-Rau, C. und Hunecke, M. (Hrsg.): *StadtLeben – Wohnen, Mobilität und Lebensstil. Neue Perspektiven für Raum- und Verkehrsentwicklung*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Handy, S. L. (1992): Regional versus Local Accessibility: Neo-Traditional Development and Its Implications for Non-work Travel. In: *Built Environment*, Bd. 18, Nr. 14, S. 253-267.
- Handy, S. L. und Clifton, K. J. (2001): Evaluating Neighborhood Accessibility: Possibilities and Practicalities. In: *Journal of Transportation and Statistics*, Bd. 4, Nr. 2/3, S. 67-78.
- Handy, S. L. und Niemeier, D. A. (1997): Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. In: *Environment and Planning A*, Nr. 29, S. 1175-1194.
- Hansen, W. G. (1959): How Accessibility Shapes Land Use. In: *Journal of the American Institute of Planners*, Nr. 25, S. 73-76.
- Hanson, S. und Giuliano, G. (Hrsg.) (2004): *The Geography of Urban Transportation*. 3. Auflage. New York: The Guilford Press.
- Hanson, S. und Pratt, G. (1995): *Gender, Work, and Space*. London: Routledge.
- Hanson, S. und Schwab, M. (1987): Accessibility and Intraurban Travel. In: *Environment and Planning A*, Nr. 19(6), S. 735 – 748.
- Harary, F. (1969): *Graph Theory*. Reading: Addison-Wesley.
- Hasting, A. (2009): Poor Neighbourhoods and Poor Services: Evidence on the 'Rationing' of Environmental Service Provision to Deprived Neighbourhoods. In: *Urban Studies*, Nr. 46(13), S. 2907-2927.
- Haynes, K. E. und Phillips, F. Y. (1987): The Cost Constraint in the Maximum-Entropy Trip Distribution Model: A Research Note. In: *Geographical Analysis*, Nr. 19., S. 90-93.
- Haynes, R., Lovett, A. und Sünnerberg, G. (2003): Potential Accessibility, Travel Time, and Consumer Choice: Geographical Variations in General Medical Practice Registrations in Eastern England. In: *Environment and Planning A*, Nr. 35(10), S. 1733-1750.
- Hesse, M. (2001): Mobilität und Verkehr im suburbanen Kontext. In: Brake, K., Dangschat, J. S. und Herfert, G. (Hrsg.): *Suburbanisierung in Deutschland. Aktuelle Tendenzen*. Opladen: Leske und Budrich, S. 97-108.

- Hewko, J., Smoyer-Tomic, K. E. und Hodgson, M. J. (2002): Measuring Neighbourhood Spatial Accessibility to Urban Amenities: Does Aggregation Error Matter? In: *Environment and Planning A*, Nr. 34(7), S. 1185-1206.
- Hillman, R. und Pool, G. (1997): GIS-based Innovations for Modelling Public Transport Accessibility. In: *Traffic Engineering Control*, Nr. 38(10), S. 554-559.
- Hillsman, E. L. und Rhoda, R. (1978): Errors in Measuring Distances from Populations to Service Centers. In: *Annals of Regional Science*, Nr. 12, S. 74-88.
- Holzapfel, H., Traube, K. und Ullrich, O. (1992): *Autoverkehr 2000: Wege zu einem ökologisch und sozial verträglichen Straßenverkehr*. 3. Auflage. Karlsruhe: Müller.
- Holz-Rau, C. (1990): *Bestimmungsgrößen des Verkehrsverhaltens – Analyse bundesweiter Haushaltsbefragungen und modellierende Hochrechnung*. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswegebau, Heft 22. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Holz-Rau, C. (1997): *Siedlungsstrukturen und Verkehr*. Materialien zur Raumentwicklung, Heft 84. Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- Holz-Rau, C. (2009a): Raum, Mobilität und Erreichbarkeit – (Infra-)Strukturen umgestalten? In: *Informationen zur Raumentwicklung*, Heft 12.2009, S.797-804.
- Holz-Rau, C. (2009b): Verkehrsplanung: Vorrang für Erreichbarkeit. In: Wékel, J. (Hrsg.): *Geld und Stadt*. Almanach 2008/2009. Berlin: Deutsche Akademie für Städtebau und Landesplanung (DASL).
- Holz-Rau, C. (2010): Erreichbarkeit und Verträglichkeit schaffen und sichern: Stadt(re-gion) und Verkehr integriert planen. In: Wolfram, M., Albrecht, J., Wulfhorst, G., Horn, B., Krebsler, S., Verron, H. und Holz-Rau, C. (Hrsg.): *Steuerung einer nachhaltigen kommunalen Verkehrsentwicklungsplanung in Deutschland*. IÖR-Texte 162. Dresden: IÖR, S. 45-48.
- Holz-Rau, C., Scheiner, J. und Schwarze, B. (2010): *Wohnstandortinformationen für private Haushalte. Grundlagen und Erfahrungen aus zwei Modellstädten*. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Verkehr 9. Dortmund: IRPUD.
- Hopcroft, J. E., Motwani, R., und Ullman, J. D. (2003): *Einführung in die Automatentheorie: Formale Sprachen und Komplexitätstheorie*. München: Pearson Education.
- Horn, B. (2002): Nahverkehrspläne und ÖPNV-Aufgabenträgerschaft, neue Anforderungen für Kommunen. In: *PlanerIn*, Nr. 4/2002, S. 29-31.
- Huang, Z., Ottens, H. und Masser, I. (2007): A Doubly Weighted Approach to Urban Data Disaggregation in GIS: A Case Study of Wuhan, China. In: *Transactions in GIS*, Nr. 11(2), S. 197-211.
- Huber, F. (2011): *Demografische Entwicklung, Klimawandel, Peak Oil, Antworten der Raum-, Stadt- und Verkehrsplanung*. Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften und Künste, Vorträge IW 33. Paderborn: Schöningh.
- Huber, F. (2012): Verkehr in der postfossilen Gesellschaft. In: Proff, H., Schönharting, J., Schramm, D. und Ziegler, J. (Hrsg.): *Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität, Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte*. Wiesbaden: Gabler, S. 493-500.
- Huber, F., Spiekermann, K. und Wegener, M. (2011): Cities and Climate Change: A Simulation Model for the Ruhr Area 2050. In: Schrenk, M., Popovich, V. V. und Zeile, P. (Hrsg.): *Tagungsband der Tagung REAL CORP 2011*. Essen, Schwechat: CORP.
- Huff, D. L. (1963): A Probabilistic Analysis of Shopping Centre Trade Areas. In: *Land Economics*, Nr. 39(1), S. 81-90.

- Huisman, O. und Forer, F. (2005): *The Complexity of Everyday Life: Balancing Practical and Realistic Approaches to Modelling Probable Presence in Space-Time*. Otago: University of Otago.
- Hull, A., Silva, C. und Bertolini, L. (Hrsg.) (2012): *Accessibility Instruments for Planning Practice*. Forschungsbericht der COST Action TU1002. Brüssel: COST Office.
- Hupkes, G. (1977): *Gasgeven of afremmen: toekomstscenario's voor ons vervoerssysteem*. Deventer, Antwerpen: Kluwer.
- Iacono, M, Krizek, K. und El-Geneidy, A. (2008): *Access to Destinations: How Close is Close Enough? Estimating Accurate Distance Decay Functions for Multiple Modes and Different Purposes*. "Access to Destinations"-Forschungsbericht Nr. 5. Minneapolis: University of Minnesota.
- Ingram, D. R. (1971): The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form. In: *Regional Studies*, Nr. 5, S. 101-107.
- Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH (Infas) und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) (2008a): *Mobilität in Deutschland 2008, Tabellenband*. Bonn und Berlin: infas und DLR.
- Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH (Infas) und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) (2008b): *Mobilität in Deutschland 2008, Kurzbericht: Struktur, Aufkommen, Emissionen, Trends*. Bonn und Berlin: infas und DLR.
- Jacobs, J. (1961): *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House.
- Jermann, J. (2004): *GIS-basiertes Konzept zur Modellierung von Einzugsbereichen auf Bahnhaltstellen*. Dissertation, Nr. 15721. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- Jessen, J. (2001): Suburbanisierung – Wohnen in verstädterter Landschaft. In: Harlander, T. und Kuhn, G. (Hrsg.): *Villa und Eigenheim: Suburbaner Städtebau in Deutschland*. Stuttgart, München: Deutsche Verlags-Anstalt, S. 316-329.
- Johansson, B., Klaesson, J. und Olsson, M. (2002): Time Distances and Labor Market Integration. In: *Papers in Regional Science*, Nr. 81, S. 305-327.
- Jones, P. M. (1975): *Accessibility, Mobility and Travel Need*. Forschungsbericht Nr. 4. Oxford: University of Oxford, Transport Studies Unit.
- Jones, P., Wixey, S., Totheridge, H. und Christodoulou, G. (2005): *Developing Accessibility Planning Tools*. Arbeitspapier Nr. 6 des Forschungsprojekts "Measuring Accessibility as Experienced by Different Socially Disadvantaged Groups". London: University of Westminster.
- Jones, S. R. (1981): *Accessibility Measures: A Literatur Review*. Transport and Road Research Laboratory Report 967. Crowthorne, Berkshire: Crown.
- de Jong, T. und Ritsema van Eck, J. (1996): Location Profile Based Measures as an Improvement on Accessibility Modelling in GIS. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, Nr. 20(3), S. 181-190.
- Joseph, A. E. und Bantock, P. R. (1982): Measuring Potential Physical Accessibility to General Practitioners in Rural Areas: A Method and Case Study. In: *Social Science & Medicine*, Nr. 16(1), S. 85-90.
- Joseph, A. E. und Phillips, D. R. (1984): *Accessibility and Utilization – Geographical Perspectives on Health Care Delivery*. London: Harper & Row.

- Joyce, M. und Dunn, R. (2009). A Proposed Methodology for Measuring Public Transport Accessibility to Employment Sites in the Auckland CBD. In: *Proceedings of the 32nd Australasian Transport Research Forum (ATRF)*. Canberra: ATRF.
- Joyce, M. und Dunn, R. (2010): Measuring Public Transport Accessibility to Employment Sites in the Auckland CBD. In: *Proceedings of the IPENZ Transportation Group Conference*. Christchurch: IPENZ.
- Kádas, S. A. und Klafszky, E. (1976): Estimation of the Parameters in the Gravity Model for Trip Distribution: A New Method and Solution Algorithm. In: *Regional Science and Urban Economics*, Nr. 6(4), S. 439-457.
- Kagermeier, A. (1997): *Siedlungsstruktur und Verkehrsmobilität: eine empirische Untersuchung am Beispiel von Südbayern*. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- Kagermeier, A., Miosga, M. und Schußmann, K. (2011): Die Region München – Auf dem Weg zu regionalen Patchworkstrukturen. In: Brake, K., Dangschat, J. S. und Herfert, G. (Hrsg.): *Suburbanisierung in Deutschland. Aktuelle Tendenzen*. Opladen: Leske und Budrich, S. 163-173.
- Kalos, M. H. und Whitlock, P. A. (2008): *Monte Carlo Methods*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Kämpf, R. und Roth, U. (2007): *Die Erreichbarkeit als Standortfaktor – Fakten und Analysen zur Erreichbarkeit der Nordschweiz*. Basel: BAK Basel Economics AG.
- Kansky, K. J. (1963): *Structure of Transport Networks: Relationships between Network Geometry and Regional Characteristics*. Forschungsbericht Nr. 84. Chicago: University of Chicago, Department of Geography.
- Karg, G. und Zängler, T. (2004): Entstehung von Verkehr aus konsumwissenschaftlicher Sicht. In: Dalkmann, H., Lanzendorf, M. und Scheiner, J. (Hrsg.): *Verkehrsgenese – Entstehung von Verkehr sowie Potenziale und Grenzen der Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität*. Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung, Bd. 5. Mannheim: MetaGIS Infosysteme, S. 111-127.
- Kastorff-Viehmann, R., von Petz, U. und Walz, M. (1995): *Stadtentwicklung Dortmund: Die moderne Industriestadt 1918-1946. Standortsicherung der Industrie, Wohnungsbau, Stadtplanung*. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Nr. 70. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD).
- Katsios, I., Tsatsaris, A. und Sakellariou, A. (2006): Spatial Typology of the Greek Territory based on Transport Accessibility Indicators: A Cartographical Approach Using G.I.S. In: *Proceedings of the 46th Congress of European Regional Science Association (ERSA)*. Volos, Louvain-la-Neuve: European Regional Science Association.
- Kawabata, M. und Shen, Q. (2006): Job Accessibility as an Indicator of Auto-oriented Urban Structure: A Comparison of Boston and Los Angeles with Tokyo. In: *Environment and Planning B*, Nr. 33, S. 115-130.
- Kim, H.-M. (2005): A GIS-based Analysis of Spatial Patterns of Individual Accessibility: Critical Examination of Spatial Accessibility Measures. In: *Journal of the Korean Geographical Society*, Bd. 40, Nr. 5, S. 514-532.
- King, D. A. (2009): *Exploring the Localization of Transportation Planning: Essays on Research and Policy Implications from Shifting Goals in Transportation Planning*. Dissertation. Los Angeles: University of California.

- Klein, R. (1992): *Dezentrale Grundversorgung im ländlichen Raum. Interaktionsmodelle zur Abschätzung von Nachfragepotentialen im Einzelhandel*. Osnabrücker Studien zur Geographie, Nr. 12. Osnabrück: Universität Osnabrück.
- Knoblauch, R. L., Pietrucha, M. T. und Nitzburg, M- (1996): Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-up Time. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1538, S. 27-38.
- Knox, P. L. (1978): The Intraurban Ecology of Primary Medical Care: Patterns of Accessibility and their Policy Implications. In: *Environment and Planning A*, Nr. 10(4), S. 415-435.
- Knox, P. L. (1980): Measures of Accessibility as Social Indicators: A Note. In: *Social Indicators Research*, Nr. 7, S. 367-377.
- Kockelman, K. M. (1997): Travel Behavior as Function of Accessibility, Land Use Mixing, and Land Use Balance. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1607, S. 116-125.
- Koernicke, I. (2007): Accessibility Constraint Mapping for Walking and Public Transport in the Sutherland Shire. In: *Proceedings of the 30th Australasian Transport Research Forum (ATRF)*. Perth: ATRF.
- König, D. (1935): *Theorie der endlichen und unendlichen Graphen: kombinatorische Topologie der Streckenkomplexe*. New York: Chelsea Publishing Company.
- König, J. G. (1980): Indicators of Urban Accessibility: Theory and Application. In: *Transportation*, Nr. 9, S. 145-172.
- Korsu, E. und Wenglenski, S. (2009): Job Accessibility, Residential Segregation and Risk of Long-term Unemployment in the Paris Region. In: *Urban Studies*, Nr. 47(11), S. 2279-2324.
- Kramar, H., Kalasek, R. und Seidl, R. (2011): *Abbildung des lokalen Verkehrsangebotes an ausgewählten Wohnstandorten in Österreich*. „mobility2know“-Forschungsbericht. Wien: TU Wien, Fachbereich Stadt- und Regionalforschung.
- Krambeck, H. V. (2006): *The Global Walkability Index*. Masterarbeit. Boston: Massachusetts Institute of Technology, Department of Urban Studies and Planning.
- Krampe, S. und Prinz, T. (2011): Demographischer Wandel – Nachfrageorientierte Bewertung und Planung des ÖPNV. In: *Tagungsband Sommerakademie 2011 – Trends in der ÖPNV-Planung*. Graz: Technische Universität Graz.
- Krampe, S., Prinz, T. und Herbst, S. (2010): Erreichbarkeit und Angebotsbewertung im ÖPNV. In: Strobl, J., Blaschke, T. und Griesebner, G. (Hrsg.) (2010): *Angewandte Geoinformatik 2010*. Heidelberg: Wichmann, S. 388-393.
- Krizek, K. (2003): Operationalizing Neighborhood Accessibility for Land Use-Travel Behavior Research and Regional Modeling. In: *Journal of Planning Education and Research*, Nr. 22, S. 270-287.
- Krizek, K. (2008): *Parcel Level Land Use Data Acquisition & Analysis for Measuring Non-Auto Accessibility*. „Access to Destinations“-Forschungsbericht Nr. 6. Minneapolis: University of Minnesota.
- Krizek, K., El-Geneidy, A. M., Iacono, M. und Horning, J. (2007): *Refining Methods for Calculating Non-Auto Travel Times*. „Access to Destinations“-Forschungsbericht Nr. 2. Minneapolis: University of Minnesota.
- Krug, H. (2005): *Räumliche Wahlmöglichkeiten als Effizienzkriterium für Siedlung und Verkehr. Szenarien – Modellrechnung – Vergleichende Bewertung*. Dissertation. Kassel: Universität Kassel, Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung.

- Kutter, E. (2001): Räumliches Verhalten - Verkehrsverhalten: Sachstand und Defizite der Verkehrsforschung – Weiterentwicklung einer Verkehrsentscheidungstheorie. In: Institut für Stadtbauwesen der RWTH Aachen (ISB) (Hrsg.): *Tagungsband zum 2. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt"*. Stadt - Region - Land, Bd. 71. Aachen: ISB.
- Kutter, E. (2003): *Modellierung für die Verkehrsplanung*. Arbeitspapier Nr. 21. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Verkehrsplanung und Logistik.
- Kwan, M.-P. (1998): Space-time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework. In: *Geographical Analysis*, Nr. 30(3), S. 191-216.
- Kwan, M.-P. (1999a): Gender and Individual Access to Urban Opportunities: A Study Using Space-time Measures. In: *Professional Geographer*, Nr. 51(2), S. 210-227.
- Kwan, M.-P. (1999b): Gender, the Home-work Link, and Space-time Patterns of Non-employment Activities. In: *Economic Geography*, Nr. 75(4), S. 370-394.
- Kwan, M.-P. (2000a): Interactive Geovisualization of Activity-travel Patterns Using Three-dimensional Geographical Information Systems: A Methodological Exploration with a Large Data Set. In: *Transportation Research Part C*, Nr. 8, S. 185-203.
- Kwan, M.-P. (2000b): *Evaluating Gender Differences in Individual Accessibility: A Study Using Trip Data Collected By The Global Positioning System*. Forschungsbericht, Battelle Transportation Division and Federal Highway Administration. Columbus: Ohio State University.
- Kwok, R. C. W. und Yeh, A. G. O. (2004): The Use of Modal Accessibility Gap as an Indicator for Sustainable Transport Development. In: *Environment and Planning A*, Nr. 36, S. 921-936.
- Kwon, T. M. und Klar, S. (2008): *Computation of Travel Time Data for Access to Destinations Study*. "Access to Destinations"-Forschungsbericht Nr. 8. Minneapolis: University of Minnesota.
- Lakshmanan, T. R. und Hansen, W. G. (1965): A Retail Market Potential Model. In: *Journal of the American Institute of Planners*, Nr. 31, S.134-143.
- Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) (2012): *Vorausberechnung der Bevölkerung in den kreisfreien Städten und Kreisen Nordrhein-Westfalens 2011 bis 2030/2050*. Statistische Analysen und Studien Nordrhein-Westfalen, Bd. 72. Düsseldorf: IT.NRW.
- Landeshauptstadt München (2006): *Verkehrsentwicklungsplan*. München: Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung.
- Lanzendorf, M. und Scheiner, J. (2004): Verkehrsgenese als Herausforderung für Transdisziplinarität – Stand und Perspektiven der Forschung. In: Dalkmann, H., Lanzendorf, M. und Scheiner, J. (Hg.): *Verkehrsgenese: Entstehung von Verkehr sowie Potenziale und Grenzen der Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität*. Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung, Nr. 5. Mannheim: MetaGIS Infosysteme, S. 11-37.
- La Plante, J. N. und Kaeser, T. P. (2007): A History of Pedestrian Signal Walking Speed Assumptions. In: *Proceedings of the 3rd Urban Street Symposium*. Seattle.
- Leake, G. R. und Huzayyin, A. S. (1979): Accessibility Measures and Their Suitability for Use in Trip Generation Models. In: *Traffic Engineering and Control*, Nr. 20(12), S. 566-572.

- Lee, B., Waddell, P., Wang, L. und Pendyala, R. (2010): Re-examining the Influence of Work and Non-work Accessibility on Residential Location Choices with a Micro-analytic Framework. In: *Environment and Planning A*, Nr. 42, S. 913-930.
- Lee, M.-S. und Goulias, K. G. (1997) Accessibility Indicators for Transportation Planning using GIS. In: *Proceedings of the 76th Annual Transportation Research Board Meeting*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Lee, M.-S. und McNally, M. G. (2002): *Measuring Physical Accessibility with Space-Time Prisms in a GIS: A Case Study of Access to Health-Care Facilities*. Irvine: University of California, Institute of Transportation Studies.
- Lenntorp, B. (1976): *Path in Space-time Environment: A Time Geographic Study of Possibilities of Individuals*. Lund Studies in Geography, B Human Geography, Nr. 44. Lund: The Royal University of Lund, Department of Geography.
- Lenntorp, B. (1978): A Time-geographic Simulation Model of Individual Activity Programmes. In: Carlstein, T., Parkes, D. und Thrift, N. (Hrsg.): *Human Activity and Time Geography*. London: Edward Arnold, S. 162-180.
- Lenntorp, B. (1999): Time-geography – at the End of its Beginning. In: *GeoJournal*, Nr. 45, S. 155-158.
- Leonardi, G. (1978): Optimum Facility Location by Accessibility Maximizing. In: *Environment and Planning A*, Nr. 10, S. 1287-1305.
- Leonhardt, S., Gertz, C. Haberer, T. und Mailer, M. (2009): Monitoring in der Verkehrsentwicklungsplanung. In: *Internationales Verkehrswesen*, Heft 1+2/2009, S. 19-25.
- Leslie, E., Butterworth, I. und Edwards, M. (2006): Measuring the Walkability of Local Communities Using Geographic Information Systems Data. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Walking and Liveable Communities*. Melbourne: Walk21.
- Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A. und Hugo, G. (2007): Walkability of Local Communities: Using Geographic Information Systems to Objectively Assess Relevant Environmental Attributes. In: *Health & Place*, Nr. 13, S. 111-122.
- Levine, J., Grengs, J. und Shen, Q. (2009): Metropolitan Accessibility and Transportation Sustainability: Comparative Indicators for Policy Reform. In: *Proceedings of the Fifth Urban Research Symposium "Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda"*. Marseille: Urban Research Symposium.
- Levinson, D. M., Marion, B. und Iacono, M. (2010): *Measuring Accessibility by Automobile*. "Access to Destinations"-Forschungsbericht Nr. 11. Minneapolis: University of Minnesota.
- Levinson, D. M., Krizek, K. und Gillen, D. (Hrsg.) (2005): *Access to Destinations*. Amsterdam: Elsevier Publishers.
- Levinson, D. M. und Kumar, A. (1994a): The Rational Locator: Why Travel Times Have Remained Stable. In: *Journal of the American Planning Association*, Nr. 60(3), S. 319-332.
- Levinson, D. M. und Kumar, A. (1994b): Multimodal Trip Distribution: Structure and Application. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1466, S. 124-131.
- Li, T., Pullar, D., Corcoran, J. und Stimson, R. (2007): A Comparison of Spatial Disaggregation Techniques as Applied to Population Estimation for South East Queensland, Australia. In: *Applied GIS*, Nr. 3(9), S. 1-16.

- Limanond, T. und Niemeier, D. A. (2003): Accessibility and Mode-destination Choice Decisions: Exploring Travel in three Neighbourhoods in Puget Sound, WA. In: *Environment and Planning B*, Nr. 30, S. 219-238.
- Linder, W., Maurer, U. und Resch, H. (1975): *Erzwungene Mobilität. Alternativen zur Raumordnung, Stadtentwicklung und Verkehrspolitik*. Köln und Frankfurt a. M.: Europäische Verlagsanstalt.
- Linneker, B. J. und Spence, N. A. (1992): Accessibility Measures Compared in an Analysis of the Impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. In: *Environment and Planning A*, Nr. 24(8), S. 1137-1154.
- Lipset, S. M. und Bendix, R. (1963): *Social Mobility in Industrial Society*. Berkeley und Los Angeles: University of California Press.
- Litman, T. (2002): Evaluating Transportation Equity. In: *Journal of World Transport Policy and Practice*, Nr. 8(2), S. 50-65.
- Litman, T. (2003): *Social Inclusion as a Transport Planning Issue in Canada*. Victoria, B.C.: Transport Policy Institute.
- Litman, T. (2011): *Evaluating Accessibility for Transportation Planning. Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities*. Victoria, B.C.: Transport Policy Institute. Zugriff am 10.04.2011 unter <http://www.vtpi.org/access.pdf>.
- Löffler, G. und Klein, R. (1988): *Kalibrierung und praxisorientierte Erweiterung raumrelevanter Standortmodelle. Ein Beitrag zur Versorgungssicherung der Bevölkerung ländlich/peripherer Räume*. Stuttgart: IRB.
- Lohse, D. (1977): Berechnung von Verkehrsströmen. In: *Wissenschaft und Technik im Straßenwesen*, Nr. 17, S. 151-156.
- London Transport (1999): *Calculator for Public Transport Accessibility in London (CAPITAL)*. Technischer Bericht. London: London Transport.
- Löw, M. (2000): *Regionalisierung des ÖPNV - Neuer Schwung für Bus und Bahn?* Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- Luo, W. und Wang, F. (2003): Measures of Spatial Accessibility to Health Care in GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region. In: *Environment and Planning B*, Nr. 30, S. 865-884.
- Lutter, H., Pütz, T. und Spangenberg, M. (1993): *Lage und Erreichbarkeit der Regionen in der EG und der Einfluß der Fernverkehrssysteme*. Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR).
- Mäcke, P. A. (1969): *Wechselwirkung zwischen Stadt- und Regionalstruktur und Verkehr*. Stadt - Region - Land, Bd. 3. Aachen: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Institut für Stadtbauwesen.
- Mäcke, P. A. (1970): *Verkehrsplanung für eine Stadt*. Stadt - Region - Land, Bd. 9. Aachen: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Institut für Stadtbauwesen.
- Mäcke, P. A. und Hensel, H. (1975): *Arbeitsmethode der städtischen Verkehrsplanung*. Wiesbaden, Berlin: Bauverlag.
- Mackensen, R. (1975): *Probleme regionaler Mobilität. Ergebnisse und Lücken der Forschung zur gegenwärtigen Situation in der Bundesrepublik Deutschland/Berlin (West)*. Göttingen: Schwartz.
- Maier, G. und Weiss, P. (1990): *Modelle diskreter Entscheidungen*. Wien: Springer.

- Makrí, M. und Folkesson, C. (1999): Accessibility Measures for Analyses of Land Use and Travelling with Geographical Information Systems. In: *Proceedings of 2nd KFB-Research Conference*. Stockholm: Kommunikationsforskningsberedningen (KFB).
- Martens, M. J. und van Griethuysen, S. (1999): *The ABC Location Policy in the Netherlands – ‘The Right Business at the Right Place’*. TRANSLAND-Forschungsbericht. Delft: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO).
- Martín, J. C. und Reggiani, A. (2007): Recent Methodological Developments to Measure Spatial Interaction: Synthetic Accessibility Indices Applied to High-speed Train Investments. In: *Transport Reviews*, Nr. 27(5), S. 551-571.
- Martínez, F. J. (1995): Access: The Transport-Land Use Economic Link. In: *Transportation Research B*, Nr. 29(6), S. 457-470.
- Martínez, F. J. und Araya, C. (2000): Transport and Land-use Benefits under Location Externalities. In: *Environment and Planning A*, Nr. 32(9), S. 1611-1624.
- Mavoa, S., Witten, K., Pearce, J. und Day, P. (2009): *Measuring Neighbourhood Walkability in New Zealand Cities*. Auckland: Massey University, Centre for Social and Health Outcomes Research and Evaluation.
- McAllister, D. M. (1976): Equity and Efficiency in Public Facility Location. In: *Geographical Analysis*, Nr. 8, S. 47-63.
- McFadden, D. L. (1974): Conditional Logit Analysis and Qualitative Choice Behavior. In: Zarembka, P. (Hrsg.): *Frontiers in Econometrics*. New York: Academic Press, S. 105-142.
- McFadden, D. L. (1978): Modelling the Choice of Residential Location. In: Karlqvist, A., Lundqvist, L., Snickars, F. und Weibull, J. W. (Hrsg.): *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. Amsterdam: North Holland, S. 75-96.
- Meise, J. und Volwahren, A. (1980): *Stadt- und Regionalplanung – Ein Methodenhandbuch*. Braunschweig: Vieweg.
- Meißner, A. (1999): Umsetzungsmöglichkeiten der niederländischen ABC-Standortplanung am Beispiel des Münsterlandes. In: Brunsing, J. und Frehn, M. (Hrsg.): *Stadt der kurzen Wege – Zukunftsfähiges Leitbild oder planerische Utopie?* Dortmunder Beiträge zur Raumplanung Nr. 95. Dortmund: Informationskreis für Raumplanung, S. 112-125.
- Michael, R. (1993): Erreichbarkeitsanalysen für den öffentlichen und privaten Verkehr in Stadt und Region. In: Apel, D. u. a. (Hrsg.): *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung*. Loseblattsammlung. Bonn.
- Michelson, W. (1985): *From Sun to Sun: Daily Obligations and Community Structure in the Lives of Employed Women and Their Families*. Totowa: Rowman and Allanheld.
- Milego, R. und Ramos, M. J. (2011): *Disaggregation of Socioeconomic Data into a Regular Grid: Results of the Methodology Testing Phase*. Technischer Bericht des ESPON 2013 Database-Projekts. Barcelona: Autonome Universität Barcelona.
- Miller, H. J. (1991): Modelling Accessibility Using Space-time Prism Concepts within Geographical Information Systems. In: *International Journal of Geographical Information Systems*, Nr. 5, S. 287-301.
- Miller, H. J. (1999): Measuring Space-time Accessibility Benefits within Transportation Networks: Basic Theory and Computational Procedures. In: *Geographical Analysis*, Nr. 31, S. 1-26.

- Miller, H. J. und Wu, Y. H. (2000): GIS Software for Measuring Space-time Accessibility in Transportation Planning and Analysis. In: *Geoinformatica*, Nr. 4, S. 141-159.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) (1988): *Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening, Deel a: beleidsvoornemens*. Den Haag: VROM.
- Ministry of Transport (2005): *Getting There – On Foot, By Cycle. A Strategy to Advance Walking and Cycling in New Zealand Transport*. Wellington: Ministry of Transport.
- Mitscherlich, A. (1965): *Die Unwirtlichkeit unserer Städte: Anstiftung zum Unfrieden*. Auflage von 1999. Berlin: suhrkamp.
- Monkhouse, F. J. und Wilkinson, H. R. (1978): *Maps & Diagrams: Their Compilation and Construction*. 3. Auflage. London: Methuen & Co Ltd.
- Morkisz, S. und Wulffhorst, G. (2010): Nahmobilität durch aktive Angebotspolitik – Strategien und Beispiele. In: *PlanerIn*, Nr. 4/2010, S. 9-11.
- Morris, J. M., Dumble, P. L. und Wigan, M. R. (1979): Accessibility Indicators for Transport Planning. In: *Transportation Research A*, Nr. 13, S. 91-109.
- Mühlhans, H. (2010): Erreichbarkeit als Planungsgrundlage. In: *ivm-Newsletter aktuell*, Nr. 03/2010, S. 2.
- Muraco, W. A. (1972): Intraurban Accessibility. In: *Economic Geography*, Nr. 48, S. 388-405.
- Neis, P., Zielstra, D., Zipf, A. und Struck, A. (2010): Empirische Untersuchungen zur Datenqualität von OpenStreetMap – Erfahrungen aus zwei Jahren Betrieb mehrerer OSM-Online-Dienste. In: *Tagungsbeiträge zum Symposium für Angewandte Geoinformatik (AGIT 2010)*. Salzburg: Universität Salzburg, Zentrum für Geoinformatik.
- Neis, P., Zipf, A., Helsper, R. und Kehl, A. (2007): Webbasierte Erreichbarkeitsanalyse: Vorschläge zur Definition eines Accessibility Analysis Service (AAS) auf Basis des OpenLS Route Service. In: Schrenk, M., Popovich, V. V. und Benedikt, J. (Hrsg.): *Tagungsband der REAL CORP 2007*. Wien: CORP, S. 985-996.
- Neis, P. und Zipf, A. (2011): *OpenRouteService.org – Karte & Routenplaner*. Heidelberg. Zugriff am 02.01.2010 unter <http://openrouteservice.org>.
- Neuburger, H. (1971): User Benefits in the Evaluation of Transport and Land Use Plans. In: *Journal of Transport Economics and Policy*, Nr. 5(1), S. 52-75.
- Neutens, T., van de Weghe, N., Witlox, F. und de Maeyer, P. (2008): A Three-dimensional Network-based Space-time Prism. In: *Journal of Geographical Systems*, Nr. 10(1), S. 89-107.
- Newsome, T. H., Walcott, W. A. und Smith, P. D. (1998): Urban Activity Spaces: Illustrations and Application of a Conceptual Model for Integrating the Time and Space Dimensions. In: *Transportation*, Nr. 25, S. 357-377.
- Niedzielski, M. A. und Śleszyński, P. (2008): Analyzing Accessibility by Transport Mode in Warsaw, Poland. In: *Geographia Polonica*, Nr. 81(2), S. 61-78.
- Nuhn, H. und Hesse, M. (2006): *Verkehrsgeographie*. Paderborn: Ferdinand Schöningh.
- Okabe, A. (1976): A Theoretical Comparison of the Opportunity and Gravity Models. In: *Regional Science and Urban Economics*, Nr. 6, S. 381-397.
- OpenStreetMap (2011a): *OpenStreetMap Wiki: Map Features*. Internetpräsenz. Zugriff am 23.09.2011 unter http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map_Features#Wege.
- OpenStreetMap (2011b): *OpenStreetMap Wiki: Used Tags for Routing*. Internetpräsenz. Zugriff am 23.09.2011 unter http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_tags_for_routing/Access-Restrictions#Germany.

- Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) (2011): *Erreichbarkeitsverhältnisse*. Wien: ÖROK.
- O'Sullivan, D., Morrison, A. und Shearer, J. (2000): Using Desktop GIS for the Investigation of Accessibility by Public Transport: An Isochrone Approach. In: *International Journal of Geographical Information Science*, Nr. 14(1), S. 85-104.
- Owen, D. W. und Coombes, M. G. (1983): *An Index of Peripherality for Local Areas in the United Kingdom*. Economics and Statistics Unit Research Paper, Nr. 6. Glasgow: Scottish Economic Planning Department.
- Pearce, J., Hiscock, R., Blakely, T. und Witten, K. (2008): The Contextual Effects of Neighbourhood Access to Supermarkets and Convenience Stores on Individual Fruit and Vegetable Consumption. In: *Journal of Epidemiology and Community Health*, Nr. 62, S. 198-201.
- Pecqueur, C. (1839): *Économie sociale*, Bd. 1. Paris: Desessart.
- Pinho, P., Silva, C. und Reis, J. (2010): How Urban Structure Constraints Sustainable Mobility Choices: Comparison of Copenhagen and Oporto. In: *Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research*. Lissabon: World Conference on Transport Research Society.
- Pirath, C. (1949): *Die Grundlagen der Verkehrswirtschaft*. Berlin, Göttingen und Heidelberg: Springer.
- Pirie, G. H. (1979): Measuring Accessibility: A Review and Proposal. In: *Environment and Planning A*, Nr. 11, S. 299-312.
- Pirie, G. H. (1981): The Possibility and Potential of Public Policy on Accessibility. In: *Transportation Research A*, Nr. 15(5), S. 377-381.
- Pitot, M., Yigitcanlar, T., Sipe, N. und Evans, R. (2006): *Land Use and Public Transport Accessibility Index (LUPTAI) Tool – The Development and Pilot Application of LUPTAI for the Gold Coast*. Social Research in Transport (SORT) Clearinghouse, Bericht 123. Melbourne: Monash University, Institute of Transport Studies.
- Poland, O. (2010): Transport-wise. In: *e.nz magazine*, Nr. 11/6, S. 20-22.
- Porta, S., Crucitti, P. und Latora, V. (2006): The Network Analysis of Urban Streets: A Primal Approach. In: *Environment and Planning B*, Nr. 33(5), S. 705-725.
- Porta S., Strano E., Iacoviello V., Messori R., Latora V., Cardillo A., Wang F. und Scellato S. (2009): Street Centrality and Densities of Retail and Services in Bologna, Italy. In: *Environment and Planning B*, Nr. 36(3), S. 450-466.
- Priemus, H., Kreukels, T. und Spaan, M. (1997): Spatial Planning in the Netherlands: Current Developments and Debates, Special Issues. In: *Netherlands Journal of Housing and Built Environment*, Nr. 12(1), S. 1-163.
- Priese, L. und Wimmel, H. (2003): *Theoretische Informatik: Petri-Netze*. Berlin: Springer.
- Prinz, T. (2007): *Räumliche Nachhaltigkeitsindikatoren als Planungsgrundlage. Integrative Bewertung von Siedlungsflächen in der Stadt Salzburg*. Dissertation. Salzburg: Universität Salzburg.
- Prinz, T. und Herbst, S. (2008): Multikriterielle Modellierung der ÖV-Erreichbarkeit für die Stadt Wien. Forschungsbericht. Wien: Stadt Wien, MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung.
- Prinz, T., Krampe, S., Lenz, P. und Herbst, S. (2011): Demographieorientiertes Bewertungsmodell für die Zugänglichkeit und Angebotsqualität im Öffentlichen Verkehr. In: Strobl, J.,

- Blaschke, T. und Griesebner, G. (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2011*. Heidelberg: Wichmann, S. 409-414.
- Prinz T. und Reithofer, J. (2005): Infrastrukturelle Wohnstandort-Attraktivität in der Stadt Salzburg. In: Strobl, J., Blaschke, T. und Griesebner, G. (Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XVII*. Heidelberg: Wichmann, S. 547-552.
- Prinz, T. und Spitzer, W. (2010): *Räumliche Siedlungsindikatoren – Entscheidungsgrundlagen für Raubeobachtung und nachhaltige Raumentwicklung*. Salzburg: Research Studios Austria Forschungsgesellschaft, Studio iSPACE.
- PTV Transport Consult GmbH (2013): *Erreichbarkeit in der Modellregion Oberlausitz-Niederschlesien*. Gutachten im Auftrage der Sächsischen Staatskanzlei. Dresden: PTV Transport Consult GmbH.
- Radermacher, F. J. (1997): Mobilität, nachhaltige Entwicklung und Innovation. In: EXPO 2000 Hannover GmbH (Hrsg.): *Was uns bewegt – Mobilität*. Berichtsband zum Symposium. Hannover: EXPO 2000 Hannover GmbH, S. 133-162.
- Ramm, F. und Topf, J. (2010): *OpenStreetMap – Die freie Weltkarte nutzen und mitgestalten*. Berlin: Lehmanns Media.
- Recker, W. W. und Kostyniuk, L. P. (1978): Factors Influencing Destination Choice for the Urban Grocery Shopping Trip. In: *Transportation*, Nr. 7, S. 19-33.
- Reichow, H. B. (1959): *Die autogerechte Stadt – Ein Weg aus dem Verkehrs-Chaos*. Ravensburg: Otto Maier.
- Retzko, H.-G. (1987): Städtische Verkehrsplanung im Wandel. In: *Internationales Verkehrswesen*, Nr. 4/1987, S. 6-13.
- Richardson, A. J. und Young, W. (1982): A Measure of Linked-trip Accessibility. In: *Transportation Planning and Technology*, Nr. 7, S. 73-82.
- Rietveld, P. und Bruinsma, F. R. (1998): *Is Transport Infrastructure Effective? Transport Infrastructure and Accessibility: Impacts on the Space Economy*. New York: Springer.
- Rijksplanologische Dienst (Hrsg.) (1990): *Werkdocument - Geleiding van de mobiliteit door een locatiebeleid voor bedrijven en voorz ienigen*. Den Haag: Rijksplanologische Dienst.
- Robertson, I. M. L. (1981): *Accessibility to Social Facilities in a Peripheral Housing Estate: Drumchapel, Glasgow*. Glasgow: University of Glasgow, Centre for Urban and Regional Research.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C. und Slack, B. (2009): *The Geography of Transport Systems*. 2. Auflage. New York: Routledge.
- Rodríguez, D. A. (2002): Examining Individuals' Desire for Shorter Commute: The Case of Proximate Commuting. In: *Environment and Planning B*, Nr. 29(6), S. 867-881.
- Roick, O., Neis, P. und Zipf, A. (2011): Volunteered Geographic Information – Datenqualität und Nutzungspotentiale am Beispiel von OpenStreetMap. In: *Tagungsbeiträge des Symposiums „Angewandte Kartographie - Geovisualisierung“ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK)*. Königslutter: DGfK.
- Ross, W. (2000): Mobility and Accessibility: The Yin and Yang of Planning. In: *World Transport Policy and Practice*, Nr. 6(2), S. 13-19.
- Roy, J. R. (1983): Estimation of Singly-constrained Nested Spatial Interaction Models. In: *Environment and Planning B*, Nr. 10(3), S. 269-274.

- Rubins, D. I. und Handy, S. L. (2005): Bicycle Crossing Times: A Case Study of the City of Davis. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1939, S. 22-27.
- Ruppert, W.-R. (1975): *Erschließungsqualität von Verkehrssystemen. Lagegunstindizes und ihre Anwendung*. Bericht des Battelle-Institutes für den Bundesminister für Verkehr. Frankfurt: Battelle-Institut.
- Ryan, S. und McNally, M. G. (1995): Accessibility of Neotraditional Neighborhoods: A Review of Design Concepts, Policies, and Recent Literature. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Nr. 29(2), S. 87-105.
- Sadahiro, Y. (1999): Accuracy of Areal Interpolation, a Comparison of Alternative Methods. In: *International Journal of Geographical Information Science*, Nr. 1, S. 323-346.
- Salomon, I. und Mokhtarian, P. L. (1998): What Happens When Mobility-inclined Market Segments Face Accessibility-enhancing Policies? In: *Transportation Research D*, Nr. 3(3), S. 129-140.
- Sammer, G. (2002): MOVE – Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels. In: Hager, H.: *bokuINSIDE – Präsentationen der BOKU-Forschungsstimulierung*. Wien: Universität für Bodenkultur (boku).
- Savigear, F. (1967): A Quantitative Measure of Accessibility. In: *The Town Planning Review*, Nr. 38 (1), S. 64-72.
- Scheiner, J. (2009): *Sozialer Wandel, Raum und Mobilität. Empirische Untersuchungen zur Subjektivierung der Verkehrsnachfrage*. Wiesbaden: VS.
- Scheurer J., Horan, E. und Bajwa, S. (2009): Spatial Network Analysis: Comparing the Performance of the Land Use-Transport System in Melbourne (Australia) and Hamburg (Germany). In: *Proceedings of the 23rd Congress of the Association of European Schools of Planning (AESOP)*. Liverpool: AESOP.
- Scheurer, J., Mayes, D. und Raimondo, L. (2008): *Transport, Accessibility and Mobility Indicators for Metropolitan Melbourne (TAMI)*. Forschungsbericht. Perth: Australian Institute of Urban Studies.
- Schivelbusch, W. (2011): *Geschichte der Eisenbahnreise. Zur Industrialisierung von Raum und Zeit im 19. Jahrhundert*. 5. Auflage, Neuauflage. Frankfurt: Fischer.
- Schmitz, S. (2001): *Revolution der Erreichbarkeit: Gesellschaft, Raum und Verkehr im Wandel*. Opladen: Leske und Budrich.
- Schnabel, W. und Lohse, D. (2011): *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung*. Berlin: Verlag für Bauwesen.
- Schnürch, D. (2011): *Grenzüberschreitende Wohnstandortbewertung und -analyse in der Euroregion Salzburg*. Masterarbeit. Salzburg: Universität Salzburg, Naturwissenschaftliche Fakultät.
- Schoof, M., Behncke, K. und Ehlers, M. (2011): ATKIS-Basis-DLM und OpenStreetMap – Ein Datenvergleich anhand ausgewählter Gebiete in Niedersachsen. In: *Tagungsbeiträge zur FOSSGIS (Freie und Open Source Software für Geoinformationssysteme) 2011 in Heidelberg*. Zugriff am 12.06.2013 unter http://www.fossgis.de/konferenz/2011/programm/attachments/189_fossgis2011_schoof_behncke_ehlers.odt.
- Schopf, J. M. (1992): *Die Geschwindigkeit im Straßenverkehr*. Beiträge zu einer ökologisch und sozialverträglichen Verkehrsplanung, Nr. 2/1992. Wien: Technische Universität Wien, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik.

- Schüller, H. (2010): *Modelle zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Stadtstraßen und dessen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grundlage der Straßengestaltung*. Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften.
- Schulz, A.-C. und Bröcker, J. (2007): *Die Erreichbarkeit der Arbeitsmärkte für Berufspendler aus den Gemeinden Schleswig-Holsteins*. Berichte und Analysen, Nr. 01/2007. Kiel: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) Nord der Bundesagentur für Arbeit.
- Schürmann, C. (1999): *Schöne heile Einkaufswelt: Eine Methode zur Abschätzung der wohnstandörtlichen Versorgungsqualität*. IRPUD-Arbeitspapier, Nr. 167. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD).
- Schürmann, C., Spiekermann, K. und Wegener, M. (1997): *Accessibility Indicators*. Berichte aus dem Institut für Raumplanung, Nr. 39. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD).
- Schürmann, C. und Spiekermann, K. (2011): *Räumliche Wirkungen von Verkehrsprojekten. Ex post-Analysen im stadtreionalen Kontext*. BBSR-Online-Publikation, Nr. 02/11. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).
- Schürmann, C. und Talaat, A. (2000): *Towards a European Peripherality Index. User-Manual*. Berichte aus dem Institut für Raumplanung, Nr. 52. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD).
- Schwarze, B. (2002): *Erreichbarkeit mit dem ÖPNV – Eine GIS-gestützte Analyse der Erschließungs- und Verbindungsqualität des ÖPNV*. Diplomarbeit. Dortmund: Universität Dortmund, Fakultät Raumplanung.
- Schwarze, B. (2005): *Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung*. Arbeitspapier 184. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD).
- Schwarze, B. (2008): A GIS-based Approach to the Measurement of Local Accessibility. In: Technische Universität München, Fachgebiet für Siedlungsstruktur und Verkehrsplanung (Hrsg.): *Proceedings of the mobil.TUM 2008 – International Conference on Mobility and Transport - "Erreichbarkeit - Accessibility - Accessibilité"*. München: Technische Universität München.
- Schwarze, B. und Schönfelder, S. (2001) *ArcView-Extension VISAR – Visualisierung von Aktionsräumen, Version 1.6*. Arbeitsbericht der Verkehrs- und Raumplanung, Nr. 95. Zürich: ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau.
- Schwarze, B. und Spiekermann, K. (2013): *Kleinräumige Bevölkerungsvorausschätzung und Erreichbarkeitsszenarien für die Modellregion SPESSARTregional. Ergebnisse der Begleitforschung „Zentrale Datendienste“ im „Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge“*. Dortmund: Spiekermann & Wegener, Stadt- und Regionalforschung (S&W).
- Schwarze, B. und Spiekermann, K. (2014): *Kleinräumige Bevölkerungsvorausschätzung und Erreichbarkeitsmodellierung im Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge. Abschluss-ergebnisse der Begleitforschung Zentrale Datendienste*. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).
- Shen, Q. (1998): Location Characteristics of Inner-city Neighborhoods and Employment Accessibility of Low-wage Workers. In: *Environment and Planning B*, Nr. 25(3), S. 345-365.
- Sheppard, E. S. (1995): Modeling and Predicting Aggregate Flows. In: Hansen, S. A. (Hrsg.): *The Geography of Urban Transportation*. New York: Guilford Press, S. 110-128.

- Sheppard, E. S. und McMaster, R. (Hrsg.) (2004): *Scale and Geographical Inquiry: Nature, Society, and Method*. Boston: Blackwell.
- Sherman, L., Barber, B. und Kondo, W. (1974): Method for Evaluating Metropolitan Accessibility. In: *Journal of the Transportation Research Board*, Nr. 499, S. 70-82.
- Shimbel, A. (1953): Structural Parameters of Communications Networks. In: *Bulletin of Mathematical Biophysics*, Nr. 15, S. 501-507.
- Shindler, R. und Ferreri, M. G. (1967): Auto Ownership as Affected by Transportation System Alternatives. In: *Traffic Engineering*, Nr. 38(1), S. 24-28.
- Siebel, W. (2005): Suburbanisierung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.): *Handwörterbuch der Raumforschung*. Hannover: ARL, S. 1135-1140.
- Siedler, W. J. (1964): *Die gemordete Stadt : Abgesang auf Putte und Straße, Platz und Baum*. Neuauflage 1993. Berlin: Siedler.
- Sieverts, T. (1998): *Zwischenstadt: zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land*. Basel: Birkhäuser.
- Silva, C. (2008): *Comparative Accessibility for Mobility Management – The Structural Accessibility Layer*. Dissertation. Porto: University of Porto, Faculty of Engineering.
- Silva, C. und Pinho, P. (2010): The Structural Accessibility Layer (SAL): Revealing How Urban Structure Constrains Travel Choice. In: *Environment and Planning A*, Nr. 42(11), S. 2735-2752.
- Smith, T. E. (1975): An Axiomatic Theory of Spatial Discounting Behavior. In: *Papers in Regional Science*, Nr. 35(1), S. 31-43.
- Social Exclusion Unit (2003): *Making the Connections: Report on Transport and Social Exclusion*. London: Office of the Deputy Prime Minister.
- Social Inclusion Unit (2010): *A Stronger, Fairer Australia. National Statement on Social Inclusion*. Canberra: Department of Premier and Cabinet, Social Inclusion Unit.
- Song, S. F. (1996): Some Tests of Alternative Accessibility Measures: A Population Density Approach. In: *Land Economics*, Nr. 72(4), S. 474-482.
- Sorokin, P. A. (1959): *Social and Cultural Mobility*. London: The Free Press of Glencoe.
- Southern California Association of Governments (SCAG) (2008): *2008 Regional Transportation Plan: Making the Connections*. Los Angeles: SCAG.
- Spiekermann, K. (2005): *Erreichbarkeitsszenarien für die Metropolregion Rhein-Ruhr*. Forschungsbericht. Dortmund: Spiekermann & Wegener, Stadt- und Regionalforschung (S&W).
- Spiekermann, K. (2013): Accessibility Patterns: Bavaria Case Study. In: Stępnik, M. und Spiekermann, K. (Hrsg.): *Transport Accessibility at Regional Scale in Europe*. Europa XXI, Bd. 24. Warschau: Polnische Wissenschaftsakademie, S. 49-59.
- Spiekermann, K. und Wegener, M. (1993): Zeitkarten für die Raumplanung. In: *Informationen zur Raumentwicklung*, Nr. 7/1993, S. 459-487.
- Spiekermann, K. und Wegener, M. (2000): Freedom from the Tyranny of Zones: Towards New GIS-based Models. In: Fotheringham, A. S. und Wegener, M. (Hrsg.): *Spatial Models and GIS: New Potential and New Models*. GISDATA 7. London: Taylor & Francis, S. 45-61.
- Spiekermann, K. und Wegener, M. (2005): *Räumliche Szenarien für das östliche Ruhrgebiet*. Forschungsbericht. Dortmund: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS).

- Spit, T. J. M. (1996): Het ABC-locatiebeleid – vanuit een dubbel perspectief ge'valueerd. In: Dieleman, F. M. und Priemus, H. (Hrsg.): *De inrichting van stedelijke regio's: Randstad, Brabantse Stedenrij, Ruhrgebied*. Assen: Van Gorcum, S. 88-99.
- Spitzer, W., Prinz, T., Herbst, S., Hochwimmer, B., Schnürch, D., Haring, C. und Füreder, P. (2010): *Grenzübergreifende Bewertung und Analyse des Verflechtungsraumes Salzburg*. Salzburg: Research Studios Austria Forschungsgesellschaft, Studio iSPACE.
- Stadt Dortmund (2006a): *Jahresbericht Bevölkerung*. Dortmunder Statistik, Nr. 2006/178. Dortmund: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik.
- Stadt Dortmund (2006b): *Dortmunderinnen und Dortmunder unterwegs – Ergebnisse einer Befragung von Dortmunder Haushalten zu Mobilität und Mobilitätsverhalten, September 2005*. Dortmund: Stadt Dortmund, Stadtplanungsamt und Amt für Statistik und Wahlen.
- Stadt Dortmund (2009): *Integrierte Stadtbezirkentwicklungskonzepte (InSEkt) in Dortmund*. Dortmund: Stadt Dortmund, Stadtplanungs- und Bauordnungsamt.
- Stadt Dortmund (2010a): *Statistisches Jahrbuch 2010*. Dortmund: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik.
- Stadt Dortmund (2010b): *Jahresbericht Wirtschaft*. Dortmunder Statistik, Nr. 2011/191. Dortmund: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik.
- Stadt Dortmund (2010c): *Jahresbericht Lebensraum Dortmund*. Dortmunder Statistik, Nr. 2011/192. Dortmund: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik.
- Stadt Dortmund (2010d): *Gebietstypisierung am Beispiel der 170 statistischen Unterbezirke in Dortmund*. Kurzinfo Dortmunder Statistik, Nr. 02/2010. Dortmund: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik.
- Stadt Dortmund (2010e): *Verzeichnis der Schulen in Dortmund*. Dortmund: Stadt Dortmund, Schulverwaltungsamt.
- Stadt Dortmund (2010f): *Statistikatlas 2010*. Dortmund: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik.
- Stadt Dortmund (2011): *Jahresbericht Bevölkerung*. Dortmunder Statistik, Nr. 2011/193. Dortmund: Stadt Dortmund, Fachbereich Statistik.
- Stadt Dortmund (2012): *Stadtgeschichte – Hochindustrialisierung und Urbanisierung*. Internetpräsenz der Stadt Dortmund. Dortmund: Stadt Dortmund. Zugriff am 02.01.2012 unter http://www.dortmund.de/de/leben_in_dortmund/stadtportraet/stadtgeschichte/20jahrhundert/industrialisierung/index.html.
- Statista GmbH (Hrsg.) (2011): *statista – Statistikportal: Uhrzeit des Aufbruchs zur Arbeit*. Quelle: Statistikbericht des IFAK Instituts für Markt- und Sozialforschung, 2008. Hamburg: Statista GmbH. Zugriff am 11.04.2011 unter <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/36312/umfrage/uhrzeit-des-aufbruchs-zur-arbeit/>.
- Steer Davies Gleave (2011): *Public Transport Accessibility Level Calculator*. London: Steer Davies Gleave.
- Steierwald, G., Kühne, H. D. und Vogt, W. (2005): *Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele*. Berlin: Springer.
- Stevens, R. D. (2005): *Walkability Around Neighborhood Parks: An Assessment of Four Parks in Springfield, Oregon*. Forschungsbericht. Eugene: University of Oregon, Department of Planning, Public Policy and Management.
- Stewart, J. Q. (1947): Empirical Mathematical Rules Concerning the Distribution and Equilibrium of Population. In: *Geographical Review*, Nr. 37, S. 461–486.

- Stewart, J. Q. (1948): Demographic Gravitation: Evidence and Applications. In: *Sociometry*, Nr. 11(1/2), S. 31-58.
- Stowasser, J. M. (1979): *Der kleine Stowasser: Lateinisch-Deutsches Schulwörterbuch*. München: Freytag.
- Straatemeier, T. (2008): How to Plan for Regional Accessibility? In: *Transport Policy*, Nr. 15, S. 127-137.
- Straatemeier, T. und Bertolini, L. (2008): Joint Accessibility Design: Framework Developed with Practitioners to Integrate Land Use and Transport Planning in the Netherlands. In: *Transportation Research Record*, Nr. 2077, S. 1-8.
- Susilo, Y. S. und Dijst, M. J. (2010): Behavioural Decisions of Travel-time Ratios for Work, Maintenance and Leisure Activities in the Netherlands. In: *Transportation Planning and Technology*, Nr. 33(1), S. 19-34.
- Talen, E. (1998): Visualizing Fairness – Equity Maps for Planners. In: *Journal of the American Planning Association*, Nr. 64(1), S. 22-37.
- Talen, E. (2003): Neighborhoods as Service Providers: A Methodology for Evaluating Pedestrian Access. In: *Environment and Planning B*, Nr. 30, S. 181-200.
- TechnologieZentrumDortmund (2011): *Das TechnologieZentrumDortmund stellt sich vor*. Internetpräsenz. Dortmund: TechnologieZentrumDortmund. Zugriff am 26.06.2011 unter <http://www.tzdo.de/default.aspx/G/111327/L/1031/R/-1/T/111427/A/1/ID/128236>.
- Thakur, P. (2009): Land Use Impacts of Accessibility Changes. In: *Proceedings of the 32nd Australasian Transport Research Forum (ATRF)*. Canberra: ATRF.
- Timbers, J. A. (1967): Route Factors on Road Networks. In: *Traffic Engineering and Control*, Nr. 9, S. 392-401.
- Titheridge, H., Achuthan, A., Mackett, R. und Solomon, J. (2009): Assessing the Extent of Transport Social Exclusion among the Elderly. In: *Journal of Transport and Land Use*, Nr. 2 (2), S. 31-48.
- Töpsch, S. (2009): *Räumliche Disaggregation von Bevölkerungsdaten. GIS-gestützte Methode zur Erstellung eines Deutschland-Rasters der kleinräumigen Bevölkerungsdichte*. Masterarbeit. Salzburg: Universität Salzburg, Zentrum für Geoinformatik.
- Törnqvist, G. E. (1970): *Contact Systems and Regional Development*. Lund Studies in Geography, Bd. 35. Lund: C.W.K. Gleerup.
- Tully, C. J. und Baier, D. (2006): *Mobiler Alltag. Mobilität zwischen Option und Zwang – Vom Zusammenspiel biographischer Motive und sozialer Vorgaben*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Twigg, L., Barnard, S., Mohan, J. und Jones, K. (2006): Developing and Evaluating Small-area Indicators of the Neighbourhood Social Environment. In: *Environment and Planning A*, Nr. 38, S. 2173-2192.
- University of Minnesota (Hrsg.) (2011): *Access to Destinations: Metro Accessibility Matrix*. Internetpräsenz. Zugriff am 13.10.2011 unter <http://a2d.umn.edu>.
- Verband Öffentlicher Verkehr (VÖV) (Hrsg.) (1981): Empfehlungen für einen Bedienungsstandard im öffentlichen Personennahverkehr. VÖV-Schriften, Nr. 1.41.1. Köln: VÖV.
- Vickerman, R. W. (1974): Accessibility, Attraction, and Potential: A Review of some Concepts and their Use in Determining Mobility. In: *Environment and Planning A*, Nr. 6, S. 675-691.

- Vickerman, R. W., Spiekermann, K. und Wegener, M. (1999): Accessibility and Economic Development in Europe. In: *Regional Studies*, Nr. 33(1), S. 1-15.
- Victoria Transport Policy Institute (2009): *Transportation Cost and Benefit Analysis: Techniques, Estimates and Implications*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute. Zugriff am 1.12.2011 unter <http://www.vtpi.org/tca/>.
- Voges, E. M. und Naudé, A. H. (1983): *Accessibility in Urban Areas: An Overview of Different Indicators*. Technischer Bericht, Nr. 21. Pretoria: National Institute for Transport and Road Research.
- Voß, W. (1997): Blicke ins Ausland: Niederlande. In: Dietrich, B. und Dietrich, H. (Hrsg.): *Boden – Wem nutzt er? Wen stutzt er? Neue Perspektiven des Bodenrechts*. Bauwelt Fundamente Nr. 119. Braunschweig: Vieweg, S. 109-123.
- Wachs, M. und König, J. G. (1979): Behavioral Modelling, Accessibility, Mobility and Travel Need. In: Hensher, D. A. und Stropher, P. R. (Hrsg.): *Behavioral Travel Modeling*. London: Croom Helm, S. 698-710.
- Wachs, M. und Kumagai, T. G. (1973): Physical Accessibility as a Social Indicator. In: *Social-Economic Planning Sciences*, Nr. 7, S. 437-456.
- Walther, K. (1991): *Maßnahmenreagibler Modal-Split im städtischen Personenverkehr. Theoretische Grundlagen und praktische Anwendung*. Schriftenreihe des Verkehrswissenschaftlichen Instituts, Heft 45. Aachen: RWTH Aachen, Verkehrswissenschaftliches Institut.
- Walther, K., Oetting, A. und Vallée, D. (1997): *Simultane Modellstruktur für die Personenverkehrsplanung auf der Basis eines neuen Verkehrswiderstandes*. Veröffentlichung des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der RWTH Aachen, Heft 52. Aachen: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.
- Wang, F. (2003): Job Proximity and Accessibility for Workers of Various Wage Groups. In: *Urban Geography*, Nr. 24, S. 253-271.
- Wardman, M. (2001): *Public Transport Values of Time*. Arbeitspapier, Nr. 564. Leeds: University of Leeds, Institute for Transport Studies.
- Weber, J. und Kwan, M. (2002): Bringing Time back in: A Study on the Influence of Travel Time Variations and Facility Opening Hours on Individual Accessibility. In: *The Professional Geographer*, Nr. 54, S. 226-240.
- van Wee, B., Hagoort, M. und Annema, J. A. (2001): Accessibility Measures with Competition. In: *Journal of Transport Geography*, Nr. 9, S. 199-208.
- Wegener, M. (1983): *Description of the Dortmund Region Model*. Arbeitspapier, Nr. 8. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD).
- Wegener, M. (1985): The Dortmund Housing Market Model: A Monte Carlo Simulation of a Regional Housing Market. In: Stahl, K. (Hrsg.) (1985): *Microeconomic Models of Housing Markets*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Nr. 239. Berlin, Heidelberg und New York: Springer.
- Wegener, M. (1996): Reduction of CO₂ Emissions of Transport by Reorganisation of Urban Activities. In: Hayashi, Y. und Roy, J. (Hrsg.): *Land Use, Transport and the Environment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, S. 103-124.
- Wegener, M. (1999): Die Stadt der kurzen Wege: Müssen wir unsere Städte umbauen? Berichte aus dem Institut für Raumplanung (IRPUD), Nr. 43. Dortmund: IRPUD.

- Wegener, M. (2009): Modelle der räumlichen Stadtentwicklung – alte und neue Herausforderungen. In: Institut für Stadtbauwesen der RWTH Aachen (ISB) (Hrsg.): *Tagungsband zum 10. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt"*. Stadt - Region - Land, Bd. 87. Aachen: ISB, S. 73-81.
- Wegener, M., Eskelinen, H., Fürst, F., Schürmann, C. und Spiekermann, K. (2001): *Kriterien für die räumliche Differenzierung des EU-Territoriums: Geographische Lage*. Studienprogramm zur europäischen Raumplanung. Forschungen 102.1. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).
- Wegener, M. und Spiekermann, K. (1996): The Potential of Microsimulation for Urban Models. In: Clarke, G. P. (Hrsg.): *Microsimulation for Urban and Regional Policy Analysis*. London: Pion, S. 149-163.
- Wegener, M. und Spiekermann, K. (1998): Efficient, Equitable und Ecological Urban Structures. In: Wegener, M.: *Erkundungen zukünftiger Raumstrukturen*. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Nr. 84. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IR-PUD), S. 114-134.
- Wehrheit, M. (2002): *Monitoring einer nachhaltigen Stadtentwicklung*. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Nr. 113. Dortmund: Institut für Raumplanung der Universität Dortmund (IRPUD).
- Weibull, J. W. (1976): An Axiomatic Approach to the Measurement of Accessibility. In: *Regional Science and Urban Economics*, Nr. 6, S. 357-379.
- Weibull, J. W. (1980): On the Numerical Measurement of Accessibility. In: *Environment and Planning A*, Nr. 12(1), S. 53-67.
- Weidmann, U. (1995): *Transporttechnik der Fußgänger*. IVT-Schriftenreihe, Heft 90. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau (IVT).
- Weisbrod, G. E., Lerman, S. R. und Ben-Akiva, M. (1980): Trade-offs in Residential Location Decisions: Transportation versus other Factors. In: *Transport Policy and Decision Making*, Nr. 1(1), S. 13-26.
- Wekerle, G. R. (1985): From Refuge to Service Center: Neighborhoods that Support Women. In: *Sociological Focus*, Nr. 18(2), S. 79-95.
- Wickstrom, G. V. (1971): Defining Balanced Transportation – A Question of Opportunity. In: *Traffic Quarterly*, Nr. 25, S. 337-350.
- Williams, H. C. W. L. (1976): Travel Demand Models, Duality Relations and User Benefit Analysis. In: *Journal of Regional Science*, Nr. 16 (2), S. 147-166.
- Williams, H. C. W. L. (1977): On the Formulation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit. In: *Environment and Planning A*, Nr. 9, S. 285-344.
- Wilson, A. G. (1967): A Statistical Theory of Spatial Distribution Models. In: *Transportation Research*, Nr. 1, S. 253-269.
- Wilson, A. G. (1970): *Entropy in Urban and Regional Modelling*. London: Pion.
- Wilson, A. G. (1971): A Family of Spatial Interaction Models, and Associated Developments. In: *Environment and Planning A*, Nr. 3(1), S. 1-32.
- Wilson, A. G. und Pownall, C. E. (1976): A New Representation of the Urban System for Modelling and for the Study of Micro-level Interdependence. In: *Area*, Nr. 8, S. 246-254.

- Wolfram, M. (2009): Planung ohne Steuerung? Zur Qualität und Orientierung kommunaler Verkehrsentwicklungspläne in Deutschland. In: *RaumPlanung*, Nr. 147, S.268-272.
- Wolfram, M., Albrecht, J., Wulfhorst, G., Horn, B., Krebsler, S., Verron, H. und Holz-Rau, C. (2010): *Steuerung einer nachhaltigen kommunalen Verkehrsentwicklungsplanung in Deutschland*. Dokumentation eines Expertenworkshops am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR). IÖR-Texte, Nr. 162. Dresden: IÖR.
- Wong, D. W. S., Lasus, H. und Falk, R. F. (1999): Exploring the Variability of Segregation Index D With Scale and Zonal Systems: An Analysis of Thirty U.S. Cities. In: *Environment and Planning A*, Nr. 31(3), S. 507-522.
- Wu, Y. H. und Miller, H. J. (2001): Computational Tools for Measuring Space-time Accessibility within Dynamic Flow Transportation Networks. In: *Journal of Transportation and Statistics*, Nr. 4(2/3), S. 1-14.
- Yigitcanlar, T., Sipe, N. G., Evans, R. und Pitot, M. (2007): A GIS-based Land Use and Public Transport Accessibility Indexing Model. In: *Australian Planner*, Nr. 44(3), S. 30-37.
- Zahavi, Y. (1974): *Travel Time Budgets and Mobility in Urban Areas*. Forschungsbericht. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation.
- Zahavi, Y., Beckmann, M. J. und Golob, T. F. (1981): *The UMOD/Urban Interactions*. Washington, DC: US Department of Transportation.
- Zakaria, T. (1974): Urban Transportation Accessibility Measures: Modifications and Uses. In: *Traffic Quarterly*, Nr. 28(3), S. 467-479.
- Zängler, T. W. (2000): *Mikroanalyse des Mobilitätsverhaltens in Alltag und Freizeit*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Zemlin, B. (2005): *Das Entscheidungsverhalten bei der Verkehrsmittelwahl*. Lohmar: Josef Eul.
- Zhu, X., Liu, S. und Yeow, M. (2006): Accessibility Analysis for Housing Development in Singapore with GIS and Multi-Criteria Analysis Methods. In: *Applied GIS*, Nr. 2(2), S. 13.1-13.12.
- Zimmermann, E. (2010): *OpenStreetMap in ArcGIS: Automatisierte Datenaufbereitung für Netzwerkanalysen*. Bachelor-Arbeit. Karlsruhe: Hochschule Karlsruhe, Fakultät für Geomatik.
- Zimmermann, G. E. (2001): Räumliche Mobilität. In: Schäfers, B. und Zapf, W. (Hrsg.): *Handwörterbuch zur Gesellschaft Deutschlands*. 2. Auflage. Opladen: Leske + Budrich, S. 529-538.
- Zondag, B. und Pieters, M. (2005): Influence of Accessibility on Residential Location Choice. In: *Transportation Research Record*, Nr. 1902, S. 63-70.
- Zorn, W. (2008): *Bicycle Speed and Power Calculator*. Internetpräsenz. Zugriff am 03.02.2010 unter <http://kreuzotter.de/index.htm>.