



Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

„Methoden zur kleinräumigen Modellierung der Gesundheitsversorgung durch Standorte freier Arztpraxen in Berlin“

vorgelegt von

Dipl.-Ing. (FH) Jonas Pieper
U1258, UNIGIS MSc Jahrgang 2006

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Berlin, April 2008

Vorwort

Kurz vor Beginn der Erstellung dieser Arbeit mussten wir für unsere neugeborene Tochter einen Kinderarzt in Berlin finden. Meine Recherche nach wohnortnahen Kinderarztpraxen ergab, dass wir zur nächstgelegenen Praxis einen Fußweg von ca. 15 Minuten zurücklegen müssen. Zwei weitere Praxen erreichen wir in etwas mehr als 20 Minuten. Dies hört sich zunächst nicht nach unüberwindbaren Distanzen an. Mit Blick auf die Besonderheiten unseres Stadtteils Prenzlauer Berg, in dem wir leben, kamen uns jedoch erste Zweifel an der durch die Bedarfsplanung festgestellten Überversorgung. In Prenzlauer Berg leben knapp 144.000 Menschen auf einer Fläche von ca. 11 km². Dazu kommt, dass der Stadtteil als eine der geburtenreichsten Großstadtregion Europas gilt, dessen Baby-Boom teilweise sogar in der deutschlandweiten Presse thematisiert wurde, da er dem gesamtdeutschen Trend deutlich entgegenläuft. Mit einer Geburtenrate, die weit über dem bundesweiten Durchschnitt liegt, ist der Stadtteil seit 2004 sogar die Kommune mit der höchsten Geburtenrate in Deutschland.

Als wir dann bei der nächstgelegenen Kinderarztpraxis anriefen, um einen Termin zu vereinbaren, wurde er uns nur zögernd eingeräumt, da die Kapazitätsgrenzen der Praxis längst überschritten waren. Trotz des Termins sollten wir uns auf Wartezeiten von bis zu zwei Stunden einstellen! Bei einer anderen Praxis wurden wir mit der Begründung abgelehnt: „Wir nehmen nur noch Patienten auf, die östlich der Schönhauser Allee wohnen!“ Für diese Praxis wohnen wir 600 m zu weit westlich. Die Frage nach der Arztwahl hat hier eine erstaunliche räumliche Komponente.

Wie verhält es sich nun genau mit der Gesundheitsversorgung in Berlin? Sind alle Berliner gut versorgt, wie es aus dem aktuellen Gesundheitsbericht der Stadt hervorgeht, oder gibt es ausgeprägte räumliche Disparitäten in der Versorgung durch freie Arztpraxen, so dass es für einige Berliner schwer ist, einen betreuenden Arzt in angemessener Entfernung zu finden? Um diese Fragen beantworten zu können bedarf es einer umfassenden Beschreibung der Versorgungssituation durch Standorte freier Arztpraxen. Hierfür müssen die zweckmäßigen Werkzeuge verwendet und Methoden entwickelt werden, die zur Modellierung der Gesundheitsversorgung geeignet sind.

Innerhalb eines Forschungsprojektes an der Technischen Fachhochschule Berlin (TFH Berlin), meinem Arbeitgeber, wurden umfangreiche Datengrundlagen zu den Standorten freier Arztpraxen in Berlin erhoben. Die Auswertung der Daten musste dabei, nach Ablauf des zeitlich befristeten Projektes, auf einem recht unbefriedigenden Bearbeitungsstand unterbrochen werden. Durch diese Master-Thesis habe ich nun die

Möglichkeit, die Arbeit an diesem spannenden und tatsächlich relevanten Thema fortzuführen und damit den erhobenen Datensatz in Wert zu setzen.

Mein besonderer Dank gilt daher an dieser Stelle:

Jürgen Schweikart, meinem Dekan und Projektinitiator, für die Hilfe bei der Themenfindung und seine fachlichen Anregungen.

Stefanie Henke und Nadine Walter, den beiden damaligen Forschungsassistentinnen, für die Bereitstellung der erhobenen Daten und weiterer Unterlagen, die mir die Literatuarbeit erleichterten.

Des Weiteren danke ich:

Katrin Holland-Letz, meiner Partnerin, auf deren vielfältige und verständnisvolle Unterstützung ich mich jederzeit verlassen konnte.

Marla Holland-Letz, meiner Tochter, die mich, an Stelle befürchteter Schreianfälle und durchwachter Nächte, immer mit ihrem einnehmenden Lächeln erfreut hat und ein wunderbarer Ausgleich war.

Julia Pieper, meiner Schwester, für das sorgfältige Lektorat.

Josef Strobl, für die wertvollen Hinweise zur inhaltlichen Fokussierung und Abgrenzung des Themas.

dem UNIGIS-Team, für die Betreuung während des gesamten Studiums und die Hilfe bei organisatorischen Fragen.

Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

"Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet."

Berlin, 29. April 2008

Der Verfasser:

(Jonas Pieper)

Kurzfassung

Als man die derzeit geltenden Bedarfsplanungs-Richtlinien zur Sicherstellung der vertragsärztlichen Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland verfasst hat, ging es in erster Linie darum, den ständig steigenden Ärztezahlen und damit einer Überversorgung Einhalt zu gebieten. Heute hat sich die Ausgangslage grundsätzlich verändert. In einigen Regionen gibt es bereits Ärztemangel. Die Bedarfsplanung stellt kein ausreichendes Steuerungsinstrument mehr für eine am tatsächlichen Bedarf orientierte Versorgungsplanung dar.

In der vorliegenden Arbeit wird der Frage nachgegangen welche Methoden angewendet werden können, um die Gesundheitsversorgung durch Standorte freier Arztpraxen, mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS), zu modellieren. Dadurch soll die Relevanz von GIS zur Bearbeitung der angesprochenen Problemstellung und für den generellen Einsatz in der Gesundheitssystemforschung verdeutlicht werden.

Der Begriff der Zugänglichkeit von Gesundheitseinrichtungen nimmt eine zentrale Stellung in der Versorgungsforschung ein. Die räumliche Erreichbarkeit stellt dabei den wichtigsten Aspekt dar, der sich mit GIS auswerten lässt. Vier Kategorien von Methoden zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit können voneinander abgegrenzt werden. Für jede Kategorie wird eine Methode entwickelt, die sich zur Quantifizierung der Erreichbarkeit von Arztpraxen in Berlin eignet. Zum besseren Verständnis der Analyseergebnisse werden Indikatoren definiert, welche die Versorgungssituation aus unterschiedlichen Blickwinkeln beschreiben. Als Datengrundlagen stehen die Standorte aller freien Arztpraxen in Berlin, ein kompletter Straßengraph zur Ermittlung von Reisezeiten auf Basis realer Wege, sowie Geometriedaten und Daten aus dem Einwohnerregister auf der kleinräumigen Basis der Berliner Blöcke zur Verfügung.

Zwei definierte Versorgungsindikatoren erweisen sich dabei als besonders geeignet, die Gesundheitsversorgung durch freie Arztpraxen in Berlin zu beleuchten. Sie berücksichtigen neben dem Aspekt der räumlichen Erreichbarkeit auch das verfügbare Angebot und die zu versorgende Wohnbevölkerung. Einer der beiden Indikatoren beinhaltet außerdem eine kontinuierliche Gewichtung der Distanzen. Für die beiden untersuchten Facharztgruppen, Kinderärzte und Internisten, können Gebiete in der Stadt identifiziert werden, die als kleinräumig unterversorgt bezeichnet werden müssen. Einer der entwickelten Indikatoren wird beispielhaft als Attraktivitätsparameter zur Bewertung potenzieller Standorte, bei der Neugründung von Arztpraxen, verwendet. Dadurch wird eine verbesserte Orientierung der Versorgungsplanung am objektiven Bedarf ermöglicht.

Abstract

When the requirement planning guidelines concerning the medical care by SHI-authorized physicians in the Federal Republic of Germany came into effect, it primarily was all about halting the permanently increasing numbers of doctors and the over-supply of medical care. Though, these conditions have changed basically today: there is already a shortage of doctors in some regions. Hence, the need oriented planning is not an appropriate control instrument any more to ensure a medical care that meets the existing demand.

The work in hand focuses on the methods that may be applied to model the health care system as defined locations of independent doctor's practices with help of Geographic Information Systems (GIS). This should clarify the relevance of GIS applications for the processing of the mentioned problem and for general use in the public health research.

Access to health facilities takes a central position in the health services research. Spatial accessibility represents the most important aspect which may be evaluated with GIS. For the measuring of the spatial accessibility four classes of methods can be distinguished. For each class on method that is suitable for the quantification of the accessibility of doctor's practices in Berlin is developed. To better understand the analysis' results indicators are defined which describe the supply situation from different viewpoints. As data bases are available the locations of all independent doctor's practices in Berlin, a complete street graph for the inquiry of travel times based on real routes as well as geometry data and data from the inhabitant register on small scale (Berlin blocks).

Two defined supply indicators prove to be especially suitably to examine the health care by locations of independent doctor's practices in Berlin. They do not only consider the spatial accessibility but also the provided supply and the residential population. In addition, one of the two indicators contains a continuous weighting of the distances. For the two examined specialist groups of the paediatricians and internists two small scale areas in the town can be identified that are under-supplied. One of the developed indicators is used exemplarily as an attractiveness parameter for the assessment of potential locations for the establishment of physician's practices. Thus, the need related planning gains improved orientation about the objective demand.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	I
ERKLÄRUNG ÜBER DIE EIGENSTÄNDIGE ABFASSUNG DER ARBEIT.....	III
KURZFASSUNG	IV
ABSTRACT	V
INHALTSVERZEICHNIS.....	VI
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IX
TABELLENVERZEICHNIS	XI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XII
1 EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung.....	2
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Methodischer Ansatz und Aufbau der Arbeit	6
2 BEDARFSPLANUNG IN DER VERTRAGSÄRZTLICHEN VERSORGUNG	8
2.1 Situation in Berlin	11
2.2 Aktuelle Entwicklungen.....	13
3 MEDIZINISCHE GEOGRAPHIE	15
3.1 Historische Wurzeln.....	15
3.2 GIS im Gesundheitswesen	16
3.3 GIS in der Gesundheitssystemforschung	18
3.4 Wohin mit GIS im Gesundheitswesen?	20
4 METHODENTHEORIE DER VERSORGUNGSANALYSEN	21
4.1 Methoden zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit.....	22
4.1.1 Einwohner-Anbieter-Relationen.....	22
4.1.2 Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter	23
4.1.3 Durchschnittlicher Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter.....	24
4.1.4 Gravitationsmodelle	25

4.2	Standortbewertung und Modellierung von Einzugsgebieten	28
4.3	Berechnung von Nutzungswahrscheinlichkeiten	32
5.	LÖSUNGSANSATZ	34
5.1	Datengrundlagen	34
5.1.1	<i>Standorte ambulant tätiger Ärzte</i>	34
5.1.2	<i>Straßendaten</i>	37
5.1.3	<i>Regionales Bezugssystem und Einwohnerregisterstatistik</i>	39
5.2	Werkzeuge (Software) und Raumbezug	42
5.3	Untersuchungsgebiete	43
5.4	Methodik	45
5.4.1	<i>Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“</i>	48
5.4.2	<i>Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“</i>	48
5.4.3	<i>Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“</i>	48
5.4.4	<i>Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“</i>	49
5.4.5	<i>Potenzialansatz zur Standortbewertung</i>	49
6.	ANALYSE DER VERSORGUNGSSITUATION	50
6.1	Vorüberlegungen	50
6.1.1	<i>Einzugsbereiche</i>	50
6.1.2	<i>Gehgeschwindigkeit</i>	51
6.1.3	<i>Network Datasets</i>	51
6.1.4	<i>Blöcke</i>	52
6.1.5	<i>Blockzentroide</i>	52
6.2	Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“	53
6.2.1	<i>Berechnung</i>	53
6.2.2	<i>Ergebnisse</i>	54
6.3	Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“	58
6.3.1	<i>Berechnung</i>	58
6.3.2	<i>Ergebnisse</i>	59
6.3.3	<i>Berechnung des Indikators für PKW-Einzugsbereiche</i>	61
6.4	Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“	62
6.4.1	<i>Berechnung</i>	62
6.4.2	<i>Ergebnisse</i>	63
6.5	Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“	65
6.5.1	<i>Berechnung</i>	65
6.5.2	<i>Ergebnisse</i>	68
6.6	Kombination von Indikatoren	70

7.	STANDORTBEWERTUNG VON ARZTPRAXEN	74
7.1	Berechnung	75
7.2	Ergebnisse	76
8	ERGEBNISDISKUSSION	79
8.1	Versorgungsanalysen	79
8.1.1	<i>Die Versorgung durch Standorte freier Arztpraxen in Berlin</i>	<i>79</i>
8.1.2	<i>Verwendete Methoden und Versorgungsindikatoren.....</i>	<i>81</i>
8.2	Standortbewertung	86
9	ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND AUSBLICK	87
9.1	Zusammenfassung.....	87
9.2	Fazit	89
9.3	Ausblick.....	90
	LITERATURVERZEICHNIS.....	91
	ANHANG	100

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Räumliche Datenabfragen in einem gesundheitsbezogenen GIS.....	2
Abb. 2: Karte zur Gesundheitsversorgung mit Allgemeinmedizinern.....	10
Abb. 3: Niedergelassene Ärzte in Berlin 1991-2005.....	11
Abb. 4: Einwohner je ambulant tätiger Arzt auf der Basis der alten Berliner Bezirke	12
Abb. 5: Gesundheitsatlas Hamburg	13
Abb. 6: Distanzgewichtung für die Wahrscheinlichkeit von Arztbesuchen	26
Abb. 7: Gravitationsansatz nach Reilly	28
Abb. 8: Potenzialansatz nach Huff	29
Abb. 9: Potenzialmodell zur Standortbewertung.....	29
Abb. 10: Verschiedene Methoden zur Abgrenzung von Einzugsgebieten	31
Abb. 11: Floating Catchment Method nach Luo	32
Abb. 12: Räumliche Verteilung der ambulant tätigen Ärzte in Berlin	35
Abb. 13: Qualitätsstufen bei der Geokodierung	36
Abb. 14: Tele Atlas MultiNet® – Road Network Geometry	37
Abb. 15: Ausschnitt aus dem Relationalen Datenmodell von Tele Atlas MultiNet®	38
Abb. 16: Network-Layer - Tele Atlas MultiNet®	39
Abb. 17: Multifaktorenanalyse zur Sozialstrukturberechnung.....	41
Abb. 18: Datensätze im Landeskoordinatensystem Soldner-Berlin (neu).....	43
Abb. 19: Untersuchungsgebiete und Sozialindex der Verkehrszellen.....	44
Abb. 20: Ausschnitt der Untersuchungsgebiete in Google Earth	45
Abb. 21: Rahmenkonzept.....	47
Abb. 22: Beispiele von kürzesten Wegen	54
Abb. 23: Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ (Kinderärzte).....	57
Abb. 24: Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ (Internisten).....	57
Abb. 25: Beispiele für Einzugsbereiche.....	58
Abb. 26: Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ (Kinderärzte).....	60
Abb. 27: Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ (Internisten).....	60
Abb. 28: Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ auf PKW-Basis	61
Abb. 29: Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ (Kinderärzte)	64
Abb. 30: Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ (Internisten)	64
Abb. 31: Verwendete Distance Decay Funktion zur Gewichtung der Distanzen.....	66

Abb. 32: Analysis Settings	67
Abb. 33: Normierter Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ (Kinderärzte)	69
Abb. 34: Normierter Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ (Internisten)	70
Abb. 35: Multikriterieller Versorgungsindikator (Kinderärzte)	72
Abb. 36: Multikriterieller Versorgungsindikator (Internisten)	72
Abb. 37: Lage der hypothetischen Standorte neuer Arztpraxen für die Innere Medizin..	75
Abb. 38: Einwohnerdichte in den Blöcken um die potenziellen Standorte	77
Abb. 39: Wirkung der Attraktivitätsparameter bei der Potenzialberechnung	86
Karte A1: Karte der alten und neuen Berliner Bezirke	100
Karte A2: Übersichtskarte „Nächstgelegener Anbieter“ – Kinderärzte	101
Karte A3: Übersichtskarte „Nächstgelegener Anbieter“ – Internisten	102
Karte A4: Übersichtskarte „Erreichbare Anbieter“ – Kinderärzte	103
Karte A5: Übersichtskarte „Erreichbare Anbieter“ – Internisten	104
Karte A6: Übersichtskarte „Gleitende Einzugsbereiche“ – Kinderärzte	105
Karte A7: Übersichtskarte „Gleitende Einzugsbereiche“ – Internisten	106

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einwohner-Arzt-Relationen.....	8
Tab. 2: Anzahl der Ärzte nach ausgewählten Fachgebieten	35
Tab. 3: Verfügbare Daten des Regionalen Bezugssystems Berlin	40
Tab. 4: Ausschnitt aus der Einwohnerregisterstatistik auf Blockbasis.....	41
Tab. 5: Bezirksstatistik für die von schlechter Erreichbarkeit betroffene Bevölkerung ...	56
Tab. 6: Korrelationskoeffizienten nach Pearson zu den Versorgungsindikatoren	71
Tab. 7: Ergebnisse der Potenzialberechnung	76

Abkürzungsverzeichnis

Ärzte-ZV	Zulassungsverordnung für Vertragsärzte
GIS	Geographische Informationssysteme
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung
KV Berlin	Kassenärztliche Vereinigung Berlin
KVen	Kassenärztliche Vereinigungen
ÖPNV	Öffentliche Personennahverkehr
PKW	Personenkraftwagen
PLZ-Gebiete	Postleitzahlgebiete
RBS	Regionales Bezugssystem
TFH Berlin	Technische Fachhochschule Berlin
WHO	Weltgesundheitsorganisation

1 Einleitung

„Vor allem aber wird es darauf ankommen, Verantwortungsbewusstsein und Kräfte von Ärzten zu stärken, damit sie die Versorgungswirklichkeit so nah wie irgend möglich an den objektiven Bedarf heranbringen können.“

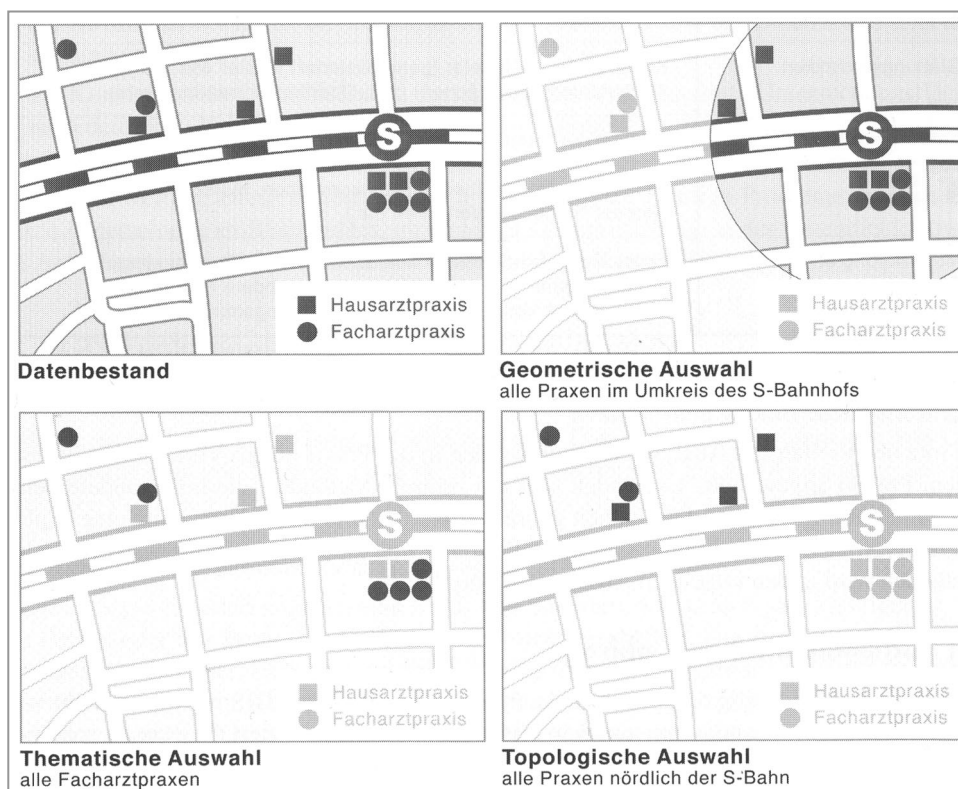
(SCRIBA 2005, S. 1)

Dieses Statement, das Prof. Dr. *Peter Scriba* als wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer auf dem 4. Deutschen Kongress für Versorgungsforschung äußerte, verdeutlicht, dass auch aus Sicht der Ärzteschaft die Notwendigkeit einer räumlich nahen Versorgung mit Gesundheitsdienstleistungen besteht. Die Bewertung der Gesundheitsversorgung unterliegt in diesem Sinne einer ausgeprägten räumlichen Komponente. Nur eine wohnortnahe Versorgung kann gewährleisten, dass in einem auf Wirtschaftlichkeit und Effizienz ausgerichteten Gesundheitswesen die sozialen und individuellen Faktoren nicht aus dem Blick geraten (HEY 2005).

Umso mehr erstaunt es, dass Wörter wie „Geo-“, „GIS“ oder „räumlich“ nicht in dem Programmheft des oben erwähnten Kongresses für Versorgungsforschung auftauchen. Obwohl GIS heute in den meisten Forschungs- und Arbeitsgebieten, in denen raumbezogene Daten eine Rolle spielen, nicht mehr wegzudenken sind, finden sie in der Gesundheitssystemforschung, besonders in Deutschland, noch wenig Beachtung (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004). Dabei bieten sie durch ihre klassischen GIS-Funktionalitäten wie bspw. räumliche Abfragen oder die Verschneidung von Geoobjekten auch für den Gesundheitsbereich vielfache Möglichkeiten zur Analyse (vgl. Abb. 1). Gerade da Wirtschaftlichkeit und Effizienz im deutschen Gesundheitssystem eine Schlüsselfunktion übernehmen, bietet sich der Einsatz von GIS an, da durch eine raumbezogene Sicht der Dinge langfristig zur Effizienzsteigerung und damit zur Kostensenkung in vielen Bereichen des Gesundheitswesens beigetragen werden kann.

Mit dieser Arbeit wird die Relevanz, die GIS für die Analyse von Versorgungssituationen im Gesundheitswesen aufweisen, anhand des konkreten Beispiels einer Analyse der Standorte freier Arztpraxen in Berlin verdeutlicht. Die Versorgungswirklichkeit auf vielfältige Weise zu beleuchten und mit Hilfe von thematischen Karten eindrucksvoll zu veranschaulichen kann mit GIS als Werkzeug und den geeigneten Methoden zur Auswertung zu einer sozial und ökonomisch nachhaltigen Versorgungsplanung beitragen.

Abb. 1: Räumliche Datenabfragen in einem gesundheitsbezogenen GIS



(Quelle: Schweikart 2004)

1.1 Problemstellung

„Fast alle ambulanten medizinischen Fachgruppen sind in Berlin ausreichend vertreten. Im Planungsbereich Berlin sind alle Fachgruppen - mit Ausnahme der Anästhesistinnen/Anästhesisten und der ärztlichen Psychotherapeutinnen/Psychotherapeuten - wegen Überversorgung für weitere Niederlassungen gesperrt.“

(SENATSV ERWALTUNG FÜR GESUNDHEIT, SOZIALES UND VERBRAUCHERSCHUTZ 2006, S. 335)

Wer diese Aussage aus dem Berliner Gesundheitsbericht liest, geht davon aus, in den hoch verdichteten innerstädtischen Wohngebieten schnell einen betreuenden Arzt zu finden, zu dem man keinen weiten Weg zurücklegen muss. Die Realität in Berlin kann diese Versprechung häufig nicht erfüllen. Es gibt mehrere Aspekte, die in der derzeit geltenden Bedarfsplanung, durch welche die vertragsärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland flächendeckend sichergestellt werden soll, weitestgehend unberücksichtigt bleiben. Laut Bedarfsplanungs-Richtlinien entsprechen in den Kernstädten großer Verdichtungsräume 14.188 Einwohner pro Kinderarzt einem Versorgungsgrad von 100 % (vgl. Tab. 1, S. 8). Die Bedarfsplanung basiert auf einfachen Ver-

hältniszahlen, bei denen den einzelnen Arztgruppen jeweils die gesamte Wohnbevölkerung gegenübergestellt wird. Eine genauere Untersuchung der Bevölkerungsdemographie unter Berücksichtigung der Alters- oder Sozialstruktur findet nicht statt. Dabei würde der tatsächliche Bedarf genauer erfasst, wenn beispielsweise den Kinderärzten die Anzahl an Kindern unter 12 Jahren gegenübergestellt würde.

Ein anderer Aspekt betrifft den räumlichen Bezug. Für den 01.01.2007 wurde für den Planungsbereich Berlin ein Versorgungsgrad von 134,7 % in der Gruppe der Kinderärzte festgestellt (KV BERLIN 2007). Betrachtet man aber bspw. das statistische Gebiet „Schönhauser Allee - Nord“, kommen dort zwei Kinderärzte auf 34.971 Einwohner. Der Versorgungsgrad liegt damit bei nur 81 %. Es ist sicherlich eine fragwürdige Praxis, eine Großstadt wie Berlin, in der sich ca. 3,4 Mio. Einwohner auf einer Fläche von 892 km² verteilen, als gemeinsame Planungsregion zu betrachten, wie es derzeit der Fall ist. Kleinräumigere Ansätze zur bedarfsgerechten Versorgungsplanung müssen gefördert werden.

Aber auch mit der Verwendung kleinräumiger Einheiten ist es nicht getan. In Deutschland hat jeder Patient, egal ob gesetzlich oder privat versichert, das Privileg der freien Arztwahl. Die Entscheidung, welcher Arzt in Anspruch genommen wird, unterliegt dabei einer Fülle individueller Kriterien, die vielfach nur schwer, teilweise gar nicht zu erfassen sind. Verhältniszahlen auf Basis kleinräumiger Einheiten zu berechnen erscheint ungeeignet, da die Frage der Arztwahl nicht an administrativen oder statistischen Grenzen halt macht, und es eine Vielzahl komplizierter Versorgungsbeziehungen zwischen den divergierenden Stadtteilen einer Großstadt wie Berlin gibt.

Ein weiterer Aspekt ist die Tatsache, dass Verhältniszahlen keine konkreten Aussagen zum tatsächlichen Zugang zu bestehenden Arztstandorten auf der Basis ihrer räumlichen Erreichbarkeit beinhalten. Welchen Nutzen hat aber ein Patient, der in einem peripheren Wohngebiet lebt, von der hohen Arztdichte in den Zentren, durch die insgesamt hohe Versorgungsgrade erreicht werden können? Die Frage der realen Erreichbarkeit von Standorten des Gesundheitswesens muss bei der Feststellung und Planung der Gesundheitsversorgung berücksichtigt werden. Da dies in der derzeitigen Bedarfsplanung nicht der Fall ist und erste Untersuchungen deutliche räumliche Disparitäten in der ambulanten Gesundheitsversorgung Berlins offenbart haben (WALTER & SCHWEIKART 2006), kann folgende Hypothese formuliert werden:

Hypothese 1

„Trotz der laut Bedarfsplanung ausreichenden Versorgung der Berliner Bevölkerung gibt es Gebiete in der Stadt, die insgesamt, oder hinsichtlich einzelner Facharztgruppen, als kleinräumig unterversorgt im Sinne der Erreichbarkeit anzusehen sind!“

Zur Entscheidungsunterstützung bei der Festlegung der aktuellen Bedarfsplanungsrichtlinien wurden keine GIS verwendet, obwohl nahezu alle für die Bedarfsplanung relevanten Daten einen Raumbezug aufweisen. Für den Einsatz von GIS bei der Bewertung und Planung der Gesundheitsversorgung durch freie Arztpraxen kann aber folgende Hypothese formuliert werden:

Hypothese 2

„GIS können den Versorgungsgrad durch bestehende Arztpraxen auf der Basis von deren räumlicher Erreichbarkeit ermitteln, Versorgungsbeziehungen durch die Einbeziehung der zu versorgenden Wohnbevölkerung modellieren und somit kleinräumige Versorgungsdisparitäten aufdecken! GIS können somit einen entscheidenden Beitrag zu einer verbesserten Versorgungsplanung liefern und die räumliche Verteilung zukünftiger Arztstandorte steuern!“

1.2 Zielsetzung

Aus der Hypothese 2 lässt sich bereits das übergeordnete, strategische Ziel der vorliegenden Master-Thesis ableiten. Anhand von kleinräumigen Analysen der Versorgungssituation durch Standorte freier Arztpraxen in Berlin soll beispielhaft der Mehrwert aufgezeigt werden, den GIS für die Praxis des Öffentlichen Gesundheitswesens im Allgemeinen und bei der Auswertung von Versorgungssituationen im Speziellen darstellen können. Das große Potenzial von GIS für eine verbesserte und am tatsächlichen Bedarf orientierte Versorgungsplanung soll so verdeutlicht werden. Darüber hinaus werden die folgenden konkreten und operativen Ziele für die Arbeit formuliert:

- 1) Diskussion des aktuellen Forschungsstandes in der derzeitigen Bedarfsplanung in Deutschland im Speziellen und in der Medizinischen Geographie im Allgemeinen.
- 2) Diskussion, Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Quantifizierung der Erreichbarkeit freier Arztpraxen in Berlin auf der Basis realer Wege.

- 3) Ableitung von Versorgungsindikatoren, welche die Versorgungssituation durch freie Arztpraxen kleinräumig und detailliert beschreiben.
- 4) Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Standortbewertung für Arztpraxen, basierend auf den Ergebnissen der Versorgungsanalyse.

Die Arbeit hat somit einen methodischen Schwerpunkt. Verschiedene Methoden, die zur Beschreibung der Versorgungssituation im Gesundheitsbereich in GIS implementiert werden können, sollen diskutiert und angewendet werden. Anschließend soll die Aussagekraft der Ergebnisse beurteilt werden. Ebenso soll ein Verfahren zur Standortbewertung für die zukünftige Versorgungsplanung getestet werden, das auf die Ergebnisse der Versorgungsanalyse aufbaut. Folgende konkrete Fragestellungen sollen durch die Ergebnisse beantwortet werden:

- 1) Welche bestehenden Methoden können mit GIS angewendet werden, um die Versorgungssituation durch Standorte freier Arztpraxen in Berlin detailliert zu beschreiben?
- 2) Welche Versorgungsindikatoren können auf Grundlage dieser Methoden und der zur Verfügung stehenden Datenbasis definiert werden?
- 3) Welche Aussagen können auf Basis der Versorgungsindikatoren getroffen werden?
- 4) Welche dieser Versorgungsindikatoren haben die größte Aussagekraft?
- 5) Ist es möglich die Planung neuer Versorgungsstandorte auf Basis der entwickelten Versorgungsindikatoren besser steuern zu können?

Dagegen ist es nicht das Ziel dieser Arbeit, tatsächlich die gesamte Versorgungssituation durch Standorte freie Arztpraxen in Berlin flächendeckend oder für jede Facharztgruppe zu beschreiben. Der Focus liegt auf der Entwicklung von Methoden, mit denen diese Ziele erreicht werden können, aber nicht in der Umsetzung und vollständigen Aufdeckung der räumlichen Disparitäten. Nichtsdestotrotz werden Berechnungen für einzelne Facharztgruppen durchgeführt und deren Ergebnisse diskutiert, so dass allgemeine Schlussfolgerungen auf die Versorgungslage in Berlin ermöglicht werden und somit das Potenzial der Auswertungen verdeutlicht werden kann.

Die Arbeit richtet sich damit einerseits an interessierte GIS-Anwender, besonders an solche mit einer Affinität zur Medizinischen Geographie und Public Health, und andererseits an die Verantwortlichen bei den Kassenärztlichen Vereinigungen (KVen) und

Krankenkassen, die über die erforderlichen Daten und Möglichkeiten verfügen, GIS in der Bedarfsplanung effektiv einzusetzen.

1.3 Methodischer Ansatz und Aufbau der Arbeit

Voraussetzung für eine ausreichende konzeptuelle Fundierung bei der Auswahl geeigneter Methoden stellt eine vertiefte Einarbeitung in relevante Fachliteratur dar. Bevor es zur tatsächlichen Anwendung von Methoden kommt, müssen fundierte Kenntnisse über die Ansätze der derzeit geltenden Bedarfsplanung, allgemeine Entwicklungen von GIS im Gesundheitswesen und existierende Methoden zur Versorgungsanalyse erlangt werden. In den Kapiteln 2, 3 und 4 werden die gewonnen Erkenntnisse aus der Literaturarbeit für diese drei Themenkomplexe zusammengefasst. Grundlegende Begriffe, die zum besseren Verständnis wichtig sind, werden dabei erläutert.

In Kapitel 5 wird der Lösungsansatz der Arbeit beschrieben, der hier nicht im Detail vorweggenommen werden soll. Zunächst wird die Datengrundlage vorgestellt, die zur Lösung der gestellten Aufgaben zur Verfügung steht. Hervorzuheben im Vergleich zu anderen Studien ist, dass alle relevanten Entfernungen zwischen den Arztstandorten und der zu versorgenden Wohnbevölkerung auf der Basis eines kompletten Straßengraphen von Berlin, der als MultiNet[®] Datensatz der Firma Tele Atlas vorliegt, ermittelt werden. Dieser Ansatz führt gerade in einer Großstadt mit kompliziertem und weit verzweigtem Straßen- und Wegesystem zu exakteren Ergebnissen als die Verwendung der Euklidischen Distanz. Ebenso hervorzuheben ist die sehr kleinräumige Basis der Berliner (Wohn-)Blöcke, für die Daten aus dem Einwohnerregister zu Verfügung stehen. Sie stellen gegenüber den sonst geläufigen Einwohnerstatistiken auf Rasterbasis eine berlin-typische Besonderheit dar.

Nach Vorstellung des verwendeten Hauptwerkzeuges, des verwendeten Raumbegriffs und der abgegrenzten Untersuchungsgebiete werden in Kapitel 5 diejenigen der im Theoriekapitel diskutierten Methoden ausgewählt, die auf Basis der Datengrundlage in GIS implementiert werden können, um daraus aussagekräftige Versorgungsindikatoren abzuleiten. Indikatoren können allgemein als Kenngrößen definiert werden, die der Beschreibung eines bestimmten, nicht direkt messbaren, meist komplexen Sachverhaltes dienen. Sie können dadurch zu einer besseren Bewertung der Qualität einer Situation, oder des Zustandes eines Systems beitragen (Walz et al. 1997). In diesem Sinne eignet sich die Definition von auf das Untersuchungsziel angepassten Indikatoren in besonde-

rer Weise zur Beschreibung der Versorgungssituation und damit zur Charakterisierung eines wichtigen Aspektes des deutschen Gesundheitssystems.

Die Umsetzung der Methoden zur Versorgungsanalyse im GIS und die Ergebnisse der Indikatorberechnungen werden im Kapitel 6 ausführlich dargelegt. Dabei werden die verwendeten Tools und die notwendigen Arbeitsschritte erläutert. In Kapitel 7 wird die Durchführung einer Standortbewertung mit einem Versorgungsindikator als Attraktivitätsparameter beschrieben. Die Ergebnisse der Versorgungsanalysen und der Standortbewertung werden teilweise für ganz Berlin, teilweise für die ausgewählten Untersuchungsgebiete in thematischen Karten dargestellt. Zusammen mit den textlichen Erläuterungen und statistischen Auswertungen bieten sie die Grundlage für die Diskussion der Ergebnisse, die das Kapitel 8 beinhaltet. Hier werden die verwendeten Methoden und entwickelten Indikatoren bewertet und die definierten Fragestellungen der Arbeit werden abschließend beantwortet.

Das Kapitel 9 ist das letzte Kapitel der Arbeit und beginnt mit einer Zusammenfassung der dargestellten Inhalte. In einem Fazit werden entscheidende Erkenntnisse zusammengefasst und in einem Ausblick werden mögliche zukünftige Entwicklungen, die auf die Ergebnisse dieser Arbeit aufbauen können, skizziert.

2 Bedarfsplanung in der vertragsärztlichen Versorgung

Die medizinische Grundversorgung ist in Deutschland wichtige Aufgabe der öffentlichen Daseinsvorsorge und laut Raumordnungsbericht derzeit für jedermann verfügbar und in der Regel im gesamten Bundesgebiet flächendeckend und wohnortnah gesichert. Die Versorgungssituation in der ambulanten ärztlichen Versorgung wird über die Bedarfsplanung beobachtet und reglementiert (BBR 2005). Im Einvernehmen mit den Landesverbänden der Kranken- bzw. Ersatzkassen stellen die KVen die Bedarfspläne zur Sicherstellung der vertragsärztlichen Versorgung auf. Diese enthalten Angaben über bedarfsgerechte Verhältniszahlen in Form von Einwohner-Arzt-Relationen, die nach Arztgruppen, Regionstypen sowie Planungsbereichen unterschieden werden (ROSENBRÖCK & GERLINGER 2004).

Tab. 1: Einwohner-Arzt-Relationen

Einwohner / Arztrelation (Allgemeine Verhältniszahlen) für die nach dem 3. Abschnitt, § 6 definierten Raumgliederungen														
Raumgliederung	Anästhesisten	Augenärzte	Chirurgen	Fachärztlich tätige Internisten	Frauenärzte	HNO-Ärzte	Haut-Ärzte	Kinderärzte	Nervenärzte	Orthopäden	Psychotherapeuten	Radiologen	Urologen	Hausärzte
	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt	Einwohner je Arzt
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Große Verdichtungsräume														
1 Kernstädte	25 958	13 177	24 469	12 276	6 916	16 884	20 812	14 188	12 864	13 242	2 577	25 533	26 641	1 585
2 Hochverdichtete Kreise	60 689	20 840	37 406	30 563	11 222	28 605	40 046	17 221	30 212	22 693	8 129	61 890	49 814	1 872
3 Normalverdichtete Kreise	71 726	23 298	44 367	33 541	12 236	33 790	42 167	23 192	34 947	26 854	10 139	83 643	49 536	1 767
4 Ländliche Kreise	114 062	23 195	48 046	34 388	13 589	35 403	51 742	24 460	40 767	30 575	15 692	67 265	53 812	1 752
Verdichtungsansätze														
5 Kernstädte	18 383	11 017	21 008	9 574	6 711	16 419	16 996	12 860	11 909	13 009	3 203	24 333	26 017	1 565
6 Normalverdichtete Kreise	63 546	22 154	46 649	31 071	12 525	34 822	41 069	20 399	28 883	26 358	8 389	82 413	52 604	1 659
7 Ländliche Kreise	117 612	25 778	62 036	44 868	14 701	42 129	55 894	27 809	47 439	34 214	16 615	156 813	69 695	1 629
Ländliche Regionen														
8 Verdichtete Kreise	53 399	19 639	44 650	23 148	10 930	28 859	35 586	20 489	30 339	20 313	10 338	60 678	43 026	1 490
9 Ländliche Kreise	137 442	25 196	48 592	31 876	13 697	37 794	60 026	26 505	46 384	31 398	23 106	136 058	55 159	1 474
Sonderregion														
10 Ruhrgebiet	58 218	20 440	34 591	24 396	10 686	25 334	35 736	19 986	31 373	22 578	8 743	51 392	37 215	2 134

Quelle: Statistik der KBV und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) Berechnungsbasis: BBR-Typisierung 1997, Bevölkerungsstand und Arztzahlen: Bundesländer West zum 31. Dezember 1990, Anästhesisten (31. Dezember 1997), Psychotherapeuten (Einw.: 31. Dezember 1997, Psy.: 1. Januar 1999), Hausärzte und fachärztlich tätige Internisten (gültig ab 1. Januar 2001, Einwohner- und Arztzahlen zum 31. Dezember 1995 in der Regionalstruktur vom 31. Dezember 1998); Bundesgebiet insgesamt

(Quelle: Gemeinsamer Bundesausschuss 2007)

Maßgeblich für die in der Tabelle 1 dargestellten Verhältniszahlen ist die aufsummierte Wohnbevölkerung aller Planungsregionen eines Typisierungs-Raumes dividiert durch die Summe aller dort praktizierenden Vertragsärzte einer Facharztgruppe zum Stichtag des 31.12.1990. Die Planungsregionen wurden als Kreise und kreisfreie Städte definiert. Im Kern dienen die Verhältniszahlen zur Feststellung von arztgruppenspezifischer Überversorgung und einer daraus resultierenden Sperrung von Planungsbereichen. Die dargestellten Werte wurden als 100 %-Soll festgelegt. Erreicht ein Planungsbereich auf dieser Grundlage einen Versorgungsgrad von über 110 % wird er für weitere Zulassungen gesperrt (SCHÖPE et al. 2007).

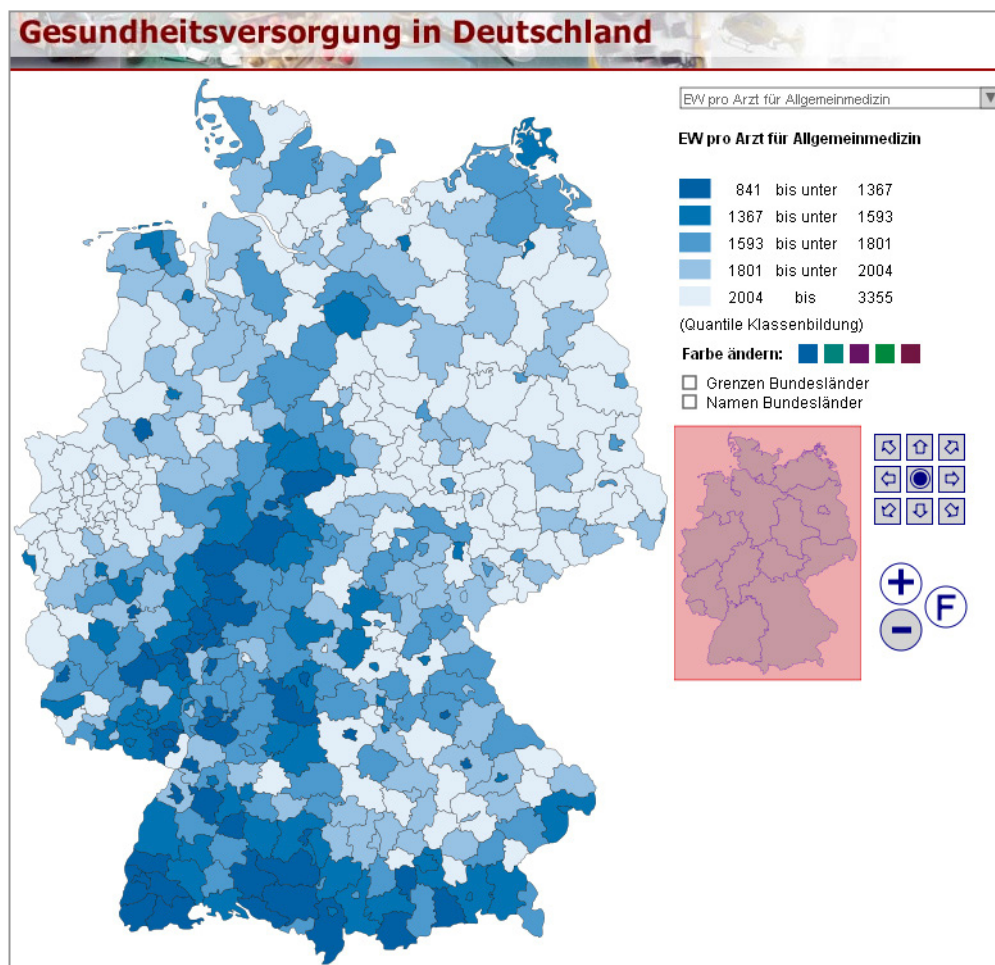
Die heutige Form der Bedarfsplanung stammt aus einer Zeit, Anfang der 90er Jahre, in der stetig steigende Zahlen der Vertragsärzte zur Kostenexplosion im Gesundheitswesen beigetragen haben. Zulassungssperren sollten die Finanzierbarkeit der gesetzlichen Krankenversicherungen gewährleisten (SCHÖPE et al. 2007). In den letzten Jahren zeichnet sich allmählich eine Umkehrung der ursprünglichen Situation ab. In einigen Regionen ist mittlerweile ganz selbstverständlich von Ärztemangel die Rede.

Auch die Unterversorgung wird in den Bedarfsplanungs-Richtlinien definiert. Von ihr ist auszugehen, wenn die hausärztliche Versorgung einen Stand von 75% und die Versorgung mit Fachärzten einen Stand von 50%, gemessen an den Verhältniszahlen, unterschreitet. Bei der Frage, welche Maßnahmen gegen eine drohende oder existierende Unterversorgung einzuleiten sind, wird auf die Zulassungsverordnung für Vertragsärzte (Ärzte-ZV) verwiesen (GEMEINSAMER BUNDESAUSSCHUSS 2007). Die Formulierungen dort bleiben jedoch relativ unkonkret und verpflichten die Kassenärztlichen Vereinigungen lediglich dazu, freie Vertragsarztsitze auszuschreiben und die Unterversorgung in einer angemessenen Frist zu beseitigen (ÄRZTE-ZV 1957).

In einer von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) durchgeführten Studie zur Altersstruktur- und Arztlentwicklung wird zusammenfassend festgestellt, dass die deutsche Ärzteschaft überaltert und zeitgleich ein Nachwuchsproblem hat. In den nächsten Jahren wird eine immer größere Anzahl von Ärzten in den Ruhestand gehen, was besonders in der hausärztlichen Versorgung und in den neuen Bundesländern zu Versorgungsengpässen führen wird (KOPETSCH 2005). In Abbildung 2 ist die deutschlandweite Versorgungssituation mit Allgemeinmedizinerinnen für die derzeitigen Planungsbereiche dargestellt. Die vergleichsweise schlechte Versorgungssituation im Osten Deutschlands wird hier ersichtlich. In einer Pressekonferenz von Oktober 2007 spricht KÖHLER 2007, der Vorstandsvorsitzende der KBV, von einer besorgniserregenden Situation. Er sieht Deutschland in einen eklatanten Ärztemangel hineinlaufen, der nicht nur in der hausärztlichen Versorgung und den neuen Bundesländern spürbar sein wird. Die KBV entwickelte mittlerweile Implikationen aus den Ergebnissen der Studie und kommt zu folgender These:

„Folge der Entwicklung ist, dass die bestehende Bedarfsplanung in Form einer Verteilungssteuerung nach vorgegebenen Arzt/Einwohner-Relationen kein ausreichendes Steuerungsinstrument mehr für die Gewährleistung einer zukünftig erforderlichen bedarfsorientierten Angebotsstruktur zur Sicherstellung der ambulanten ärztlichen Versorgung sein kann und damit bedeutungslos wird.“ (KBV 2007, S.1).

Abb. 2: Karte zur Gesundheitsversorgung mit Allgemeinmedizinern



(Quelle: www.med-atlas.de)

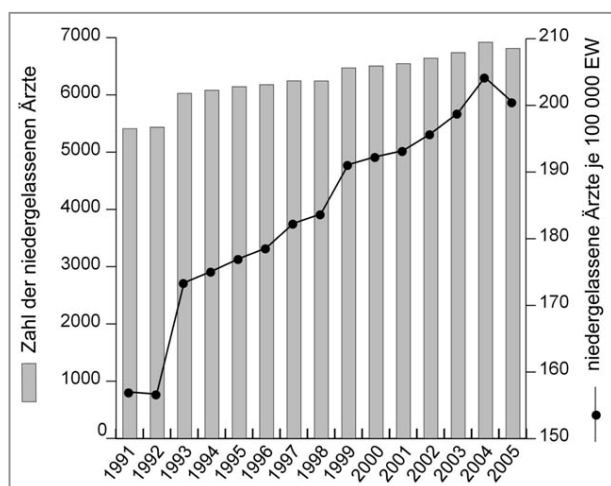
Die verwendeten Bedarfsplanungsdaten und die verwendeten Raumordnungseinheiten gelten als ungeeignet, den tatsächlichen Bedarf zu erfassen und die Versorgung zu steuern. Trotz statistisch ausreichender Versorgung muss in Teilbereichen von Unterversorgung ausgegangen werden, da die räumliche Verteilung der Ärzte innerhalb eines Planungsbereiches unberücksichtigt bleibt. Dazu kommt, dass Patientenwanderungen nicht an Verwaltungsgrenzen halt machen. Zwischenstandörtliche Versorgungsbeziehungen bleiben aber in der aktuellen Bedarfsplanung unberücksichtigt. Demographische Faktoren spielen derzeit auch keine Rolle, obwohl Studien einen deutlichen Einfluss der Altersstruktur ergeben haben (Schöpe et al. 2007). Dabei wurden schon in der Ärzte-ZV weitere Aspekte aufgeführt, die in die Bedarfsplanung einfließen sollen, wie die Bevölkerungsstruktur, Umfang und Art der Nachfrage, Deckungsgrad der Nachfrage und bedeutsame Verkehrsverbindungen (Ärzte-ZV 1957). So sollten die Bedarfsplanungsrichtlinien ursprünglich auch zum 01.01.2003 durch eine neue und angepasste gesetzliche Bedarfszulassung abgelöst werden. Ein als Grundlage dafür in Auftrag gegebenes Gutachten sagte aber aus, dass sich der Bedarf an Ärzten nicht objektiv feststellen lässt.

Die Bedarfsplanungs-Richtlinien haben ihre Gültigkeit daher bis heute nicht verloren (Schöpe et al. 2007, Potthoff & Schneider 2002).

2.1 Situation in Berlin

Berlin ist mit Ärzten vergleichsweise gut versorgt. Unter den Deutschen Bundesländern nimmt es im Verhältnis aller Arztgruppen zur Wohnbevölkerung den zweiten Platz hinter Hamburg ein. Ursprünglich wurden von der Bedarfsplanung die Bezirke als Planungsregionen betrachtet, in denen zunächst noch neue Niederlassungen möglich waren. So stieg die Zahl der niedergelassenen Ärzte seit Einführung der Verhältniszahlen auch von ca. 5.400 auf über 6.800 im Jahr 2005, d.h. um 26% (vgl. Abb. 3).

Abb. 3: Niedergelassene Ärzte in Berlin 1991-2005



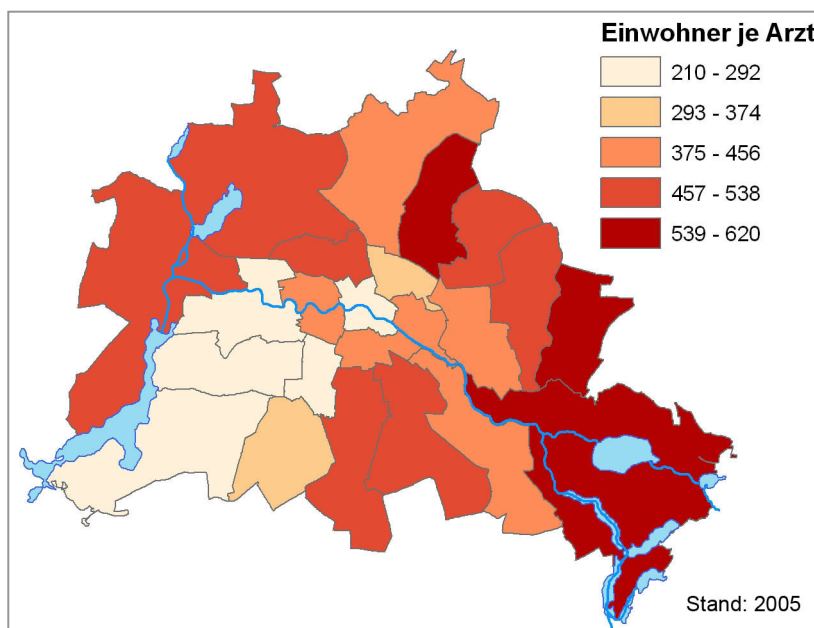
(Eigene Abb., Datenquelle: Statistisches Landesamt Berlin)

Dies änderte sich mit der Zusammenlegung der Bezirke zu einem großen Planungsbereich „Berlin, Bundeshauptstadt“ am 01.06.2003. Die Verhältniszahlen gelten nun für den gesamten Berliner Stadtraum, Umzüge von Ärzten zwischen den einzelnen Bezirken sind seither möglich. Mit Stand vom 01.01.2007 gelten nun für alle Arztgruppen Zulassungsbeschränkungen. Einzig für ärztliche Psychotherapeuten gibt es aktuell noch freie Planungsstellen innerhalb der Stadt (KV BERLIN 2007). Seit Wegfall der bezirksweiten Zulassungsgrenzen hat tendenziell eine Ärztwanderung zu lasten der „Problembezirke“ stattgefunden. So titelte der Berliner Tagesspiegel am 17. Januar 2008: „*Fachärzte wandern aus ärmeren Bezirken ab*“ (BACH 2008). Allein der soziale Brennpunkt Neukölln weist mittlerweile bei sechs Arztgruppen einen Versorgungsgrad von unter 90 % auf. Auch wenn diese Umzüge nicht so deutlich ausgefallen sind wie befürchtet, hinterlassen sie ihre Spuren, besonders in den Wartezimmern der betroffenen Bezirke. Die Kassenärztliche Vereinigung Berlin (KV-Berlin) berichtete sogar schon über eine

Praxis im Wedding, in der die Polizei gerufen werden musste, da Patienten Stunden nach Praxisschluss auf ihre Behandlung beharrten und sich weigerten, nach Hause zu gehen (SCHLITT 2007).

Hinter der Frage, ob die Berliner Bevölkerung also tatsächlich bedarfsgerecht, wie durch die Bedarfsplanungs-Richtlinien festgestellt, und wohnortnah, wie es im Raumordnungsbericht heißt, versorgt wird, bleibt ein großes Fragezeichen. Zumindest daran, dass alle Berliner einen gleichwertigen Zugang zur Gesundheitsversorgung haben, darf gezweifelt werden. Auch die Berliner Gesundheitssenatorin betrachtet mittlerweile die höchst unterschiedliche Verteilung der Ärzte auf das Stadtgebiet mit Sorge (BACH 2008). Berechnet man eine Arzt-Einwohner-Relation für die Ärzte aller Fachgruppen und stellt sie auf Basis der alten Berliner Bezirke gegenüber, werden bereits erhebliche Versorgungsunterschiede sichtbar. Die Werte variieren zwischen 210 Einwohnern pro Arzt im Bezirk Mitte und 620 Einwohnern pro Arzt im Bezirk Weißensee (vgl. Abb. 4). Je kleiner die räumlichen Einheiten werden, für die man Verhältniszahlen berechnet, desto größer werden die Versorgungsunterschiede.

Abb. 4: Einwohner je ambulant tätiger Arzt auf der Basis der alten Berliner Bezirke



(Eigene Abb., Datenquellen: KV Berlin, Statistisches Landesamt Berlin)

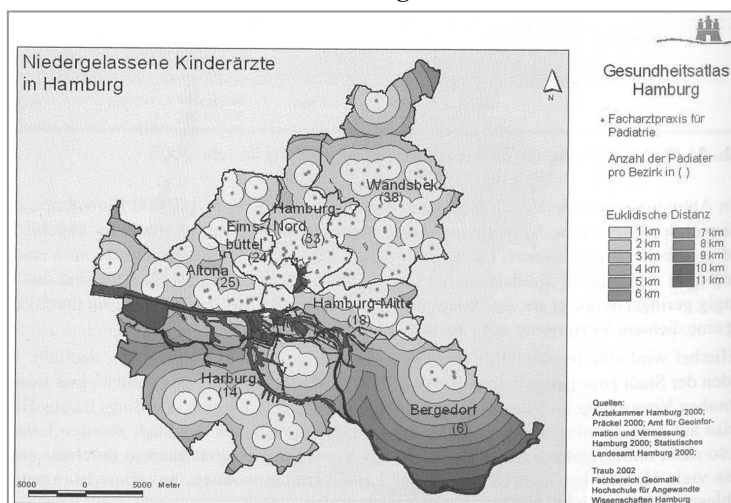
Aber auch sehr kleinräumige Darstellungen der Versorgungsgrade auf Basis administrativer oder statistischer Grenzen ergeben noch kein vollständiges Bild der Versorgungssituation. Die Erreichbarkeit der Ärztestandorte und zwischenstandörtlichen Versorgungsbeziehungen bleiben unberücksichtigt. Betrachtet man in Abbildung 2 (S. 10) Berlin und die umliegenden Landkreise, so wird deutlich, dass hier zwischenstandörtliche Versorgungsbeziehungen eine Rolle spielen können. Sieben der neun benachbarten

Kreise weisen den niedrigsten Deckungsgrad auf. Gerade aus dem so genannten „Speckgürtel“ Berlins, dessen Orte teilweise an das Berliner S-Bahnnetz angeschlossen sind und von wo viele Berufstätige nach Berlin pendeln, gibt es vermutlich auch eine größere Zahl von Patienten, die einen Arzt in Berlin aufsuchen.

2.2 Aktuelle Entwicklungen

Ein erster für die Bedarfsplanung interessanter Ansatz wurde bereits 2003 von der Universität Hamburg vorgestellt. Auf Grundlage einer Analyse der ambulanten Gesundheitsversorgung wurden Versorgungslücken aufgedeckt und Empfehlungen zur Standortplanung entwickelt. Wie in der Abbildung 5 ersichtlich wurde als Indikator für die Erreichbarkeit von Ärzten die euklidische Distanz verwendet (TRAUB 2004).

Abb. 5: Gesundheitsatlas Hamburg



(Quelle: TRAUB 2004)

Bedingt durch einen enormen Veränderungsdruck, dem die Gesetzlichen Krankenkassen in Deutschland bei ständig steigenden Ausgaben gegenüber sinkenden Einnahmen ausgesetzt sind, ist auch hier die Anwendung von GIS zur Steigerung von Effizienzen ins Bewusstsein getreten. KORTEVOB 2007 identifiziert hier vier verschiedene Ebenen für den möglichen GIS-Einsatz. Dazu zählen die Optimierung der Planung und Zugänglichkeit von Gesundheitsversorgung, die Unterstützung im Vertragsmanagement, die Simulation neuer Versorgungskonzepte vor deren Einführung, sowie die Einzelfallsteuerung von Versicherten durch räumliche Optimierung von Behandlungsabläufen.

Auch bei der KBV gibt es Bemühungen, mit Hilfe von GIS eine bedarfsgerechtere Versorgungsplanung aufzubauen. Es wurde ein Prototyp für ein neues System mit dem Namen „kleinräumige Versorgungsanalyse“ entwickelt. Das GIS kann seit Juli 2007 online von den KVen genutzt werden und wird derzeit noch ausgebaut (KÖRVER 2007).

Zentrales Ziel war es, durch den Aufbau einer Applikation die räumliche Verteilung der Patienten innerhalb der Planungsregionen, die Struktur der Bevölkerung, die Standorte und Kapazitäten der Arztpraxen und deren Erreichbarkeit besser erfassen zu können (SCHÖPE et al. 2007). Bezugsgröße für den neuen Ansatz sind Siedlungsflächen. In großen Städten wie Berlin werden Postleitzahlgebiete (PLZ-Gebiete) verwendet. Einwohnerdaten wurden durch demographische Faktoren und Bevölkerungsprognosedaten korrigiert, um den potentiellen Bedarf besser abbilden zu können. Zur Beurteilung der Erreichbarkeit wurde auf Basis eines Straßengraphen eine Kürzeste-Wege-Matrix entworfen, in der die Reisezeiten zwischen jeweils zwei Untersuchungseinheiten abgespeichert wurden. Auch Ansätze zur Bestimmung zwischenstandörtlicher Versorgungsbeziehungen auf Basis von Interaktionsmodellen sind enthalten. Insgesamt wurden neun Indikatoren entwickelt, die die Versorgungssituation beschreiben (SCHÖPE et al. 2007).

Die neue Anwendung stellt eine deutliche Verbesserung auf dem Weg zu einer bedarfsgerechten Versorgungsplanung dar. Im Bereich von Großstädten wie Berlin stößt das System an seine Grenzen. Hier ist ein Detailgrad nötig, der von einem deutschlandweiten System derzeit allein auf Grund der Datenmengen und Rechenzeiten nicht erfüllt werden kann. Die ermittelten Reisezeiten zwischen den Mittelpunkten der Postleitzahlgebiete entsprechen nicht den realen Wegzeiten, die ein Berliner zu seinem Arzt zurücklegt. Betrachtet wird nur der motorisierte Individualverkehr. In den verdichteten innerstädtischen Bezirken spielen aber vor allem Fußwege die entscheidende Rolle. Die Festlegung von Einzugsbereichen einzelner Arztpraxen stellt hier eine teilweise ungelöste Herausforderung dar, wie SCHÖPE et al. 2007 selbst bemerken.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes an der TFH Berlin gab es bereits erste Ansätze zur Untersuchung der räumlichen Disparitäten in der ambulanten Gesundheitsversorgung Berlins. Hier wurde die medizinische Versorgung als Dichtewert auf der Ebene der Berliner Teilverkehrszellen operationalisiert, wodurch bereits erhebliche Versorgungsunterschiede offenbart werden konnten. Den einzelnen Arztgruppen wurde dabei jeweils die spezifische Klientel gegenübergestellt (WALTER & SCHWEIKART 2006, HENKE et al. 2007). Während der zeitaufwändigen Datenerhebung wurden insgesamt Standorte von 8.691 ambulant tätigen Ärzten, 3097 Zahnärzten, 880 Apotheken und 75 Krankenhäusern in Berlin erfasst und geokodiert. Erreichbarkeitszonen wurden auf Basis euklidischer Distanzen modelliert. Die Erreichbarkeitsmodellierung der Arztstandorte auf Basis realistischer Wegdistanzen zu verbessern, konnte innerhalb des auf ein Jahr begrenzten zeitlichen Rahmens des Projektes nicht umgesetzt werden (HENKE et al. 2006).

3 Medizinische Geographie

Gesundheit spielt bei der individuellen Bewertung der Lebensqualität eine zentrale Rolle (KISTEMANN & SCHWEIKART 1998). Wo wir leben, arbeiten und unsere Freizeit verbringen, hat einen wesentlichen Einfluss auf unsere Gesundheit (WILKINSON et al. 1998). Einerseits wegen des direkten Einflusses unserer Lebensumwelt auf Immunsystem und Körperfunktionen: die Europäische Union schätzt in einem Bericht von 2003, dass bis zu 20 % der Krankheitsfälle auf schädigende Umwelteinflüsse, wie bspw. die Luftverschmutzung, zurückzuführen sind (MAHESWARAN & CRAGLIA 2004). Andererseits spielen der Zugang zu medizinischer Versorgung und Infrastruktur und die Qualität der Behandlung, die wir dort bekommen, eine entscheidende Rolle. Sowohl die Umweltfaktoren, als auch die Versorgungssituation unterliegen starken globalen und regionalen Schwankungen. Wie in anderen Fachdisziplinen hat auch der größte Teil der gesundheitsrelevanten Daten einen Raumbezug. Die Medizinische Geographie beschäftigt sich mit der Erfassung, Darstellung und Auswertung dieser raumbezogenen Daten und verwendet dazu Konzepte und Techniken der Geographie (MEADE & EARICKSON 2000).

3.1 Historische Wurzeln

Die Kartierung von Krankheiten zum besseren Verständnis von deren Entstehung und Ausbreitung kann bereits auf eine lange Tradition zurückblicken. T. KOCH (2005) widmet sich in seinem Werk ausführlich der Entwicklungsgeschichte von Krankheitskarten und führt als erstes dokumentiertes Beispiel zwei Karten aus dem Jahre 1694 an, in denen die Ausbreitung der Pest in der italienischen Provinz Bari dokumentiert wird. Weitere historische Beispiele stellen eine Kartierung von Gelbfieberanfällen im Hafen von New York (1798) und eine nicht veröffentlichte Weltkarte der Krankheiten aus dem Jahre 1792 dar (KOCH 2005, SCHWEIKART & KISTEMANN 2004, BARRET 2000). *Finke*, der Verfasser der Weltkarte von 1792, prägte mit einer dreibändigen Publikation bereits den Begriff der Medizinischen Geographie (MEADE & EARICKSON 2000).

Im 19. Jahrhundert fand die Verwendung von Karten zur Erfassung von Krankheitsfällen schließlich immer größere Verbreitung. Das bekannteste Beispiel aus dieser Zeit ist zweifelsohne die Karte des Arztes *John Snow* von 1849, zur Cholera-Epidemie in London. Durch die Karte konnte der Zusammenhang zwischen dem Trinkwasser und der Ausbreitung der Cholera erkannt werden. Eine Pumpe in der Broad Street, in deren

Nähe sich auffällig viele Todesfälle häuften, wurde abgestellt, wodurch die Epidemie eingedämmt werden konnte. Karten wurden also nicht mehr nur zur reinen Visualisierung verwendet, sondern auch als exploratives Werkzeug zur Analyse (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004). *John Snow* ist vermutlich deswegen so berühmt geworden, da hier das erste Mal, als Folge eines räumlichen Analyseprozesses, eine Maßnahme dokumentiert wurde, die zur Verbesserung der gesundheitlichen Situation der Bevölkerung beigetragen hat (KOCH 2005).

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden zahlreiche thematische Atlanten veröffentlicht, die sich umfassend mit gesundheitsrelevanten Fragestellungen auseinandersetzen. Dazu gehören unter anderem ein dreibändiger *Welt-Seuchen-Atlas* (RODENWALDT & JUSATZ 1952-1961), ein *Atlas of disease distribution* (CLIFF & HAGGETT 1988), ein *Atlas of Avoidable Death* (EUROPEAN COMMUNITY 1991) oder der *London international Atlas of AIDS* (SMALLMAN-RAYNOR et al. 1992). Inhaltlich fand langsam ein Übergang statt, von der reinen Analyse der Ausbreitung von Krankheiten hin zu einem umfassenderen Ansatz, bei dem der Einfluss wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Fragestellungen berücksichtigt wird (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004).

3.2 GIS im Gesundheitswesen

Der inhaltliche Wandel in der medizinischen Geographie war eng verbunden mit der Entwicklung von GIS, deren verfügbare Instrumente Auswertungen möglich machen, die in ihrer Komplexität die visuelle Bewertung von Karten bei Weitem übersteigen (SCHWEIKART 2007). In den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts gab es bereits vereinzelte Beispiele von GIS-Anwendungen im Gesundheitswesen. Einhergehend mit der technischen Entwicklung im GI-Bereich wuchs die Zahl der GIS-Applikationen in den 90er Jahren stetig an. GATRELL & SENIOR 1999 stellen sogar eine drastische Zunahme der Forschungsaktivitäten in diesem Bereich fest, die durch zahlreiche Publikationen und internationale Symposien belegt wurde. Dies gilt insbesondere für die anglophonen Länder, in denen Health-GIS heute längst zum Standard geworden sind. Hier findet die Verwendung des Begriffes *Public Health*, der im deutschen mit Gesundheitswissenschaften übersetzt werden kann, im Zusammenhang mit GIS eine weite Verbreitung (CROMLEY & McLAFFERTY 2002, MAHESWARAN & CRAGLIA 2004, WILKINSON et al. 1998, RICKETTS 2003, DAVENHALL 2005).

GIS gelten heute, auch wenn es um die Gesundheit geht, als Schlüsseltechnologie, um die Wechselwirkungen zwischen dem Menschen und seiner Umwelt abbilden zu

können (RICKETTS 2003). MELNICK 2002 unterstreicht in seinem Werk den Nutzen von GIS für die öffentliche Gesundheit. Er stellt fest, dass von den drei Variablen Zeit, Raum und Mensch der Raum in der Epidemiologie immer am schwersten zu fassen und auszuwerten war. GIS können nun Werkzeuge zur Verfügung stellen, die dies wesentlich vereinfachen. SAUERBORN & KARAM 2000 formulieren vier Bereiche, in denen GIS eine deutliche Verbesserung darstellen:

- 1) Datenkommunikation: In der Karte dargestellte Daten können besser gelesen und Zusammenhänge leichter erkannt werden.
- 2) Datenanalyse: Nur ein GIS besitzt die notwendigen Tools zur räumlichen Analyse, die für viele gesundheitliche Fragestellungen so wichtig sind.
- 3) Entscheidungsunterstützung: Wird gefördert durch den intuitiven Charakter von Karten und die Möglichkeit der gemeinsamen Darstellung von Gesundheitsindikatoren und Analyseergebnissen.
- 4) Interdisziplinarität: In GIS können Daten aus den unterschiedlichsten Bereichen dargestellt werden. Die Kombination mit fachfremden Daten führt zu neuen Erkenntnisgewinnen.

Diesen Mehrwert hat auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) erkannt und betreibt seit 1993 ein *Public Health Mapping and GIS programme*, durch das die Gesundheitsministerien der Mitgliedstaaten bei der Implementierung von GIS unterstützt und beraten werden sollen (WHO 2007).

KURLAND & GORR 2006 erkennen weiterhin einen klaren Trend in der Gesundheitsplanung, hin zu einem Bedeutungszuwachs von Gesundheitsinformationssystemen. Sie gehen von einer stetig steigenden Menge gesundheitsrelevanter Daten für die Verarbeitung mit GIS aus.

Nicht nur die Anzahl der *Health-GIS-Applications* und der verfügbaren Daten wächst, sondern auch das Spektrum der Anwendungen und die Methodik der Ansätze (DAVENHALL 2005). In der Literatur wird häufig zwischen zwei Hauptrichtungen der Forschung unterschieden. „*It is conventional and useful, to divide the geography of health into two broad areas: the geography of disease and ill-health; and the geography of health care.*” (GATRELL & SENIOR 1999, S. 925).

Die eine Richtung beschäftigt sich mit der Modellierung und Auswertung von Ausbreitungsprozessen von Krankheiten, mit dem Ziel, medizinische Interventionen steuern zu können (SCHWEIKART 2007). Im Deutschen Sprachgebrauch wird diese Richtung mit Krankheitsökologie oder Geographische Epidemiologie bezeichnet. Zusammenhänge

zwischen der räumlichen Verteilung von Krankheiten und Umwelt- bzw. Risikofaktoren sollen aufgedeckt und mit statistischen Verfahren analysiert werden. Dabei können zusätzlich soziale, wirtschaftliche, ökologische oder demographische Indikatoren eine Rolle spielen (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004). In der englischsprachigen Literatur wird meistens der Begriff *Epidemiology* verwendet (GATRELL & SENIOR 1999). GATRELL & LÖYTÖNEN 1998 unterscheiden zwischen *Environmental Epidemiology* und *Geographical Epidemiology*. Der letztere Begriff wird dabei enger gefasst und befasst sich mit der Untersuchung von Krankheitsfällen, wogegen in der *Environmental Epidemiology* alle Umweltfaktoren, bis hin zu Lebens- und Konsumgewohnheiten der Bevölkerung, in die Auswertungen mit einbezogen werden. Ebenfalls Verwendung findet der eher klassische Begriff *Disease Mapping* (MAHESWARAN & CRAGLIA 2004).

Die andere Hauptrichtung von GIS-Anwendungen in der Medizinischen Geographie liegt in der Gesundheitssystemforschung. Medizinische Infrastruktur kann mit einem GIS erfasst, modelliert und ausgewertet werden, um so den Einsatz von Ressourcen besser planen oder bestehende Einrichtungen besser nutzen zu können. Es geht also um Gesundheitsversorgung, Inanspruchnahme und darum, Systemkosten zu optimieren. Bei der Auswertung spielt die demographische, sozioökonomische und kulturelle Struktur der Zielbevölkerung eine entscheidende Rolle (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004).

3.3 GIS in der Gesundheitssystemforschung

„*The incidence of disease or ill-health creates spatial needs for health care, whose locational configuration and delivery require planning. The interaction of needs and services raises accessibility and utilisation issues.*“ (GATRELL & SENIOR 1999, S. 932). Durch dieses Zitat werden einerseits die inhaltlichen Schwerpunkte deutlich, mit denen sich die Gesundheitssystemforschung auseinandersetzt, andererseits aber auch der enge Zusammenhang mit der Krankheitsökologie. Der Gesundheitszustand einer Gesellschaft wird mittels *Disease Mapping* erfasst und visualisiert. Das Wissen darüber ist wichtig, um den Bedarf an medizinischer Versorgung feststellen zu können. Die Nutzung des bestehenden Angebotes gibt Aufschlüsse über die tatsächliche Nachfrage. Bedarfsanalyse und Ressourcenbelegung werden mit einem vergleichenden Ansatz ausgewertet, um Missverhältnisse aufzudecken (WILKINSON et al. 1998).

In der Gesundheitssystemforschung werden alle privaten, wirtschaftlichen, kulturellen und staatlichen Aktivitäten berücksichtigt, die sich auf die Gesundheit auswirken. Sie ist eine zentrale Aufgabe von *Public Health* (SCHWEIKART & KISTEMANN 2004) und

wird daher im englischen oft synonym mit diesem Begriff verwendet. GATRELL & LÖYTÖNEN 1998 sprechen von *New Public Health*, da dieser Bereich in den letzten Jahren an Bedeutung gewinnt und sich später entwickelt hat als die Epidemiologie. Sie sehen die zentralen Aufgaben über die Darstellung der Gesundheitsversorgung hinausgehend in einer Abbildung der Lebensqualität von Individuen in ihrem sozioökonomischen Umfeld.

WILKINSON et al. 1998 verwenden die Terminologie *Health in Service Planning* und beobachten zwar ein starkes Wachstum von Anwendungen in diesem Bereich, empfinden das Potential von GIS aber bei weitem nicht als ausgeschöpft. Sie sehen eine wichtige Aufgabe in der Standortoptimierung von Gesundheitseinrichtungen, um eine gleichwertige Bereitstellung zu gewährleisten. Dazu muss die Erreichbarkeit des bestehenden Angebotes ausgewertet werden. GIS bieten so die Möglichkeiten zur Modellierung von Gesundheitsversorgungsgebieten oder von Einzugsbereichen für Arztpraxen. Wegen des Einsatzes dieser klassischen Methoden des Geomarketings verwendet KOCH 2005 auch den Begriff *Health Economics*.

Im Gegensatz zur Epidemiologie werden viele Studien der Gesundheitssystemforschung in räumlich begrenzten Gebieten, also in einem vergleichsweise kleinen Maßstab durchgeführt. Für diese *Small Area Studies* steht häufig eine größere Anzahl soziodemographischer Daten zur Verfügung (GATRELL & LÖYTÖNEN 1998, RICKETTS 2003).

JESSOP 2004 zeigt in seinem Beitrag GIS-Methoden auf, die in *Public Health* häufige Verwendung finden und unterscheidet zwischen Techniken zur Visualisierung und solchen zur Analyse. Eine wichtige Analysetechnik ist die Auswertung von Reisezeiten. Anhand von Straßengraphen können reale Wege modelliert und Linien gleicher Zeit (Isochrone) abgebildet werden, um Zeitzonen darzustellen, innerhalb derer man eine Gesundheitseinrichtung erreichen kann. Weitere wichtige Anwendungen stellen Regressionsanalysen, Echtzeit-GIS für den operativen Einsatz und die Identifikation räumlicher Cluster dar.

ELMES 2004 gibt einen Überblick über GIS-Projekte in der Gesundheitsplanung der Vereinigten Staaten. Er sieht GIS als einen wichtigen Bestandteil der Informationstechnologien, die das Gesundheitssystem in den USA bereits verändert haben und im 20. Jahrhundert zunehmend verändern werden. Zehn grundlegende Aufgaben von *Public Health* werden aufgeführt, die mit GIS gesteuert werden können. Anhand von Beispielen wird deren Anwendung veranschaulicht. Dass der Autor die Gültigkeit seiner Betrachtungen auf die USA begrenzt macht einen wichtigen Aspekt der Gesundheitssystemforschung deutlich. Die örtliche Gesundheitspolitik hat erheblichen Einfluss auf

Anforderungen an und Umsetzung von GIS-Anwendungen (CROMLEY & MCLAFFERTY 2002). Für die vorliegende Arbeit ist das entscheidende politische Instrument die Bedarfsplanung, die in Kapitel 2 ausführlich diskutiert wurde. Die dort verwendeten Verhältniszahlen, mit denen die Wohnbevölkerung der Zahl der praktizierenden Ärzte gegenübergestellt wird, ist eine der am häufigsten verwendeten und wichtigsten Maßzahlen zur Bewertung der Gesundheitsversorgung. So stellt sie auch einen der ersten 40 Gesundheitsindikatoren dar, welche die Europäische Kommission derzeit für den Aufbau eines Europäischen Gesundheitsinformations- und Wissenssystems erarbeitet. Die Anzahl der *ECHI* (*European Commission Health Indicators*) soll noch ausgebaut werden (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2007).

3.4 Wohin mit GIS im Gesundheitswesen?

Derzeit werden GIS besonders in der öffentlichen Gesundheitsplanung immer noch zu selten und zu uneffektiv eingesetzt. In Deutschland wird das Potenzial lediglich in Ansätzen wahrgenommen. Die anglophonen Länder nehmen eine Vorreiterrolle ein und wenden GIS zur Steuerung der Gesundheitssysteme nach einheitlichen Vorgaben an. Aber auch hier könnten die Aufgaben für GIS besonders auf einer kleinräumigen Ebene vielfältiger sein, wie BOULOS 2004 in einer Studie für Großbritannien feststellt. Und das, obwohl das große Potenzial von GIS im Gesundheitswesen durch fast unüberschaubar viele Anwendungen weltweit deutlich geworden ist (THRALL 2000).

Besonders zwei Entwicklungen eröffnen auch für den Gesundheitsbereich neue Perspektiven. Zum einen die ständig wachsende Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Daten, besonders aus dem Bereich der Fernerkundung. Auswertungen dieser Daten können im Bereich der Epidemiologie dazu beitragen, überall vorhandene, bisher aber unentdeckte Zusammenhänge zwischen der Umwelt und der menschlichen Gesundheit aufzudecken (CRONER 2006). Zum anderen die verstärkten Bemühungen um Standardisierung und Interoperabilität von Geodaten, in deren Zusammenhang zukünftig auch der Aufbau nationaler und internationaler Geodateninfrastrukturen speziell für den Gesundheitsbereich denkbar ist (BOULOS 2004). Aktuelle Entwicklungen ermöglichen Applikationen für immer größere Maßstabsbereiche. So wird bspw. auch der GIS-Einsatz für das Ressourcenmanagement innerhalb von Krankenhäusern getestet. Durch Verortung in Echtzeit können Personal und Patienten lokalisiert und Arbeitsabläufe effektiver gesteuert werden (VAN DER TOGT & BEINAT 2005).

4 Methodentheorie der Versorgungsanalysen

Welche Methoden bieten GIS, um die bestehende Versorgungssituation durch ambulante Arztpraxen detailliert zu beschreiben? Diese Frage wurde in der Einleitung aufgeworfen. Um diese Frage beantworten zu können, soll an dieser Stelle eine Besprechung der in der Literatur dokumentierten theoretischen Ansätze folgen.

Bei der Diskussion um Versorgungsdisparitäten nimmt der Begriff der Zugänglichkeit (*access*) seit jeher eine zentrale Stellung ein. Ausgangspunkt dafür war die Erkenntnis, dass Einrichtungen nicht für alle gleichermaßen nutzbar sind, da zuvor eine Reihe von Nutzungswiderständen überwunden werden müssen. Zunächst stand dabei der Widerstand, den geographischen Raum zu durchqueren, in Form einer gemessenen Entfernung im Vordergrund. Später wurden zunehmend andere Nutzungsbarrieren, wie Widerstände beim potentiellen Nutzer durch soziale Barrieren oder Informationsdefizite und Widerstände in den Versorgungseinrichtungen durch bspw. Kapazitätsgrenzen, untersucht (ZEPF et al. 1978). Folgerichtig definierte die WHO 1978 in einer Erklärung den Zugang zur Gesundheitsversorgung als ein mehrdimensionales Konzept, basierend auf der geographischen, finanziellen, kulturellen und funktionalen Erreichbarkeit. Mit diesem umfassenden Ansatz kann beschrieben werden, welche Möglichkeiten eine lokale Bevölkerung hat, Gesundheitsdienstleistungen zu nutzen, und zwar zur notwendigen Zeit und am notwendigen Ort.

PENCHANSKY & THOMAS 1981 beschreiben die Qualität des Zugangs durch folgende fünf Indikatoren: die Verfügbarkeit, die Erreichbarkeit, die Angebotsqualität, die Erreichbarkeit und die Akzeptanz durch die Nutzer. Die individuelle Bereitschaft ein Angebot in Anspruch zu nehmen wird dabei durch die soziale, ökonomische und kulturelle Situation des Nutzers beeinflusst (LU 1998). Die beiden ersten Indikatoren sind räumlicher Natur. In Städten mit einem dichten Angebot an medizinischen Dienstleistungen ist es durchaus sinnvoll, beide Dimensionen gemeinsam zu betrachten. In der englischsprachigen Literatur ist die Verwendung des gemeinsamen Begriffs *spatial accessibility* für diese beiden Indikatoren üblich (GUAGLIARDO 2004, LUO 2004). Die anderen drei Indikatoren weisen keinen direkten räumlichen Bezug auf. Dementsprechend identifizieren WILKINSON et al. 1998 auch nur zwei Merkmale, die den Zugang zur Gesundheitsversorgung beschreiben und mit GIS analysiert werden können. Die Erreichbarkeit und die gleichwertige Verteilung der Versorgung. Diese Sichtweise ist vielleicht etwas eng, da sich auch soziale und ökonomische Barrieren ungleichmäßig über den Raum verteilen und theoretisch mit GIS modelliert und sichtbar gemacht werden könn-

ten. Die räumliche Erreichbarkeit, die das verfügbare Angebot berücksichtigt, stellt aber die zentrale Eigenschaft dar und wird von der Europäischen Kommission als einer von fünf wesentlichen Indikatoren identifiziert, die gemessen werden können, um den Gesundheitszustand einer Gesellschaft zu beschreiben (SUHRCKE et al. 2005).

4.1 Methoden zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit

In GIS gibt es verschiedene Methoden, die räumliche Erreichbarkeit zu messen. Die meisten Anwendungen zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit von Anbietern von Gesundheitsdienstleistungen können nach GUAGLIARDO 2004 den folgenden vier Kategorien zugeordnet werden:

- 1) Einwohner-Anbieter-Relationen
- 2) Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter
- 3) Durchschnittlicher Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter
- 4) Gravitationsmodelle

Diese Einteilung bietet eine gute Grundlage zur folgenden Diskussion von potenziellen Methoden innerhalb dieser Arbeit. Trotzdem sei erwähnt, dass es weitergehende Ansätze gibt, die sich nicht ohne weiteres diesen vier Kategorien zuordnen lassen. LEE & MCNALLY 2002 messen die Erreichbarkeit von Gesundheitseinrichtungen beispielsweise auf Basis so genannter Raum-Zeit-Prismen. Dabei werden Handlungsspielräume modelliert, die von mehreren Faktoren abhängig sind. Dazu zählen die Möglichkeiten, auf Basis unterschiedlicher Verkehrsmittel eine Distanz in einer bestimmten Zeit zurückzulegen, aber auch die räumlich/zeitlichen Bindungen an Aktivitätsstandorte wie Wohnort und Arbeitsplatz (KOLLARITS 1994). Die Entscheidung für einen Anbieter im Gesundheitswesen fällt durch das Abwägen von Vor- und Nachteilen, häufig zeitlicher Natur, innerhalb dieses Handlungsspielraumes. (CROMLEY & MCLAFFERTY 2002).

4.1.1 Einwohner-Anbieter-Relationen

Die Einwohner-Anbieter-Relationen (*population-to-provider ratio*) werden für abgegrenzte Gebiete, häufig für administrative oder statistische Einheiten, berechnet. Die absolute Anzahl an Anbietern an diesem Standort wird der Gesamtzahl der Bevölkerung, oder der Gesamtzahl einer spezifischen Bevölkerungsgruppe, gegenübergestellt (BRABYN& GOWER 2004). Die derzeit geltende Bedarfsplanung in Deutschland basiert

auf dieser Methode (vgl. Kap. 2), die bereits seit langem angewandt wird und eine weite Verbreitung gefunden hat. Dabei scheint sie aus mehreren Gründen wenig geeignet die räumliche Erreichbarkeit detailliert zu beschreiben. Erstens werden Patientenwanderungen zwischen den Untersuchungsgebieten nicht berücksichtigt. Gerade bei der Verwendung kleiner Einheiten, wie beispielsweise PLZ-Gebieten in Städten, findet aber ein großer Austausch zwischen den Regionen statt. Zweitens bleibt die Erreichbarkeit innerhalb der Untersuchungsgebiete unberücksichtigt. Gerade bei polyzentrischen Strukturen kann sie aber stark variieren. Letztendlich beinhaltet die Methode gar keine Messung von Entfernung oder Reisezeit, so dass weniger eine Aussage über die tatsächliche, kleinräumige Erreichbarkeit, als über einen theoretischen Versorgungsgrad getroffen wird (GUAGLIARDO et al. 2004).

4.1.2 Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter

Eine ebenfalls weit verbreitete Methode ist die Messung des Reisewiderstandes zum nächstgelegenen Anbieter (*travel impedance to nearest provider*). Als Reisewiderstand wird meistens die zurückzulegende Distanz oder die dafür benötigte Reisezeit zugrunde gelegt. Häufig spricht man in diesem Zusammenhang auch von Kostenanalyse, da der Weg berechnet wird, der den geringsten (Kosten-) Aufwand an Strecke oder Zeit verursacht (*least-cost path*) (BRABYN & GOWER 2004). Zur Berechnung der Distanz wird in kleinmaßstäblichen Anwendungen, bspw. auf einem nationalen Level, häufig die sphärische Distanz berechnet, bei der die Krümmung der Erdoberfläche berücksichtigt wird. Bei größeren Maßstäben und damit kleineren Untersuchungsgebieten ist eine Berechnung der euklidischen Distanz, bspw. in Form von Buffern, weit verbreitet. Bei ihr bleibt die Erdkrümmung unberücksichtigt, die geradlinige Entfernung zwischen zwei Punkten wird gemessen (CROMLEY & MCLAFFERTY 2002). Gerade im Bereich von Städten mit ihren verzweigten Strassen- und Wegenetzen gibt die euklidische Distanz jedoch wenig Auskunft über die tatsächlichen Wege, die zurückgelegt werden müssen, und genügt somit nicht den Ansprüchen für eine realitätsnahe Erreichbarkeitsanalyse. Daher sind heute die meisten GIS in der Lage, zurückzulegende Entfernungen auf Basis von Netzwerkanalysen zu bestimmen, denen Straßengraphen zugrunde liegen. Neben der reinen Netzwerkentfernung können so auch Reisezeiten berechnet werden, die zum Erreichen eines Zieles aufgebracht werden müssen (LOVETT et al. 2004). Hierbei handelt es sich um die so genannte Zeitdistanzmethode, die häufig zur Ermittlung von Versorgungsbereichen angewandt wird (HACKMANN & DE LANGE 2001). Besonders in Großstädten, in denen der Motorisierungsgrad meist deutlich niedriger ist als in ländli-

chen Gebieten, spielen neben dem motorisierten Individualverkehr Fußwege und das Öffentliche Verkehrssystem mit Bussen und Bahnen eine wichtige Rolle. Unter Berücksichtigung von Straßenklassen, Durchschnittsgeschwindigkeiten und Abbiegeregeln können mit einem Netzwerk Reisezeiten für unterschiedliche Fortbewegungsarten ermittelt werden (CROMLEY & McLAFFERTY 2002).

Reisezeiten werden typischerweise entweder direkt ausgehend von Patientenstandorten oder ausgehend von Bevölkerungsschwerpunkten wie beispielsweise dem Zentroiden einer statistischen Einheit berechnet. LEDL & REDL 2007 berechnen für ein Tool zur Standortoptimierung im Gesundheitswesen in Österreich ein Erreichbarkeitsmodell auf Basis der Rasterzellen der Statistik Austria. Ausgehend vom Schwerpunkt der Besiedlung einer Rasterzelle wird die Entfernung und Fahrzeit zu jeder anderen Rasterzelle ermittelt. In einer Studie zur Erreichbarkeit von Krankenhäusern im US-Bundesstaat Michigan wird ebenfalls ein gleichmäßiges Raster als Ausgangspunkt für die Berechnung von Reisezeiten verwendet, obwohl es sich dabei nicht um statistische Einheiten handelt. Zur Begründung heißt es: „*The grid model required more computational power and storage than the network model, but provided a complete spatial representation of state hospital and health coverage and avoided unrealistic degrees of precision.*“ (MESSINA et al. 2006, S. 14). Zumindest für kleinere Untersuchungsgebiete sollte es aber dennoch auch ohne ein Raster möglich sein, auf Basis der Netzwerkanalyse zu einer vollständigen und genauen Beurteilung der Erreichbarkeiten zu kommen.

Die hier diskutierte Methode, den Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter zu berechnen, stellt vor allem in ländlichen Gebieten mit einer geringen Auswahl an Anbietern einen guten Ansatz zur Ermittlung der räumlichen Erreichbarkeit dar. Hier ist der nächstgelegene Anbieter auch meistens derjenige, der in Anspruch genommen wird. In Verdichtungsräumen und städtischen Gebieten gibt es dagegen in der Regel eine größere Anzahl an Anbietern, die mit einem ähnlichen Kostenaufwand erreicht werden können (GUAGLIARDO 2004). Hier sollte zusätzlich zur physischen Erreichbarkeit das verfügbare Angebot berücksichtigt werden.

4.1.3 Durchschnittlicher Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter

Den durchschnittlichen Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter (*average travel impedance to nearest provider*) zu ermitteln ist eine Methode, um das verfügbare Angebot zu berücksichtigen. Wiederum ausgehend von einem Patientenstandort oder Bevölkerungsschwerpunkt wird eine Kostenanalyse zu allen innerhalb eines Untersuchungsgebietes vorhandenen Anbietern durchgeführt und so ein Durchschnittswert er-

mittelt. Eine Schwäche dieses Ansatzes ist die Tatsache, dass Anbieter am Rande der Untersuchungsgebiete übergewichtet werden. In einer Großstadt geht die Wahrscheinlichkeit, dass ein Patient, der beispielsweise am nördlichen Stadtrand wohnt, einen Arzt am südlichen Stadtrand aufsucht, gegen null. Die Distanzen zu weit entfernten Ärzten fließen aber in die Berechnung mit ein und verschlechtern den ermittelten Wert. Wie bei den Anbieter-Einwohner-Relationen bedingt die Verwendung von Untersuchungsgebieten mit starren Grenzen außerdem, dass Patientenwanderungen über die Grenzen hinweg unberücksichtigt bleiben (GUAGLIARDO 2004).

Eine andere Methode, um das verfügbare Angebot zu berücksichtigen, beruht auf der Allokation, worunter man allgemein die Zuordnung beschränkter Ressourcen zu potentiellen Nutzern versteht. In jeder Arztpraxis kann nur eine begrenzte Anzahl an Patienten behandelt werden. Die potentiellen Patienten werden solange der nächstgelegenen Praxis zugeordnet, bis die Kapazitätsgrenzen erreicht werden. Danach wird die zweit-nächste Praxis gesucht, danach die dritt-nächste und so weiter. Nachdem jeder Patient einem Arzt zugeordnet wurde, können wiederum Entfernungen oder Reisezeiten berechnet werden. Mit der Allokation werden also sowohl die Anzahl vorhandener Ärzte als auch deren Kapazitätsgrenzen berücksichtigt (BRABYN & GOWER 2004).

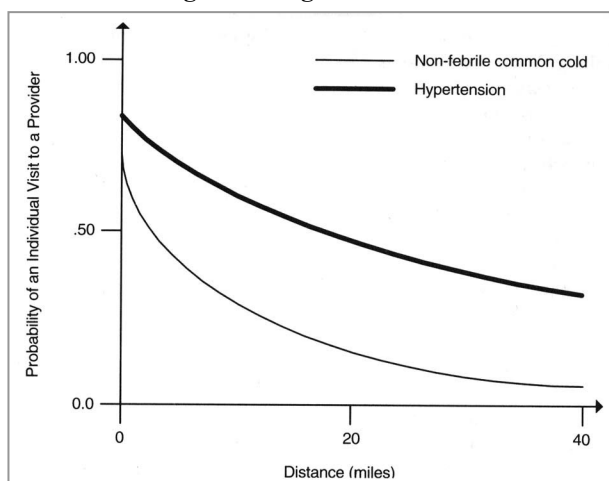
4.1.4 Gravitationsmodelle

Die vierte Kategorie von GIS-Methoden zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit stellen nach GUAGLIARDO 2004 Gravitationsmodelle (*Gravity models*) dar. GUAGLIARDO et al. 2004 charakterisieren sie als distanzabhängige Modelle, bei denen die potenziellen räumlichen Interaktionen zwischen einem Bevölkerungsstandort und den Anbieterstandorten berücksichtigt werden. CROMLEY & MCLAFFERTY 2002 diskutieren denselben Ansatz, benennen ihn aber als Potenzialmodell, welches sich der Konzepte der Gravitationsmodellierung bedient. Auch RODRIGUE 1998-2008 verwendet in seiner Geographie der Transportsysteme in diesem Zusammenhang den Begriff der potenziellen Erreichbarkeit.

Ob nun Gravitations- oder Potenzialmodell - entscheidend ist, dass die räumliche Nähe, die ein fundamentaler Aspekt bei den Innanspruchnahmen von Gesundheitsdienstleistungen ist, in die Berechnung einfließt. Bei steigender Entfernung vom Wohnort oder Aktionsradius eines Individuums nimmt die Bereitschaft ab, einen Service in Anspruch zu nehmen. Zeit, Kosten und Mühen, die für eine lange Anfahrt in Kauf genommen werden müssen, bedingen dies (CROMLEY & MCLAFFERTY 2002). Die Abnahme der räumlichen Interaktion mit der Distanz ist ein grundlegendes Muster von

Strömen in der Geographie. Die Zusammenhänge können durch die Modellierung kontinuierlicher Distanzgewichtungen (*Distance Decay*) abgebildet werden, die sich auf praktisch alle Fragestellungen, in denen der Transport von Menschen oder Gütern eine Rolle spielt, anwenden lassen (HAGGETT 2004). Abbildung 6 zeigt ein Beispiel einer *Distance Decay* Funktion. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Arzt wegen einer Erkältung aufgesucht wird, nimmt bei zunehmender Entfernung schneller ab, als die Wahrscheinlichkeit eines Arztbesuches wegen Bluthochdruck. Hier wird deutlich, dass die Distanzgewichtung anwendungsbezogen und flexibel modelliert werden muss. Nicht nur der jeweilige Anwendungsfall hat Einfluss auf die Gewichtungsfunktion, sondern auch physische Faktoren, wie die Beschaffenheit des Reliefs, die Verkehrsinfrastruktur, sozioökonomische Faktoren, die sich durch die verschiedenen Vorlieben in der Wahrnehmung von Angeboten äußern, und einiges mehr (LONGLEY et al. 2005).

Abb. 6: Distanzgewichtung für die Wahrscheinlichkeit von Arztbesuchen



(Quelle: CROMLEY & MCLAFFERTY 2002)

Die Grundformel für das von GUAGLIARDO 2004 diskutierte Gravitationsmodell zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit lautet:

$$A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^\beta}$$

Dabei beschreibt A_i die räumliche Erreichbarkeit ausgehend von einem Bevölkerungsstandort, beispielsweise dem Zentroiden eines statistischen Gebietes. S_j beschreibt die Kapazität eines Anbieterstandortes j , beispielsweise die Anzahl ambulant tätiger Ärzte an einer Adresse. Die Variable d steht für den Reisewiderstand zwischen den Punkten i und j , wahlweise zu messen in Reisezeit oder Distanz. β ist der Koeffizient, der den Abfall der Anziehungskraft bei steigender Entfernung beschreibt. Dieser Wert ist in der Regel unbekannt und muss mittels einer für den speziellen Zweck ange-

passten *Distance Decay* Funktion ermittelt werden, was die Modellierung zu einer besonderen Herausforderung macht. Wenn die räumliche Erreichbarkeit von Gesundheitsstandorten nun auf diesem Wege, ausgehend von verschiedenen Bevölkerungsstandorten, berechnet wird, können die Bevölkerungsstandorte mit Hilfe der ermittelten Werte in eine Rangfolge gebracht werden. Gebiete mit hohen Werten kennzeichnen eine gute Erreichbarkeit, Gebiete mit niedrigen Werten dementsprechend eine eher schlechte Erreichbarkeit. Trotzdem sind die so ermittelten Werte weniger intuitiv als beispielsweise die Einwohner-Anbieter-Relationen und werden von Entscheidungsträgern im öffentlichen Gesundheitswesen daher weniger häufig verwendet (GUAGLIARDO 2004). Dabei handelt es sich um einen Ansatz, der sowohl die zu überwindenden Reisewiderstände, als auch das verfügbare Angebot berücksichtigt und mit seiner Aussagekraft nicht an starren Grenzen halt macht.

Eine Schwäche der vorgestellten Formel ist die Tatsache, dass zwei Anbieter in gleicher Entfernung vom Bevölkerungsstandort mit gleichem Gewicht in die Berechnung einfließen, unabhängig davon, wie viele Patienten ein Arzt in seiner unmittelbaren Umgebung zu versorgen hat. So kann es sein, dass ein Arzt völlig ausgelastet ist, während der andere noch reichliche Kapazitäten frei hat. Durch eine Erweiterung der Grundformel ist es möglich, nicht nur das verfügbare Angebot, sondern auch den potenziellen Bedarf zu berücksichtigen:

$$A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^\beta V_j} \quad \text{wobei:} \quad V_j = \sum_k \frac{P_k}{d_{kj}^\beta}$$

V_j stellt in der Formel ein Regulativ zur Einbeziehung der zu versorgenden Wohnbevölkerung dar. P_k steht für die Bevölkerungsanzahl am Punkt k , beispielsweise dem Zentroiden eines statistischen Gebietes. Das d steht in der Formel zur Berechnung von V_j für die Entfernung zwischen Punkt k und einem Anbieterstandort j . Sie wird wiederum mit dem *Distance Decay* Koeffizienten β gewichtet (GUAGLIARDO 2004). In Großstädten, in denen sich eine Vielzahl von Anbietern auf einer großen Fläche verteilt, ist es sinnvoll, die miteinzubeziehenden Anbieter für jeden Bevölkerungsstandort auf Basis einer festzulegenden maximalen Entfernung oder Reisezeit zu begrenzen.

Ursprünglich wurden räumliche Interaktionsmodelle zur Bewertung von Standorten oder Abgrenzung von Einzugsgebieten verwendet. Anwendungsbeispiele hierfür sind am häufigsten im Bereich des Geomarketing zu finden, wenn es beispielsweise um die Wahl eines neuen Standortes für ein Einzelhandelsunternehmen geht. Aber auch bei der

Wahl eines neuen Standortes für eine ambulante Arztpraxis oder bei der Abschätzung ihres Einzugsgebietes können die existierenden Ansätze angewendet werden.

4.2 Standortbewertung und Modellierung von Einzugsgebieten

Die klassische Gravitationsmodellierung ist eine Methode, bei der „(...) die Auswirkung der Entfernung zwischen Kunden und Verkaufsstelle, sowie zwischen Kunden und Konkurrenz, verglichen und analysiert werden.“ (FLETCHER 1998, S. 17). Sie ist eine typische Anwendung von GIS im Business, da nicht nur geklärt wird, wo sich potentielle Kunden befinden, sondern es werden Einzugsgebiete modelliert, in denen die Kunden erreicht werden können und Konkurrenz-Unternehmen einen geringen Einfluss haben. Die Verfahren unterstellen die Gültigkeit allgemeiner Gesetzmäßigkeiten für jeden Einzelfall (BIENERT 1996).

Erste Gravitationsansätze gehen auf *Reilly* zurück, der bereits 1929 das „Gesetz der Einzelhandelsgravitation“ durch einfache Übertragung der aus der Physik stammenden Gravitationsgesetze von *Newton* auf Fragen der Marktgebietsabgrenzung entwickelte. Das Gesetz war lediglich zur Lösung eines Zwei-Anbieter-Problems konzipiert und beinhaltet die Perspektive von einem Nachfragestandort auf zwei konkurrierende Angebotsstandorte. Das Verhältnis der Umsatzanteile der beiden Angebotsstandorte ist demnach proportional zum Verhältnis ihrer Anziehungskraft, zu deren Beschreibung *Reilly* die lokale Bevölkerungszahl verwendet hat, und umgekehrt proportional zum Verhältnis der Distanz zum Nachfragestandort (vgl. Abb. 7). Bereits bei diesem Ansatz wurde die Distanz mit einem Exponenten gewichtet, wie es heute mit Hilfe von *Distance Decay* empfehlenswert ist (LÖFFLER 1999).

Abb. 7: Gravitationsansatz nach Reilly

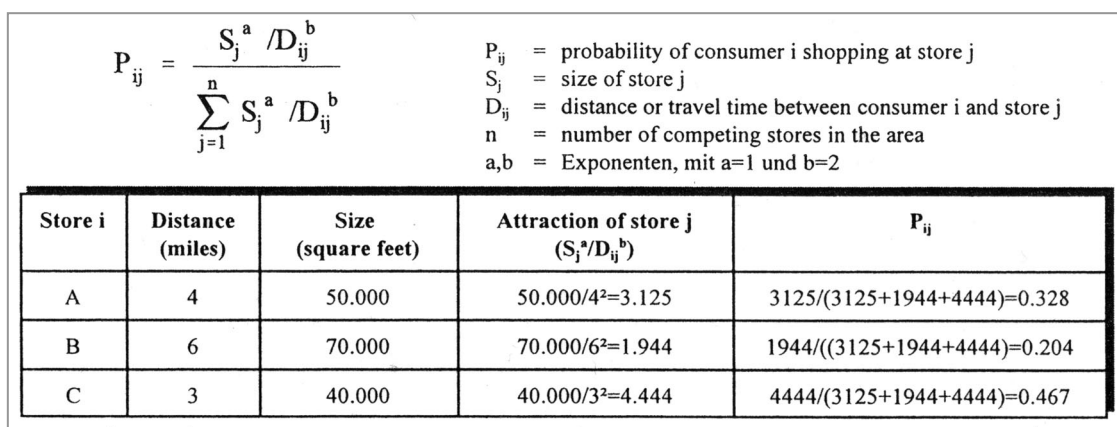
$\frac{U_{(A)}}{U_{(B)}} = \left(\frac{P_{(A)}}{P_{(B)}} \right)^N \times \left(\frac{d_{(B)}}{d_{(A)}} \right)^n$	<ul style="list-style-type: none"> $U_{(A)}$ = Umsätze in der Stadt A von Konsumenten aus C $U_{(B)}$ = Umsätze in der Stadt B von Konsumenten aus C $P_{(A)}$ = Bevölkerungszahl in A $P_{(B)}$ = Bevölkerungszahl in B $d_{(A)}$ = Entfernung zwischen C und A $d_{(B)}$ = Entfernung zwischen C und B
--	--

(Quelle: BIENERT 2007, S. 130)

Der Unterschied zwischen Interaktions- und Potenzialansatz bei der Standortanalyse besteht darin, dass bei Interaktionsmodellen die Wechselwirkung zwischen jeweils zwei Orten untersucht wird, wogegen sich das Potenzialmodell nur auf den Einfluss eines Ortes innerhalb einer vordefinierten Umgebung bezieht (HERBST 2006). Durch die Beschränkung auf zwei Anbieter mangelt es dem Ansatz von *Reilly* an Anwendbarkeit auf

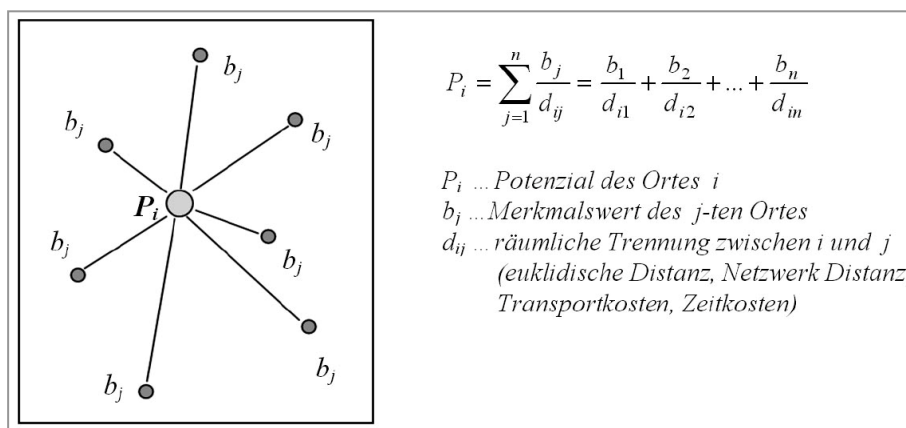
innerstädtische Gebiete, in denen Nutzer zwischen einer größeren Anzahl an Anbietern wählen können. Huff entwickelte in den 60er Jahren einen Ansatz, der es ermöglichte, simultan die Marktgebiete mehrerer Anbieter durch Berechnung von Nutzungswahrscheinlichkeiten abzuschätzen. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Nutzer einen Anbieter wählt, steigt dabei mit zunehmender Attraktivität des Anbieters und geringerer Entfernung zum Nutzer (vgl. Abb. 8) (BIENERT 1996). Der probabilistische Modellansatz von Huff wird auch als Potenzialansatz bezeichnet (LÖFFLER 1999).

Abb. 8: Potenzialansatz nach Huff



(Quelle: BIENERT 2007)

Abb. 9: Potenzialmodell zur Standortbewertung



(Quelle: HERBST 2007)

HERBST 2006 stellt in seiner Arbeit ein allgemeingültiges Potentialmodell zur Bewertung eines Standortes anhand seines Nutzerpotenzials unabhängig von konkurrierenden Anbietern dar. Auch hier fließen Attraktivitätsparameter (b_j), die in der Regel durch die Bevölkerungszahl ausgedrückt werden, und die räumlichen Trennungen zwischen den Orten in die Berechnung mit ein (vgl. Abb. 9). Die Arbeit von Herbst zeichnet sich besonders durch die automatisierte Umsetzung einer flexiblen Distanzgewichtung bei der Potenzialberechnung aus. Dieser Ansatz erscheint besonders zweckmäßig,

wenn beispielsweise eine neue Arztpraxis eröffnet werden soll, wofür mehrere alternative Standorte zur Verfügung stehen. Der Standort mit dem größten Potenzial könnte so ermittelt werden.

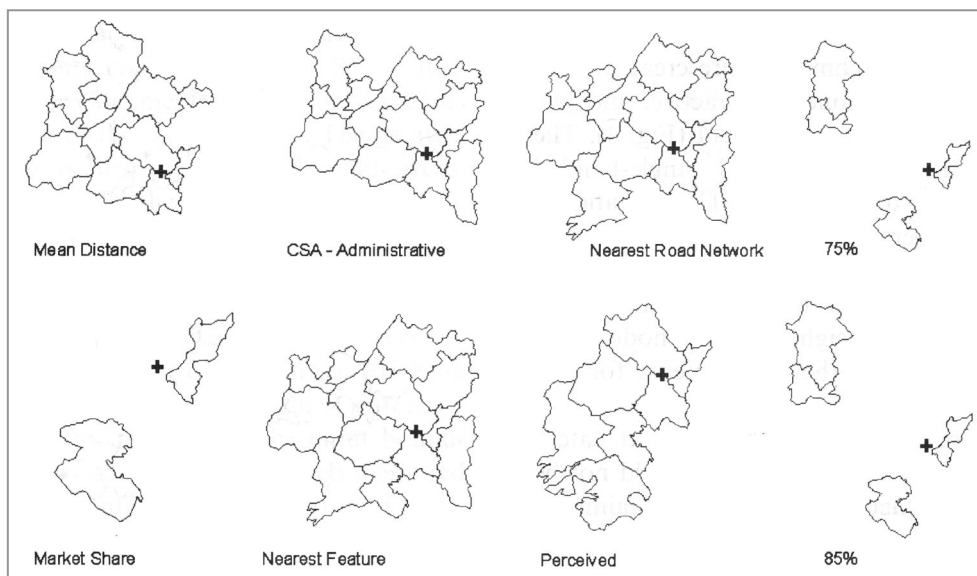
Einzugsgebiete von Arztpraxen auf Basis theoretischer Modelle abzuschätzen ist grundsätzlich eine schwierige Aufgabe. Viele Kriterien der Arztwahl können von diesen Ansätzen nicht erfasst werden. Anbieter von Gesundheitsdiensten haben natürliche Einzugsgebiete, die sich gegenseitig, gerade im urbanen Raum, erheblich überlappen. Eine randscharfe Abgrenzung, wie sie in GIS durch die Berechnung von Thiessen-Polygonen erreicht werden könnte, ist demnach nicht sinnvoll. Eine Möglichkeit die natürlichen Einzugsgebiete zu modellieren liegt in der Auswertung bestehender Patienten-Adress-Dateien. Geokodiert man die Adressen aller Patienten einer Arztpraxis und stellt sie auf einer Karte dar, werden in der Regel Ausreißer ersichtlich, die besonders weit entfernt wohnen. So bleiben beispielsweise viele Patienten ihren vertrauten Ärzten auch nach einem Umzug, durch den sie eine viel größere Distanz überwinden müssen, treu. Da diese Ausreißer nicht typisch sind und durch kein vergleichbares Modell abgebildet werden können, definiert man als Einzugsgebiet meistens den Raum, in dem 80 oder 90 % der nächstliegenden Patienten wohnen (CROMLEY & MCLAFFERTY 2002). An solche Daten ist in der Regel nur sehr schwer heranzukommen. Sie liegen in Deutschland derzeit als weitgehend ungehobener Datenschatz bei den Kassenärztlichen Vereinigungen vor und sind öffentlich nicht zugänglich.

Die meisten bestehenden Ansätze im Gesundheitsbereich beschränken sich auf die Abgrenzung von Einzugsbereichen von Krankenhäusern und verwenden dazu Reisezeiten, wie die Studie von SCHUURMAN et al. 2006 für ländliche Gebiete in British Columbia (Kanada). Auch für die Verwendung der Reisezeit gibt es unterschiedliche Ansätze. In einer Dissertation zur GIS-basierten Einzugsbereichs-Berechnung für Bahnhaltstellen untersucht JERMANN 2004 vier verschiedene Methoden. Die Ringbuffer-Methode, die über die euklidische Distanz berechnet wird, und drei Methoden, die über das Fußwegenetz ermittelt werden (Isozonen, Wegbuffer und Zugangsmatrix). Mit der Zugangsmatrix berechnet er für jedes einzelne Gebäude die exakte Zugangszeit. Die anderen drei Methoden werden anhand der Abweichung von den Ergebnissen der Zugangsmatrix bewertet. JERMANN 2004 kommt zu der Beurteilung, dass unter Betrachtung von Aufwand, Nutzen und Qualität der Ergebnisse die Isozonen-Methode die zweckmäßigste Vorgehensweise darstellt.

SHORTT et al. 2005 testen acht verschiedene Methoden zur Abgrenzung von Einzugsbereichen von Arztpraxen in Nordirland. Wie in Abbildung 10 zu sehen führt fast

jede Methode zu unterschiedlichen Ergebnissen, wodurch die Schwierigkeiten dieser Aufgabenstellung deutlich werden.

Abb. 10: Verschiedene Methoden zur Abgrenzung von Einzugsgebieten

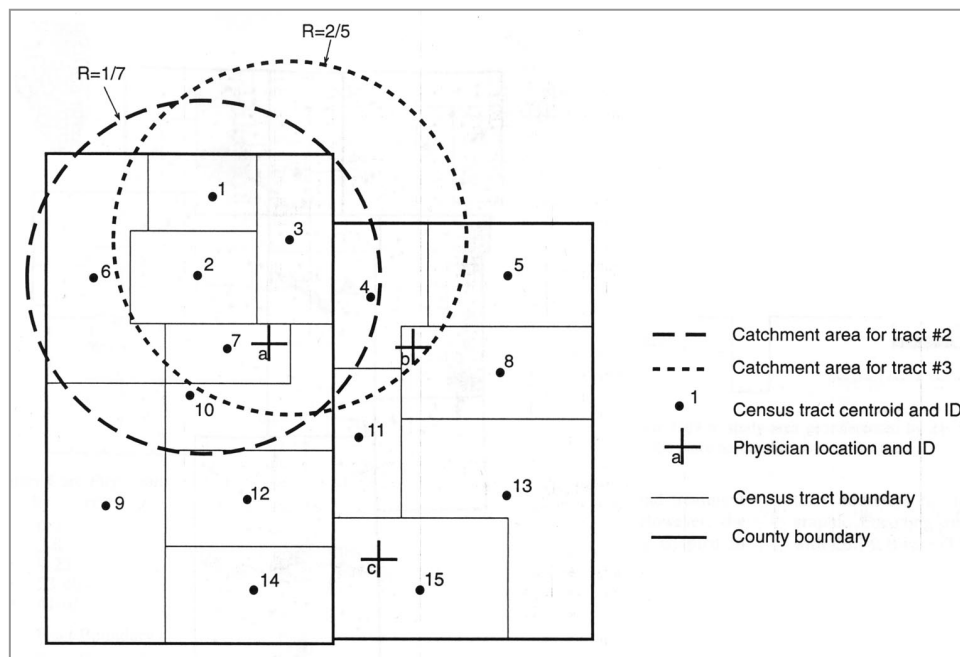


(Quelle: SHORTT et al. 2005)

Ein interessanter Ansatz, der sich zur Quantifizierung der Versorgungssituation durch ambulant tätige Ärzte eignet und auf kleinräumiger Modellierung von Einzugsgebieten basiert, wird von LUO 2004 vorgestellt. Ihr geht es dabei um die Verbesserung der häufig verwendeten Einwohner-Anbieter-Relationen für den urbanen Raum. Sie verwendet die Zentroiden kleinräumiger Bevölkerungseinheiten und erstellt um sie ein kreisförmiges Einzugsgebiet anhand einer vorher definierten euklidischen Distanz. Innerhalb dieser Einzugsgebiete kann die Anzahl vorhandener Ärzte der Anzahl der enthaltenen Bevölkerungs-Zentroide gegenübergestellt werden (vgl. Abb. 11).

LUO 2004 bezeichnet diesen Ansatz als *floating catchment method*. Der Vorteil liegt in der deutlich kleinräumigeren Aussage der berechneten Verhältniszahlen. Gegenüber administrativen Einheiten macht das Einzugsgebiet auch nicht an starren Grenzen halt. Problematisch ist, dass im speziellen dargestellten Fall die Bevölkerungseinheiten möglichst gleich groß sein müssen, um genügend Aussagekraft zu haben. Auch die Modellierung der Einzugsgebiete anhand der euklidischen Distanz ist diskussionswürdig. Die Verwendung von Netzwerkentfernungen und exakten Einwohnerzahlen mit diesem Ansatz ist aber denkbar.

Abb. 11: Floating Catchment Method nach Luo



(Quelle: LUO 2004)

4.3 Berechnung von Nutzungswahrscheinlichkeiten

CROMLEY & MCLAFFERTY 2002 greifen den Potenzialansatz nach Huff auf und verwenden ihn, in etwas modifizierter Form, um den potenziellen Zugang zu der Gesamtheit an Gesundheitsversorgern in einem Untersuchungsgebiet zu modellieren. Durch das Modell soll die Tatsache berücksichtigt werden, dass eine Reihe weiterer Faktoren, neben der Distanz und der Auslastung, für die individuelle Arztwahl ausschlaggebend sind. Letztendlich soll dadurch eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit ermöglicht werden, mit der ein Individuum von seinem Wohnort ausgehend eine Gesundheitseinrichtung aufsucht. Der Nutzwert U_{ij} einer Einrichtung j für Anwohner des Bevölkerungsstandortes i kann danach mit folgender Formel berechnet werden:

$$U_{ij} = \prod_k (A_{kj}^{b_k}) / d_{ij}^{b_{k+1}}$$

Dabei steht das d_{ij} für die Distanz oder Reisezeit zwischen den Punkten i und j . Das k steht für alle anderen Attribute, die für die Arztwahl entscheidend sind und in die Berechnung mit einbezogen werden können. Die Variable A_{kj} beschreibt die Attraktivität der Einrichtung j , die sich aus den Attributen k ergibt. Wird der potenzielle Nutzwert U_{ij} für alle verfügbaren Einrichtungen eines Untersuchungsgebietes ermittelt, kann mit der einfachen Formel $I_{ij} = U_{ij} / \sum U_{im}$ die potenzielle Wahrscheinlichkeit I_{ij} berechnet werden, mit der eine bestimmte Einrichtung besucht wird. Der Nutzwert einer Einrich-

tung wird dabei durch den gesamten Nutzwert aller Einrichtungen dividiert. Die Ergebnisse können in eine Rangfolge gebracht werden. Die Einrichtung mit dem größten I_{ij} hat dabei die größte Wahrscheinlichkeit, vom untersuchten Bevölkerungsstandpunkt aus besucht zu werden (CROMLEY & MCLAFFERTY 2002).

Ein Problem dieses Ansatzes liegt sicherlich in der Schwierigkeit, verlässliche Variablen zu definieren, die für die Arztwahl entscheidend sind und somit zur Berechnung des Attraktivitätsparameters herangezogen werden können. Der Mensch ist ein Individuum und verschiedene Individuen entscheiden anhand verschiedener Kriterien, welchen Arzt sie aufsuchen. Selbst wenn man sich auf Attribute geeinigt hat, wie beispielsweise die Qualität der zu erwartenden Behandlung, ist es fraglich, ob geeignete Daten zur Einschätzung der Behandlungsqualität verfügbar sind, oder ob sie erhoben werden können. Unabhängig von der Frage der Verfügbarkeit gibt es weitere Indikatoren, die herangezogen werden können, um die Attraktivität eines Ärztestandortes zu beschreiben, wie bspw. die demographische Bevölkerungsstruktur. Je nach Fachgebiet des Arztes werden vornehmlich bestimmte Altersgruppen als Patienten angesprochen. Ein Kinderarzt besitzt in einem Gebiet, in dem wenige Kinder wohnen, für die meisten Einwohner weniger Anziehungskraft, als ein Internist in einem Gebiet, in dem überdurchschnittlich viele ältere Einwohner leben.

Ein anderer möglicher Indikator wäre die Sozialstruktur. Der Zugang zur Gesundheitsversorgung hat für die Patienten auch einen finanziellen Aspekt. So hat beispielsweise bereits die in Deutschland 2004 eingeführte Praxisgebühr von 10,- EUR zu einem dauerhaften Rückgang der Innanspruchnahme von Leistungen geführt (KOCH & BRENNER 2005). Hier liegt die Vermutung nahe, dass der Rückgang bei Patienten mit geringen Einkommen stärker ausgeprägt ist.

Ebenfalls interessant ist die Arbeitsplatz- und Einzelhandelsdichte. Nicht jeder Arztbesuch findet ausgehend vom Wohnort statt. Häufig wird er eingebettet in den täglichen Aktionsradius. In Gebieten mit hoher Arbeitsplatzdichte, oder großem Einzelhandelsangebot können Ärzte mit einer zusätzlichen Anziehungskraft rechnen, die über die lokale Wohnbevölkerung hinausgeht.

Auch der Motorisierungsgrad und das Angebot des öffentlichen Verkehrs spielt eine Rolle. Je mobiler die Bevölkerung vor Ort ist, desto einfacher ist es für sie, weiter entfernt Ärzte aufzusuchen. Je höher also der lokale Motorisierungsgrad ist, oder je besser das Angebot des öffentlichen Nahverkehrs, umso geringer ist die Anziehungskraft von Ärzten in der näheren Umgebung.

5. Lösungsansatz

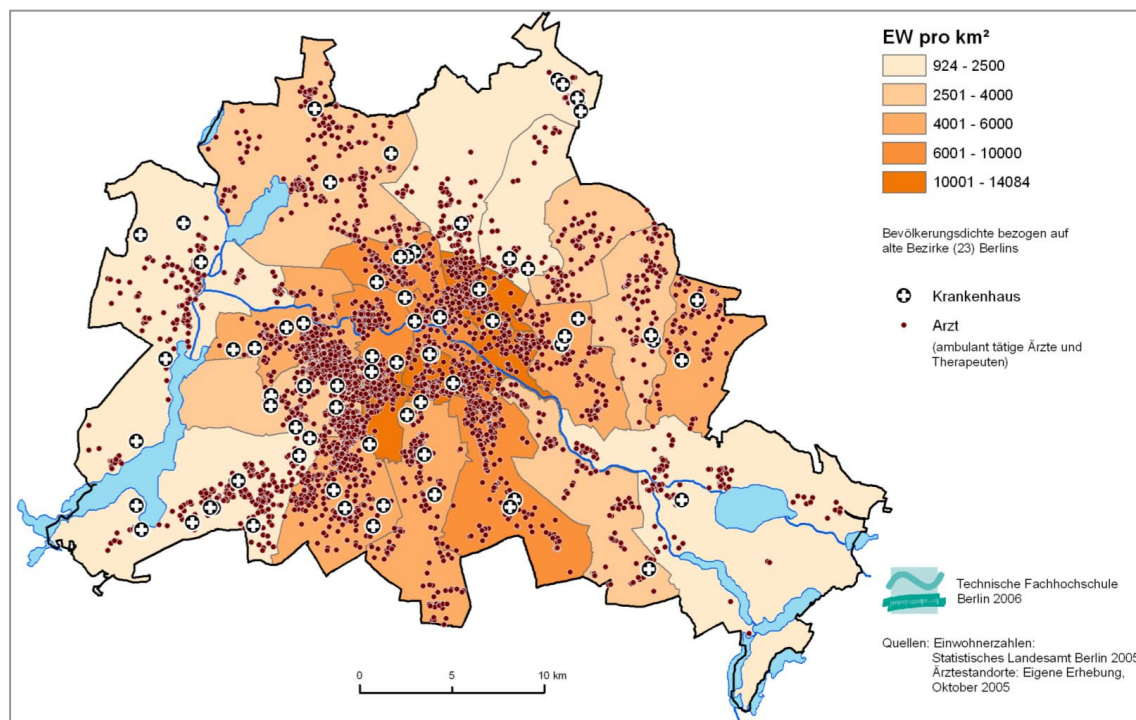
5.1 Datengrundlagen

Die vorliegende Master Thesis schließt inhaltlich an das in Kapitel 2.2 angesprochene Forschungsprojekt der TFH Berlin an und baut auf die dort erhobenen Daten auf (HENKE et. al. 2006, HENKE et. al. 2007). Um die räumliche Erreichbarkeit kleinräumig und detailliert zu modellieren, soll anders als im abgelaufenen Projekt auf einen Straßengraphen zurückgegriffen werden. Per Netzwerkanalyse können so bspw. Isozonen (Zonen gleicher Zeitdistanz) berechnet werden. Dieser Ansatz zur Modellierung von Einzugsgebieten ist heute nicht nur im Gesundheitsbereich geläufige Praxis und der Verwendung der euklidischen Distanz, oder der Berechnung von Einzugsgebieten durch Thiessen-Polygone vorzuziehen (STARK 2007). Um auch bei einer Gegenüberstellung der versorgten Wohnbevölkerung auf eine detailliertere und kleinräumigere Ebene zu gelangen, wird die Bevölkerungsstatistik auf Basis von Wohnblöcken an Stelle der im Forschungsprojekt genutzten Teilverkehrszellen verwendet.

5.1.1 Standorte ambulant tätiger Ärzte

Im Oktober 2005 wurden, innerhalb des Forschungsprojektes an der TFH Berlin, die Standorte aller ambulant tätigen Ärzte in Berlin adressgenau erfasst. Als Datenquelle diente das Online-Angebot zur Arzt- und Psychotherapeuten-Suche der KV Berlin (<http://www.kvberlin.de/60arztsuche/index.html>). Der dort integrierte Datenbestand basiert auf den Einträgen des Arztregisters der KV Berlin und des Melderegisters der Ärztekammer Berlin. Er wird in der Regel wöchentlich aktualisiert. Anhand der hausnummerngenauen Adressen wurden die Arztstandorte automatisch geokodiert, so dass sie in einem GIS darstellbar sind (vgl. Abb. 12). Insgesamt wurden 8691 Ärzte verortet. Zusätzlich zu den Adressdaten wurden auch die Angaben zur jeweiligen Zugehörigkeit zu einer Facharztgruppe und zu Behandlungsschwerpunkten aufgenommen und gespeichert (vgl. Tab. 2). Auch eine Kennzeichnung der zu den Hausärzten zählenden Ärzte wurde vorgenommen (HENKE et al. 2007). Die hausärztliche Versorgung wird in Deutschland laut Bedarfsplanungsrichtlinien wahrgenommen von Allgemeinmedizern, Ärzten ohne Gebietsbezeichnung (Praktischer Arzt, Arzt), von Internisten ohne Schwerpunktbezeichnung und von Kinderärzten (ROSENBROCK & GERLINGER 2004, GEMEINSAMER BUNDESAUSSCHUSS 2007).

Abb. 12: Räumliche Verteilung der ambulant tätigen Ärzte in Berlin

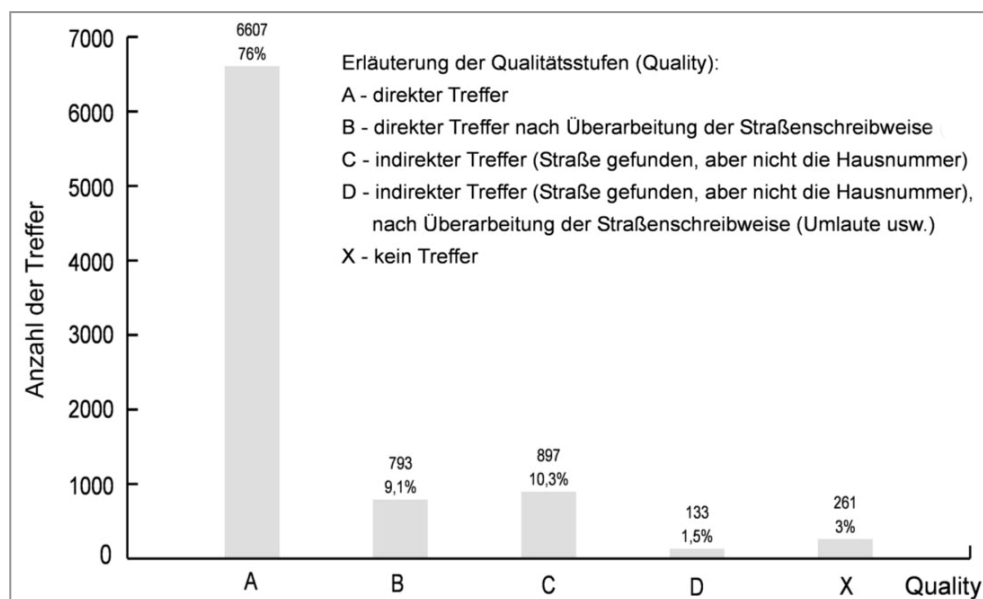


(Quelle: HENKE et al. 2007)

Tab. 2: Anzahl der Ärzte nach ausgewählten Fachgebieten

Fachgebiet	Anzahl Ärzte
Allgemeinmedizin	1.311
Psychiatrie und Psychotherapie	1.882
Innere Medizin	1.223
Frauenheilkunde	585
Kinderärzte	364
sonstige Fachgebiete	3.326
Gesamt	8.691
davon als Hausarzt definiert	2.774

Die Qualität von Geodaten sollte vor und während des Vorgangs ihrer Erfassung hinsichtlich ihrer Eignung und Zuverlässigkeit kritisch bewertet werden (BILL 1999), daher wurde die Qualität der Treffer bei der Geokodierung dokumentiert. Während der automatischen Geokodierung erkennt die Arbeitsroutine Fehler im Datensatz (Adressdubletten, keine Namensübereinstimmung, Hausnummern), die teilweise automatisch behoben oder mit räumlichen Filtern nachbearbeitet werden. Die Zuweisung der Gebäudekoordinaten erfolgt demnach mit unterschiedlichen Qualitätsmerkmalen, wie die Abbildung 13 zeigt. Die Daten der letzten Qualitätsstufe („X“), die nicht automatisch mit ihren entsprechenden Koordinaten versehen werden konnten, wurden abschließend auf der Basis von digitalen topographischen Karten digitalisiert (HENKE et al. 2007).

Abb. 13: Qualitätsstufen bei der Geokodierung

(Quelle: HENKE et al. 2007)

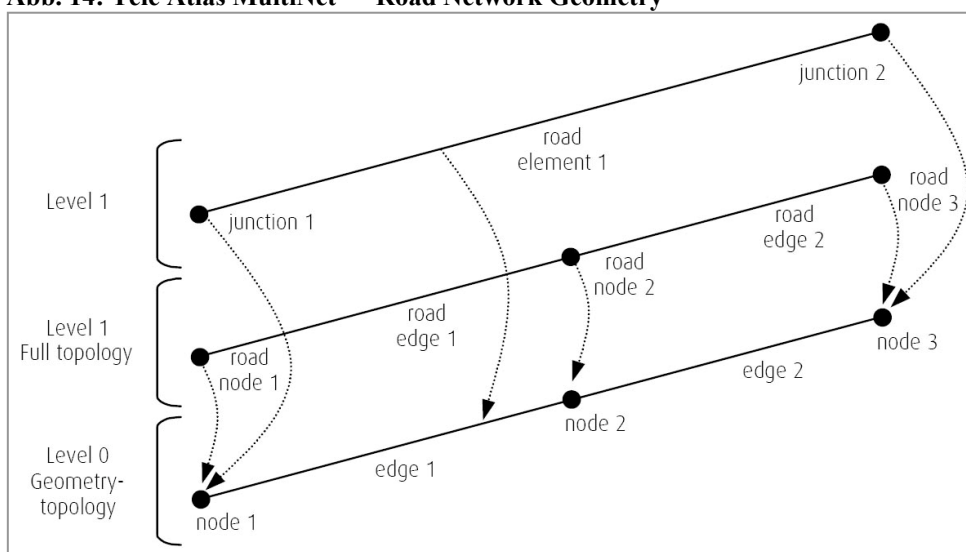
Die Arztstandorte sind zum Zeitpunkt der Erstellung der Master Thesis bereits vor etwas mehr als zwei Jahren erhoben worden. In Kapitel 2.1 wurde diskutiert, dass in den letzten Jahren eine verstärkte Ärztwanderung zu beobachten war. Es wurde aber auch darauf hingewiesen, dass diese nicht so stark ausgefallen sind, wie es nach dem Wegfall der bezirksweiten Zulassungsgrenzen zu erwarten gewesen wäre. Im Herbst 2007 wurden die Daten an der TFH Berlin exemplarisch für die Gruppe der Kinderärzte auf ihre Aktualität überprüft. Danach sind von einem Ausgangsdatensatz von 364 Kinderärzten 17 Ärzte innerhalb dieser zwei Jahre umgezogen. Das macht einen Umzugsanteil von 4,7 % aus. Dazu kommen 20 Kinderärzte, die ihre Praxis geschlossen haben, ohne dass sie von einem Nachfolger weitergeführt wurde. Genauso viele Kinderärzte haben eine neue Praxis eröffnet. Der gesamte Veränderungsanteil gemessen am Ausgangsdatensatz macht demnach ca. 10 % aus. Das ist für einen Zeitraum von zwei Jahren sicher nicht wenig. Da die vorliegende Arbeit einen methodischen Schwerpunkt hat, und der Zeitaufwand für eine aktuelle Erhebung und Geokodierung erheblich wäre, wird den Analysen der Datensatz von Oktober 2005 zugrunde gelegt. Der Zeitpunkt der Datenerhebung sollte aber nie aus den Augen verloren werden. Tendenzen zur Unterversorgung, besonders in sozial schwachen Bezirken, könnten sich seitdem noch verschärft haben. Im Mittelpunkt der Arbeit liegt aber nicht die inhaltliche Diskussion der Ergebnisse für Berlin, sondern die Besprechung und Evaluierung geeigneter Methoden zur Untersuchung der Versorgungssituation im Gesundheitsbereich.

5.1.2 Straßendaten

Die Erreichbarkeit von Arztpraxen in Berlin soll auf Basis realistischer Wegdistanzen, bzw. ausgehend davon durch die Modellierung von Reisezeiten, quantifiziert werden. Dazu ist eine Netzwerkanalyse auf Basis eines kompletten Straßengraphen von Berlin notwendig. Die Netzwerkanalyse ist wichtiger Bestandteil von Analysen im Bereich Transport und Verkehr, der heute zu den bedeutendsten und am weitesten verbreiteten GIS-Anwendungen gehört und üblicherweise mit *GIS-T* gekennzeichnet wird (FISCHER 2003). „*Transportation applications of GIS have become increasingly popular in recent years, so much so that they are now routinely referred to by the acronym GIS-T...*“ (WATERS 2005, S. 827). Daneben werden aber auch Netzwerke für die Strom-, Wasser- oder Gasversorgung aufgebaut.

Der Netzwerkanalyse liegt die Graphentheorie zugrunde, die hier nicht ausführlich abgehandelt werden soll, aber an anderer Stelle nachgelesen werden kann (DIESTEL 2000, BISCHOF & FISLER 2006). Graphen bestehen im Wesentlichen aus Kanten (edges), denen im Straßennetzwerk Straßenabschnitte entsprechen, und Knoten (nodes), die die Kanten miteinander verbinden. Jede Kante muss in einem Knoten beginnen und enden, dadurch wird die topologische Konsistenz garantiert. Der Verkehrsfluss auf den Kanten wird an den Knoten auf den nächsten Kanten übertragen. Fließrichtungen, wie sie bei einem Straßennetzwerk mit Einbahnstraßen und Abbiegeregeln erforderlich sind werden für jede Kante vermerkt. Mittels Barrieren auf Knoten oder Kanten kann der Fluss durch bestimmte Abschnitte vollständig unterbrochen werden (KOLLER 2006, LONGLEY et al. 2005).

Abb. 14: Tele Atlas MultiNet® – Road Network Geometry

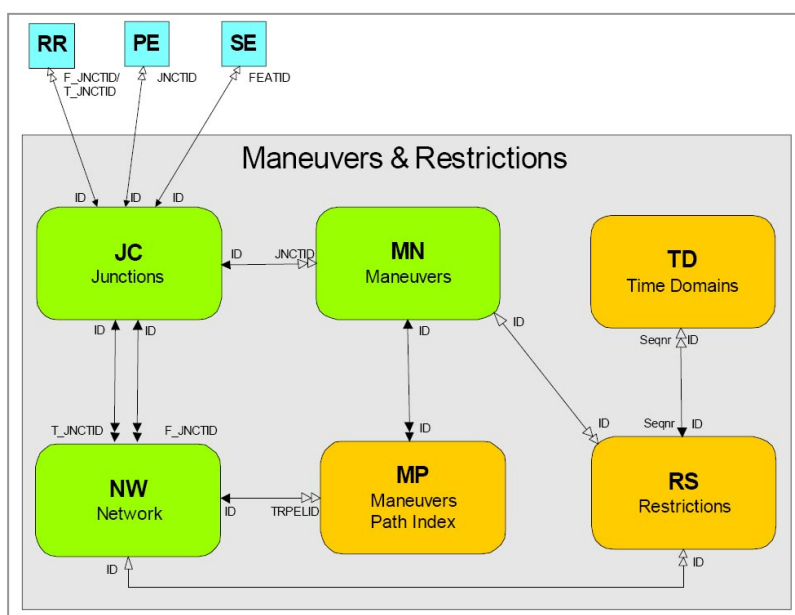


(Quelle: TELE ATLAS 2007a)

Zum Aufbau eines Straßennetzwerkes für Berlin im Rahmen dieser Master Thesis wurden Straßendaten von der Firma Tele Atlas zu vergünstigten Konditionen bereitgestellt. Tele Atlas ist innerhalb Europas führender Anbieter von Straßendaten für Navigationszwecke. Bei den zur Verfügung gestellten Daten handelt es sich um den MultiNet[®] Datensatz im *ShapeFile*-Format in der Version 4.3.2.1 mit Stand vom Oktober 2007. Die MultiNet[®] Daten werden vierteljährlich aktualisiert. Es handelt sich um einen sehr komplexen Datensatz, der extra für die Modellierung von Straßennetzwerken konzipiert wurde und auf dem Knoten- und Kanten-Modell basiert (vgl. Abb. 14).

Zusätzlich zum eigentlichen Straßennetz enthält der MultiNet[®] Datensatz eine Vielzahl von Tabellen, die sämtliche Informationen enthalten, die mit dem Straßennetz in Verbindung gebracht werden können. Bspw. ist es möglich, die erlaubten Manöver der Verkehrsteilnehmer auf dem Straßennetz zu modellieren, indem die exakte Position der Verkehrsschilder sowie deren Bedeutung für die betroffenen Verkehrsteilnehmer vermerkt sind (KOLLER 2006). Im Relationalen Datenmodell zum Datensatz ist aufgezeigt, wie die einzelnen Tabellen mit dem Straßennetz verbunden sind (vgl. Abb. 15).

Abb. 15: Ausschnitt aus dem Relationalen Datenmodell von Tele Atlas MultiNet[®]

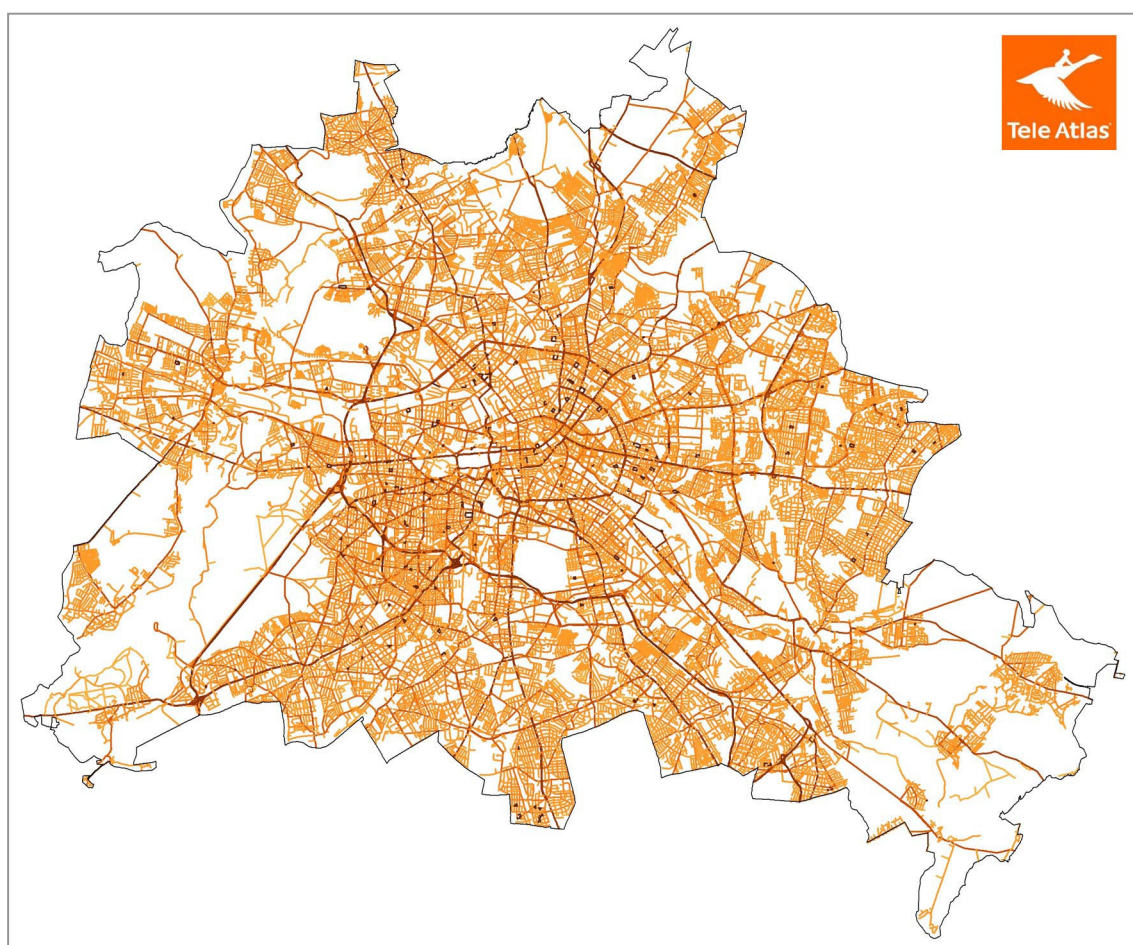


(Quelle: TELE ATLAS 2007b)

Dadurch ist es möglich ein realitätsnahes Straßennetz aufzubauen, in dem erlaubte Fahrrichtungen, Abbiegeregeln, Geschwindigkeitsbegrenzungen und alle weiteren Restriktionen, die dazu notwendig sind modelliert werden können. Ein wesentlicher Vorteil des MultiNet[®] Datensatzes im Vergleich zu anderen Straßendaten liegt in der verfügbaren Information zu durchschnittlichen Reisezeiten für jeden Straßenabschnitt. Häufig werden Reisezeiten in einem hierarchisch strukturierten Straßennetz auf Basis

von Durchschnittsgeschwindigkeiten für die einzelnen Straßenklassen berechnet. Die Informationen zu Fahrzeiten im MultiNet[®] Datensatz sind detaillierter und realistischer, da sie auf einer Vielzahl weiterer Informationen beruhen, vielfach sogar auf Messungen (TELE ATLAS 2007b). Im Rahmen der vorliegenden Master Thesis war es nicht notwendig, den gesamten Informationsgehalt des Datensatzes zu nutzen, der neben den für das Straßennetz relevanten Daten auch administrative und geographische Einheiten sowie die Möglichkeit zur Geokodierung von Adressen auf Hausnummern-Basis bietet. In Abbildung 16 ist der komplette Network-Layer für Berlin abgebildet. Er besteht aus insgesamt 67.832 Straßenabschnitten (Kanten) und 48.175 Junctions (Knoten).

Abb. 16: Network-Layer - Tele Atlas MultiNet[®]



5.1.3 Regionales Bezugssystem und Einwohnerregisterstatistik

Das Land Berlin verfügt über ein digitales Verzeichnis von Raumreferenzen mit dem Namen Regionales Bezugssystem (RBS), in dem die topographischen Basiselemente Adresse, Block, Straße, Straßenabschnitt und Kreuzung gespeichert werden. Auch deren Zuordnung zu hierarchisch gegliederten allgemeinen Bezugsräumen, von den Bezirken bis hinunter zu Teilverkehrszellen, wird abgebildet. Zu jedem Raumbezug

gibt es die korrespondierende, zeitbezogene Geometrie. Darüber hinaus bietet das Amt für Statistik Berlin Brandenburg Standardauswertungen aus dem Einwohnerregister, in dem die melderechtlich registrierten Einwohner halbjährlich erfasst werden, für jeden Bezugsraum des RBS bis hinunter zu den Blöcken an. Weitere Erhebungsmerkmale wie Alter, Geschlecht und Staatsangehörigkeit sind darin enthalten (SLB 2001).

Für die vorliegende Master Thesis hat das Amt für Statistik Berlin-Brandenburg der TFH Berlin freundlicherweise umfangreiche Daten aus dem Einwohnerregister und dem RBS überlassen. Im Gegenzug dazu wird über die Ergebnisse der Arbeit in der Hauszeitschrift des Amtes berichtet werden. In Tabelle 3 sind die Daten des RBS aufgelistet, die für die Auswertungen inklusive der jeweils zugehörigen Daten aus dem Einwohnerregister mit Stand vom 30. Juni 2007 zur Verfügung stehen. Zu diesem Zeitpunkt waren in Berlin insgesamt 3.344.465 Einwohner registriert.

Tab. 3: Verfügbare Daten des Regionalen Bezugssystems Berlin

Bezugsraum	Anzahl Einheiten
Bezirke „neu“ (seit 1. Jan. 2001)	12
Bezirke „alt“ (bis 31. Dez. 2000)	23
Statistische Gebiete (STG)	195
Verkehrszellen (VKZ)	338
Teilverkehrszellen (TVZ)	883
Blöcke	15.101

Die Blöcke werden bei den geplanten Untersuchungen der zentrale Bezugsraum sein, da die Versorgungsanalyse auf einer möglichst kleinräumigen Basis erfolgen soll. Der in Kapitel 2.2 diskutierte derzeitige GIS-Ansatz der KBV verwendet PLZ-Gebiete als Bezugsgröße. Berlin ist in 190 PLZ-Gebiete aufgeteilt. Durch die Verwendung von mehr als 15.000 Blöcken und deren Einwohnerzahlen für die Analyse wird der kleinräumigere Ansatz gegenüber den bisherigen Lösungen ersichtlich. Hingewiesen werden muss jedoch auf die Besonderheiten dieses Datensatzes gegenüber den häufig verwendeten kleinräumigen Einwohnerstatistiken auf Rasterbasis, die für Berlin nicht verfügbar sind. Bereits in der Tabelle 4 ist ersichtlich, dass die Blöcke sehr inhomogen im Bezug auf die Anzahl an Einwohnern pro Einheit sind. Die Anzahl an Einwohnern pro Block schwankt im gesamten Datensatz zwischen 0 und 5.189. Nur 12.246 der gebildeten Blöcke sind überhaupt bewohnt. Aus Gründen der statistischen Geheimhaltung werden Blöcke und Merkmale, die weniger als 3 Personen beinhalten trotzdem auf 3 aufgerundet. So soll verhindert werden, dass einzelne Personen identifiziert werden können. Es gibt sicher auch bei Rasterstatistiken größere Schwankungen bei der Einwohnerzahl

einzelner Rasterzellen. Anders als bei diesen ist aber auch die Form und Größe der Blöcke verschieden, da sie durch das vorhandene Straßennetz begrenzt werden und somit „natürlich gewachsen“ sind.

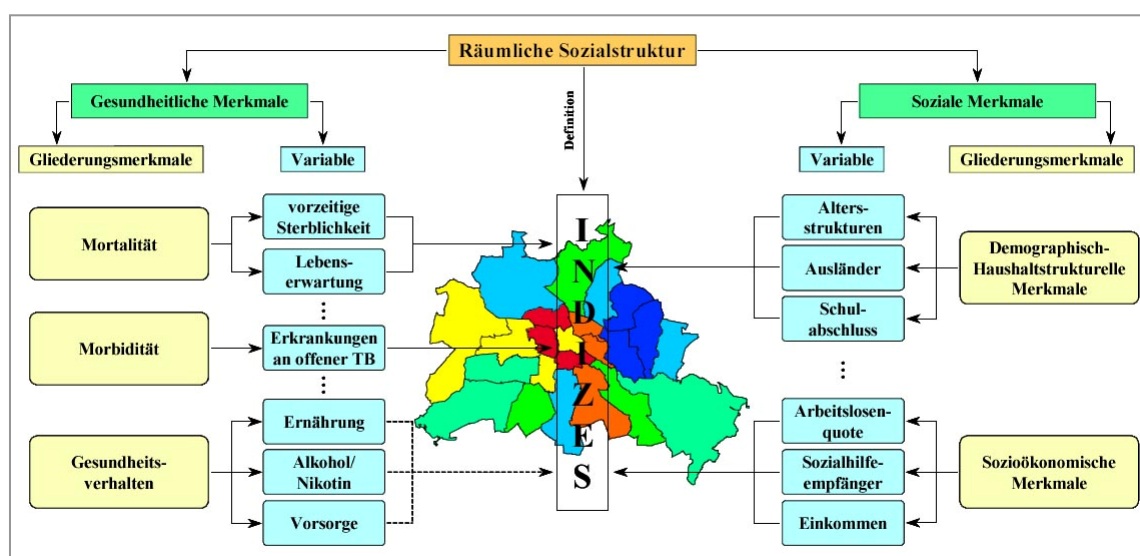
Tab. 4: Ausschnitt aus der Einwohnerregisterstatistik auf Blockbasis

Bezirk Stat. Gebiet Wohnblock	Ins- gesamt	Altersgruppe von ... bis unter ... Jahre								und zwar	
		unter 6	6-15	15-18	18-27	27-45	45-55	55-65	65 und mehr	Aus- länder	Männer
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
02 005 643	38	-	-	-	-	23	3	3	9	6	22
02 005 644	813	27	34	15	105	275	165	79	113	298	449
02 005 650	47	7	3	-	6	13	12	6	-	17	28
03 006 068	673	63	31	17	102	175	102	60	123	207	375
03 006 069	268	27	19	9	36	65	27	37	48	52	124
03 006 070	1 333	83	98	32	253	456	240	120	51	599	786
03 006 071	3 248	249	389	119	400	877	425	324	465	1 064	1 592
03 006 072	202	15	12	3	18	75	24	20	35	12	105

(Quelle: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg)

Neben der reinen Einwohnerstatistik sollen in der Arbeit Daten zur Sozialstruktur verwendet werden. Die Berliner Senatsverwaltung für Gesundheit, Soziales und Verbraucherschutz gibt in unregelmäßigen Abständen einen Sozialstrukturatlas als Instrument zur quantitativen und interregionalen Sozialraumanalyse heraus. Die letzte Ausgabe ist von 2004 und bezieht sich auf das Jahr 2003. Für die Ebene der alten Berliner Bezirke werden darin Sozialstrukturindizes auf Basis multipler Faktorenanalysen ermittelt (MEINLSCHMIDT 2004). In Abbildung 17 wird die Bandbreite der verwendeten Variablen ersichtlich.

Abb. 17: Multifaktorenanalyse zur Sozialstrukturberechnung



(Quelle: MEINLSCHMIDT 2004)

Die kleinräumigste Ebene, für die Sozialindizes berechnet werden, sind die Verkehrszellen, die für die Verkehrsplanung geschaffen wurden. Viele der auf Bezirksebene vorhandenen Variablenwerte stehen für diese kleinräumigen Einheiten nicht zur Verfügung. Daher besteht der Variablenkatalog zur Berechnung eines Sozialstrukturindex auf der Ebene der Verkehrszellen lediglich aus den vier Variablen Arbeitslosenquote, Sozialhilfeempfängeranteil, Anteil der jungen erwachsenen Personen und Ausländeranteil. Per Faktorenanalyse wurde so ein Index berechnet, der die soziale Belastungssituation widerspiegeln soll. Die ermittelten Werte weisen eine hohe Korrelation mit den Berechnungen auf Bezirksebene auf und können in eine Rangfolge gebracht werden. Zur besseren Veranschaulichung wurden die Indexwerte einer gleichverteilten Schichtung unterzogen, wobei sieben Schichten definiert wurden. Index-Schicht 1 spiegelt dabei eine günstigste Sozialstruktur wider und Index-Schicht 7 eine ungünstigste (MEINLSCHMIDT 2004). Abbildung 19 (S. 44) zeigt die räumliche Verteilung der Sozialstruktur.

5.2 Werkzeuge (Software) und Raumbezug

Zur Implementierung der Daten und für die weiteren Analyseschritte wird die Software *ArcGIS* verwendet. Die Software bietet alle notwendigen Werkzeuge, die im Verlauf der Arbeit benötigt werden. Angefangen bei Möglichkeiten, den geeigneten Raumbezug herzustellen, über verschiedene Verfahren aus dem Bereich *Geoprocessing* zum Aufbereiten und Analysieren von Daten, bis hin zur Visualisierung. Insbesondere im Bereich der Netzwerke bietet *ArcGIS* mit der Extension *Network Analyst* ein Werkzeug, mit dem sich der Aufbau des Straßennetzwerkes und die notwendigen Netzwerkanalysen komfortabel umsetzen lassen. An der TFH Berlin steht zur Bearbeitung *ArcGIS 9.2* im vollen Funktionsumfang mit dem Lizenzstyp *ArcInfo* zur Verfügung.

Die amtlichen Abbildungskordinaten in Berlin sind die Soldner-Koordinaten, denen das so genannte Netz 88 mit dem Datum DHDN (Deutsches Hauptdreiecksnetz) als offizielles Bezugssystem zugrunde liegt. „Das Netz 88 für Berlin bezieht sich auf den Datumspunkt Müggelberg und ist in neuerer Fassung um false_easting- und false_northing-Verschiebungen modifizierte worden, damit die Koordinatenwerte in Berlin alle positiv sind.“ (FLACKE & KRAUS 2003, S. 121). Das Landeskoordinatensystem Soldner-Berlin (neu) mit dem EPSG-Code 3068 wird in Berlin für großmaßstäbige topographische und statistische Karten und in der Kataster- und Ingenieur-Vermessung verwendet. Auch die Geometrie der Daten des RBS liegt in diesem System vor. Alle

übrigen Datengrundlagen wurden mit *ArcGIS* in dieses Koordinatensystem überführt. In *ArcGIS* findet man die Soldner-Projektion unter dem Namen Cassini. Standardmäßig gibt es allerdings kein vordefiniertes Koordinatensystem, das Cassini verwendet. Auf der ESRI-Deutschland-Homepage stehen aber begleitend zum Buch von FLACKE & KRAUS 2003 PRJ-Dateien zum Download bereit. Soldner-Berlin ist hier definiert als *Netz88 DHDN C.prj*. Wie im Ausschnitt in der Abbildung 18 zu erkennen passen die einzelnen Datensätze im neuen Koordinatensystem ausgezeichnet zusammen, so dass von einer ausreichenden Lagegenauigkeit für die Analysen ausgegangen werden kann.

Abb. 18: Datensätze im Landeskoordinatensystem Soldner-Berlin (neu)



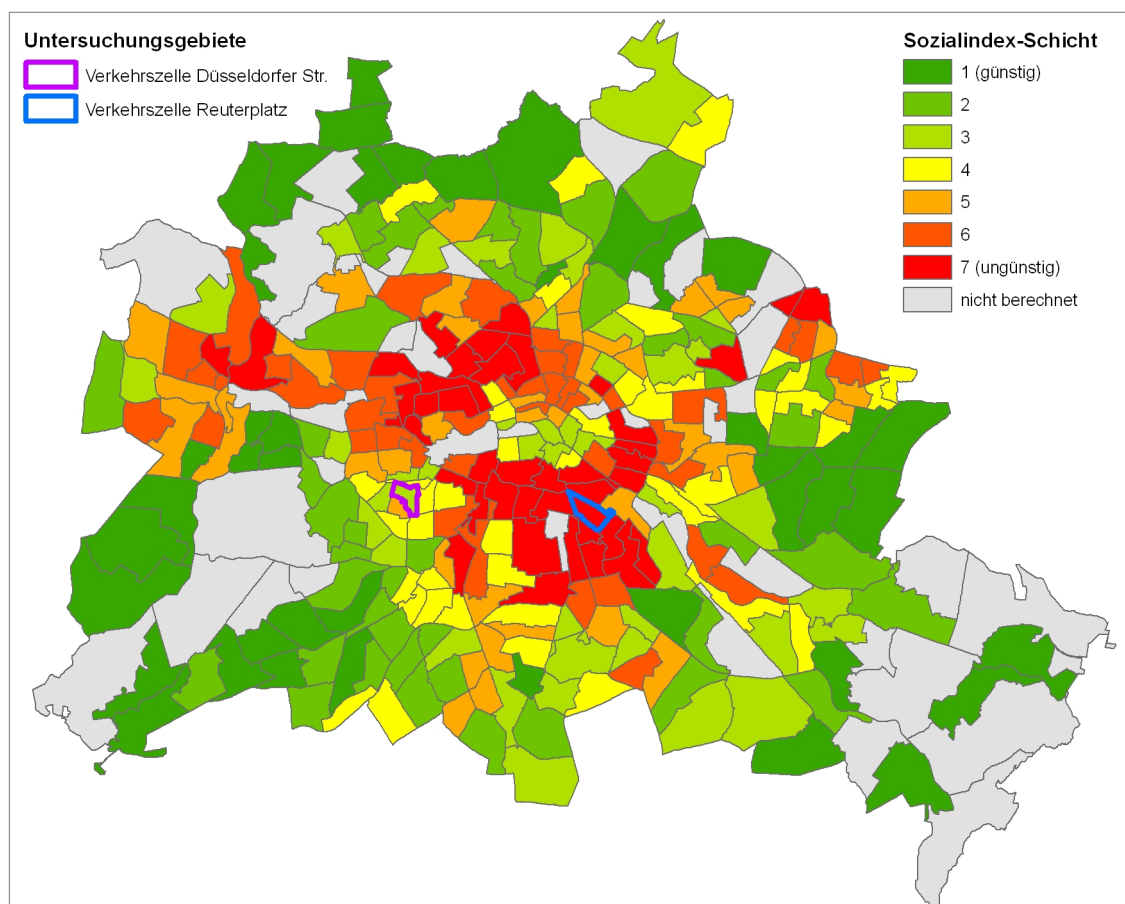
(eigene Abb., Datenquellen: KBV, Tele Atlas, Amt für Statistik Berlin Brandenburg)

5.3 Untersuchungsgebiete

Wegen des enormen Rechenaufwandes für die Umsetzung besonders eines Verfahrens und dem grundsätzlich methodischen Ansatz der Arbeit wird darauf verzichtet, jede Methode auf den gesamten Stadtraum für Berlin anzuwenden. Um dennoch eine inhaltliche Auswertung der Ergebnisse zu ermöglichen, sollen alle Verfahren auf zwei Untersuchungsgebiete angewendet werden, die dann miteinander verglichen werden können. Vor dem Hintergrund der bereits thematisierten einsetzenden Ärztwanderung in Berlin zu Ungunsten so genannter Problembezirke erscheint es sinnvoll, zwei Untersuchungsgebiete mit möglichst unterschiedlicher Sozialstruktur auszuwählen, um zu überprüfen, ob Disparitäten in der ambulanten ärztlichen Versorgung mit sozialen Disparitäten korrelieren könnten. Es wird dabei von der Hypothese ausgegangen, dass bei vergleichba-

ren innerstädtischen Gebieten solche mit einer ungünstigen Sozialstruktur und damit einem negativen Image weniger gut mit ambulanten Ärzten versorgt sind als Gebiete mit einem positiven Image. Die auszuwählenden Gebiete sollen hinsichtlich ihres städtebaulichen Charakters und Verdichtungsgrades möglichst ähnlich sein, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die Verkehrszellen als kleinräumigste Einheit, für die ein Sozialstrukturindex berechnet wurde, stellen auch für die vorliegende Thematik einen geeigneten Untersuchungsraum, da bei ihrer Abgrenzung Kriterien wie eine einheitliche Nutzungsstruktur und ähnliche räumliche Ausdehnung berücksichtigt wurden (MEINLSCHMIDT 2004). Wie in der Abbildung 19 ersichtlich ist, weist die Sozialstruktur in Berlin ein Peripherie-Zentrum-Gefälle auf. Verkehrszellen mit der günstigsten Sozialstruktur befinden sich praktisch ausschließlich in den äußeren Bezirken, wogegen ungünstige Sozialstruktur besonders in den innerstädtischen Gebieten zu finden ist.

Abb. 19: Untersuchungsgebiete und Sozialindex der Verkehrszellen

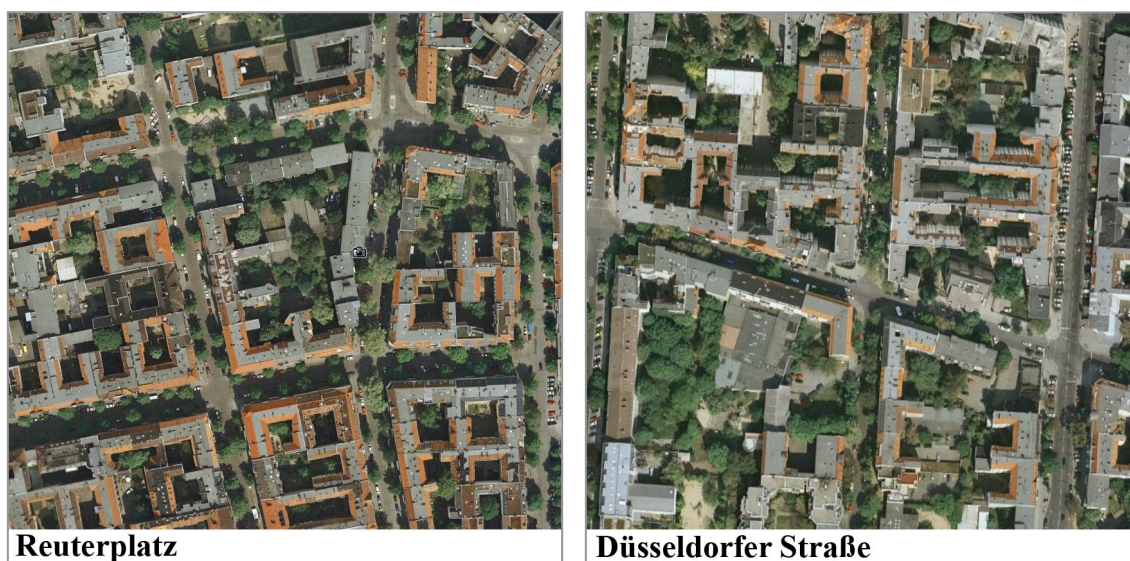


(eigene Abb., Datenquelle: Amt für Statistik Berlin Brandenburg)

Trotzdem gibt es hoch verdichtete innerstädtische Verkehrszellen mit einer eher günstigen Sozialstruktur. Der alte Bezirk Wilmersdorf, in der Nähe des West-Berliner Zentrums um den Bahnhof Zoologischer Garten, gilt heute als eher bürgerlicher Wohnbezirk. In ihm finden sich Verkehrszellen der Sozialindex-Schichten 2 bis 5. Ein beson-

ders gutes Image haben dabei die Gebiete direkt südlich der Flaniermeile Kurfürstendamm. Als Untersuchungsgebiet mit eher günstiger Sozialstruktur wird hier die Verkehrszelle Düsseldorf Straße mit der Sozialindex-Schicht 3 verwendet. In ihr wohnen 18.414 Einwohner auf einer Fläche von 62,69 Ha, was einer Einwohnerdichte von ca. 294 Einwohnern pro Hektar entspricht. Dem gegenübergestellt werden sollen die Ergebnisse für eine Verkehrszelle des Bezirkes Neukölln an der Grenze zum Bezirk Kreuzberg. Beide Bezirke weisen überwiegend Verkehrszellen mit der niedrigsten Sozialstruktur auf. Neukölln hat dazu ein schlechtes Image. In der Verkehrszelle Reuterplatz wohnen 33.966 Einwohner auf einer Fläche von 89,32 Ha. Das macht eine Einwohnerdichte von 380 Einwohnern pro Hektar aus. Damit ist die Einwohnerdichte hier höher, was für eine ungünstige Sozialstruktur aber typisch ist, da sie meist mit geringerer Wohnfläche pro Kopf einhergeht. Von ihrem städtebaulichen Charakter sind die beiden Verkehrszellen vergleichbar, wie die Abbildung 20 verdeutlicht!

Abb. 20: Ausschnitt der Untersuchungsgebiete in Google Earth



(Datenquelle: Google Earth)

5.4 Methodik

In Kapitel 4.1 wurden vier Kategorien von Methoden zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit voneinander abgegrenzt. Im Rahmen der Arbeit soll für jede Kategorie eine Methode entwickelt werden, die sich zur Analyse der Situation in Berlin eignet und für welche die erforderliche Datengrundlage zur Verfügung steht. Einige der diskutierten Methoden können dabei nicht eins zu eins übertragen werden, sondern müssen auf die spezielle Situation in Berlin, oder an die verfügbaren Daten angepasst bzw. weiterentwickelt werden.

Um die Ergebnisse der jeweiligen Berechnungen miteinander vergleichen zu können, sollen sie sich jeweils auf die Berliner Blöcke als Bezugsgröße beziehen. Jede angewandte Methode soll einen Wert, der als Versorgungsindikator bezeichnet wird, für jeden bewohnten Block in den Untersuchungsgebieten ergeben. Die Versorgungsindikatoren sollen die Interpretation der Analyseergebnisse erleichtern. Sie werden in den folgenden Unterkapiteln definiert.

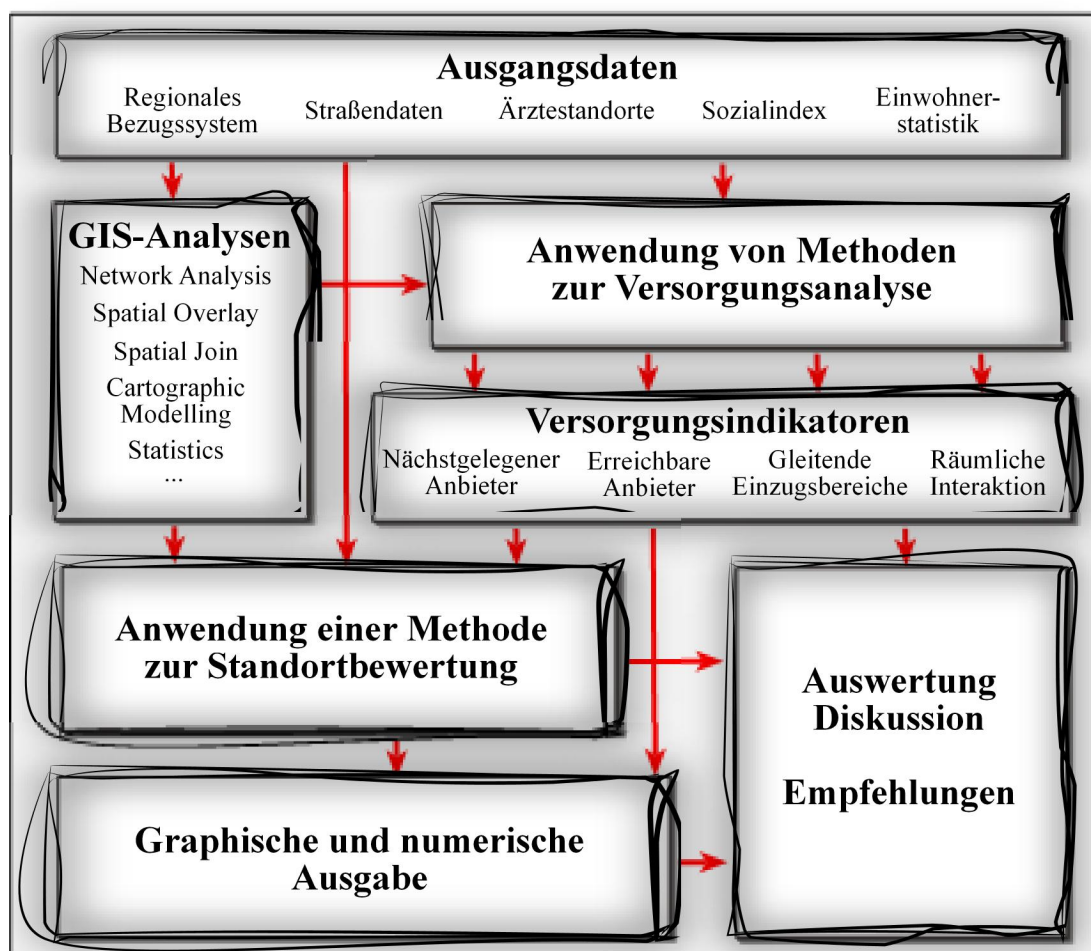
Wenig sinnvoll erscheint es, die räumliche Erreichbarkeit für alle ambulant tätigen Ärzten unabhängig von Ihrer Facharztgruppenzugehörigkeit zu berechnen. Wer bspw. seine Augen untersuchen lassen möchte, hat wenig Nutzen von Psychotherapeuten in unmittelbarer Nähe. So wie derzeit Verhältniszahlen für jede Facharztgruppe berechnet werden, müssen auch die Methoden zur Berechnung von Versorgungsindikatoren für jeden Facharztgruppe gesondert vollzogen werden. Für die Zielerreichung dieser Arbeit ist das nicht notwendig. Beispielhaft sollen die Berechnungen an den Kinderärzten und den Internisten erprobt werden. Zum einen, da sich diese beiden Arztgruppen durch große Unterschiede in ihrer Anzahl auszeichnen: 1.223 Internisten stehen lediglich 364 Kinderärzte gegenüber. Zur Bewertung der Versorgungssituation müssen hier also unterschiedliche Maßstäbe angesetzt werden. Zum anderen ist es besonders bei den Kinderärzten möglich, der Anzahl vorhandener Ärzte eine zu versorgende Bevölkerung gegenüberzustellen, die nicht der Gesamtheit aller Einwohner entspricht. Für die Kinderärzte sind die Kinder unter 12 Jahren ausschlaggebend. Die Patienten von Internisten setzen sich dagegen überwiegend aus älteren Menschen zusammen, die wesentlich häufiger an Herz- und Gefäßkrankheiten leiden als junge Menschen. Hier könnten bspw. die über 45jährigen als Zielgruppe definiert werden.

Neben den Indikatoren zur Beschreibung der Versorgungssituation soll ebenfalls ein Verfahren zur Standortbewertung angewendet und diskutiert werden. Nicht getestet werden kann dagegen der in Kapitel 4.3 diskutierte Ansatz von CROMLEY & MCLAFERTY 2002 zur Berechnung von Nutzungswahrscheinlichkeiten, da die notwendigen Daten fehlen. Für die offizielle Bedarfsplanung in Deutschland stellt diese Methode aber einen interessanten Ansatz dar, Nutzungswahrscheinlichkeiten in der Bedarfsplanung zu berücksichtigen. Das Rahmenkonzept in Abbildung 21 gibt einen Überblick über die geplanten Analysen und weiteren Schritte des Forschungsprozesses.

Bei allen verwendeten Methoden spielt die räumliche Erreichbarkeit eine zentrale Rolle. Sie wird über einen Straßengraphen als Netzwerkdistanz oder Reisezeit ermittelt. Die Reisezeit variiert naturgemäß, je nach verwendetem Verkehrsmittel. Anders als in US-amerikanischen Untersuchungen, in denen der Verkehr durch Personenkraftwagen

(PKW) im Mittelpunkt steht, konzentriert sich die vorliegende Studie auf die Fußwege. Gerade in den innerstädtischen Gebieten ist es für die meisten Patienten wünschenswert, zu Fuß oder mit dem Fahrrad zu einem nahe gelegenen Arzt zu gelangen. Der hohe Verdichtungsgrad europäischer Großstädte gegenüber amerikanischen Städten bedingt dies. Je weiter man allerdings an den Stadtrand gelangt, und je mehr die Siedlungsdichte abnimmt, desto mehr Bedeutung wächst dem PKW-Verkehr zu. Um hier zu einer genaueren Beurteilung zu kommen, sollten beide Verkehrsmittel untersucht werden. Daher wird ein Versorgungsindikator für ein Gebiet am Stadtrand auch auf Basis der PKW-Reisezeiten ermittelt, um diese den Fußwegen gegenüberstellen zu können.

Abb. 21: Rahmenkonzept



Auch der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) spielt in Berlin eine größere Rolle. Liegt der Arzt nicht in unmittelbarer Nähe, wird innerhalb der Innenstadt vermutlich häufiger auf die öffentlichen Verkehrsmittel zurückgegriffen als auf den PKW. Eine Modellierung dieser Reisezeiten ist im Rahmen der Arbeit leider nicht möglich. Zum einen da die erforderlichen Daten zum Aufbau eines multimodalen Netzwerkes, in dem Fußwege mit dem öffentlichen Verkehrsnetz logisch und inklusive Umsteigepunkte verknüpft sind, fehlen. Eine Erhebung der Daten über den Online-Routenplaner der Ber-

liner Verkehrsbetriebe wie bei PIEPER & SCHWEIKART 2007 ist bei der Vielzahl der Ziele (Arztstandorte) nicht zu realisieren und würde zu unüberschaubaren Datenmengen führen. Letztendlich sollte für den ÖPNV auch nicht nur die Reisezeit, sondern ein dreidimensionales Erreichbarkeitsmaß berechnet werden, bei dem auch die Anzahl der angebotenen Verbindungen und die Anzahl der notwendigen Umstiege zur Beschreibung des Zugangs zu Versorgungsangeboten berücksichtigt wird (PEARCE & TIMPF 2006).

5.4.1 Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“

Der erste Versorgungsindikator, der berechnet werden soll, wird im weiteren Verlauf der Arbeit als Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ bezeichnet. GUAGLIARDO 2004 bezeichnete diese Kategorie als „Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter“. Ausgehend von den Zentroiden der bewohnten Blöcke soll die Reisezeit in Gehminuten zum nächstgelegenen Arzt berechnet werden. Dieser Indikator macht eine Aussage darüber, wie viel Reisewiderstand ein Patient von einem Block aus mindestens zu überwinden hat, um einen Arzt zu erreichen.

5.4.2 Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“

Die nächste Kategorie bezeichnet GUAGLIARDO 2004 als „durchschnittlichen Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter“. Diese Bezeichnung ist etwas irreführend, da nicht wirklich der Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter, sondern der durchschnittliche Reisewiderstand zu allen Anbietern innerhalb eines Untersuchungsgebietes berechnet wird. Dieser Ansatz hat mehrere Schwächen, die in Kapitel 4.1.3 diskutiert wurden. Eine war die Tatsache, dass es in einer Stadt von der Größe Berlins unwahrscheinlich ist, dass ein Arzt am anderen Ende der Stadt aufgesucht wird. Um trotzdem einen Indikator zu berechnen, der schwerpunktmäßig das verfügbare Angebot beschreibt, sollen Einzugsbereiche für jeden Block auf Basis einer vordefinierten Reisezeit in Gehminuten modelliert werden. Die Anzahl der in diesem Einzugsbereich erreichbaren Arztstandorte stellt den Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ dar. Für diesen Indikator ist auch die angesprochene vergleichsweise Berechnung von Einzugsgebieten auf Basis der Reisezeit in PKW-Minuten für ein Stadtrandgebiet sinnvoll.

5.4.3 Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“

Aufbauend auf die bereits für den letzten Indikator berechneten Einzugsbereiche kann in Anlehnung an die in Kapitel 4.2 diskutierte *Floating Catchment Method* nach

LUO 2004 der Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ berechnet werden. Anders als bei LUO 2004 werden die Einzugsbereiche nicht durch die euklidische Distanz, sondern durch Netzwerkreisezeiten festgelegt. Zur Gegenüberstellung der versorgten Wohnbevölkerung wird auch nicht die Anzahl der in ein Einzugsgebiet fallenden Blöcke verwendet, sondern die Summe der Einwohner aller Block-Zentroide, die in ein Einzugsgebiet fallen. Im Ergebnis erhält man eine Verhältniszahl, wodurch dieser Versorgungsindikator der Kategorie „Einwohner-Anbieter-Relationen“ zuzuordnen ist.

5.4.4 Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“

Analog zur vierten Kategorie nach GUAGLIARDO 2004 wird als vierter und letzter der Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ berechnet. Dazu wird die erweiterte Grundformel des Gravitationsmodells nach GUAGLIARDO 2004 verwendet, wodurch es möglich ist, nicht nur das verfügbare Angebot, sondern auch den potenziellen Bedarf auf Basis der zu versorgenden Wohnbevölkerung, zu berücksichtigen. Auch dieser Indikator soll in den Untersuchungsgebieten auf Blockbasis berechnet werden.

5.4.5 Potenzialansatz zur Standortbewertung

In Kapitel 4.2 wurden mehrer Ansätze zur Standortanalyse diskutiert. Die Bedarfsplanung hat das Ziel die Versorgung durch freie Arztpraxen so zu steuern, dass jeder Patient einen möglichst gleichwertigen Zugang zur Gesundheitsversorgung hat. Dazu gehört es, Ärzte zur Niederlassung in vergleichsweise schlecht versorgten Gebieten zu bewegen. Aus Sicht der Ärzte ist das Potenzial eines Standortes in Hinblick auf die zu erwartenden Patienten sicherlich ein Kriterium für die Standortwahl. Der von HERBST 2006 bereits in einem GIS umgesetzte Potenzialansatz ist auch geeignet, das Potenzial an Patienten abzuschätzen. Im Rahmen der Arbeit sollen mehrere hypothetisch verfügbare Standorte für die Neugründung einer Praxis angenommen und hinsichtlich ihres Potenzials bewertet werden. Dabei soll getestet werden, ob einer der berechneten Versorgungsindikatoren als Attraktivitätsparameters in die Berechnung einfließen kann.

6. Analyse der Versorgungssituation

6.1 Vorüberlegungen

Vor den eigentlichen Auswertungen müssen noch einige Festlegungen in Bezug auf die Verwendung der Daten und sinnvolle Parameter zur Einstellung der Berechnungen getroffen werden.

6.1.1 Einzugsbereiche

Eine der wichtigsten Frage ist dabei die nach möglichst realistischen Einzugsbereichen für die Ärzte, da bei der Berechnung mehrerer Versorgungsindikatoren modellhafte Einzugsbereiche Verwendung finden. Wie bereits an anderer Stelle dargestellt ist die randscharfe Abgrenzung von Einzugsbereichen in der Stadt unmöglich, da sie sich gegenseitig mehrfach überlagern. Da die räumliche Erreichbarkeit der Ärzte den fundamentalen Aspekt bei der Beschreibung der Versorgungssituation darstellt, gilt es abzuschätzen, welche Erreichbarkeit (Entfernung) bei der ärztlichen Versorgung in Berlin als zumutbar gilt. Trotz grundsätzlich verschiedener Meinungen zu diesem Thema herrscht Einigkeit darüber, dass ein Allgemeinmediziner schneller erreicht werden muss als ein Facharzt und in ländlichen Gebieten längere Entfernungen zumutbar sind als in städtischen Gebieten. ZEPF et al. 1978 stellen die Ergebnisse einer Studie des Wissenschaftlichen Instituts der Ortskrankenkassen dar, die zu dem Schluss kommt, dass Allgemeinmediziner in 5 bis höchstens 10 Minuten, und zwar möglichst zu Fuß, oder kurzfristig mit öffentlichen Verkehrsmitteln, erreichbar sein sollten. Als Begründung werden „praktische Erfahrungen“ und die Tatsache angegeben, dass ein Allgemeinmediziner schneller erreichbar sein sollte als der Rettungsdienst, der eine Zeitvorgabe von 10 bis 12 min hat. Diese Einschätzung ist sicherlich eng gefasst, stellt aber zumindest für Fußwege innerhalb einer Großstadt eine wirklichkeitsnahe Obergrenze dar. Da mit den Kinderärzten und Internisten innerhalb dieser Arbeit zwei Fachärzte untersucht werden sollen, ist von einer etwas größeren zumutbaren Entfernung auszugehen. Hinzu kommt, dass die Berliner Bürger daran gewöhnt sind, vergleichsweise größere Distanzen zu Fuß zurück zu legen. Fußwege von zehn oder mehr Minuten zur nächstgelegenen U- oder S-Bahn Station sind keine Seltenheit. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird für die Berechnungen in dieser Studie ein Fußweg von bis zu 15 Minuten zu einem der beiden

Fachärzte als zumutbar angesehen. Eine Festlegung auf Einzugsbereiche von 15 Gehminuten wird den Versorgungsindikatoren zugrunde gelegt.

6.1.2 Gehgeschwindigkeit

Um nun die Gehminuten auf der Basis von Entfernungen entlang des Berliner Straßennetzes berechnen zu können muss auch eine realistische Einschätzung der Gehgeschwindigkeit vorgenommen werden. In der Physik gibt es Untersuchungen, die sich mit der Gehgeschwindigkeit auseinandersetzen. Das natürliche Gehen wird definiert als Gehen mit einer Geschwindigkeit, wenn man weder besonders schnell vorankommen will, noch einen möglichst langsamen Spaziergang machen möchte. Die Beine werden als physikalisches Pendel betrachtet und aufgrund des quantitativen Zusammenhangs zwischen Pendelfrequenz und Beinlänge kann die natürliche Gehgeschwindigkeit abgeschätzt werden. Für den Durchschnittserwachsenen wurde so eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 4,5 km/h ermittelt (RODEWALD & SCHLICHTING 2007). JERMANN 2004, der sich in seiner Arbeit ausführlich mit der Modellierung von Fußwegen beschäftigt, verwendet eine Fußgänger-Geschwindigkeit von 5 km/h. Dieser Wert etwas oberhalb der physikalischen Durchschnittsgeschwindigkeit erscheint plausibel, wenn es darum geht ein bestimmtes Ziel zu erreichen, und das Gehen nicht zum reinen Selbstzweck geschieht. Eine durchschnittliche Gehgeschwindigkeit von 5 km/h wird somit den Berechnungen der Versorgungsindikatoren zugrunde gelegt.

6.1.3 Network Datasets

Weitere Festlegungen betreffen die Verwendung des Straßengraphen von Berlin. Für die Modellierung von Fußwegen wird ein *Network Dataset* aufgebaut, bei dem keinerlei Beschränkungen, aber alle vorhandenen Straßen- und Wegeklassen berücksichtigt werden. Der Fußgänger muss sich nicht an Abbiegeregeln oder Einbahnstraßen halten, kann auf der Stelle wenden und sich auch auf für Kraftfahrzeuge gesperrten Wegen oder Pfaden bewegen. Für ihn gilt überall die gleiche Geschwindigkeit von 5 km/h. Die vom MultiNet[®] Datensatz angebotenen durchschnittlichen Reisezeiten auf PKW-Basis werden hier nicht verwendet; die Reisezeit ist auf Basis der Entfernung in Metern zu berechnen. Anders verhält es sich bei der Modellierung von PKW-Reisezeiten. Hierfür wird ein *Network Dataset* aufgebaut, in dem erlaubte Manöver, Beschränkungen und Geschwindigkeitsangaben berücksichtigt werden. Der Aufbau der beiden Straßendatensätze wird hier ebenso wenig detailliert erläutert, wie jede einzelne Analyse mit dem

Network Analyst. Die für den jeweiligen Versorgungsindikator verwendeten Analyse-routinen werden aber erwähnt und für die umfangreicheren Berechnungen, beim Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ und bei der Standortbewertung, werden die einzelnen Arbeitsschritte in Form von Stichpunkten dargestellt.

6.1.4 Blöcke

Es ist nicht sinnvoll, die Indikatorberechnungen für alle 15.376 definierten Blöcke in Berlin durchzuführen. Viele Blöcke sind nicht bewohnt. Außerdem gibt es Blöcke, die zwar als Bahnblock, Wasserblock oder Grünblock definiert sind, aber trotzdem Wohnbevölkerung enthalten. Es handelt sich dabei meist um sehr wenige Einwohner, die flächenmäßig sehr große Blöcke bewohnen (bspw. ein Block im Berliner Grunewald mit 6 Einwohnern auf 588 Ha Fläche). Für solche Blöcke lassen sich keine überzeugenden Werte ermitteln, da die Erreichbarkeit von Ärzten über den gesamten Block stark variieren dürfte. Um dadurch bedingte Ungenauigkeiten zu vermeiden, werden die Versorgungsindikatoren nur für die bewohnten und als „normaler Block“ definierten Blöcke berechnet. Die Anzahl der für die Berechnungen selektierten Blöcke sinkt so auf 11.978. Sie werden von 3.318.911 Einwohnern bewohnt.

6.1.5 Blockzentroide

Da alle Versorgungsindikatoren auf Blockbasis berechnet werden sollen, bedarf es auch hier einer eindeutigen Festlegung der Bezugspunkte. Bei den Blöcken handelt es sich zwar um sehr kleinräumige Einheiten, trotzdem kann die räumliche Erreichbarkeit an zwei gegenüberliegenden Seiten eines Blockes verschieden sein. Blockzentroide bieten sich hier als Ausgangs- und Bezugspunkte für die Untersuchungen an. Die Berechnung der Wege mit dem *Network Analyst* fängt allerdings nicht genau an den Blockzentroiden an. Stattdessen wird zu Beginn einer jeden Auswertung der jeweils nächstgelegene Punkt (euklidische Distanz) eines Blockzentroiden auf dem Straßengraphen ermittelt, von dem aus die Berechnung dann startet. Bei der ermittelten Entfernung handelt es sich demnach nicht um eine durchschnittliche Entfernung für den gesamten Block, ausgehend vom Blockzentroiden. Stattdessen ist es vielmehr zufällig, ob der dem Blockzentroiden nächstgelegene Punkt auf dem Straßengraphen näher am oder weiter entfernt vom nächstgelegenen Arzt liegt.

Es ist möglich, einen durchschnittlichen Fehlerwert auf Basis des Umfangs der Blöcke zu berechnen, der die maximale durchschnittliche Abweichung der ermittelten Ent-

fernungen von den tatsächlichen Durchschnittswerten für die Blöcke kennzeichnet. Die maximale Abweichung zwischen zwei Punkten eines Blockes entspricht einem halben Blockumfang. Der Weg mit der durchschnittlichen Entfernung, von einem Block zu einem Arzt, beginnt weder an dem Punkt, der dem Arzt am nächsten, noch an dem Punkt, der dem Arzt am entferntesten ist. Er beginnt genau auf halber Strecke dazwischen. Die Abweichung des dem Arzt nächsten oder entferntesten Punktes von der durchschnittlichen Entfernung eines Blockes liegt somit bei einem Viertel Blockumfang. Dies entspricht also der maximal möglichen Abweichung pro Block.

Der durchschnittliche Umfang aller untersuchten Blöcke beträgt genau 802,9 m. Ein Viertel Blockumfang beträgt also durchschnittlich ca. 200 m, bei einer Gehgeschwindigkeit von 5 km/h macht das eine Reisezeit von 2:24 min aus. Da dieser Wert die maximal mögliche Abweichung über alle Blöcke darstellt, ist mit einer durchschnittlichen Abweichung von 1:12 min für alle Blöcke Berlins auszugehen. Da knapp 70 % aller untersuchten Blöcke einen Umfang unter dem Durchschnitt von 802,9 m haben, ist für die meisten Blöcke von einer noch geringeren Abweichung auszugehen. Je größer der Block jedoch ist, desto größer ist die zu erwartende Abweichung. Dies ist einer der Nachteile bei der Arbeit mit inhomogenen statistischen Einheiten wie den Berliner Blöcken.

6.2 Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“

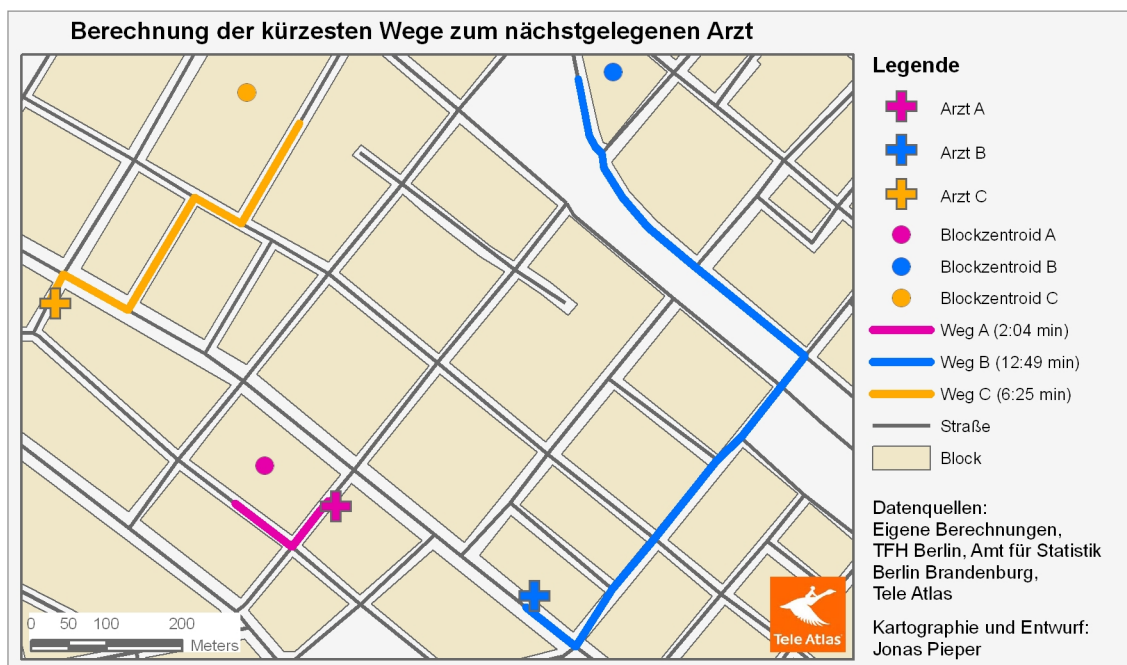
6.2.1 Berechnung

Um den Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ zu berechnen, wurde die Analyseroutine *Closest Facility*, enthalten in der Extension *Network Analyst* in *ArcGIS*, verwendet. Hiermit ist es möglich, den auf dem Straßengraphen nächstgelegenen Arzt zu identifizieren und die Distanz (Reisezeit) dorthin ausgehend von den Blockzentroiden zu messen. Alle Arztstandorte einer Arztgruppe können als *Facilities* geladen werden und alle Blockzentroide als sogenannte *Incidents*, womit die Ausgangspunkte für die Suche nach dem nächstgelegenen Anbieter bezeichnet werden. Der Reisewiderstand soll in Metern gemessen werden, wodurch eine Umrechnung auf die Reisezeit in Gehminuten ermöglicht wird.

In der Abbildung 22 sind für drei ausgewählte Beispiele die Blockzentroide, die jeweils nächstgelegenen Ärzte und die berechneten kürzesten Wege dargestellt. Die ermittelten Startpunkte für die Wegeberechnungen auf dem Straßengraphen sind ersicht-

lich. Um die gemessenen Entfernungen in Reisezeiten umzurechnen, werden die Angaben in Metern durch 83,333 geteilt, was bei einer Gehgeschwindigkeit von 5 km/h einer Minute entspricht. Somit erhält man einen Minutenwert mit Nachkommastellen, den man wiederum in Minuten und Sekunden umrechnen kann.

Abb. 22: Beispiele von kürzesten Wegen



6.2.2 Ergebnisse

Der Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ konnte für 11.821 der insgesamt 11.978 selektierten Blöcke Berlins erfolgreich berechnet werden. In diesen Blöcken wohnen 3.286.771 Einwohner. Für die Blockzentroide der fehlenden 157 Blöcke wurde zwar der nächstgelegene Punkt auf einer Straße erfasst, dabei handelte es sich aber in der Regel um kleinere Fußwege im Inneren der Blöcke, die nicht mit dem übrigen Straßennetz in Verbindung stehen. Somit konnte auch kein nächstgelegener Arzt ermittelt werden. Für die professionelle Anwendung müssten solche Fehlerquellen, die durch die Beschaffenheit des Netzwerkes bedingt sind, manuell überarbeitet werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde darauf verzichtet.

Übersichtskarten zu den Ergebnissen für die Kinderärzte und Internisten finden sich im Anhang, auf den Seiten 101 und 102 (Karten A2 und A3). Bei einem Vergleich beider Karten wird deutlich, dass die Internisten insgesamt besser zu erreichen sind als die Kinderärzte, was nicht verwunderlich ist, da es in Berlin deutlich mehr Internisten als Kinderärzte gibt, und dies nach den Verhältniszahlen der Bedarfsplanung auch so sein soll. Beide Karten zeigen ein Zentrum-Peripherie-Gefälle. Von den meisten Blöcken in

den innerstädtischen Gebieten werden die Ärzte recht schnell erreicht, wogegen es in den Stadtrandgebieten großflächige zusammenhängende Gebiete gibt, in denen kein Arzt innerhalb von 15 Minuten Fußweg erreicht werden kann. Hier ist davon auszugehen, dass die Bewohner den PKW oder den öffentlichen Nahverkehr verwenden, um zum Arzt zu gelangen. Aber auch in der Innenstadt werden vereinzelte Blöcke ersichtlich, von denen aus kein Arzt innerhalb dieser Zeit erreicht werden kann. Bei der visuellen Interpretation der Karten erscheint das südwestliche Innenstadtgebiet, bestehend aus Teilen der alten Bezirke Charlottenburg, Wilmersdorf, Schöneberg und Steglitz (vgl. Karte A1, S. 100), das am besten versorgte Gebiet zu sein.

Mit Hilfe des auf Blockbasis verfügbaren Einwohnerregisters kann dem Indikator die versorgte Wohnbevölkerung gegenübergestellt werden. Besonders interessant ist es zu erfahren, wie viele Menschen von einer schlechten Erreichbarkeit betroffen sind. Durch einfache Auswahl- und Statistik-Funktionen in *ArcGIS* können Werte für unterschiedliche räumliche Aggregationsniveaus berechnet werden. Den Tabellen in den Karten A2 und A3 im Anhang ist zu entnehmen, wie viele Einwohner berlinweit jeweils in den Blöcken einer Karten-Klasse wohnen. Bei den Kinderärzten wurden zusätzlich alle Kinder unter 15 Jahren ausgezählt und bei den Internisten alle Einwohner über 45 Jahren. In ganz Berlin wohnen demnach 71.353 Kinder unter 15 Jahren in Blöcken, von denen aus kein Kinderarzt innerhalb von 15 Minuten erreicht werden kann. Das sind 22,5 % aller Kinder in Berlin. Bei den Internisten sind es dagegen 159.323 ältere Menschen über 45 Jahre die keinen dieser Ärzte in 15 Minuten erreichen. Das entspricht nur einem Anteil von 10,8 % an allen zu dieser Altersgruppe zählenden Menschen. Außerdem lässt sich die durchschnittliche Zeit, die alle Berliner einer jeweiligen Zielgruppe zum Erreichen des entsprechenden Facharztes benötigen, nach folgender Formel berechnen:

$$D_i = \frac{\sum_i E_i \times NA}{\sum_i E_i}$$

Dabei sind i alle Blöcke, für die der Indikator berechnet werden konnte, D ist die durchschnittliche Erreichbarkeit, E sind die Einwohner der relevanten Zielgruppe und NA ist der Indikatorwert in Minuten. Danach erreichen Kinder unter 15 Jahren Kinderärzte durchschnittlich in 11,76 Minuten (11:46). Die Einwohner über 45 Jahren benötigen durchschnittlich 8,18 Minuten (8:11), um zu einem Internisten zu gelangen.

Um nun etwas genauer zu erfahren, wo die meisten Menschen wohnen, die keinen Arzt in der vorgegebenen Zeit erreichen können, ist es möglich, Statistiken auf allen Stufen des RBS zu erstellen. Ein Vergleich auf Basis der neuen Berliner Bezirke zeigt

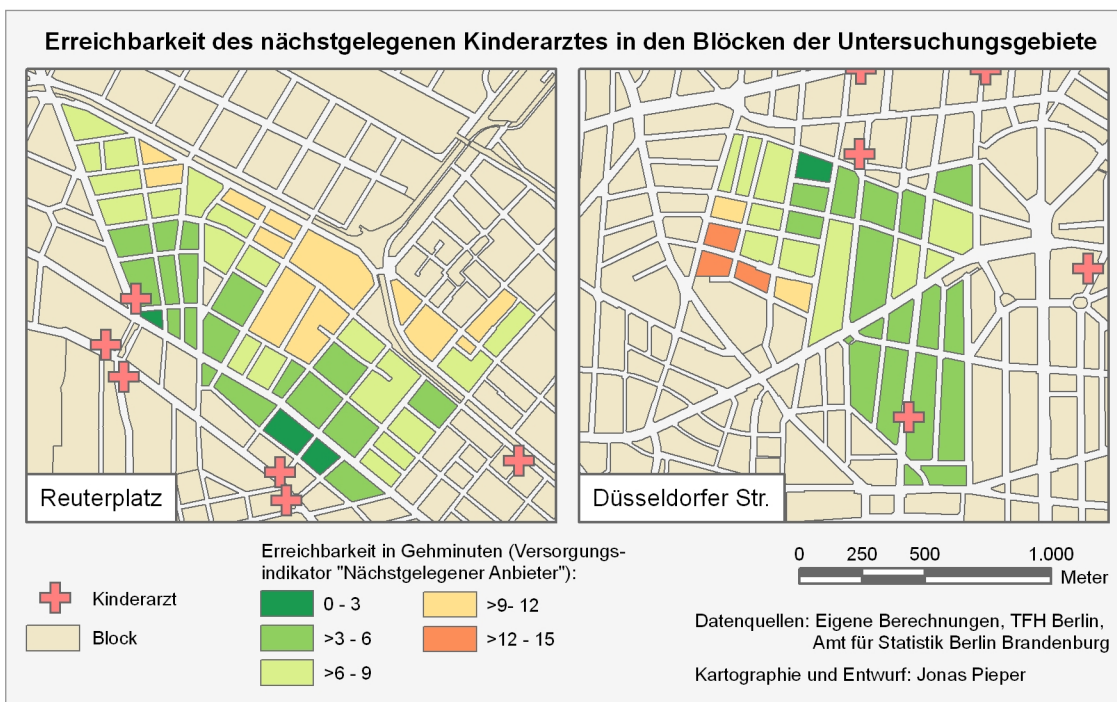
bereits deutliche Unterschiede, wie der Tabelle 5 zu entnehmen ist. Bei den Kinderärzten stechen dort besonders die Bezirke Steglitz-Zehlendorf, Reinickendorf und Tempelhof-Schöneberg hervor, in denen jeweils über 40 % der Kinder keinen Kinderarzt in 15 Minuten erreichen können. In diesen Bezirken wohnt knapp die Hälfte aller Kinder, die nicht wohnortnah versorgt sind. Bei den Internisten stehen ebenfalls die Bezirke Tempelhof-Schöneberg und Steglitz-Zehlendorf vergleichsweise schlecht dar, außerdem der Ost-Bezirk Marzahn-Hellersdorf. Die Bezirke sind in sich noch sehr inhomogen und daher weniger gut für diese Art der Analyse geeignet. So ist der nördliche Teil von Steglitz beispielsweise noch überproportional gut versorgt, der Rest von Steglitz und besonders Zehlendorf mit seinen vielen Einfamilienhäusern und Villen dagegen nicht. Die Ergebnisse der Tabelle 5 verdeutlichen aber das Potenzial, das in Auswertungen bis hinunter auf Basis der Verkehrszellen steckt.

Tab. 5: Bezirksstatistik für die von schlechter Erreichbarkeit betroffene Bevölkerung

	Einwohner	< 15 Jahre	> 15 min vom Kinderarzt	%	> 45 Jahre	> 15 min vom Internisten	%
Mitte	316.136	31.000	1.408	4,5	118.822	2.334	2,0
Friedrichshain-Kreuzberg	255.930	23.113	486	2,1	78.206	463	0,6
Pankow	341.143	27.701	5.741	20,7	125.005	19.669	15,7
Charlottenburg-Wilmersdorf	304.852	25.198	3.251	12,9	154.953	4.255	2,7
Steglitz-Zehlendorf	207.228	23.604	12.070	51,1	103.058	19.465	18,9
Spandau	281.352	29.334	6.705	22,9	145.863	10.929	7,5
Treptow-Köpenick	324.220	32.603	6.008	18,4	155.144	6.701	4,3
Neukölln	298.509	34.315	8.473	24,7	129.744	15.395	11,9
Tempelhof-Schöneberg	227.571	19.737	8.496	43,0	111.924	40.887	36,5
Marzahn-Hellersdorf	245.252	24.150	4.766	19,7	113.125	15.908	14,1
Lichtenberg	246.531	19.916	3.257	16,4	114.496	6.000	5,2
Reinickendorf	238.047	27.134	10.692	39,4	121.811	17.317	14,2
Berlin	3.286.771	317.805	71.353	22,5	1.472.151	159.323	10,8

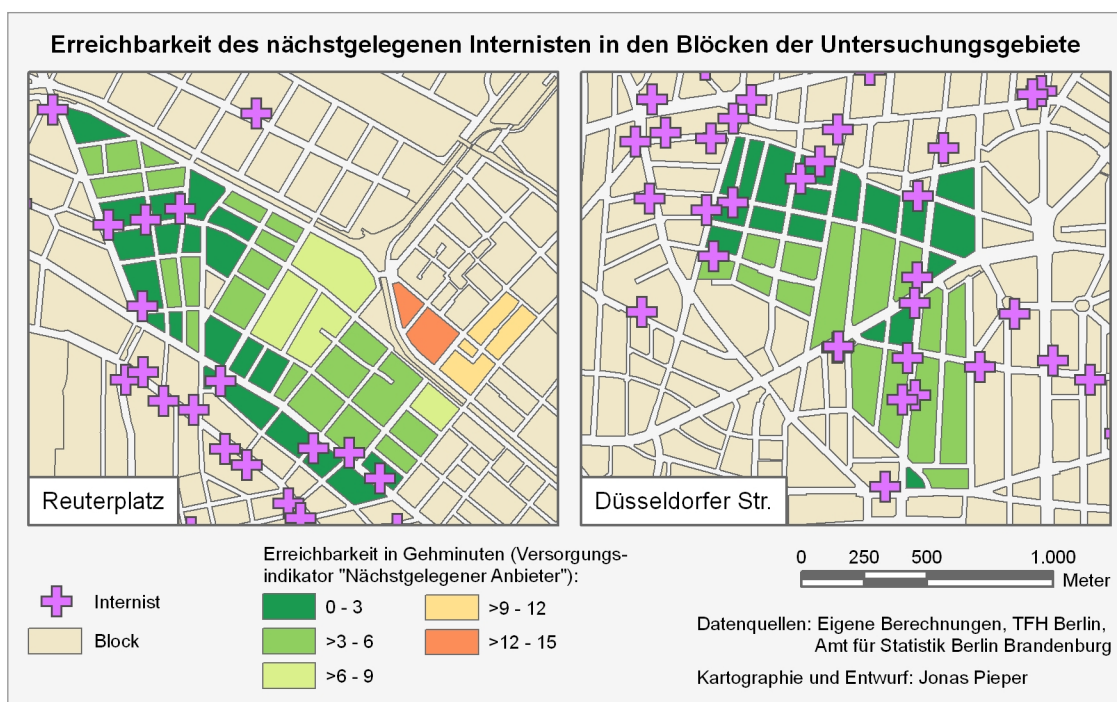
In den Abbildungen 23 und 24 sind die Untersuchungsgebiete im Detail dargestellt. Bei der Erreichbarkeit von Kinderärzten zeigen die beiden innerstädtischen Gebiete visuell keine entscheidenden Unterschiede. In beiden Verkehrszellen werden Kinderärzte von jedem Block aus innerhalb von 15 Gehminuten erreicht. Die Statistik kommt zu dem Ergebnis, dass Kinder in der Verkehrszelle Reuterplatz durchschnittlich 6:53 min zum nächstgelegenen Kinderarzt zurücklegen müssen. In der Verkehrszelle Düsseldorfer Straße benötigen die Kinder dafür durchschnittlich 6:25 min.

Abb. 23: Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ (Kinderärzte)



Bei den Internisten sind die Unterschiede, wie sich schon aus der Karte ablesen lässt, etwas gravierender. In der Verkehrszelle Düsseldorf Straße erreicht man von jedem Block aus einen Internisten in höchstens 5:14 min. In der Verkehrszelle Reuterplatz benötigt man dagegen bis zu 12:49 min. Die durchschnittliche Reisezeit für die über 45jährigen beträgt in der Verkehrszelle Düsseldorf Straße 2:58 min und in der Verkehrszelle Reuterplatz fast zwei Minuten mehr, nämlich 4:49 min.

Abb. 24: Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ (Internisten)

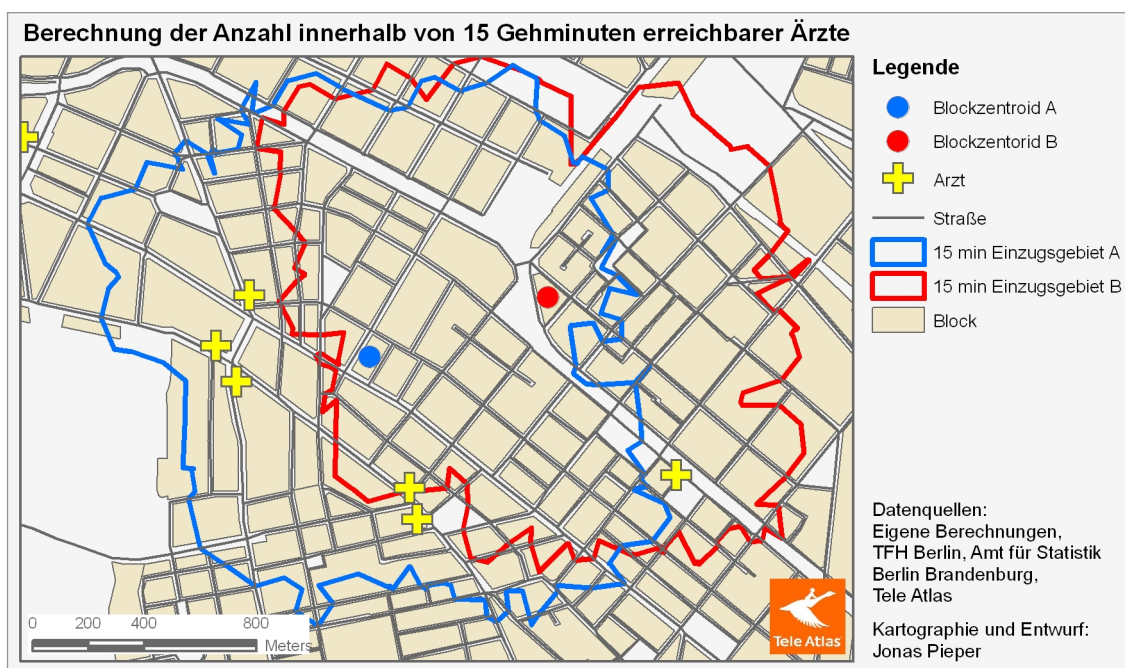


6.3 Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“

6.3.1 Berechnung

Um den Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ zu berechnen wurde ein Verfahren auf Basis der Einzugsbereichsberechnung des *Network Analyst* in *ArcGIS* verwendet, wodurch es möglich ist Polygone zu erstellen, die ein Einzugsgebiet auf die vordefinierte Art und Weise abstecken. Ausgehend von den Blockzentroiden wurden so genannte *Service Areas* entlang des Straßengraphen ermittelt. Bei einer durchschnittlichen Gehgeschwindigkeit von 5 km/h legt man innerhalb der 15 Minuten, die als höchste akzeptable Entfernung zum Erreichen eines Arztes vordefiniert wurden, 1250 m zurück. In Abbildung 25 sind beispielhaft die berechneten Einzugsbereiche von zwei Blockzentroiden dargestellt.

Abb. 25: Beispiele für Einzugsbereiche



Mit einem *Spatial Join* können anschließend die Ärzte einer Fachrichtung gezählt werden, die innerhalb eines Einzugsgebietes liegen. Im vorstehenden Beispiel enthält das Einzugsgebiet B zwei und das Einzugsgebiet A acht Ärzte. Zu sehen sind im Einzugsgebiet von A zwar nur 5 Arztstandorte, bei einem davon handelt es sich jedoch um eine Gemeinschaftspraxis mit vier Kinderärzten. Jeder in einer Gemeinschaftspraxis praktizierende Arzt wird einzeln gezählt, da davon ausgegangen wird, dass die Anwohner bei einer Gemeinschaftspraxis die Wahl zwischen mehreren Ärzten haben.

6.3.2 Ergebnisse

Der Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ konnte für dieselben 11.821 Blöcke berechnet werden wie der Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“. 157 Blöcke fehlen im Ergebnis aus denselben Gründen. Die Grundgesamtheit von Einwohnern für die Statistiken ist damit für beide Indikatoren identisch. Übersichtskarten zu den Ergebnissen für die Kinderärzte und Internisten finden sich im Anhang, auf den Seiten 103 und 104 (Karten A4 und A5). Eine visuelle Interpretation bestätigt die Eindrücke, die schon aus der Interpretation der nächstgelegenen Anbieter gewonnen wurden. Die Unterschiede zwischen der Versorgung mit Kinderärzten und Internisten zeichnen sich ebenso deutlich ab wie ein Schwerpunkt der Versorgung in der südwestlichen Innenstadt. Bei den Kinderärzten liegen die einzigen Blöcke, von denen aus mehr als 15 Kinderärzte innerhalb von 15 Gehminuten erreicht werden können, genau an dem Grenzdreieck zwischen den alten Bezirken Wilmersdorf, Schöneberg und Steglitz. Die maximale Anzahl erreichbarer Kinderärzte liegt hier bei 20. Bei den Internisten ist diese Anzahl deutlich höher. Ausgehend vom Block mit der „besten Versorgung“ können 51 verschiedenen Internisten erreicht werden. In der südwestlichen Innenstadt können nahezu flächendeckend mehr als 15 Internisten erreicht werden. Das Zentrum-Peripherie-Gefälle wird auch bei diesem Indikator deutlich. Eine Statistik der Wohnbevölkerung, bzw. der für den jeweiligen Facharzt relevanten Zielgruppe, für die einzelnen Karten-Klassen ist den Tabellen in den Karten zu entnehmen.

Entsprechend dem Berechnungsansatz für die durchschnittliche Erreichbarkeit des nächstgelegenen Arztes lässt sich auch hier die durchschnittliche Anzahl an Ärzten, die ein Einwohner erreichen kann, für alle Blöcke errechnen. Die Berliner Kinder unter 15 Jahren können demnach durchschnittlich 2,75 Kinderärzte in 15 Gehminuten erreichen. Die Berliner Einwohner über 45 Jahre können dagegen durchschnittlich 8,65 Internisten im gleichen Zeitraum erreichen. Die Statistiken können wiederum für alle räumlichen Aggregationsniveaus berechnet werden, was an dieser Stelle nicht mehr umgesetzt werden soll.

In den Untersuchungsgebieten stellt sich die Situation gegensätzlich dar (vgl. Abb. 26 und 27). Wie schon der visuelle Vergleich zeigt, können ausgehend von den Blöcken der Verkehrszelle Reuterplatz insgesamt mehr Kinderärzte erreicht werden als von den Blöcken der Verkehrszelle Düsseldorf Straße. Die durchschnittliche Anzahl an Kinderärzten, die von Kindern unter 15 Jahren erreicht werden kann, liegt in der Verkehrszelle Reuterplatz bei 7,41 und in der Verkehrszelle Düsseldorf Straße bei nur 3,84.

Bei den Internisten haben wir ein umgekehrtes Bild. Hier ist die Verkehrszelle Düsseldorfstraße besser versorgt. Durchschnittlich können hier 28,89 Internisten von den über 45jährigen erreicht werden. In der Verkehrszelle Reuterplatz sind es 19,83. Es zeichnet sich ab, dass die Verteilung der Internisten in Wilmersdorf innerhalb des Wohngebietes homogener ist, wogegen sich die Arztstandorte in Neukölln an den Hauptverkehrsachsen konzentrieren.

Abb. 26: Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ (Kinderärzte)

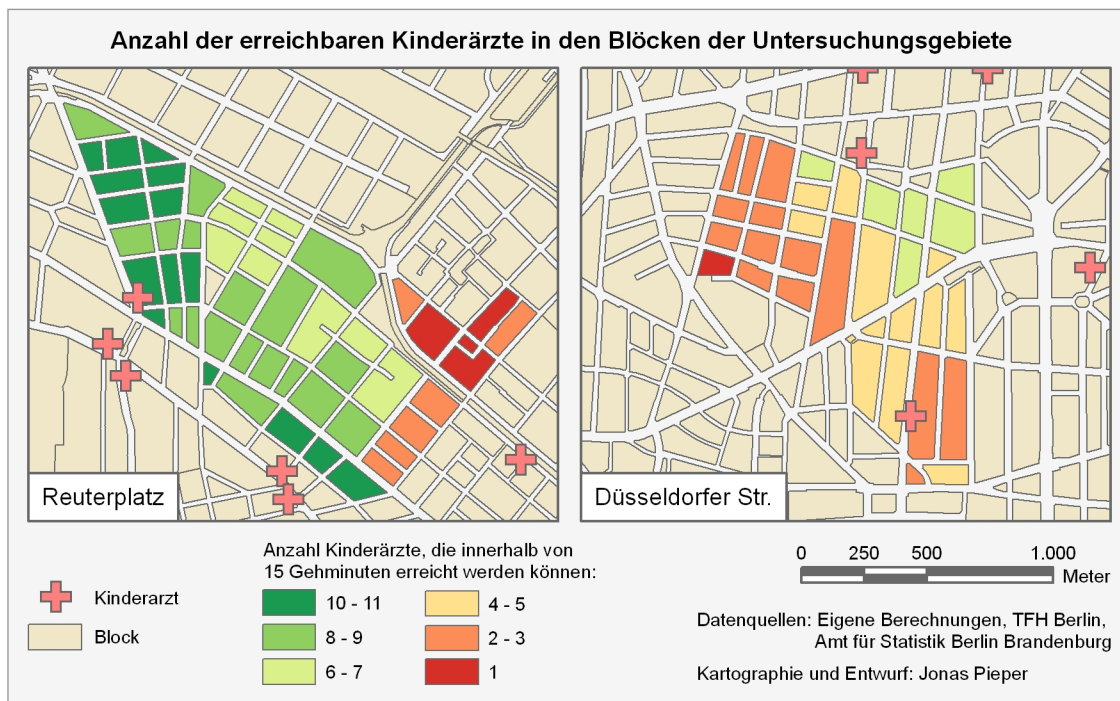
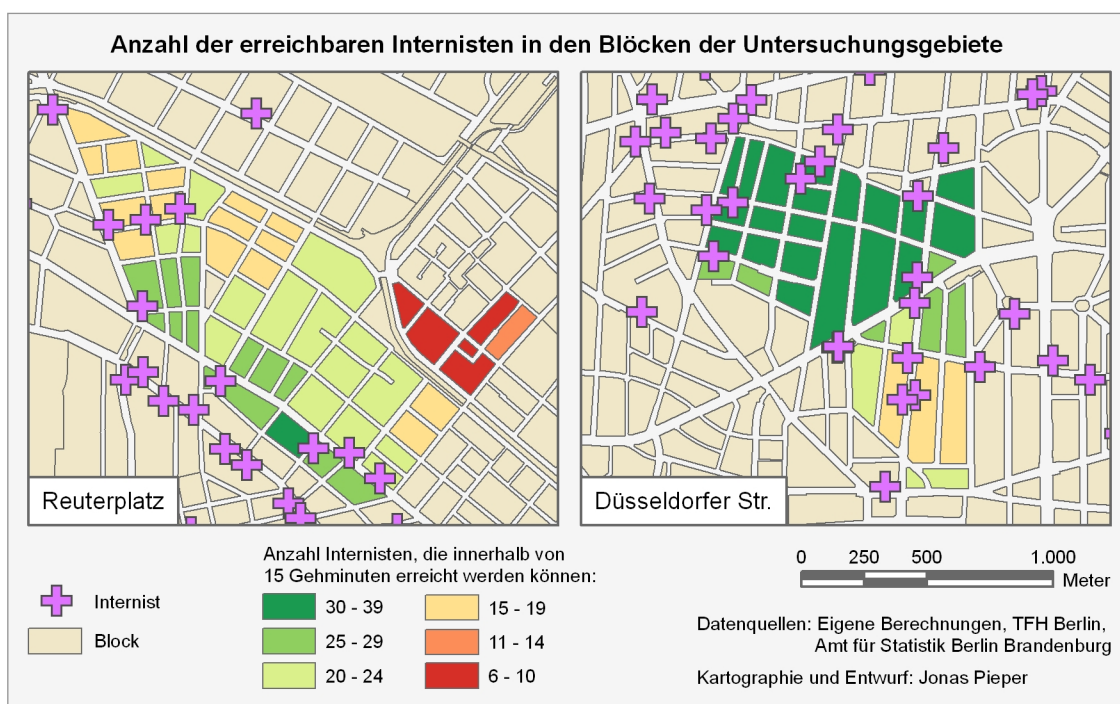


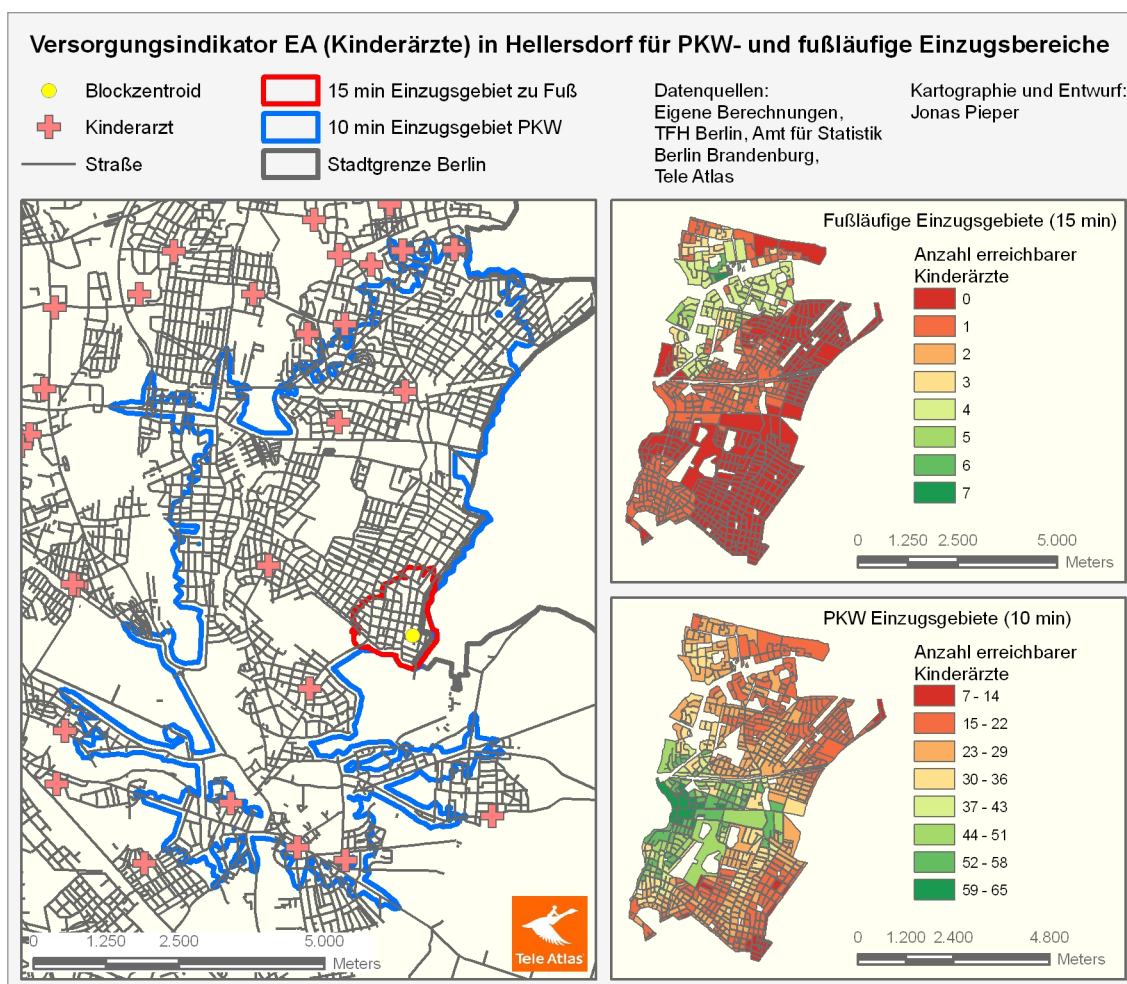
Abb. 27: Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ (Internisten)



6.3.3 Berechnung des Indikators für PKW-Einzugsbereiche

Bei der Berechnung der Indikatoren haben sich bisher große Teile der Stadtrandgebiete als deutlich schlechter versorgt herausgestellt. Auf Grund der dezentralen Lage und einer weitläufigen Bebauungsstruktur mit Großwohnsiedlungen oder Einfamilienhäusern ist es fraglich, ob fußläufige Einzugsgebiete zur Bestimmung der Indikatoren hier sinnvoll sind. Der PKW spielt in diesen Gebieten zum Erreichen von Zielen eine wesentlich größere Rolle als in den innerstädtischen Gebieten. Alle Indikatoren können auch auf Basis von PKW-Reisezeiten ermittelt werden, was hier am Beispiel des ehemaligen Bezirkes Hellersdorf nachvollzogen werden soll.

Abb. 28: Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ auf PKW-Basis



In Abbildung 28 werden in der linken Karte beispielhaft der fußläufige- und PKW-Einzugsbereich für einen Blockzentroiden dargestellt. Für den PKW wurden 10 min zugrunde gelegt. Damit wird den Fußwegen zum und vom Parkplatz des Autos und dem Parkvorgang Rechnung getragen. Bedenkt man, dass teilweise auch noch die Suche nach einem freien Parkplatz dazukommt, ist eine 5 min kürzere Reisezeit sicherlich an-

gemessen, um sie mit dem Zeitaufwand für den Fußweg zu vergleichen. Zur Berechnung wurde ein anderer *Network-Layer* verwendet als für die Fußwege. Die Reisezeiten basieren hier auf den Minutenangaben des MultiNet[®] Datensatzes.

In den beiden rechten Karten wird ersichtlich, zu welcher unterschiedlichen Ergebnissen die beiden Auswertungen führen. Bei der fußläufigen Entfernung werden große Teile von Hellersdorf als nicht versorgt ausgewiesen. Lediglich im nördlichen Teil, der das Stadtteilzentrum beinhaltet, hat man die Auswahl zwischen mehreren Kinderärzten. Mit den PKW-Reisezeiten erscheinen dagegen alle Blöcke als gut versorgt. Bis zu maximal 65 verschiedenen Kinderärzten können innerhalb von 10 min erreicht werden. Die am besten versorgten Blöcke sind hier im westlichen Teil von Hellersdorf zu finden, von wo die Hauptverkehrsader in die Innenstadt führt, wo dann die meisten Ärzte erreicht werden.

An diesem Beispiel sieht man, welchen enormen Einfluss die Verkehrsmittelwahl auf die Ergebnisse der Indikatorberechnungen hat. Zur umfassenden Versorgungsanalyse wäre ein Modell vorstellbar, in dem die Berechnungen für jedes Verkehrsmittel (zu Fuß, PKW, ÖPNV) durchgeführt werden und die Ergebnisse in einen gemeinsamen Indikatorwert einfließen. Dabei könnten die einzelnen Verkehrsmittel je nach vorliegendem kleinräumigem Strukturtypus unterschiedlich gewichtet werden.

6.4 Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“

6.4.1 Berechnung

Der Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ verwendet dieselben Einzugsbereiche von 15 Gehminuten, die für den Indikator EA ermittelt wurden. Für jeden Einzugsbereich soll der bereits berechneten Anzahl an Ärzten die Anzahl der versorgten Wohnbevölkerung gegenübergestellt werden. Dazu werden wiederum durch einen *Spatial Join* alle Blockzentroide erfasst, die sich innerhalb eines Einzugsbereiches befinden. Die Einwohnerzahlen der jeweiligen Blöcke werden jeweils vollständig dem Einzugsgebiet zugerechnet, auch wenn ein Teil des Blockes eigentlich außerhalb der Isolinie liegt. Nun lassen sich für die Einzugsgebiete der Blöcke analog zu den Planungsbereichen der Bedarfsplanung allgemeine Verhältniszahlen berechnen, indem man die Anzahl an Einwohnern durch die Anzahl an Ärzten einer Fachgruppe dividiert.

6.4.2 Ergebnisse

Dieser Indikator konnte nur für die Blöcke berechnet werden, von denen aus mindestens ein Arzt innerhalb von 15 Gehminuten erreicht werden kann, da sich eine Division durch 0 verbietet. Insgesamt gibt es dadurch einen Indikatorwert für 7.330 Blöcke. Die Klasseneinteilung in den Übersichtskarten A6 und A7 im Anhang (S.105 und 106), richtet sich nach den für die Bedarfsplanung festgelegten Werten zur Über- und Unterversorgung. Die dunkelgrün gefärbten Blöcke weisen einen Versorgungsgrad von über 110 % gemessen an dem 100 % Soll für Kinderärzte oder Internisten auf und gelten somit als überversorgt. Der Versorgungsgrad der hellgrün gefärbten Blöcke liegt zwischen 100 und 110 %, diese Blöcke sind also ebenfalls ausreichend versorgt. Der Versorgungsgrad in den hellrot (rosa) gefärbten Blöcken ist dagegen schon als kritisch anzusehen, da er zwischen 100 % und 50 % liegt. Die rot gefärbten Blöcke müssen als kleinräumig unterversorgt gelten. Sie weisen einen Versorgungsgrad von unter 50 % gemessen am 100 % Soll auf.

Beide Karten bestätigen die durch die Bedarfsplanung festgestellte Überversorgung für weite Teile Berlins auf kleinräumiger Basis. Es werden jedoch auch zusammenhängende Gebiete aus jeweils mehreren Blöcken sichtbar, die als kleinräumig unterversorgt bezeichnet werden müssen. Bei den Kinderärzten sind diese Gebiete zahlreicher und ausgeprägter als bei den Internisten. Insgesamt leben 17.139 Kinder unter 15 Jahren in Blöcken, die nach den Bedarfsplanungsrichtlinien als mit Kinderärzten unterversorgt angesehen werden müssen. Bei lediglich 3.536 Menschen über 45 Jahren ist dies im Bezug auf die Internisten der Fall. Für beide Facharztgruppen werden dabei unterschiedliche Blöcke als unterversorgt ausgewiesen. Interessant bei der visuellen Interpretation der Karten ist vor allem, dass die unterversorgten Gebiete eher in den inneren Bezirken als am Stadtrand liegen. Wird die zu versorgende Wohnbevölkerung berücksichtigt, ergibt sich also ein anderes Bild als bei der alleinigen Interpretation der räumlichen Erreichbarkeit von Ärzten. Ebenfalls interessant ist die eher zufällig scheinende Streuung dieser Gebiete über die ganze Stadt. Es ist offensichtlich so, dass es schlecht versorgte Gebiete in sehr unterschiedlichen Stadtteilen gibt, unabhängig von Sozialstruktur oder Image. Eine Detailanalyse der als kleinräumig unterversorgt erkannten Gebiete, um mögliche Gemeinsamkeiten, die zur Entstehung der Unterversorgung beigetragen haben könnten, zu identifizieren, wäre eine Aufgabe der Bedarfsplanung.

In beiden innerstädtischen Untersuchungsgebieten gibt es mindestens einen Block, der hinsichtlich der kinderärztlichen Versorgung als kleinräumig unterversorgt zu be-

werten ist (vgl. Abb. 29). Im Untersuchungsgebiet Reuterplatz leben dort 335 Kinder, im Untersuchungsgebiet Düsseldorfer Straße nur 30. Dafür leben knapp 84 % aller Kinder der Verkehrszelle Reuterplatz in kleinräumig überversorgten Gebieten, aber nur 59 % aller Kinder in der Verkehrszelle Düsseldorfer Straße.

Abb. 29: Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ (Kinderärzte)

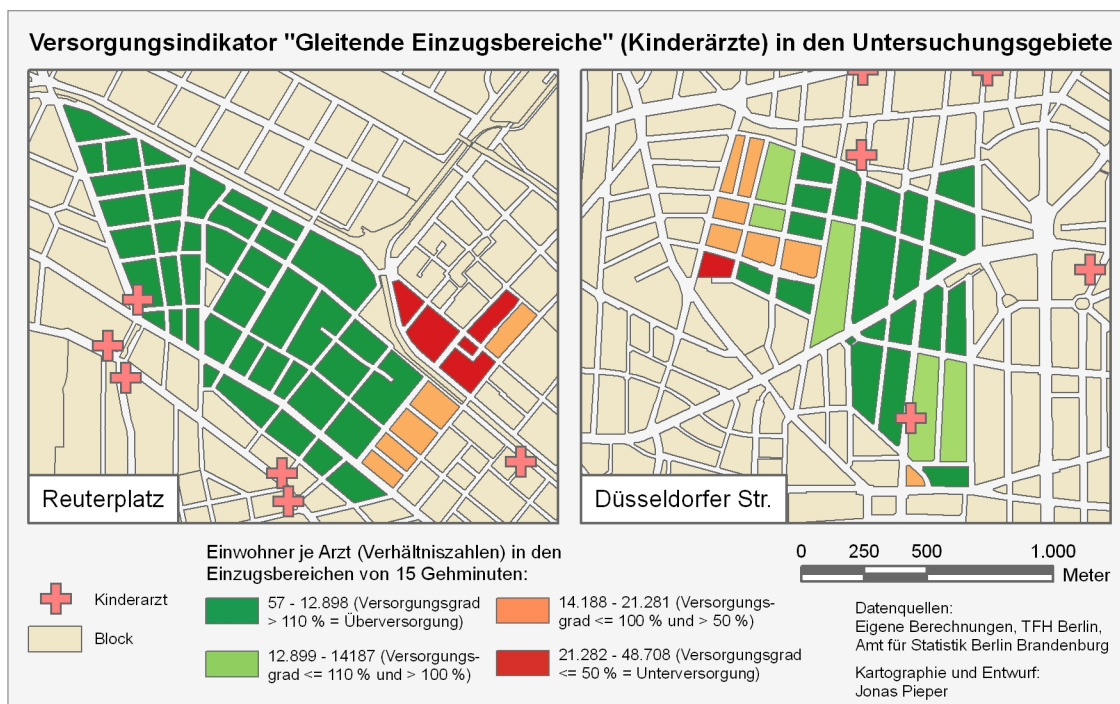
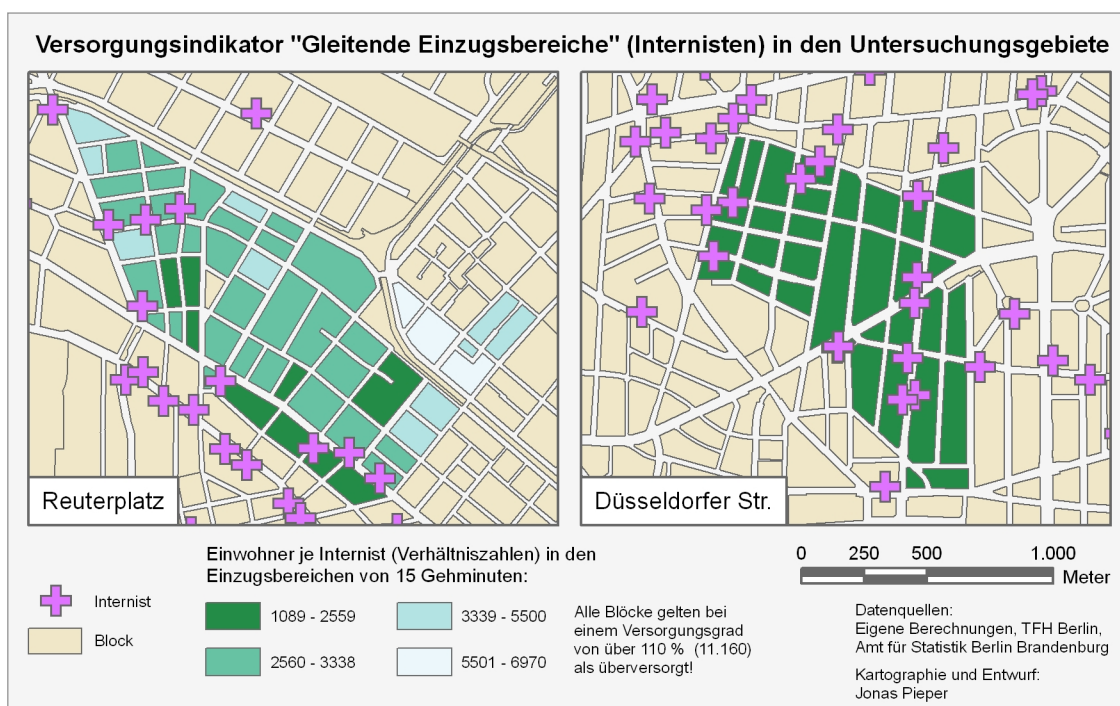


Abb. 30: Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ (Internisten)



Hinsichtlich der Versorgung durch Internisten sind alle Blöcke in beiden Untersuchungsgebieten kleinräumig übertversorgt. Die Karten-Klassen wurden daher angepasst und richten sich nicht mehr nach den Grenzen für Unter- und Übertversorgung, damit Unterschiede erkennbar sind. Die Versorgung in der Verkehrszelle Düsseldorf Straße ist hier vergleichsweise noch besser, wie die Abbildung 30 zeigt. Aber auch die Verkehrszelle Reuterplatz zeigt sich in allen Bereichen mehr als gut versorgt.

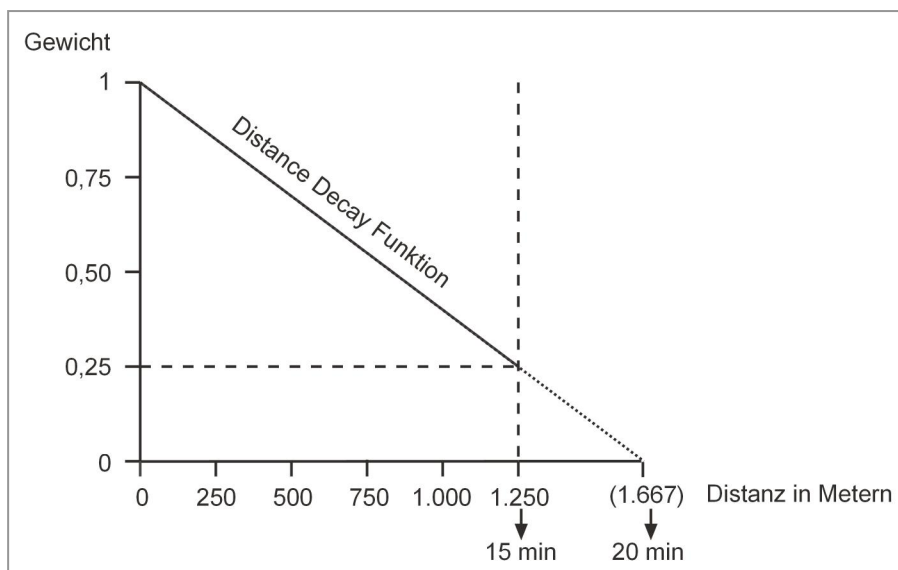
6.5 Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“

6.5.1 Berechnung

Der Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ verlangt die umfangreichsten Berechnungen aller vier Indikatoren. Um den Rechenaufwand im Rahmen der Arbeit möglichst gering zu halten, wurde er nur für die Blöcke der Untersuchungsgebiete berechnet.

Die Berechnungen sollen in Anlehnung an das in Kapitel 4.1.4 diskutierte erweiterte Gravitationsmodell nach GUAGLIARDO 2004 durchgeführt werden. Das Modell sieht eine Gewichtung der Distanz vor. Im Rahmen der Arbeit soll die Distanzgewichtung anhand einer kontinuierlichen *Distance Decay* Funktion umgesetzt werden, wie sie bspw. von HERBST 2006 angewendet wurde. Die größte Distanz, bis zu der ein Arztstandort, bzw. ein Block berücksichtigt wird liegt bei 1.250 m, entsprechend den 15 Minuten Einzugsbereichen der anderen Indikatoren. Durch die *Distance Decay* Funktion müssen demnach Distanzen zwischen 0 und 1.250 m gewichtet werden. Da keine empirischen Werte für die Distanzwahrnehmung bei Fußwegen in Berlin vorliegen, wird eine lineare Funktion verwendet, bei der die Gewichtung über die gesamte Distanz in gleicher Weise abnimmt, wie die Distanz zunimmt.

Die Funktion (vgl. Abb. 31) startet bei der geringsten Distanz mit dem höchsten Gewicht von 1 und nimmt bis zu einem Gewicht von 0,25 bei 1.250 m linear ab. Die Funktion wurde nicht bis zu einem minimalen Gewicht von 0 berechnet, da nicht davon auszugehen ist, dass 1.250 m der absolut weiteste Weg ist, der zu einem Arzt zurückgelegt wird. Bei der vorliegenden Funktion wäre der Nullpunkt der Gewichtung bei 1.667 m entsprechend 20 Gehminuten erreicht. Distanzen größer als 1.250 m werden bei der Berechnung jedoch nicht berücksichtigt.

Abb. 31: Verwendete Distance Decay Funktion zur Gewichtung der Distanzen

In der ursprünglichen Formel nach GUAGLIARDO 2004 wurde die Distanz potenziert, so dass große Distanzen auch durch hohe Werte repräsentiert wurden. Durch die gewählte Form der kontinuierlichen Distanzgewichtung werden große Distanzen nun durch niedrige Werte repräsentiert. Daher muss die Formel zur Berechnung des Indikators auf folgende Weise umgestellt werden:

$$RI_i = \sum_j K_j \times \frac{d_{ij}^g}{R_j} \quad \text{wobei: } R_j = \sum_i d_{ij}^g \times B_i$$

RI ist der Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ ausgehend vom Zentroiden eines Blocks i . K_j beschreibt die Kapazität eines Anbieterstandortes, hier die Anzahl am Standort j tätiger Ärzte einer Fachgruppe. d_{ij}^g ist die gewichtete Distanz zwischen einem Block i und einem Arztstandort j . R_j ist das Regulativ zur Einbeziehung der zu versorgenden Wohnbevölkerung für den Arztstandort j . Es wird berechnet durch die Summe aller gewichteten Distanzen zu den innerhalb von 15 Gehminuten erreichbaren Blockzentroiden (d_{ij}^g) multipliziert mit der Bevölkerungszahl B_i des jeweiligen Blocks i .

Die Berechnung der Indikatorwerte erfolgte pro Untersuchungsgebiet und Facharzt in mehreren Arbeitsschritten, die im Folgenden aufgeführt werden:

- 1) Die zu den Blöcken der Untersuchungsgebiete gehörenden Einzugsbereiche von 15 Gehminuten werden aus der Gesamtdatei der Einzugsbereiche selektiert und separat abgespeichert.

- 2) Alle Ärzte einer Fachgruppe, die innerhalb dieser Einzugsbereiche liegen, werden selektiert und separat abgespeichert.
- 3) In den ursprünglichen Ärztedateien hat jeder Arzt einen eigenen Eintrag in der Attributtable. Bei Gemeinschaftspraxen gibt es also mehrere Einträge für denselben Standort. Da die Distanz zum Standort einer Gemeinschaftspraxis nur einmal gemessen werden soll, die Anzahl der dort praktizierenden Ärzte aber bei der Indikatorberechnung als K_j berücksichtigt werden soll, wird eine zusätzliche Spalte eingefügt, in der die Anzahl der an einem Standort praktizierenden Fachärzte abgespeichert wird. Überflüssige (mehrfache) Features werden daraufhin gelöscht, so dass für jeden Standort genau ein Feature übrig bleibt. Eine eindeutige ID für die Standorte wird vergeben.
- 4) Mit Hilfe der Funktion *New Service Area* des *Network Analyst* werden Einzugsbereiche von 15 Gehminuten ausgehend von den selektierten Arztstandorten entlang des Straßengraphen erstellt. Dazu werden die Arztstandorte als *Facilities* geladen.
- 5) Alle Blockzentroide, die innerhalb der neu erstellten Einzugsbereiche um die Arztpraxen liegen, werden selektiert und separat abgespeichert.
- 6) Mit Hilfe der Funktion *New Closest Facility* des *Network Analyst* werden die Distanzen zwischen den Arztpraxen und den erreichbaren Blockzentroiden berechnet. Dazu werden die Arztpraxen als *Facilities* und die Blockzentroide als *Incidents* geladen. Die jeweiligen eindeutigen ID's werden zur späteren Zuweisung übernommen. Die *Analysis Settings* werden dabei wie in Abbildung 32 ersichtlich eingestellt. Dadurch, dass bei *Default Cutoff Value* eine maximale Entfernung von 1.250 m eingestellt wird, wird sichergestellt, dass die

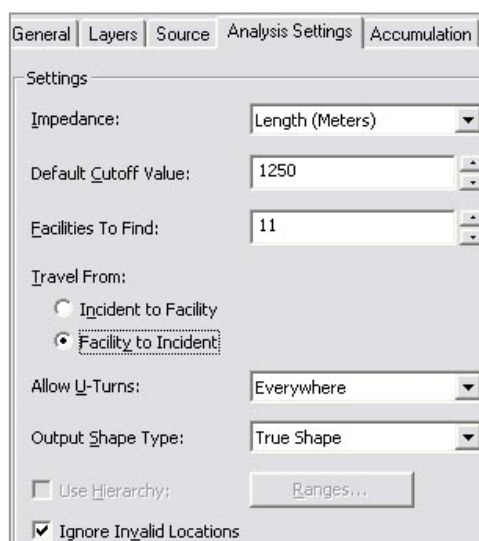


Abb. 32: Analysis Settings

Distanz nur bis zu den Blockzentroiden gemessen wird, die innerhalb des Einzugsbereiches einer Arztpraxis liegen. Bei *Facilities To Find* kann die Gesamtzahl aller verfügbaren *Facilities* angegeben werden. So wird die Distanz nicht nur zum nächstgelegenen Arztstandort berechnet, sondern zu jedem Standort, der über den Straßengraphen innerhalb von 15 Gehminuten erreicht werden kann.

- 7) Als Ergebnis erhält man einen *Routes-Layer*, der die realen Wege über den Straßengraphen, ausgehend von den Arztpraxen, hin zu jedem innerhalb von 15 Gehminuten erreichbaren

Blockzentroiden abbildet. Jeder Weg wird mit seiner Distanz in Metern abgespeichert. Diese Distanzen werden nun für die weiteren Berechnungen mittels der beschriebenen linearen Distance Decay Funktion in gewichtete Werte umgewandelt. Die gewichteten Werte liegen nun im Wertebereich zwischen 1 (= 0 m Distanz) und 0,25 (= 1.250 m Distanz).

- 8) Die eindeutigen ID's der Blöcke werden mittels *Join* über den *Incidents-Layer* an den *Routes-Layer* angehängt. Daraufhin kann die Einwohnerzahl der Blöcke, über diese Block-ID, ebenfalls als Spalte an den *Routes-Layer* angehängt werden.
- 9) In Anlehnung an das erweiterte Gravitationsmodell nach GUAGLIARDO 2004 kann nun das Regulatoriv R nach der weiter oben angegebenen Formel für jede Route berechnet werden.
- 10) Um nun alle R, die zu einem Arztstandort gehören, aufzusummieren, wird das Werkzeug *Summary Statistics* verwendet. Dabei werden die R's der jeweiligen Routen, nach den ID's der Arztstandorte sortiert, aufsummiert. Die berechneten Summen stellen den Wert R für einen Arztstandort i dar und können wiederum über die ID's als Spalte an die Attributtabelle der Ärzte angehängt werden.
- 11) Nun werden die Distanzen zwischen den Blockzentroiden der Untersuchungsgebiete und den erreichbaren Ärzten berechnet. Dazu wird wiederum die Funktion *New Closest Facility* des *Network Analyst* mit denselben *Analysis Settings* verwendet. Die Distanzgewichtung wird analog zu Schritt 7 vorgenommen, ebenso wie die Übertragung der Block ID's analog zu Schritt 8.
- 12) Die R_i für die Ärzte sowie deren Anzahl pro Standort werden über deren ID's an den neuen *Routes-Layer* angehängt. Nun wird der Indikatorwert RI nach der weiter oben stehenden Formel für jede Route berechnet.
- 13) Zur Berechnung der Summen pro Block wird abermals eine *Summary Statistics* durchgeführt, wobei nach den ID's der Blöcke sortiert wird. Die Ergebnisse stellen den Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ auf Blockbasis dar und können über die ID's an die Blöcke angehängt werden.

Ein großer Teil der Arbeitsschritte kann mit dem *Model Builder* in *ArcGIS* automatisiert werden. Durch geringfügige Anpassung der Modelle kann die Berechnung für verschiedene Arztgruppen und Untersuchungsgebiete durchgeführt werden.

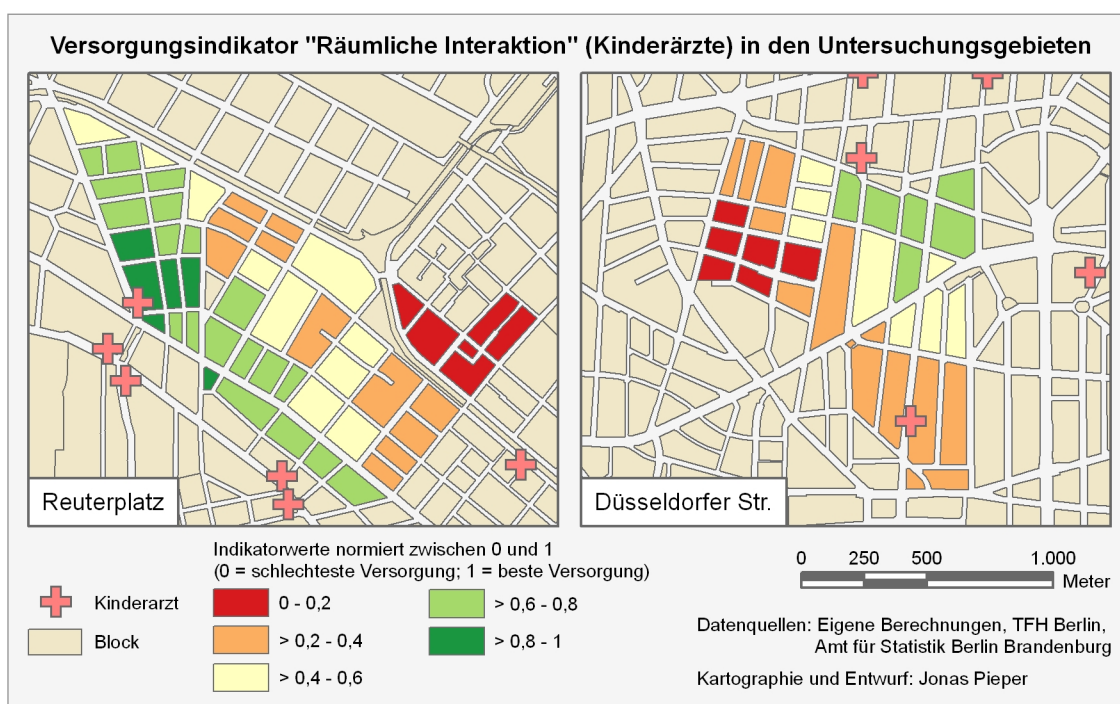
6.5.2 Ergebnisse

Die Berechnungen konnten für alle Blöcke in den Untersuchungsgebieten erfolgreich durchgeführt werden. Die Werte der Ergebnisse variieren dabei zwischen einem

Minimalwert von 0,000016 und einem Maximalwert von 0,000209. Diese Werte sind in ihrer Bedeutung schwer zu fassen und eignen sich nicht zur Interpretation. Daher wurden sie für den Wertebereich zwischen 0 und 1 normiert. Der Wert 0 steht dabei für die schlechteste Versorgungssituation in den untersuchten Blöcken und der Wert 1 für die beste Versorgungssituation. Dazwischen können alle Werte in eine Rangfolge gebracht werden. Die Interpretation der Abbildungen 33 und 34 wird so deutlich erleichtert.

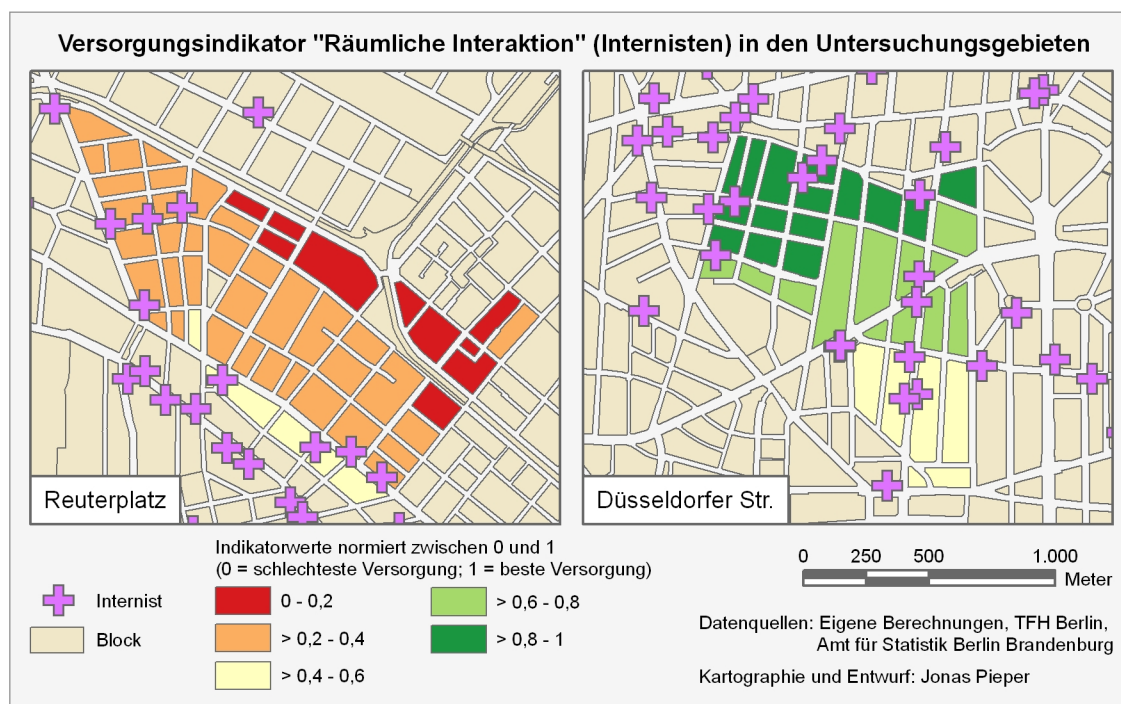
Für die Kinderärzte ergibt der Indikator beim Vergleich der beiden Untersuchungsgebiete ein recht ausgeglichenes Bild. Blöcke mit Werten der höchsten Klasse, also mit dem besten Versorgungsgrad, gibt es allerdings nur in der Verkehrszelle Reuterplatz.

Abb. 33: Normierter Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ (Kinderärzte)



Bei den Internisten bringt der Indikator dagegen recht unterschiedliche Ergebnisse in den Untersuchungsgebieten. Lediglich die Indikatorwerte der mittleren Klasse, also Blöcke mit durchschnittlichem Versorgungsgrad, gibt es in beiden Verkehrszellen. Die beiden höchsten Klassen kommen ausschließlich in der Verkehrszelle Düsseldorf Straße vor und die beiden niedrigsten Klassen ausschließlich in der Verkehrszelle Reuterplatz. Die Versorgung mit Internisten ist demnach im Untersuchungsgebiet Düsseldorf Straße vergleichsweise deutlich besser als im Untersuchungsgebiet Reuterplatz.

Abb. 34: Normierter Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ (Internisten)



Bei dieser Betrachtung muss berücksichtigt werden, dass der Indikator „Räumliche Interaktion“ nur für die Blöcke der Untersuchungsgebiete berechnet wurde und die Normierung auch nur zwischen dem Minimal- und Maximalwert dieser Blöcke durchgeführt wurde. Berechnet man den Indikatorwert für ganz Berlin und normiert zwischen den dort ermittelten Minimal- und Maximalwerten, ergibt sich für die Untersuchungsgebiete eine andere Werteverteilung. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die Versorgungssituation dann wieder in beiden Untersuchungsgebieten vergleichsweise gut darstellen würde. Unterschiede könnten den Daten trotzdem entnommen werden.

6.6 Kombination von Indikatoren

Da die Indikatoren unterschiedliche Aspekte der Versorgungssituation abbilden, kann die Frage aufgeworfen werden, ob eine sinnvolle Kombination der Ergebnisse möglich ist. So könnte aus den verschiedenen Aussagen ein Gesamtindikator erstellt werden, der die ärztliche Versorgung umfassend und unter verschiedenen Blickwinkeln beschreibt.

Eine Korrelationsanalyse ist geeignet, um den Grad des inhaltlichen Zusammenhangs zwischen den einzelnen Indikatoren zu beschreiben. Ergibt sich für zwei Indikatoren überhaupt kein Zusammenhang, besteht bei einer Kombination die Gefahr, dass sich gegensätzliche Werte gegenseitig aufheben und somit keine eindeutigen Aussagen

gewonnen werden können. Bei einem hohen Grad des Zusammenhangs ist eine Kombination von Werten dagegen grundsätzlich gut möglich.

Für die Blöcke in den Untersuchungsgebieten wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet, der den linearen Zusammenhang zwischen zwei intervallskalierten Datensätzen beschreiben kann. Nimmt der Korrelationskoeffizient die Werte 1, oder -1 an, besteht ein eindeutiger linearer Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Bei dem Wert 0 sind die Variablen völlig unabhängig voneinander. Je näher der Wert bei 1 oder -1 liegt, desto größer ist der Zusammenhang zwischen zwei Variablen (BENNING 2007).

Tab. 6: Korrelationskoeffizienten nach Pearson zu den Versorgungsindikatoren

Pearson-Korrelation	Kinderärzte	Internisten
Nächstgelegener Anbieter - Erreichbare Anbieter	-0,34	-0,69
Nächstgelegener Anbieter - Gleitende Einzugsbereiche	0,38	0,70
Nächstgelegener Anbieter - Räumliche Interaktion	-0,58	-0,57
Erreichbare Anbieter - Gleitende Einzugsbereiche	-0,76	-0,89
Erreichbare Anbieter - Räumliche Interaktion	0,89	0,90
Gleitende Einzugsbereiche - Räumliche Interaktion	-0,76	-0,83

Den Korrelationskoeffizienten der Tabelle 6 ist zu entnehmen, dass der Indikator „Nächstgelegener Anbieter“ die geringste Korrelation mit den anderen Indikatoren aufweist. Bei Werten bis zu 0,7 kann allerdings nicht festgestellt werden, dass überhaupt kein Zusammenhang besteht. Die drei anderen Indikatoren korrelieren untereinander sogar deutlich, mit Werten zwischen 0,76 und 0,9. Bei den Internisten ist die Korrelation jeweils noch etwas ausgeprägter als bei den Kinderärzten.

Eine Kombination der drei stärker korrelierenden Indikatoren bietet sich durch den festgestellten inhaltlichen Zusammenhang geradezu an und kann demnach problemlos umgesetzt werden. Beim Indikator „Nächstgelegener Anbieter“ sollte die genauer überlegt und je nach Anwendungsziel entschieden werden. An dieser Stelle soll er jedenfalls ebenfalls in die Berechnung eines Gesamtindikators einfließen. Er beleuchtet einen bestimmten Aspekt der Versorgungssituation, der von den anderen Indikatoren nicht auf die gleiche Weise wiedergegeben wird. Die anderen drei Indikatoren haben zusammen außerdem ein so großes Gewicht, dass die Gesamtaussage durch eventuelle „Ausreißer“ beim Indikator „Nächstgelegener Anbieter“ nicht völlig verändert wird.

Alle vier Indikatoren der Blöcke der Untersuchungsgebiete wurden also verwendet und zu einer Gesamtaussage vereint. Da die Wertausprägungen der einzelnen Indikatoren sehr unterschiedlich sind, wurden sie jeweils analog zum Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ normiert. Die Normierung wurde dabei jeweils so umgesetzt, dass die beste Versorgung durch den Wert 1 und die schlechteste durch den Wert 0 rep-

räsentiert wird. In den Abbildungen 35 und 36 sind die Ergebnisse zu sehen. Der neu entstandene Indikator kann als „Multikriterieller Versorgungsindikator“ bezeichnet werden, da er alle Aspekte der einzelnen Indikatoren in einem Wert vereint.

Abb. 35: Multikriterieller Versorgungsindikator (Kinderärzte)

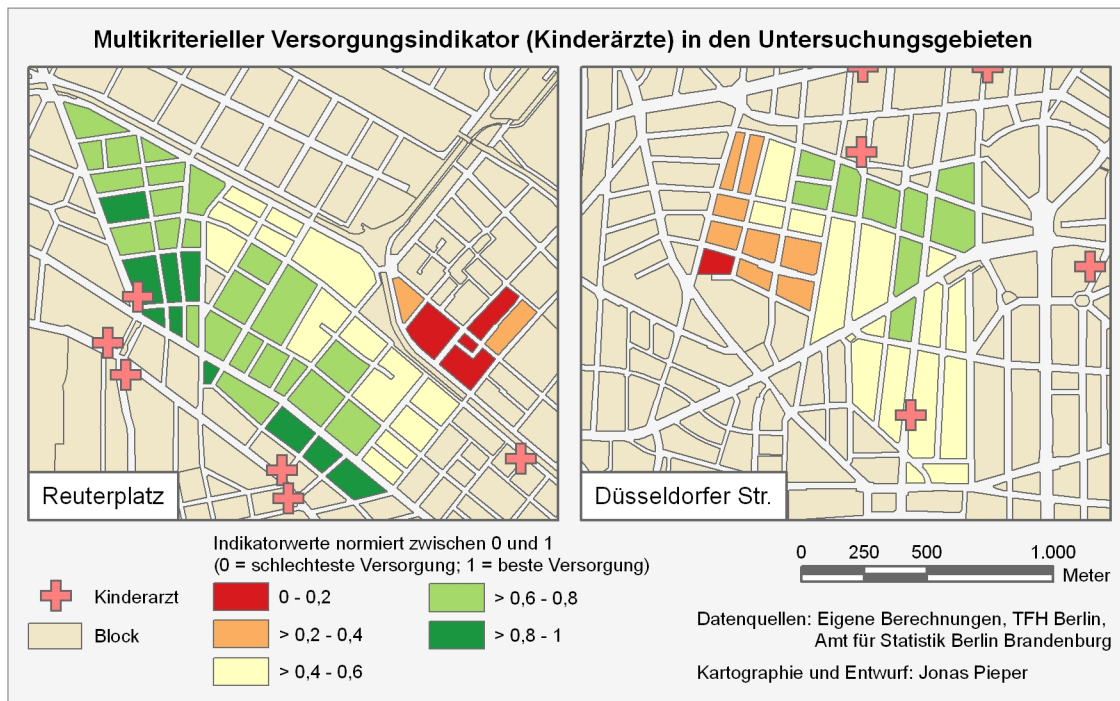
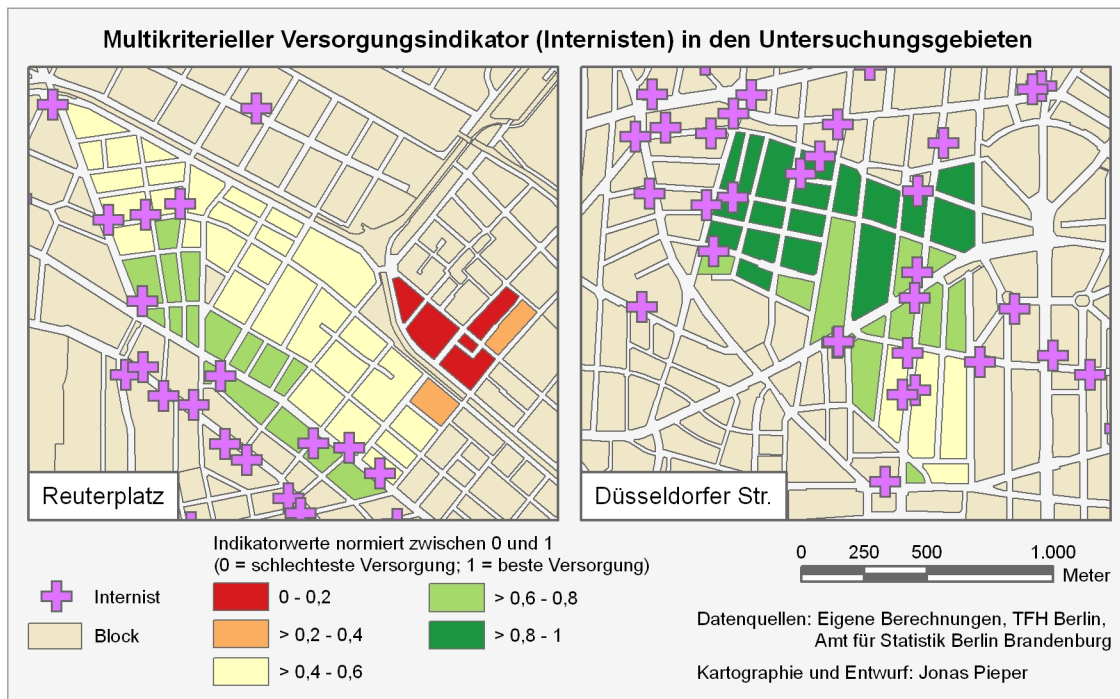


Abb. 36: Multikriterieller Versorgungsindikator (Internisten)



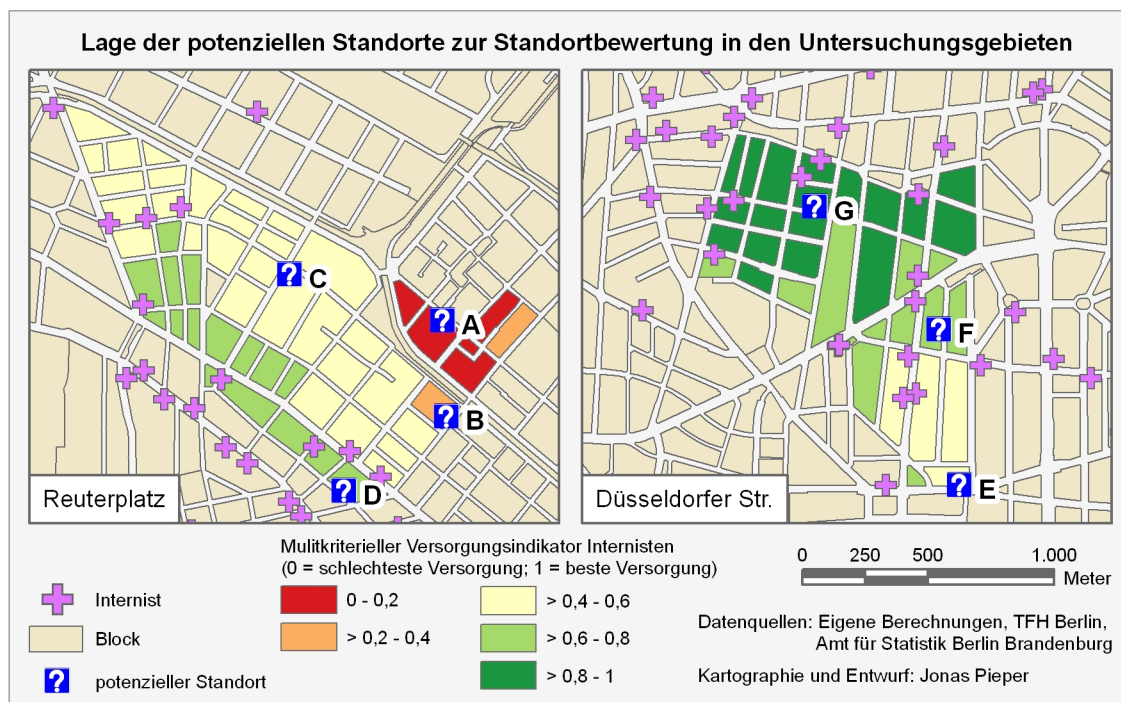
Der „Multikriterielle Versorgungsindikator“ spiegelt damit die durch die Einzelauswertung der vier Indikatoren gewonnenen Erkenntnisse wider, wonach die kinderärztliche Versorgung in der Verkehrszelle Reuterplatz insgesamt als etwas besser bezeichnet werden kann, wogegen bei der Versorgung durch Internisten die Verkehrszelle Düsseldorfer Straße deutliche Vorteile hat. Der „Multikriterielle Versorgungsindikator“ besitzt eine starke Aussagekraft, die sowohl den Aspekte der räumlichen Erreichbarkeit aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet, als auch das verfügbare Angebot und die zu versorgende Wohnbevölkerung berücksichtigt. Eine Erläuterung der einzelnen Indikatoren, die verwendet wurden, ist auch bei der alleinigen Verwendung des Gesamtindikators nötig, damit die unterschiedlichen Aspekte, die in die Berechnung eingeflossen sind, erkannt werden können.

7. Standortbewertung von Arztpraxen

Zur konkreten Bewertung einzelner Standorte von Arztpraxen soll ein Potenzialansatz in Anlehnung an die in Kapitel 4.2 diskutierten Modelle getestet werden. In Ermangelung anderer geeigneter Daten werden häufig Bevölkerungszahlen als Attraktivitätsparameter zur Berechnung des Potenzials verwendet. Sie sollen auch hier exemplarisch getestet werden. Ein anderer Ansatz, der dem gegenübergestellt werden soll, ist es, anstelle der Bevölkerungszahlen die Werte der berechneten Versorgungsindikatoren als Attraktivitätsparameter mit einzubeziehen. Besonders geeignet sind hier die Werte des Versorgungsindikators „Gleitende Einzugsbereiche“. Dabei handelt es sich letztendlich auch um einen Bevölkerungswert, nämlich um die Anzahl an Personen, die im Einzugsgebiet eines Blockes auf einen Arzt kommen. Hiermit kann also nicht nur die Bevölkerung bei der Potenzialberechnung berücksichtigt werden, sondern auch deren Versorgungsgrad.

Für die Anwendung werden potenzielle Standorte innerhalb der Untersuchungsgebiete ausgewählt, für die vorausgesetzt wird, dass sie für eine Arztpraxis in Frage kommen. Das Fachgebiet der neu zu eröffnenden Arztpraxis soll die Innere Medizin sein. Die Blöcke, in denen sich die potenziellen Standorte befinden, sollen von ihrem Versorgungsgrad möglichst unterschiedlich sein. Der „Multikriterielle Versorgungsindikator“ für Internisten wird dabei der Auswahl der Standorte zugrunde gelegt. In jedem Untersuchungsgebiet soll jeweils ein Standort in einer der dort vorkommenden Klassen des „Multikriteriellen Versorgungsindikators“ liegen. Das bedeutet, dass insgesamt sieben Standorte ausgewählt werden können. Um zu überprüfen, ob die Ergebnisse der Potenzialberechnung trotz sehr ähnlicher Indikatorwerte stärker voneinander abweichen können, sollen auch zwei Standorte in Blöcken ausgewählt werden, die einen fast identischen Indikatorwert aufweisen. In Abbildung 37 sind die potenziellen Standorte zu sehen, die für die Untersuchung ausgewählt wurden. Die Indikatorwerte der Blöcke, in denen die Standorte D (Indikatorwert = 0,70) und F (Indikatorwert = 0,71) liegen, sind sich dabei sehr ähnlich. Grundsätzlich wird vor der Untersuchung von der Hypothese ausgegangen, dass Standorte in Blöcken mit eher niedrigem Versorgungsindikator ein höheres Potenzial aufweisen als Standorte in Blöcken mit hohem Versorgungsindikator.

Abb. 37: Lage der hypothetischen Standorte neuer Arztpraxen für die Innere Medizin



7.1 Berechnung

Die Potenzialberechnung kann in folgende Schritte aufgeteilt werden:

- 1) Mit Hilfe der Funktion *New Service Area* des *Network Analyst* werden Einzugsbereiche von 15 Gehminuten ausgehend von den ausgewählten potenziellen Standorten entlang des Straßengraphen erstellt. Dazu werden die potenziellen Standorte als *Facilities* geladen.
- 2) Alle Blockzentroide, die innerhalb dieser Einzugsbereiche liegen, werden mit der Funktion *Select by Location* ausgewählt und separat abgespeichert.
- 3) Mit Hilfe der Funktion *New Closest Facility* des *Network Analyst* werden die Distanzen zwischen den potenziellen Standorten und den erreichbaren Blockzentroiden berechnet. Dazu werden die potenziellen Standorte als *Facilities* und die Blockzentroide als *Incidents* geladen. Die jeweiligen eindeutigen ID's werden dabei übernommen. Die *Analysis Settings* werden analog zur Berechnung der Distanzen für den Indikator „Räumliche Interaktion“ (vgl. Abb. 32) vorgenommen und bis zu einer maximalen Entfernung von 1.250 m durchgeführt. Es entsteht ein *Routes-Layer* mit den Distanzen zwischen Blockzentroiden und potenziellen Standorten.
- 4) Die Distanzen werden anhand der in Kapitel 6.5.1 vorgestellten linearen *Distance Decay* Funktion gewichtet.

- 5) Die ID's der Blockzentroide werden über den *Incidents-Layer* an den *Routes-Layer* angehängt. Die Bevölkerungszahl der Blöcke sowie der Indikatorwert „Gleitende Einzugsbereiche“ werden über diese ID ebenfalls an den *Routes-Layer* angehängt.
- 6) Das Potenzial wird auf zweierlei Weise berechnet. Ein Potenzialwert verwendet die Bevölkerung der Blöcke als Attraktivitätsparameter. Hier wird die gewichtete Distanz mit der Gesamtbevölkerung des erreichbaren Blocks multipliziert und für jede Route berechnet. Der andere Potenzialwert verwendet den Indikatorwert „Gleitende Einzugsbereiche“ als Attraktivitätsparameter. Hier wird die gewichtete Distanz mit dem Indikatorwert multipliziert und für jede Route berechnet.
- 7) Im letzten Schritt werden die Summen der einzelnen Routen pro potenziellem Standort berechnet. Die Ergebnisse stellen die Potenzialwerte für die einzelnen Standorte dar.

7.2 Ergebnisse

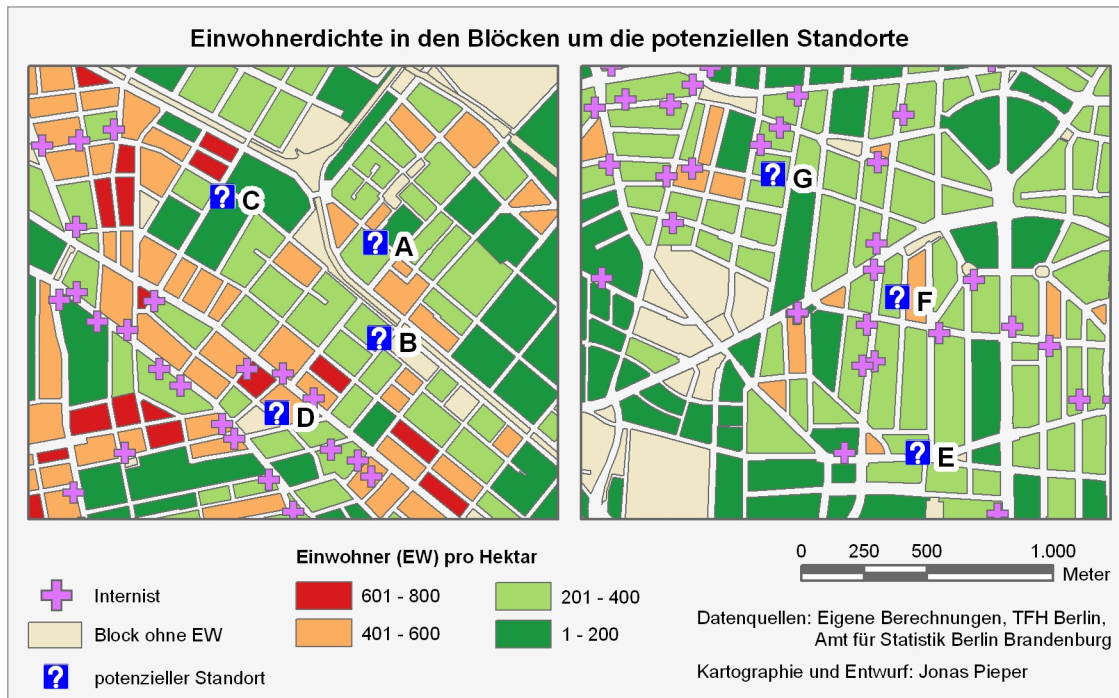
Die potenziellen Standorte für die Standortbewertung liegen, wie in Abbildung 37 ersichtlich, in Blöcken mit sehr unterschiedlichen Indikatorwerten. Die jeweiligen Blockwerte des „Multikriteriellen Versorgungsindikators“ sind der Tabelle 7 zu entnehmen. Der Standort A liegt dabei in dem Block mit dem niedrigsten Indikatorwert und damit der schlechtesten Versorgung durch Internisten in den Untersuchungsgebieten. Der Standort G liegt in dem Block mit dem höchsten Indikatorwert. Eine einfache Möglichkeit wäre es, den günstigsten Standort ohne Potenzialberechnung auf Basis der Indikatorwerte auszuwählen. Dabei würde den Standorten in Blöcken mit ungünstiger Versorgungssituation besonders großes Potenzial im Hinblick auf eine neu zu eröffnende Arztpraxis zugemessen. Der Standort A hätte demnach das größte Potenzial und der Standort G das Geringste. In der Spalte „Erwarteter Rang“ ist die Reihenfolge der Standorte auf Basis des „Multikriteriellen Versorgungsindikators“ abgebildet. Die Standorte D und F liegen dabei so nah beieinander, dass eine Entscheidung, welcher Standort das größere Potenzial hat, auf Basis des Indikatorwertes schwierig erscheint.

Tab. 7: Ergebnisse der Potenzialberechnung

Potenzieller Standort	Multikriterieller Indikatorwert	Erwarteter Rang	Potenzialwert Bevölkerung insgesamt	Rang insgesamt	Potenzialwert "Gleitende Einzugsbereiche"	Rang GE
A	0,04	1	23.317	5	207.459	2
B	0,38	2	30.804	2	225.782	1
C	0,45	3	30.643	3	176.941	3
D	0,70	5	33.278	1	149.606	4
E	0,58	4	23.293	4	86.195	5
F	0,71	6	22.753	6	73.317	6
G	0,99	7	21.951	7	63.532	7

Die Ergebnisse der Potenzialberechnung mit den Bevölkerungszahlen der Blöcke als Attraktivitätsparameter sind in der Spalte „Potenzialwert Bevölkerung insgesamt“ zu sehen. Die Rangfolge, die sich daraus ergibt, ist der Spalte „Rang insgesamt“ zu entnehmen. Sie unterscheidet sich von der Rangfolge bei den Indikatorwerten nur an zwei Standorten. Die Standorte A und D haben in der Rangfolge die Plätze getauscht. Interessant ist dies vor allem, da nicht nah beieinander liegende Ränge getauscht wurden, sondern der Rang 1 mit dem Rang 5. Der Standort A, für den ein hohes Potenzial aufgrund der schlechten Versorgungssituation in seiner Umgebung erwartet wurde, liegt also nur auf Platz 5. Wenn man sich die Rangfolge im Zusammenhang mit der in Abbildung 38 dargestellten Bevölkerungsdichte der Blöcke anschaut, bekommt man den Eindruck, dass der berechnete Potenzialwert für die Standorte dort hoch ist, wo Blöcke mit hoher Einwohnerdichte in der Nähe liegen. So kommen bspw. auch die Standorte D und F, die fast identische Indikatorwerte aufweisen, zu einer gänzlich unterschiedlichen Beurteilung hinsichtlich des Potenzials. Standort D, in dessen Umgebung Blöcke mit hoher Einwohnerdichte liegen, wird am besten bewertet. Standort F, mit weniger hoher Einwohnerdichte in den nah gelegenen Blöcken, liegt dagegen nur auf Rang 6.

Abb. 38: Einwohnerdichte in den Blöcken um die potenziellen Standorte



Ein so großer und alleiniger Einfluss der Bevölkerung bei der Potenzialermittlung für einen neuen Arztstandort ist sicherlich als problematisch anzusehen. Das zu erwartende Potenzial unterliegt weiteren Kriterien, die durch die reinen Einwohnerzahlen nicht ausgedrückt werden können. Hier erscheint der Einsatz der berechneten Versor-

gungsindikatoren sinnvoll, um die am Standort vorherrschende Versorgungssituation mit in die Überlegungen einzubeziehen.

Der Potenzialansatz wurde mit dem Indikatorwert „Gleitende Einzugsbereiche“ als Attraktivitätsparameter getestet, da dieser bereits beide notwendigen Variablen zur Bestimmung des Potenzials beinhaltet: die zu versorgende Wohnbevölkerung und das verfügbare Angebot. Die Ergebnisse der Potenzialberechnung sind der Tabelle 7 in der Spalte „Potenzialwert Gleitende Einzugsbereiche“ zu entnehmen. In der darauf folgenden Zeile ist die Rangliste zu sehen, die sich daraus ergibt. Vergleicht man sie mit der Rangliste auf alleiniger Basis des Indikatorwertes ohne Potenzialberechnung und der Rangliste mit der Bevölkerung der Blöcke als Attraktivitätsparameter, wird deutlich, dass hier beide Aspekte berücksichtigt werden. Die Ränge sind gegenüber dem Indikatorwert an vier Standorten um jeweils einen Platz verschoben. Die Verschiebung fand jeweils in die Richtung statt, die durch die Bevölkerungsdichte sinnvoll erscheint. So ist bspw. der Standort A, mit dem schlechtesten Versorgungsgrad nur auf Rang 2 und nicht auf Rang 1 zu finden, da er in einem Gebiet mit vergleichsweise geringer Bevölkerungsdichte liegt. Der Standort D, der dagegen nur auf Rang 5 nach dem Indikatorwert liegt, steigt auf Rang 4, da er von Blöcken mit hoher Einwohnerdichte umgeben ist.

8 Ergebnisdiskussion

8.1 Versorgungsanalysen

8.1.1 Die Versorgung durch Standorte freier Arztpraxen in Berlin

Die bereits durch das Forschungsprojekt an der TFH Berlin festgestellte Existenz räumlicher Disparitäten in der ambulanten Versorgung durch freie Arztpraxen in Berlin (WALTER & SCHWEIKART 2006, HENKE et al. 2006, HENKE et al. 2007) konnte durch die Anwendung der gewählten Methoden zumindest für die untersuchten Kinderärzte und Internisten bestätigt werden. Die Gültigkeit dieser Feststellungen konnte damit auch für den kleinräumigen Bereich, auf Basis der Berliner Blöcke, nachgewiesen werden.

Berlin weist, bezogen auf die räumliche Erreichbarkeit von Arztpraxen, ein deutliches Zentrum-Peripherie-Gefälle in der ärztlichen Versorgung auf. Dies wird besonders bei den Indikatoren „Nächstgelegener Anbieter“ und „Erreichbare Anbieter“ deutlich, da von großen Teilen der am Stadtrand gelegenen Gebiete kein Kinderarzt oder Internist innerhalb von 15 Gehminuten erreicht werden kann. Einschränkend muss hier jedoch die Frage nach der Zweckmäßigkeit der definierten Einzugsbereiche auf Basis von Gehminuten für die peripheren Stadtteile gestellt werden. Die Gegenüberstellung der Erreichbarkeit auf Basis von PKW-Reisezeiten für den alten Bezirk Hellersdorf hat gezeigt, dass mit dem PKW ausreichend viele Ärzte erreicht werden können. Aber auch bei der Auswertung anderer Verkehrsmittel ist zu erwarten, dass von den innerstädtischen Gebieten mehr Ärzte erreicht werden können. Das existierende Zentrum-Peripherie-Gefälle bei der Erreichbarkeit hat gewissermaßen auch seine Berechtigung, da die Bevölkerungsdichte in der Innenstadt höher ist und von hier eine starke räumliche Anziehungskraft auf die Bevölkerung der peripheren Gebiete ausgeht. Wie weiter oben erwähnt orientieren sich einige Patienten auch an ihren Arbeitsplätzen, die mehrheitlich in der Innenstadt zu finden sind.

Der Indikator „Gleitende Einzugsbereiche“, bei dem die zu versorgende Wohnbevölkerung und das existierende Angebot berücksichtigt wurden, brachte kleinräumig unterversorgte Gebiete ans Licht, die eher in der Innenstadt liegen. Für den Indikator „Räumliche Interaktion“, der nur für die Untersuchungsgebiete berechnet wurde, aber ebenfalls die zu versorgenden Einwohner und das existierende Angebot berücksichtigt, ist ähnliches zu erwarten.

Die Untersuchungsgebiete wurden mit möglichst unterschiedlicher Sozialstruktur bei ähnlichem städtebaulichen Charakter und Verdichtungsgrad gewählt, um den Einfluss der Sozialstruktur auf die Versorgungssituation zu untersuchen. Die visuelle Interpretation aller vier Indikatoren zeigte bei den Kinderärzten eine etwas bessere Versorgungslage in den Blöcken der Verkehrszelle Reuterplatz. Hinsichtlich der Internisten zeigen dagegen alle vier Indikatoren eine deutlich bessere Versorgungssituation in den Blöcken der Verkehrszelle Düsseldorfer Straße. Aus der Interpretation der Untersuchungsgebiete geht damit nicht hervor, ob sozial besser gestellte Gebiete besser versorgt sind. Ein Blick auf die Ergebnisse der Indikatoren, die für ganz Berlin berechnet wurden, erweckt nicht den Eindruck, dass in sozial benachteiligten Gebieten besondere Versorgungsdefizite bestehen. Hier wird lediglich deutlich, dass beide Untersuchungsgebiete im berlinweiten Vergleich relativ gut dastehen. Versorgungsdisparitäten scheinen eher ein Problem der Infrastruktur als der Sozialstruktur zu sein. Bspw. erscheinen großflächige Einfamilienhaus- und Villen-Siedlungen in mehreren Teilen Berlins auf Basis der Gehweg-Analyse nahezu unversorgt. Auch im Untersuchungsgebiet Reuterplatz wird die Bedeutung der Infrastruktur deutlich, wo sich die Ärzte stark an der Hauptverkehrs- und Einkaufsstraße orientieren, wodurch die weit davon entfernten Wohnblöcke deutlich schlechter versorgt werden. In der Verkehrszelle Düsseldorfer Straße verteilen sich die Arztstandorte gleichmäßiger über das gesamte Wohngebiet. Ob man daraus schließen kann, dass die Verteilung der Ärzte in sozial besser gestellten Quartieren gleichmäßiger ist, müsste anhand weiterer Untersuchungsgebiete untersucht werden wie die Gültigkeit der in Kapitel 5.3 formulierten Hypothese, wonach Gebiete mit einer ungünstigen Sozialstruktur und einem negativen Image eher schlechter versorgt sind. Diese Hypothese kann, auch mit Blick auf die Karten von ganz Berlin, an dieser Stelle nicht bestätigt werden.

Da den ermittelten Indikatorwerten für ganz Berlin jeweils die zu versorgende Gesamtbevölkerung und die spezifische Klientel gegenübergestellt wurde, lassen sich auch hier Schlussfolgerungen ziehen. Wie die Tabellen der ganzseitigen Karten im Anhang zeigen, gibt es keine auffallend großen Unterschiede zwischen den Anteilen der Gesamtbevölkerung und den Anteilen der Kinder bzw. älteren Menschen, die in eine Klasse fallen. Untersucht man die Blöcke separat gibt es hier mehrfach erhebliche Abweichungen, betrachtet man die Anteile jedoch für ganz Berlin, gleichen sich die Unterschiede wieder aus. Die größte Abweichung beim Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ finden wir bei den Kinderärzten. Mit 2,1 % liegt diese interessanterweise in der Klasse von Blöcken mit einem Fußweg von mehr als 15 Gehminuten zum

nächstgelegenen Kinderarzt. In diese Klasse fallen 22,5 % der Kinder, aber nur 20,4 % der Gesamtbevölkerung. Ähnlich erstaunlich ist, dass die größte Abweichung beim Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ bei den Internisten zu finden ist. Sie liegt in der Klasse mit Blöcken, von denen aus die meisten Internisten erreicht werden können. 20,5 % der älteren Menschen fallen in diese Klasse, dagegen sogar 24,1 % der Gesamtbevölkerung. Es ist bei beiden Facharztgruppen also tendenziell so, dass genau dort etwas weniger Ärzte zur Verfügung stehen, wo sie am meisten gebraucht würden. Wenn man sich die Bevölkerungsstruktur der Stadtteile anschaut, ist dies auch leicht zu erklären. Die innerstädtischen Gebiete, die eine höhere Versorgungsdichte aufweisen, zeichnen sich durch einen vergleichsweise hohen Anteil an jungen Erwachsenen und Menschen im „mittleren Alter“ aus. Singlehaushalte dominieren hier das Bild. In den äußeren Stadtteilen wohnen dagegen mehr ältere Menschen und Familien mit Kindern. Hier könnte also am ehesten ein Bedarf an zusätzlichen Ärzten für die wohnortnahe Versorgung bestehen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es auf der kleinräumigen Basis einzelner Blöcke erhebliche Abweichungen zwischen einer Berücksichtigung der Gesamtbevölkerung oder einer spezifischen Klientel gibt. Die jahrelange Praxis, großräumige Verhältniszahlen auf Basis der Gesamtbevölkerung zu berechnen, ist aber nicht unbedingt falsch, da sich die Unterschiede bei größeren Planungseinheiten ausgleichen.

8.1.2 Verwendete Methoden und Versorgungsindikatoren

Die erste Frage, die in Kapitel 1 definiert wurde, lautete:

- 1) Welche bestehenden Methoden können mit GIS angewendet werden, um die Versorgungssituation durch Standorte freier Arztpraxen in Berlin detailliert zu beschreiben?

Zur Beantwortung dieser Frage wurde in Kapitel 4 zunächst ein Überblick über die in der Fachliteratur diskutierten Methoden zu dieser Thematik gegeben, der keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat, aber die wichtigsten und am häufigsten verwendeten Ansätze darstellt. Dabei haben sich vier Kategorien herausgestellt, durch die unterschiedliche Aspekte der Versorgungssituation beleuchtet werden können. In den weiteren Kapiteln wurde, aufbauend auf die gewonnenen Erkenntnisse, für jede dieser vier Kategorien eine Methode entwickelt, die auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Datenbasis und unter Berücksichtigung der berlintypischen Besonderheiten die Versorgungssituation in Berlin kleinräumig modelliert. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse der vier Methoden wurde jeweils ein Versorgungsindikator definiert, der einen

bestimmten Aspekt der Versorgungssituation beleuchtet. Damit wurde gleichzeitig die zweite Frage beantwortet, die in Kapitel 1 definiert wurde.

- 2) Welche Versorgungsindikatoren können auf Grundlage dieser Methoden und der zur Verfügung stehenden Datenbasis definiert werden?

Für die Kategorie „Einwohner-Anbieter-Relationen“ wurde der Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ definiert. Anders als gewöhnlich wurde die Verhältniszahl hier nicht für administrative oder statistische Einheiten berechnet, sondern für Einzugsbereiche, innerhalb derer ein Facharzt erreichbar sein sollte. Der gewählte Ansatz umgeht damit die Schwächen der üblichen „Einwohner-Anbieter-Relationen“, indem er nicht an Verwaltungsgrenzen halt macht und eine Kalkulation von Reisezeiten durch die Erstellung von Einzugsgebieten enthält, wodurch eine konkrete Aussage zur Erreichbarkeit gemacht wird.

Für die Kategorie „Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter“ wurde der Versorgungsindikator „Nächstgelegener Anbieter“ definiert. Ausgehend von den Berliner Blöcken wurde der jeweils nächstgelegene Facharzt ermittelt.

Für die Kategorie „Durchschnittlicher Reisewiderstand zum nächstgelegenen Anbieter“ wurde der Versorgungsindikator „Erreichbare Anbieter“ definiert. Anstelle der Berechnung einer durchschnittlichen Reisezeit zu allen Fachärzten in Berlin wurde hier die Anzahl der in einer Zeitdistanz von 15 Gehminuten erreichbaren Fachärzte ermittelt. Dieser Ansatz scheint näher an der Realität, da sich ein Patient im Ernstfall nicht zwischen allen Ärzten Berlins, sondern zwischen den Ärzten in seiner näheren Umgebung entscheiden wird.

Für die Kategorie „Gravitationsmodelle“ wurde der Versorgungsindikator „Räumliche Interaktion“ definiert. Die gewählte Methode baut dabei auf einem Ansatz nach GUAGLIARDO (2004) auf. Berücksichtigt werden alle Ärzte, die innerhalb von 15 Gehminuten erreicht werden können, und die jeweilige Wohnbevölkerung, die sie zu versorgen haben. Alle Distanzen in dem Modell werden dabei gewichtet.

Bei den angewendeten Methoden und den definierten Indikatoren handelt es sich nicht um eine abschließende Beurteilung der Möglichkeiten, die GIS zur Bearbeitung dieser Fragestellung bieten. Es gibt „Baustellen“ in der Entwicklung, die im Rahmen der Arbeit nicht ausführlich behandelt werden konnten. Die Berechnung von Nutzungswahrscheinlichkeiten als wichtiger Aspekt zur Modellierung der Versorgungssituation stellt ebenso ein teils ungelöstes Problem dar wie die Berücksichtigung von indi-

viduellen Aktionsradien bei der Arztwahl. Ebenso beschränken sich die Anwendungsmöglichkeiten der entwickelten Indikatoren nicht auf Berlin. Sie können bei Verfügbarkeit vergleichbarer Datengrundlagen für alle städtischen Gebiete mit ähnlichem städtebaulichem Charakter berechnet werden.

- 3) Welche Aussagen können auf Basis der Versorgungsindikatoren getroffen werden?
- 4) Welche dieser Versorgungsindikatoren haben die größte Aussagekraft?

Zur Beantwortung der in Kapitel 1 definierten Fragen drei und vier sollen im Folgenden die Aussagen der einzelnen Indikatoren diskutiert werden. Grundsätzlich ist anzumerken, dass alle entwickelten Indikatoren geeignet sind, einzelne Aspekte der Versorgungssituation durch freie Arztpraxen in Berlin kleinräumig abzubilden. Jeder Indikator hat durch die verschiedenen Ansätze eine andere Aussagekraft. Für den operativen Einsatz ist es empfehlenswert, zunächst das Ziel der Untersuchung genau zu definieren und dann diejenigen Indikatoren auszuwählen, die für die Zielerreichung am zweckmäßigsten erscheinen. Durch die Verwendung aller vier Indikatoren ist man in der Lage, die Versorgungssituation aus unterschiedlichen Perspektiven zu beleuchten und so zu einer umfassenden Gesamtbeurteilung der Situation zu gelangen.

Der Indikator „Nächstgelegener Anbieter“ erfordert den geringsten Rechenaufwand und ist am einfachsten zu interpretieren. Für jeden Block wird die Reisezeit berechnet, die mindestens einkalkuliert werden muss, um einen Facharzt zu erreichen. Das bei der Arztwahl andere Faktoren neben der Distanz eine Rolle spielen, bleibt hier unberücksichtigt. Durch die Identifizierung größerer zusammenhängender Gebiete mit guter oder schlechter Erreichbarkeit des nächstgelegenen Arztes ist der Indikator in der Lage, räumliche Disparitäten abzubilden und Versorgungsdefizite aufzudecken. Dort wo Ärzte nur vereinzelt auftreten, kann er jedoch auch zu Fehlinterpretationen führen. Ein einzelner Arzt bedeutet für die angrenzenden Blöcke bereits eine niedrige Reisezeit und damit einen positiven Indikatorwert. Sollte es sich in dem betreffenden Gebiet jedoch um den einzigen Arzt im weiten Umkreis handeln, kann man nicht von einer wirklich guten Versorgungssituation für die umliegenden Blöcke sprechen. Erst recht wenn dort viele Menschen wohnen, kann ein Standort nicht die gesamten Bewohner versorgen. So kann ein Block in unmittelbarer Nähe zu einem Arztstandort also einen sehr positiven Indikatorwert erhalten, obwohl sich die tatsächliche Versorgungssituation weitaus weniger gut darstellt. Der Indikator bietet also weniger eine abgesicherte Beschreibung der Versorgungssituation, als primär eine Modellierung der potenziellen Erreichbarkeit von

Versorgungsstandorten. Er ist damit zur Beschreibung einer komplexen Versorgungssituation am wenigsten gut geeignet, worauf auch die in Kapitel 6.6 durchgeführte Korrelationsanalyse hinweist, die einen vergleichsweise geringen inhaltlichen Zusammenhang dieses Indikators mit den anderen drei Indikatoren belegt.

Der Indikator „Erreichbare Anbieter“ beleuchtet die Versorgungssituation dagegen bereits durch einen weiteren Aspekt. Er enthält ebenfalls eine Aussage über die Reisezeit und gibt zusätzlich Auskunft darüber, wie viele Standorte innerhalb einer festgelegten Reisezeit erreicht werden können. Durch diesen Indikator erfährt man also mehr darüber, ob es tatsächlich nur einen Arzt gibt, der gut erreicht werden kann, oder ob man mehrere Möglichkeiten zur Arztwahl innerhalb einer zumutbaren Distanz hat. Durch diesen Indikator können also bereits Gebiete aufgedeckt werden, von denen aus man viele oder nur wenige Ärzte erreicht. Im Kern handelt es sich um eine Aussage über das kleinräumig erreichbare Angebot. Der Indikator hat damit bereits eine etwas größere Aussagekraft in Bezug auf die komplexe Versorgungssituation. Er beinhaltet allerdings noch keine Angaben zur kleinräumigen Nachfrage nach dem Angebot.

Der Indikator „Gleitende Einzugsbereiche“ erweitert den Ansatz des vorherigen Indikators um einen weiteren wichtigen Aspekt. Er kann klären ob viele Ärzte auch dort zu erreichen sind, wo viele Ärzte benötigt werden, bzw. ob dort, wo man wenige Ärzte erreichen kann, eventuell auch kein großer Bedarf besteht. Die zu versorgende Wohnbevölkerung wird mit in die Überlegungen einbezogen. Dieser Ansatz eignet sich besonders gut zur Identifizierung kleinräumig unterversorgter Gebiete, wie die Übersichtskarten im Anhang zeigen. Hier werden auch innerstädtische Gebiete sichtbar, von denen aus zwar einige Ärzte erreicht werden können, die aber für die vorherrschende hohe Bevölkerungsdichte nicht ausreichend sind. Eine Auswertung der durch diesen Indikator aufgezeigten räumlichen Disparitäten führt zu Erkenntnissen, die jenseits der Infrastruktur liegen. Er besitzt von den bisherigen drei Indikatoren die größte Aussagekraft. Ein Nachteil ist, dass periphere Gebiete, von denen aus gar kein Arzt innerhalb der vorgegebenen Zeit erreicht werden kann, nicht bewertet werden können. Grundsätzlich sind diese Gebiete aber auch bei diesem Indikator als weniger gut versorgt anzusehen.

Mit dem Indikator „Räumliche Interaktion“ können die meisten die Versorgungssituation betreffenden Aspekte mit einem einzigen Wert abgebildet werden. Hier wird wie bei den Indikatoren „Erreichbare Anbieter“ und „Gleitende Einzugsgebiete“ die Anzahl der erreichbaren Ärzte berücksichtigt, und zwar im Unterschied zu den beiden anderen gewichtet nach der Distanz, innerhalb der sie erreicht werden können. Die zu versor-

gende Wohnbevölkerung wird ebenfalls berücksichtigt, bezieht sich hier aber auf die Arzt- und nicht auf die Bevölkerungsstandorte, wie bei den „Gleitenden Einzugsbereichen“. Das heißt je nachdem wie viele Patienten ein Arzt potenziell zu versorgen hat, fließt er mit unterschiedlichem Gewicht in den Indikatorwert ein. In den Ergebnissen zu den Untersuchungsgebieten wird sichtbar, zu welchen detaillierten Ergebnissen der Indikator führt. Durch die zum Verständnis des Indikators notwendige Normierung zwischen den Extremwerten gilt: je kleiner die untersuchten Gebiete, desto differenzierter kann die Versorgungssituation dargestellt werden. Das große Potenzial für die kleinräumige Analyse wird hier ersichtlich. Da der Indikator nicht für ganz Berlin berechnet wurde, ist ein Vergleich der Aussagekraft gegenüber den anderen Indikatoren erschwert. Durch seine dargelegten Eigenschaften muss er aber mindestens als ebenso geeignet erscheinen, die Versorgungssituation zu beschreiben, wie der Indikator „Gleitende Einzugsgebiete“. Durch die Gewichtung der Distanzen ist sogar eher davon auszugehen, dass er diesen um an Aussagekraft noch übertrifft.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Indikatoren „Nächstgelegener Anbieter“ und „Erreichbare Anbieter“ weniger geeignet sind, das multidimensionale Konzept der Erreichbarkeit, das zu einer umfassenden Beschreibung der Versorgungssituation notwendig ist, abzubilden. Sie geben Auskunft über die kleinräumige Verteilung von Arztstandorten und können dazu beitragen, eine flächendeckende Versorgung, wie sie im Raumordnungsbericht vorgesehen ist, zu gewährleisten. Die Indikatoren „Gleitende Einzugsbereiche“ und „Räumliche Interaktion“ sind dagegen in der Lage, die Versorgungssituation auf Basis multipler Faktoren zu beschreiben. Durch sie können unterversorgte Gebiete unter Berücksichtigung der zu versorgenden Bevölkerung erkannt werden. Sie können somit einen wichtigen Beitrag bei der Steuerung der Zulassung ambulanter Ärzte liefern. Der kombinierte „Multikriterielle Versorgungsindikator“ beinhaltet die Aussagen aller vier Indikatoren und damit die größte Aussagekraft. Er ist daher allerdings schwer in seiner ganzen Bedeutung zu interpretieren. Je nach Zielpublikum der Analysen sind daher gegebenenfalls die einzelnen Indikatoren zu bevorzugen.

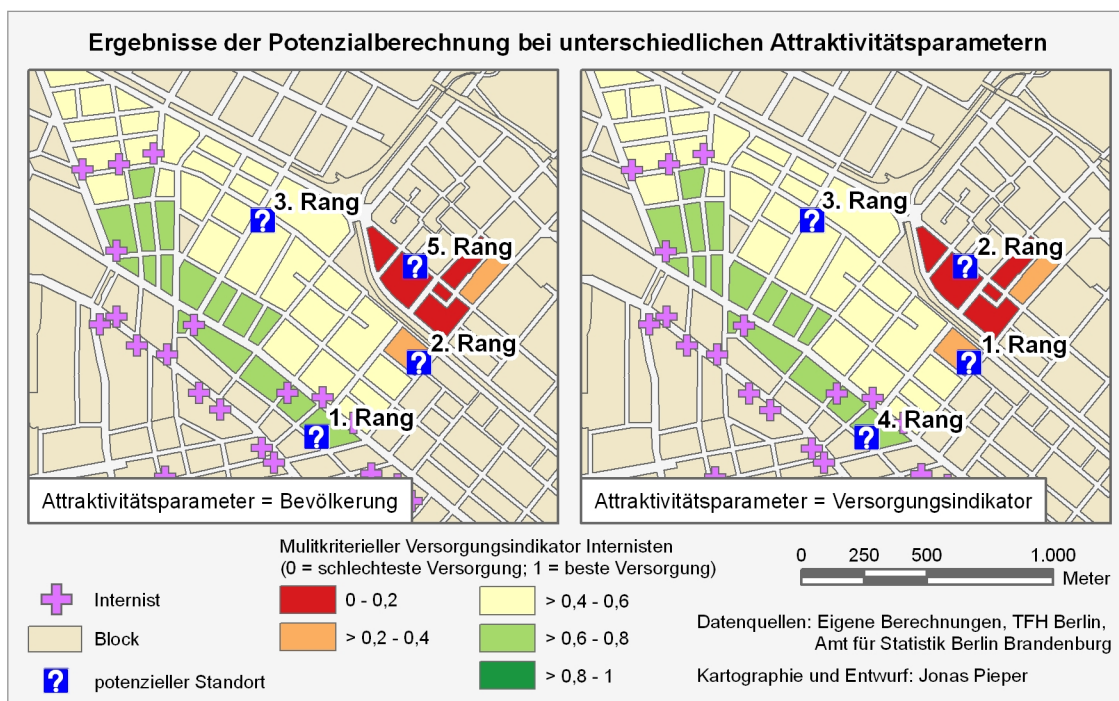
8.2 Standortbewertung

Durch die in Kapitel 7 durchgeführte Standortbewertung sollte die letzte im Kapitel 1 definierte Frage beantwortet werden:

- 5) Ist es möglich, die Planung neuer Versorgungsstandorte auf Basis der entwickelten Versorgungsindikatoren besser zu steuern?

Die Standortbewertung wurde auf Basis eines Potenzialansatzes vollzogen. Für gewöhnlich werden dabei Bevölkerungszahlen erreichbarer Bevölkerungsschwerpunkte als Attraktivitätsparameter verwendet. Den Ergebnissen dieses Ansatzes wurden die Ergebnisse einer Potenzialberechnung mit dem Indikatorwert des Versorgungsindikator „Gleitende Einzugsbereiche“ als Attraktivitätsparameter gegenübergestellt. Bei der Auswertung der Ergebnisse fiel auf, dass bei der Verwendung der Bevölkerungszahlen als Attraktivitätsparameter dort hohes Potenzial berechnet wurde, wo viele Einwohner wohnen. Durch die Verwendung des Versorgungsindikator konnte auch das bereits bestehende Angebot berücksichtigt werden, was zu einer wesentlich realitätsnäheren Einschätzung des Potenzials führte (vgl. Abb. 39). Man muss daher zu dem Schluss kommen, dass auch bei der Planung neuer Versorgungsstandorte von den entwickelten Indikatoren profitiert werden kann und die Anwendung der aufgezeigten Methoden zu einer am tatsächlichen Bedarf orientierten Versorgungsplanung beitragen könnte.

Abb. 39: Wirkung der Attraktivitätsparameter bei der Potenzialberechnung



9 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

9.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Master-Thesis setzte sich intensiv mit Methoden auseinander, die geeignet sind, die Gesundheitsversorgung durch Standorte freier Arztpraxen mit GIS zu modellieren. Alle entwickelten Methoden wurden am Beispiel von Berlin getestet.

Zu Beginn der Arbeit wurde, quasi als „Kick-Off“ für die Themenwahl, die Bedarfsplanung zur Sicherstellung der vertragsärztlichen Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland vorgestellt. Als man sich Anfang der 90er Jahre auf die heute noch geltenden Verhältniszahlen für die Bedarfspläne geeinigt hatte, ging es in erster Linie darum, den ständig steigenden Ärztezahlen und damit einer Überversorgung Einhalt zu gebieten. Die Situation hat sich seitdem grundlegend geändert. Besonders in ländlichen Gebieten und in der hausärztlichen Versorgung ist bereits heute von Ärztemangel die Rede. Diese Situation wird sich zukünftig voraussichtlich deutlich verschärfen und auf städtische Gebiete sowie Fachärzte ausweiten. Besonders die zunehmende Überalterung der Ärzteschaft und der gebietsweise fehlende Nachwuchs bereiten den KVen Sorgen. Die derzeit geltende Bedarfsplanung stellt daher kein ausreichendes Steuerungsinstrument für eine bedarfsorientierte Versorgungsplanung mehr dar. Für die Stadt Berlin, die mit Ärzten vergleichsweise gut versorgt ist, zeigt sich dies in der Tatsache, dass die gesamte Stadt mit ihren knapp 3,5 Mio. Einwohnern derzeit als ein Planungsbereich betrachtet wird. Fast alle Arztgruppen sind für Neuzulassungen wegen Überversorgung gesperrt. Eine kleinräumige Analyse der Versorgungssituation findet derzeit durch die Bedarfsplanung nicht statt. In den vergangenen Jahren gab es erste Ansätze für eine andere Herangehensweise zur Feststellung von Versorgungswirklichkeiten im Gesundheitsbereich. Viele verwenden dazu GIS als Werkzeug.

Die Bedeutung von GIS für den Gesundheitsbereich im Allgemeinen und für die Gesundheitssystemforschung im Speziellen wurde durch eine Diskussion des aktuellen Forschungsstandes in der Medizinischen Geographie untermauert. Der große Mehrwert, den GIS zur Steigerung der Effizienz von Gesundheitssystemen und Aufdeckung völlig neuer Zusammenhänge in der Epidemiologie darstellen, wurde dabei deutlich.

Eine Methodentheorie der Versorgungsanalysen im Gesundheitswesen mittels GIS beleuchtete den zentralen Begriff der Zugänglichkeit von Einrichtungen in der Versorgungsforschung und identifizierte die räumliche Erreichbarkeit als den wichtigsten Aspekt der Zugänglichkeit, der sich mit GIS auswerten lässt. Vier Kategorien von Metho-

den zur Messung der räumlichen Erreichbarkeit wurden voneinander abgegrenzt. Konzepte zur Standortbewertung und Einzugsgebietsabgrenzung auf Basis von Gravitations- und Potenzialansätzen wurden ebenso diskutiert wie weitergehende Ansätze zur Ermittlung von Nutzungswahrscheinlichkeiten für einzelne Arztstandorte.

Für die Anwendung einiger der diskutierten Methoden standen umfangreiche Datengrundlagen von Berlin zur Verfügung. Die Standorte aller freien Arztpraxen wurden mit Stand vom Oktober 2005 innerhalb eines Forschungsprojektes der TFH Berlin erhoben und geokodiert. Ein kompletter Straßengraph von Berlin in Form eines Multi-Net[®] Datensatzes der Firma Tele Atlas wurde zur Ermittlung von Distanzen und Reisezeiten auf Basis realer Wege verwendet. Geometriedaten und Daten aus dem Einwohnerregister wurden für alle existierenden statistischen Einheiten des Regionalen Bezugssystems von Berlin bis hinunter zur Basis der Blöcke im GIS implementiert. Für jede der vier diskutierten Methoden-Kategorien wurde eine Methode ausgewählt, die sich, auf Basis der vorhandenen Daten, zur Untersuchung der ärztlichen Versorgungssituation in Berlin eignet. Einige mussten modifiziert werden, damit sie anwendbar wurden. Vier Versorgungsindikatoren, die sich zum besseren Verständnis der Ergebnisse aus der Anwendung der Methoden ableiten ließen, wurden definiert.

Die Analysen innerhalb der Arbeit konzentrierten sich auf die fußläufige Erreichbarkeit von Arztpraxen. Einzugsbereiche von 15 Gehminuten wurden als akzeptable Distanz festgelegt, innerhalb derer ein Facharzt erreicht werden soll. Mit den Berliner Blöcken als Ausgangsbasis für die Untersuchungen wurde die kleinräumigste verfügbare Einheit verwendet, die das Regionale Bezugssystem zur Verfügung stellt. Die Berechnung der Versorgungsindikatoren wurde auf die beiden Facharztgruppen Kinderärzte und Internisten begrenzt, um die Arbeit mit methodischem Schwerpunkt nicht unnötig aufzublähen. Auch wurde eine Detailanalyse der Ergebnisse nur für zwei ausgewählte Untersuchungsgebiete durchgeführt, für die alle vier Indikatoren berechnet werden konnten. Vielfache Möglichkeiten zur Verwertung der Indikatorergebnisse und Gegenüberstellung der versorgten Wohnbevölkerung oder der für den jeweiligen Facharzt spezifischen Klientel wurden aufgezeigt. Die verwendeten Tools und notwendigen Arbeitsschritte zur Berechnung der Indikatoren und Auswertungen wurden erläutert. Alle Ergebnisse wurden in Thematischen Karten visualisiert. Als Beispiel und Ausblick auf die Relevanz der entwickelten Versorgungsindikatoren wurde ein Indikator als Attraktivitätsparameter zur Bewertung potenzieller Standorte für die Neugründung von Arztpraxen verwendet. Im Vergleich zu einer herkömmlichen Verwendung von Bevölkerungs-

zahlen als Attraktivitätsparameter konnte eine verbesserte Orientierung der Beurteilung am tatsächlichen Bedarf aufgezeigt werden.

Abschließend wurden die in der Einleitung zur Arbeit definierten Fragen beantwortet und die Aussagekraft der Indikatoren wurde inhaltlich bewertet. Die Versorgungsindikatoren „Gleitende Einzugsbereiche“ und „Räumliche Interaktion“ haben sich dabei als vergleichsweise am besten geeignet erwiesen, um die Gesundheitsversorgung durch freie Arztpraxen in Berlin zu beleuchten. Sie berücksichtigen neben dem Aspekt der räumlichen Erreichbarkeit auch das verfügbare Angebot und die zu versorgende Wohnbevölkerung, wodurch ein umfassender Blick auf die Versorgungssituation gewährleistet wird.

9.2 Fazit

Grundsätzlich lassen die diskutierten und angewandten Methoden vor allem zwei Schlussfolgerungen zu. Bereits die Auswertung der vier vorgestellten Methoden, aus einer Vielzahl von in GIS bestehenden Möglichkeiten zeigt, dass damit eine Versorgungsplanung besser am tatsächlichen Bedarf ausgerichtet werden kann, als es derzeit durch die Bedarfsplanung der Fall ist. Auch wenn es als wissenschaftlich attestiert gilt, dass sich der tatsächliche Bedarf nicht objektiv feststellen lässt. Zum anderen wurde anhand der durchgeführten Auswertungen aufgezeigt, dass es Gebiete in Berlin gibt, die hinsichtlich einzelner Facharztgruppen als kleinräumig unterversorgt zu bezeichnen sind. Die Hinfälligkeit der derzeit geltenden Bedarfsplanungsrichtlinien und die Notwendigkeit neuer Ansätze wurden damit bewiesen. GIS haben sich dabei als geeignetes Werkzeug herausgestellt, Versorgungsgrade auf Basis der räumlichen Erreichbarkeit zu ermitteln und kleinräumige Versorgungsdisparitäten aufzudecken. Die Kombination der berechneten Versorgungsindikatoren mit dem Potenzialansatz scheint hervorragend geeignet zu sein, das Potenzial für zukünftige Arztstandorte abzuschätzen und damit in der Versorgungsplanung zu berücksichtigen. GIS können somit einen entscheidenden Beitrag dazu liefern, die Versorgungsplanung zu erneuern, und Empfehlungen zur Steuerung der Verteilung zukünftiger Arztstandorte liefern. Beide in der Einleitung formulierten Hypothesen konnten damit im Kern bestätigt werden.

Zu jeder der vier Methoden-Kategorien zur Quantifizierung der Erreichbarkeit freier Arztpraxen konnte innerhalb der Arbeit jeweils eine Methode weiterentwickelt und erfolgreich getestet werden. Versorgungsindikatoren zur kleinräumigen Beschreibung der Versorgungssituation konnten daraus abgeleitet werden. Die hier vorgestellten Lösun-

gen sind wegen der speziellen räumlichen Einheiten, die den Analysen in Form der Blöcke zugrunde lagen, nicht ohne weiteres auf das restliche Bundesgebiet übertragbar. Inhaltlich können die definierten Indikatoren jedoch bundesweit, auch auf Basis anderer Einheiten oder für andere Facharztgruppen, berechnet werden. Dazu sind gegebenenfalls Modifikationen der einzelnen Arbeitsschritte oder die Automatisierung von Arbeitsabläufen erforderlich.

9.3 Ausblick

Eine Erneuerung der Bedarfsplanung ist sicherlich nicht allein durch die angewandten Methoden möglich. Es gibt viele weitere Aspekte, die in die Versorgungsplanung einfließen müssen und hier nicht abschließend diskutiert werden konnten. Um die Versorgungswirklichkeit so nah wie möglich an den objektiven Bedarf heranzuführen, muss GIS in Zukunft jedoch eine größere Bedeutung zukommen als es derzeit der Fall ist. Hier stehen besonders die KVen und die Krankenkassen in der Pflicht, ihre Bemühungen zu intensivieren. Sie verfügen über einen Großteil der erforderlichen Daten, die für erfolgreiche und aussagekräftige Analysen mit GIS benötigt werden.

Verantwortliche bei der KV Berlin zeigten sich bereits sehr interessiert an den ersten Ergebnissen dieser Arbeit. Die für Berlin ungeeigneten räumlichen Einheiten des von der KBV entwickelten und bereits im Einsatz befindlichen GIS mit dem Namen „kleinräumige Versorgungsanalyse“ wurden vorgestellt und deren Schwächen aufgezeigt. Der vorgestellte Ansatz bietet neue Potenziale. Es können sich Möglichkeiten ergeben, die entwickelten Versorgungsindikatoren auf Basis relevanter, bisher nicht verfügbarer Daten zu optimieren. Beispielsweise könnten die zugrunde gelegten Einzugsbereiche auf Basis von Patienten-Adressdateien überarbeitet und angepasst werden. Das Wissen über die tatsächliche Streuung von Patienten für einzelne Fachärzte könnte zu einer realistischeren Einschätzung der Einzugsbereiche führen. Dabei wären je nach untersuchtem Stadtteil auch unterschiedliche Einzugsbereichs-Definitionen denkbar. Sehr interessant wäre auch eine Erhebung von Wartezeiten für ausgewählte Arztpraxen. So könnte untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen den festgestellten Versorgungsgraden und der Auslastung der Praxen gibt. Sollte es dort, wo eine vergleichsweise schlechte Versorgungssituation festgestellt wurde, vergleichsweise hohe Wartezeiten in den ansässigen Arztpraxen geben, wäre das ein Indiz für die Relevanz der verwendeten Methoden und ein Postulat für deren Anwendung in der Bedarfsplanung.

Literaturverzeichnis

- ÄRZTE-ZV (1957): in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 8230-25, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 21 des Gesetzes vom 26. März 2007 (BGBl. I S. 378)
- BACH, I. (2008): Fachärzte wandern aus ärmeren Bezirken ab. In: Der Tagesspiegel, Nr. 19788 vom 17.01.2008, S. 11.
- BARRET, F.A. (2000): Finke's 1792 map of human diseases: the first world disease map? In: Social Science & Medicine 50, 915-921.
- BENNING, W. (2007): Statistik in Geodäsie, Geoinformation und Bauwesen. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg. 294 S.
- BBR – BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (Hrsg.) (2005): Raumordnungsbericht 2005. Berichte, Band 21. Bonn, 371 S.
- BIENERT, M.L. (1996): Standortmanagement: Methoden und Konzepte für Handels- und Dienstleistungsunternehmen. In: Neue Betriebswirtschaftliche Forschung (nbf), Band 194. Gabler, Wiesbaden, 279 S.
- BILL, R. (1999): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 1: Hardware, Software und Daten. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 454 S.
- BISCHOF, S. & FISLER, J. (2006): Erreichbarkeit. Geographic Information Technology Training Alliance (GITTA). Online: <http://www.gitta.info/Accessibilit/de/text/Accessibilit.pdf> (Stand: 08.04.2008)
- BOULOS, M.N.K. (2004): Towards evidence-based, GIS-driven national spatial health information infrastructure and surveillance services in the United Kingdom. In: International Journal of Health Geographics 2004, 3:1. Online: <http://www.ij-healthgeographics.com/content/3/1/1> (Stand: 08.04.2008).
- BRABYN, L. & GOWER, P. (2004): Comparing Three GIS Techniques for Modelling Geographical Access to General Practitioners. In: Cartographica, Volume 39, Issue 2, 41-49. University of Toronto Press.
- CLIFF, A.D. & HAGGETT, P. (1988): Atlas of disease distributions. Analytic approaches to epidemiological data. Oxford, New York.
- CROMLEY, E.K. & MCLAFFERTY, S. (2002): GIS and Public Health. Guilford Press, New York, London, 340 S.
- CRONER, C.M. (2006): GIS and Public Health: Horizons and Challenges. In: Public Health GIS News and Information, May 2006, No. 70, 21-22. Online: <http://www.cdc.gov/nchs/data/gis/cdcgis70.pdf> (Stand: 08.04.2008).

- DAVENHALL, B. (2005): Access to Better Information for Public Health. ArcUser, Vol. 8 No.2, April-June 2005. ESRI, Redlands, 12-13.
- DIESTER, R. (2000): Graphentheorie. Elektronische Ausgabe 2000. Springer-Verlag, Heidelberg, 314 S.
- ELMES, G.A. (2004): GIS in Public Healthcare Planning: The United States Perspective. In: MAHESWARAN, R. & CRAGLIA, M. (Eds.): GIS in Public Health Practice. CRC Press, London, 205-226.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2007): Entwicklung von Gesundheitsindikatoren der Europäischen Union. Online: http://ec.europa.eu/health/ph_information/indicators/indic_data_de.htm (Stand: 08.04.2008).
- EUROPEAN COMMUNITY (Ed.) (1991): Atlas of "Avoidable Death". Oxford.
- FISCHER, M.M. (2003): GIS and Network Analysis. In: HESHER, D., BUTTON, K., HAYNES, K. & STOPHER, P. (Eds.): Transport Geography and Spatial System. Handbook 5. Pergamon, Amsterdam.
- FLACKE, W. & KRAUS, B. (2003): Koordinatensysteme in ArcGIS. Praxis der Transformationen und Projektionen. 1. Auflage. Points Verlag, Norden, Halmstad, 255 S.
- FLETCHER, S. (1998): Gezieltes Marketing durch intelligente GIS-Lösungen. In: GIS – Geo-Informationen-Systeme, Jahrgang 11, Heft 3. Wichmann Verlag, Heidelberg, 17-19.
- GATRELL, A.C. & LÖYTÖNEN, M. (1998): GIS and Health Research: An Introduction. In: GATRELL, A.C. & LÖYTÖNEN, M (Eds.): GIS and Health. Taylor and Francis, London, Philadelphia, 3-16.
- GATRELL, A.C. & SENIOR, M.L. (2005): Health and healthcare applications. In: LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J. & RHIND D.W. (Eds.): Geographical Information Systems. Principles, Techniques, Management, and Applications. Second Edition, Abridged. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, S. 925-938.
- GEMEINSAMER BUNDESAUSSCHUSS (Hrsg.) (2007): Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Bedarfsplanung sowie die Maßstäbe zur Feststellung von Überversorgung und Unterversorgung in der vertragsärztlichen Versorgung (Bedarfsplanungs-Richtlinien). Neufassung vom 15. Februar 2007. Siegburg, 43 S.
- GUAGLIARDO, M.F. (2004): Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. In: International Journal of Health Geographics 2004, 3:3. Online: <http://www.ij-healthgeographics.com/content/3/1/3> (Stand: 08.04.2008).

- GUAGLIARDO, M.F., RONZIO, C.R., CHEUNG, I., CHACKO, E. & JOSEPH, J.G. (2004): Physician accessibility: an urban case study of pediatric providers. In: *Health & Place*, Volume 10, 273-283. Elsevier Ltd.
- HACKMANN, R. & DE LANGE, N. (2001): Anwendung GIS-gestützter Verfahren in der Stadtentwicklungsplanung. Untersuchung von Versorgungsbereichen durch Netzwerkanalyse auf der Grundlage amtlicher Geobasisdaten (ATKIS und ALK). In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. (Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2001*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- HAGGETT, P. (2004): *Geographie. Eine globale Synthese*. 3. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 848 S.
- HENKE, S., SCHWEIKART, J., WALTER, N. (2007): Versorgungsdichte und Wohnortnähe in der ambulanten medizinischen Versorgung in Berlin im Jahr 2005. In: *Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin Brandenburg*, Nr. 5+6, 2007. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 21-30.
- HENKE, S., WALTER, N. & SCHWEIKART, J. (2006): GIS zur Untersuchung von räumlichen Disparitäten ausgewählter Gesundheitseinrichtungen am Beispiel Berlins. In: GÖRLITZ, G. & WORTMANN, S. (Hrsg.): *Forschungsassistenz III. Technische Fachhochschule Berlin*, Berlin, 27-31.
- HERBST, S. (2007): Standortbewertung mit räumlichen Interaktionsmodellen – flexible Modellierung von Distanz. In: *SIR-Mitteilungen und Berichte*, Band 33/2007, 133-137.
- HERBST, S. (2006): Standortbewertung mit räumlichen Interaktionsmodellen – flexible Modellierung von Distanz. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg*. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 227-235.
- HEY, M. (2005): Die Zukunft der Gesundheitsversorgung in Deutschland 4. Deutscher Kongress für Versorgungsforschung vom 21. bis 24. 9. 2005 Einladung zur Pressekonferenz. Online: <http://www.zukunft-gesundheitsversorgung.de/sites/zukunft-gesundheitsversorgung.de/myzms/content/e187/e190/pi215.pdf> (Stand: 08.04.2008)
- JERMANN, J. (2004): GIS-basiertes Konzept zur Modellierung von Einzugsbereichen auf Bahn-Haltestellen. Dissertation, Technische Wissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 15721. Online: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=15721> (Stand: 08.04.2008).

- JESSOP, E. (2004): GIS in District Public Health Work. In: MAHESWARAN, R. & CRAGLIA, M. (Eds.): GIS in Public Health Practice. CRC Press, London, 179-185.
- KBV – Kassenärztliche Bundesvereinigung (2007): Implikationen aus den Ergebnissen der Studie zur Altersstruktur- und Arztzahlentwicklung der KBV. Online: <http://www.kbv.de/publikationen/2655.html> (Stand: 02.08.2007; am 08.04.2008 nicht mehr verfügbar).
- KISTEMANN, T. & SCHWEIKART, J. (1998): Medizinische Geographie: Perspektiven im entwickelten Gesundheitswesen. In: Marburger Bund. Ärztliche Nachrichten, 51(2): 10-11.
- KOCH, H. & BRENNER, G. (2005): Dauerhafter Rückgang der Innanspruchnahme durch Praxisgebühr bestätigt. Zentralinstitut für die Kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Online: <http://daris.kbv.de/daris/doccontent.dll?LibraryName=EXTDARIS^DMSSLAVE&SystemType=2&LogonId=0354d9611fc963ef6bcbe69b3bc5f3bb&DocId=003746912&Page=1> (Stand: 06.01.2008; am 08.04.2008 nicht mehr verfügbar).
- KOCH, T. (2005): Cartographies of Disease. Maps, Mapping, and Medicine. ESRI Press, Redlands, California, 389 S.
- KÖHLER, A. (2007): Neue Arztzahlstudie: Daten, Fakten, Trends. Statement von Dr. Andreas Köhler, Vorsitzender des Vorstandes der KBV, anlässlich einer gemeinsamen Pressekonferenz von Bundesärztekammer und KBV am 9. Oktober 2007 in Berlin. Online: <http://www.kbv.de/publikationen/11146.html> (Stand: 08.04.2008).
- KÖRVER, I. (2007): Lücken schließen, und zwar richtig. In: Klartext. Die Zeitung der KBV. Juli 2007, 4-5.
- KOLLARITS, S. (1994): Mobilität und GIS: Probleme der Repräsentation und Analyse. In: DOLLINGER, F. & STROBL, J. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationstechnologie, (AGIT '94), VI. Beiträge zum GIS-Symposium, 6.-8. Juli 1994, Salzburger Geographische Materialien, 721-730.
- KOLLER, M. (2006): Dynamisches WebGIS zur optimierten Routenplanung. Unveröffentlichte Diplomarbeit, ETH Zürich. Online: http://www.gis.ethz.ch/teaching/thesis/diplthesis_ss06_koller/Bericht6.pdf (Stand: 08.04.2008)
- KOPETSCH, T. (2005): Dem deutschen Gesundheitswesen gehen die Ärzte aus! Studie zur Altersstruktur und Arztzahlentwicklung. 3. aktualisierte und überarbeitete Auflage. Kassenärztliche Bundesvereinigung, Berlin, 142 S.
- KORTEVOß, A. (2007): Gesunde Entscheidungen. In: GIS-Business, 3/2007, 26-29.

- KURLAND, K.S. & GORR, W.L. (2006): GIS Tutorial for Health. ESRI Press, Redlands, 317 S.
- KV BERLIN – Kassenärztliche Vereinigung Berlin (2007): Informationen im Internet. Online: www.kvberlin.de (Stand: 08.04.2008).
- LEDL, E. & REDL, M. (2007): Standortoptimierung im Gesundheitswesen. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2007. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 440-445.
- LEE, M. S. & MCNALLY, M. G. (2002): Measuring Physical Accessibility with Space-Time Prisms in a GIS: A Case Study of Access to Health-Care Facilities. Institute of Transportation Studies, University of California, Irvine, 35 S. Online: <http://repositories.cdlib.org/itsirvine/casa/UCI-ITS-AS-WP-02-8/> (Stand: 08.04.08).
- LÖFFLER, G. (1999): Marktgebiet und Einzugsbereich – mathematisch-statistische Modellansätze zu ihrer Abgrenzung. In: HEINRITZ, G. (Hrsg.): Die Analyse von Standorten und Einzugsbereichen: methodische Grundfragen der geographischen Handelsforschung. L.I.S. Verlag, Passau, 133 S.
- LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J. & RHIND, D.W. (2005): Geographic Information Systems and Science. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 517 S.
- LOVETT, A., SÜNNENBERG, G. & HAYNES, R. (2004): Using GIS to Assess Accessibility to Primary Healthcare Services. In: MAHESWARAN, R. & CRAGLIA, M. (Eds.): GIS in Public Health Practice. CRC Press, London, 187-204.
- LU, Y. (1998): Health Service Sites Access Analysis Using Internet GIS. In: Proceedings of the 1998 Geographic Information Systems in Public Health Conference. Online: <http://www.atsdr.cdc.gov/GIS/conference98/proceedings/pdf/gisbook.pdf> (Stand: 08.04.2008).
- LUO, W. (2004): Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians. In: Health & Place, Volume 10, 1-10. Elsevier Ltd.
- MAHESWARAN, R. & CRAGLIA, M. (2004): Introduction an Overview. In: MAHESWARAN, R. & CRAGLIA, M. (Eds.): GIS in Public Health Practice. CRC Press, London, 1-12.
- MEADE, M.S. & EARICKSON, R.J. (2000): Medical Geography. Second Edition. Guilford Press, New York, 501 S.
- MEINLSCHMIDT, G. (Hrsg.) (2004): Sozialstrukturaltas Berlin 2003. Ein Instrument der quantitativen, interregionalen und intertemporalen Sozialraumanalyse und -

- planung. Spezialbericht 2004. Senatsverwaltung für Gesundheit Soziales und Verbraucherschutz, 356 S.
- MELNICK, A.L. (2002): Introduction to geographic information systems in public health. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, 300 S.
- MESSINA, J.P., SHORTRIDGE, A.M., GROOP, R.E., VARNAKOVIDA, P. & FINN, M.J. (2006): Evaluating Michigan's community hospital access: spatial methods for decision support. In: International Journal of Health Geographics 2006, 5:42. Online: <http://www.ij-healthgeographics.com/content/5/1/42> (Stand: 08.04.2008).
- PEARCE, O. & TIMPF, S. (2006): Erreichbarkeit von Haltestellen des öffentlichen Verkehrs zu verschiedenen Tageszeiten. In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg 2006, 535-544. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- PENCHANSKY, R. & THOMAS, J. W. (1981): The concept of access: Definition and relationships to consumer satisfaction. In: Medical Care, 19(2): 127-140.
- PIEPER, J. & SCHWEIKART, J (2007): Berlins neuer Hauptbahnhof - indikatorgestützte Erreichbarkeitsmodellierung für den nationalen Fernverkehr. In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2007. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg 2007, 555-561. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.
- POTTHOFF, P. & SCHNEIDER, M. (2002): Bedarfsplanung in der vertragsärztlichen Versorgung. Endbericht 2002. München, Augsburg.
- RICKETTS, T.C. (2003): Geographic Information Systems and Public Health. Annual Review of Public Health, Vol. 24, 1-6.
- RODENWALDT, E. & JUSATZ, H.J. (1952-1961): Welt-Seuchen-Atlas. World Atlas of Epidemic Diseases. Vol. 1-3. Hamburg.
- RODEWALD, B. & SCHLICHTING, H.J. (2007): Springen, Gehen, Laufen. Online: http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/springen_gehen_laufen.pdf (Stand: 08.04.2008).
- RODRIGUE, J.P. (1998-2008): The Geography of Transport Systems. Dept of Economics & Geography, Hofstra University. Online: <http://people.hofstra.edu/geotrans> (Stand: 08.04.2008)
- ROSENBROCK, R. & GERLINGER, T. (2004): Gesundheitspolitik. Eine systematische Einführung. Hans Huber Verlag, Bern, 320 S.

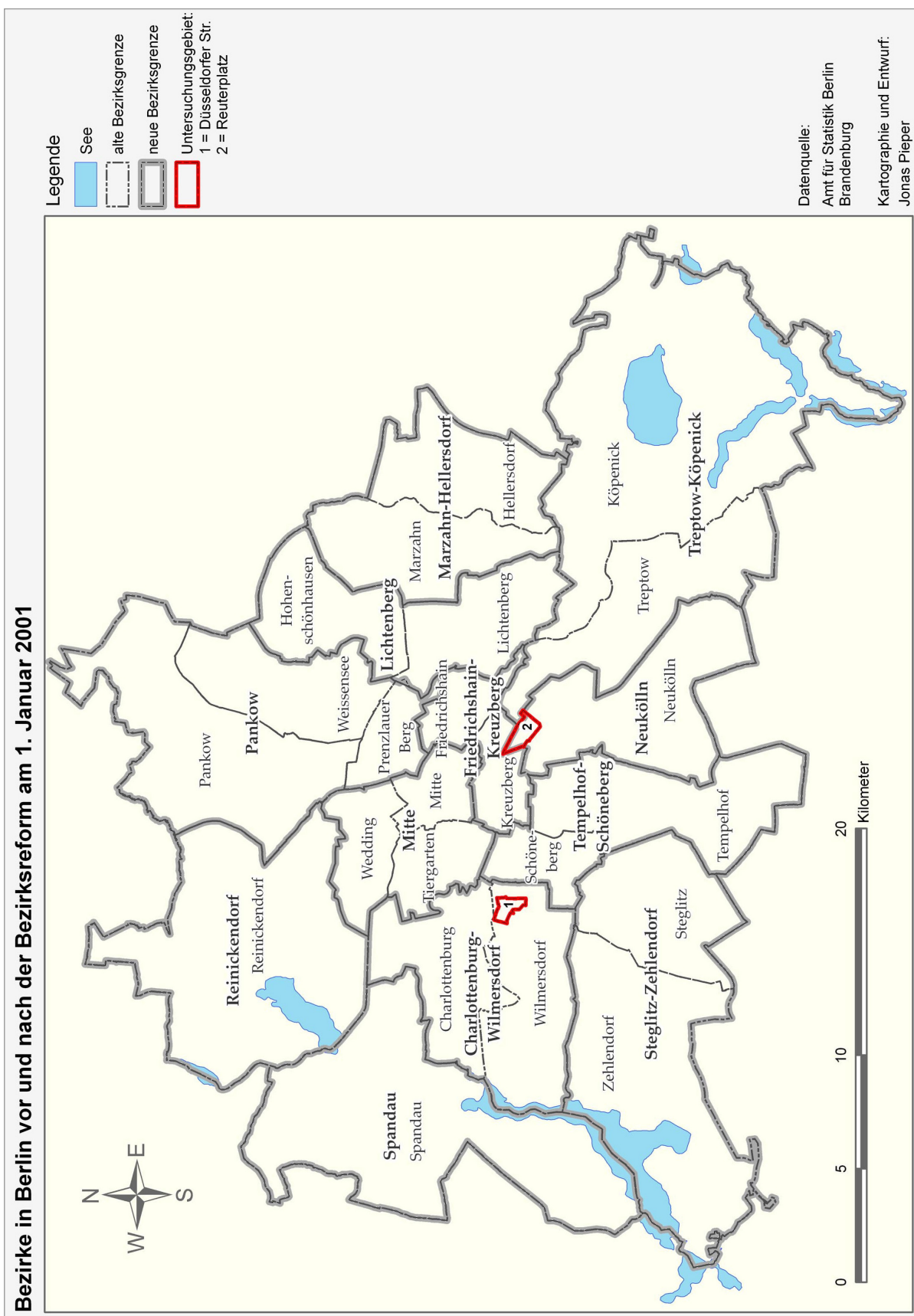
- SAUERBORN, R. & KARAM, M. (2000): Geographic information systems. In: LIPPEVELD, T., SAUERBORN, R. & BODART, C. (Eds.): Design and implementation of health information systems. World Health Organization, Geneva, 213-224.
- SCHLITT, R. (2007): Berlins ambulante medizinische Versorgung. Online: http://www.kvberlin.de/20praxis/10zulassung/55bedarfsplanung/versorgung_aktuell/index.html (Stand: 08.04.2008).
- SCHÖPE, P., KOPETSCH, T. & FÜLÖP, G. (2007): Bedarfsgerechte Versorgungsplanung – Entwicklung eines Modells zur Bestimmung zwischenstandörtlicher Versorgungsbeziehungen zur Sicherstellung einer flächendeckenden und bedarfsgerechten ambulanten vertragsärztlichen Versorgung. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2007. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 691-702.
- SCHUURMAN, N., FIEDLER, R.S., GRZYBOWSKI, S.C. & GRUND, D. (2006): Defining rational hospital catchments for non-urban areas based on travel-time. In: International Journal of Health Geographics 2006, 5:43. Online: <http://www.ij-healthgeographics.com/content/5/1/43> (Stand: 08.04.2008).
- SCHWEIKART, J. (2007): Auf dem Weg zu einer besseren Gesundheit – welchen Beitrag kann der Einsatz von Geoinformationssystemen liefern? In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2007. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 731-735.
- SCHWEIKART, J. (2004): GIS: ein Modell der Welt mit Raumbezug – Grundlagen der Geoinformationssysteme. In: SCHWEIKART, J. & KISTEMANN, T. (Hrsg.): Geoinformationssysteme im Gesundheitswesen. Grundlagen und Anwendungen. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 17-35.
- SCHWEIKART, J. & KISTEMANN, T. (2004): Geoinformation in der Gesundheit – Entwicklung und Potenziale. In: SCHWEIKART, J. & KISTEMANN, T. (Hrsg.): Geoinformationssysteme im Gesundheitswesen. Grundlagen und Anwendungen. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 3-14.
- SCRIBA, P.C. (2005): Bedarfsgerechtigkeit, Innovation, Systemgestaltung - aus Sicht der Medizin. Statement zum 4. Deutschen Kongress für Versorgungsforschung. Online: <http://www.zukunft-gesundheitsversorgung.de/sites/zukunft-gesundheitsversorgung.de/myzms/content/e187/e199/StatemantScriba.pdf> (Stand: 08.04.2008)

- SENATSV ERWALTUNG FÜR GESUNDHEIT, SOZIALES UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg. 2006): Gesundheitsberichterstattung Berlin. Basisbericht 2005. Daten des Gesundheits- und Sozialwesens. Berlin, 620 S.
- SHORTT, N.K., MOORE, A., COOMBES, M. & WYMER, C. (2005): Defining regions for locality health care planning: a multidimensional approach. In: EARICKSON, R. (Guest Ed.): Social Science & Medicine, Volume 60, Issue 12, Burning Issues – Selected papers from the 10th International Symposium in Medical Geography, Manchester 2003, 2715-2727.
- SMALLMAN-RAYNOR, M.R., CLIFF, A.D. & HAGETT, P. (1992): London international atlas of AIDS. Oxford, Cambridge, Massachusetts.
- SLB – STATISTISCHES LANDESAMT BERLIN (2001): Das Regionale Bezugssystem (RBS). Online: <http://www.statistik-berlin.de/statistiken/rbs/start1.htm> (Stand: 08.04.2008)
- STARK, H.J. (2007): Geomarketing – Expansionsfeld für die Geomatik? In: Geomatique Suisse, 5/2007, 214-218.
- SUHRCKE, M., MCKEE, M., ARCE, R.S., TSOLOVA, S. & MORTENSEN, J. (2005): The contribution of health to the economy in the European Union. European Commission, Brussels, 134 S.
- TELE ATLAS (2007a): Tele Atlas MultiNet® Version 3.4.2.1 Data Model. Document version Final v 1.0, June 2007, 804 S.
- TELE ATLAS (2007b): MultiNet® User Guide. Version 2007.10, 170 S.
- THRALL, G.I. (2000): The Future of GIS in Public Health Management and Practice. In: Geospatial Solutions, September 2000, 2-7.
- TRAUB, K.P. (2004): Die Untersuchung der räumlichen Verbreitung von Gesundheitseinrichtungen mit GIS am Beispiel Hamburg. In: SCHWEIKART, J. & KISTEMANN, T. (Hrsg.): Geoinformationssysteme im Gesundheitswesen. Grundlagen und Anwendungen. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 241-255.
- VAN DER TOGT, R. & BEINAT, E. (2005): Geoinformationen im Gesundheitswesen. In: GeoBIT, 9/2005, 32-35.
- WALTER, N. & SCHWEIKART, J. (2006): Räumliche Disparitäten in der ambulanten Gesundheitsversorgung Berlins – eine GIS-basierte Analyse. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 704-708.

- WATERS, N.M. (2005): Transportation GIS: GIS-T. In: LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J. & RHIND D.W. (Eds.): Geographical Information Systems. Principles, Techniques, Management, and Applications. Second Edition, Abridged. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, S. 827-844.
- WALZ, R., BLOCK, N., EICHHAMMER, W., HIESSL, H., NATHANI, C., OSTER-
TAG, K., SCHÖN, M., HERRCHEN, M., KELLER, D., KÖWENER, D. & REN-
NINGS, K. (1997) Grundlagen für ein Nationales Umweltindikatorensystem - Wei-
terentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. Fraunho-
fer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung. Forschungsbericht 101 05
016 des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt (Hrsg), Texte 37/97, Berlin. 470 S.
- WHO – Weltgesundheitsorganisation (2007): About the Public Health Mapping and
GIS programme. Online: http://www.who.int/health_mapping/about/en/ (Stand:
08.04.2008).
- WHO – Weltgesundheitsorganisation (1978): Primary Health Care. A Joint WHO-
UNICEF Report of the international Conference at Alma Ata, World Health Organi-
sation, Genf.
- WILKINSON, P., GRUNDY, C., LANDON, M. & STEVENSON, S. (1998): GIS in
Public Health. In: GATRELL, A.C. & LÖYTÖNEN, M. (Eds.): GIS and Health.
Taylor & Francis, London, Philadelphia, 179-190.
- ZEPF, E., MÖLLER, J. & NEUBAUER, G. (1978): Kriterien zur Abgrenzung von Ana-
lyse- und Planungsräumen im Gesundheitswesen. Institut für Regionalplanung und
Infrastruktur, München, 95 S.

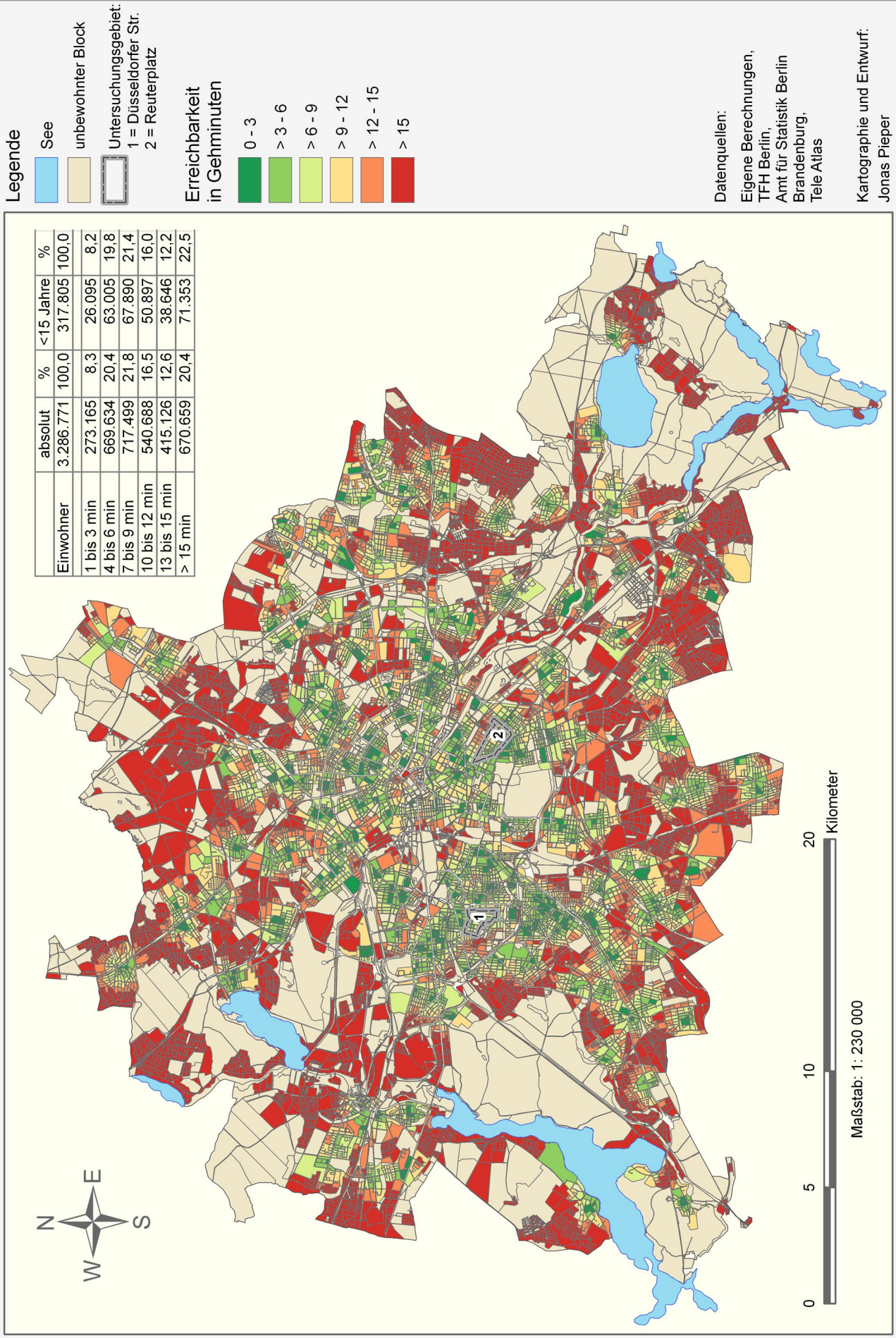
Anhang

Karte A1: Karte der alten und neuen Berliner Bezirke



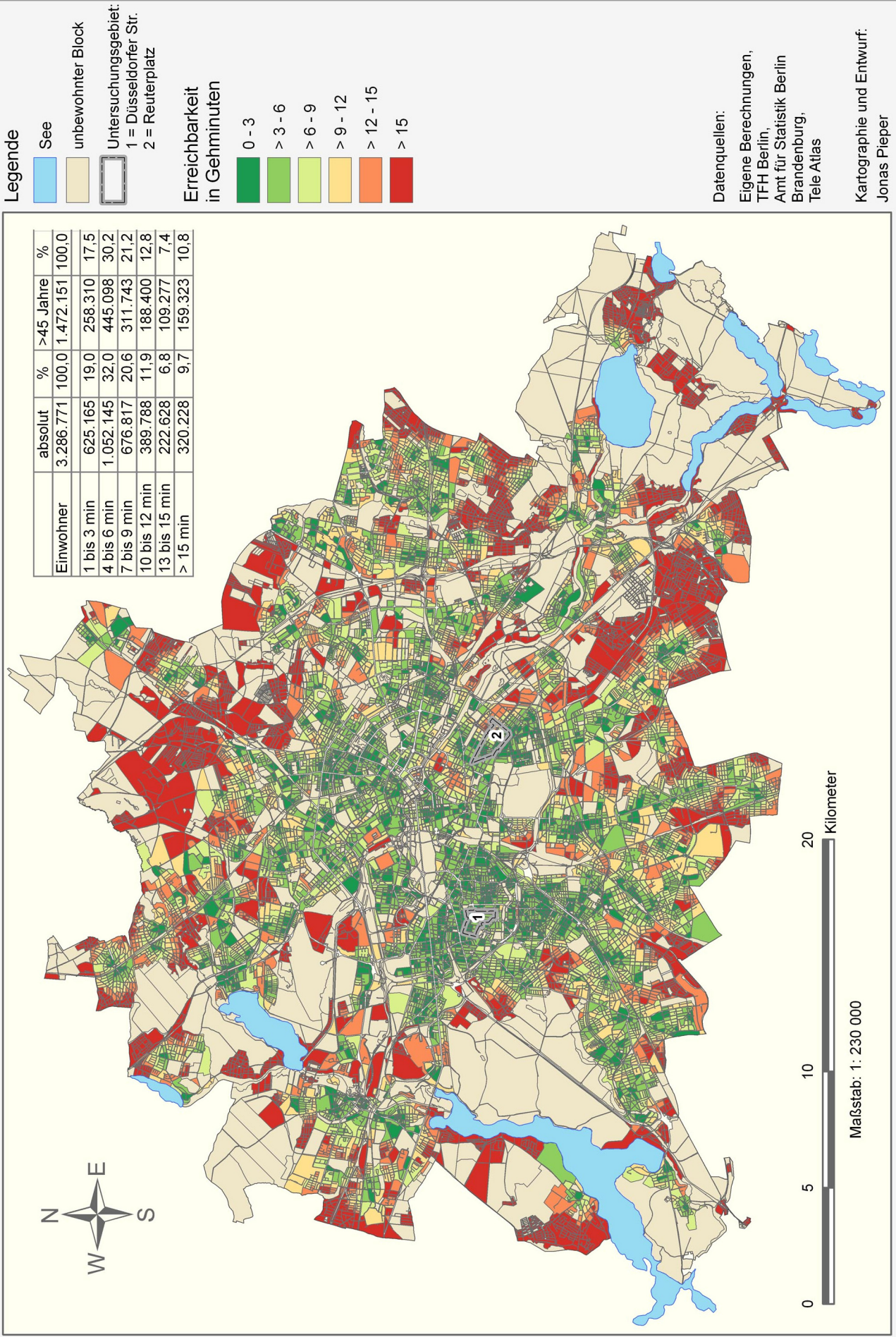
Karte A2: Übersichtskarte „Nächstgelegener Anbieter“ – Kinderärzte

Versorgungsindikator "Nächstgelegener Kinderarzt" auf Basis der Berliner Blöcke



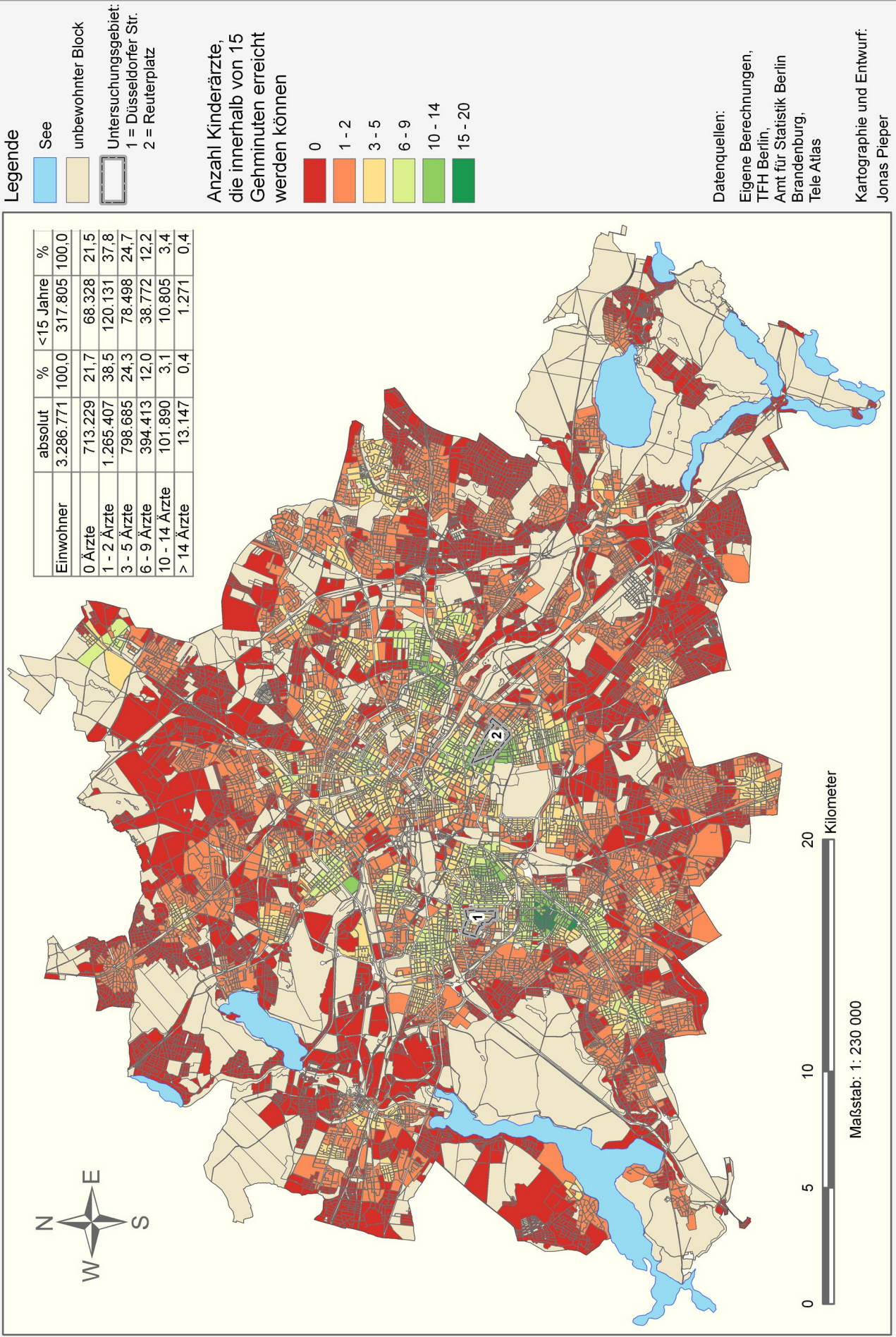
Karte A3: Übersichtskarte „Nächstgelegener Anbieter“ – Internisten

Versorgungsindikator "Nächstgelegener Internist" auf Basis der Berliner Blöcke



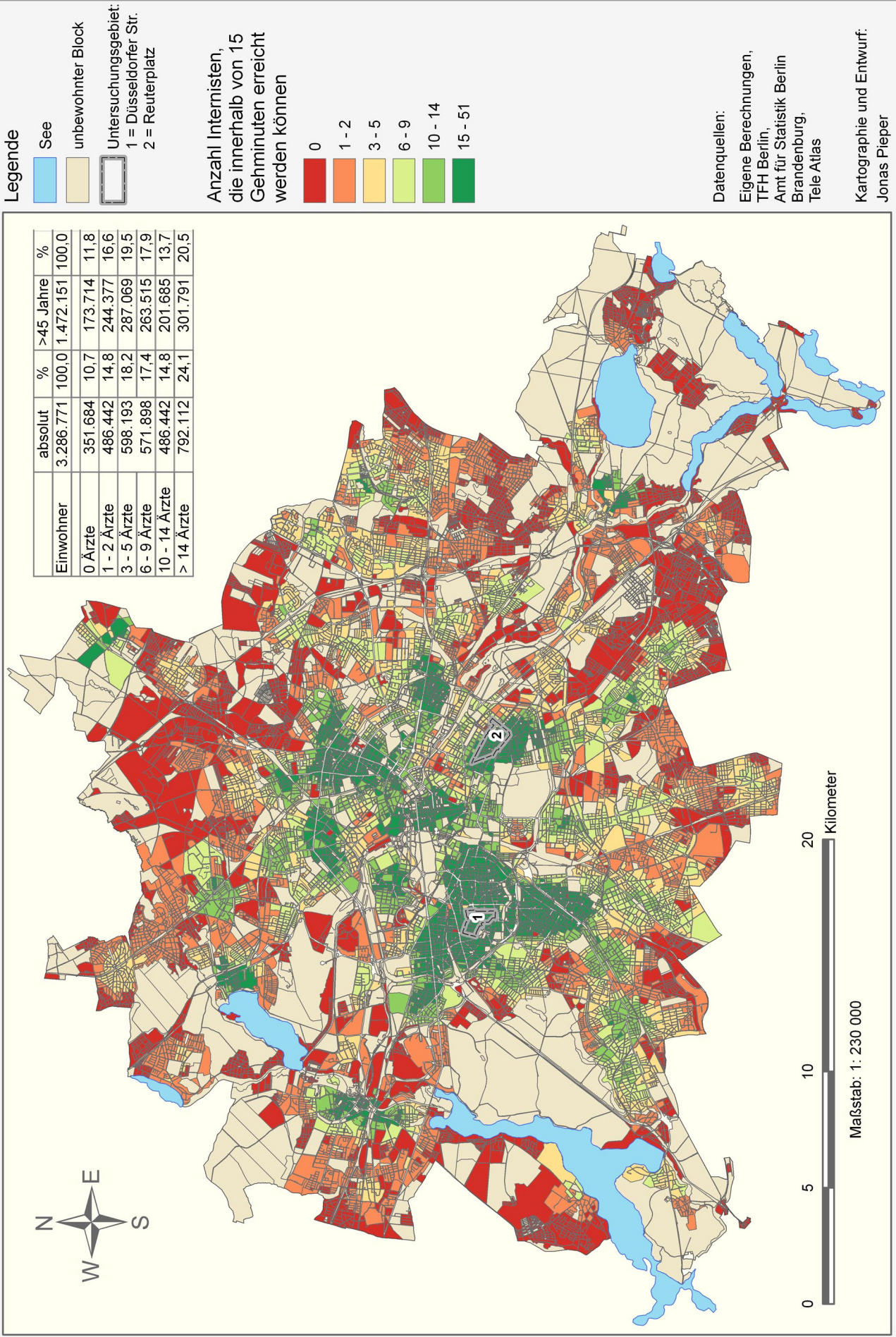
Karte A4: Übersichtskarte „Erreichbare Anbieter“ – Kinderärzte

Versorgungsindikator "Erreichbare Kinderärzte" auf Basis der Berliner Blöcke



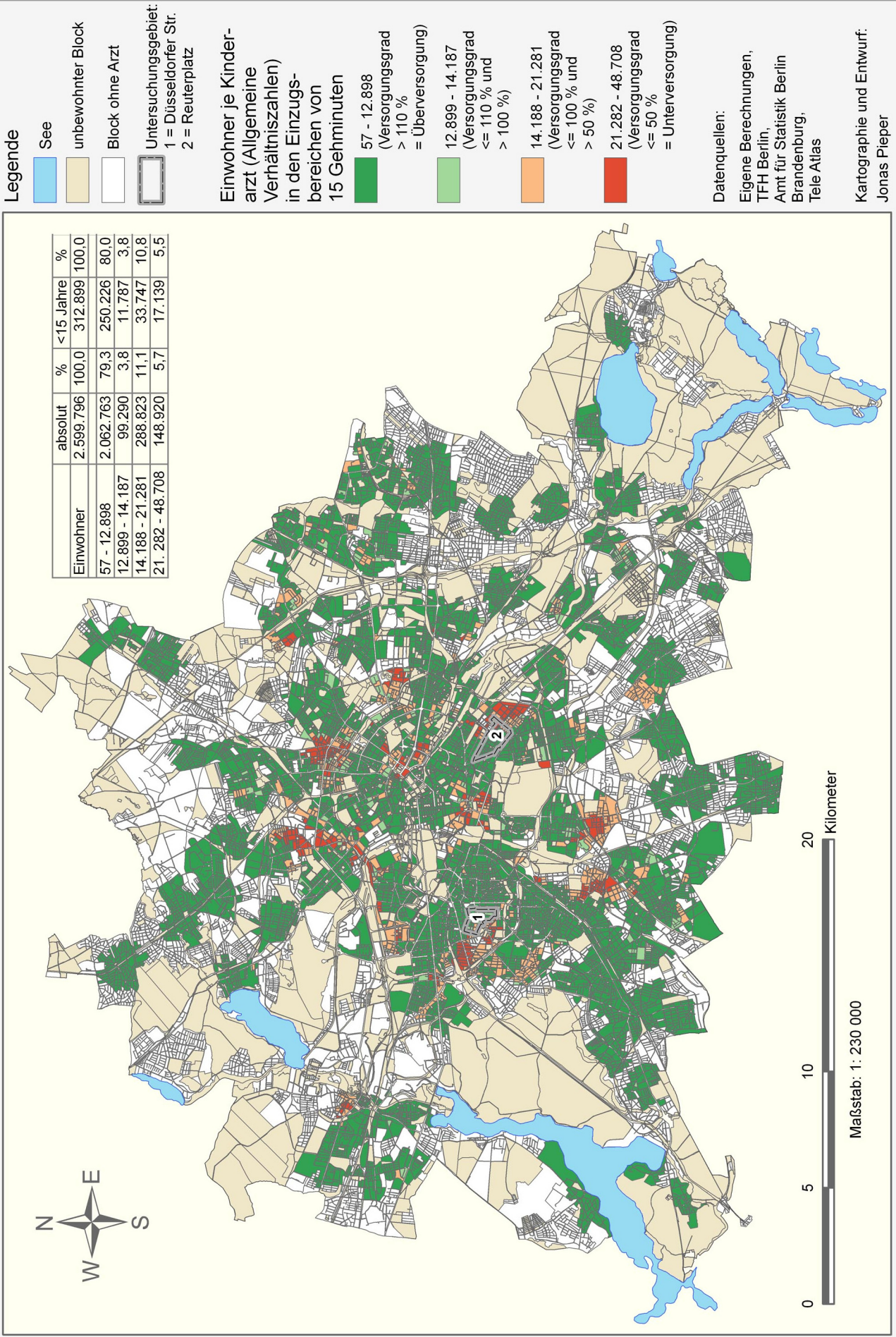
Karte A5: Übersichtskarte „Erreichbare Anbieter“ – Internisten

Versorgungsindikator "Erreichbare Internisten" auf Basis der Berliner Blöcke



Karte A6: Übersichtskarte „Gleitende Einzugsbereiche“ – Kinderärzte

Versorgungsindikator "Gleitende Einzugsbereiche" (Kinderärzte) auf Basis der Berliner Blöcke



Karte A7: Übersichtskarte „Gleitende Einzugsbereiche“ – Internisten

Versorgungsindikator "Gleitende Einzugsbereiche" (Internisten) auf Basis der Berliner Blöcke

