Analyse der ärztlichen Versorgungsqualität – ein neuer Ansatz unter Einbeziehung von Bebauungsgebieten und Isochronen

Analysis of the Quality of Medical Care − A New Approach Involving Living Areas and Isochrones

Klaus Böhm[1], Daniel Karla[1], Wolfram Wiegers[2]

[1]i3Mainz, HS-Mainz · klaus.boehm@hs-mainz.de
[2]health&media, Darmstadt

Zusammenfassung: Die Analyse der ärztlichen Versorgungsqualität ist ein hochaktuelles gesellschaftspolitisches Thema. Aufgrund des Nachwuchsmangels und der im Vergleich zu urbanen Strukturen geringeren Verfügbarkeit von Ärzten in ländlicheren Gebieten, wird es notwendig werden, den lokalen Bedarf genauer zu bestimmen. In Deutschland wird von den Kassenärztlichen Vereinigungen eine Verhältniszahl bestimmt, welche ein Maß für eine Über- bzw. Unterversorgung in einem Planungsbereich repräsentiert. In diesem Beitrag wird untersucht, ob diese Verhältniszahl ein angemessenes Maß darstellt, welches die tatsächliche Erreichbarkeit von Ärzten ausreichend berücksichtigt. Dazu wird ein Ansatz gewählt, welcher die tatsächlichen Bebauungsgebiete in den jeweiligen Planungsbereichen berücksichtigt. Diese Bebauungsgebiete fließen in eine neue Versorgungsberechnung mit Isochronen ein, auf deren Grundlage eine Versorgungsdifferenz (i-Versorgungsdifferenz) berechnet werden kann. Zur Untersuchung der gegebenen Planungsbereiche wurde ein spezielles Analysewerkzeug entwickelt.
Das gewählte Testgebiet ist das Bundesland Hessen. Die Ärztegruppen sind die Hausärzte und Internisten mit hausärztlicher Versorgung. Für die Analyse stand vonseiten der Kassenärztlichen Vereinigung Hessen ein Datensatz aus dem Jahr 2014 zur Verfügung.

Schlüsselwörter: Isochronen, Versorgungsqualität, Erreichbarkeitsanalyse

Abstract: *The analysis of the quality of medical care is a highly relevant topic. Due to the shortage of young physicians especially in more rural areas compared to urban structures, it will become necessary to determine local needs more precisely, see also, In Germany, the Kassenärztliche Vereinigung determines a ratio which represents a measure of an over- or undersupply in a planning area. This paper examines whether this ratio is an appropriate measure that takes sufficient account of the actual accessibility of physicians. For this purpose, an approach is chosen that takes into account the actual living areas in the respective planning areas. These living areas flow into a new supply calculation with isochrons, on the basis of which a supply difference (i-Versorgungsdifferenz) can be calculated. To investigate the given planning areas, a special analysis tool has been developed.*

Keywords: *Isochrones, quality of care, accessibility analysis*

1 Motivation und Stand der Technik

Die 17 Kassenärztlichen Vereinigungen (KV) und die Kassenärztliche Bundesvereinigung sind gesetzlich verpflichtet, die ambulante ärztliche Versorgung aller gesetzlich Versicherten in Deutschland sicherzustellen. Dadurch soll ein ausreichendes, flächendeckendes Versorgungsnetz in einer vertretbaren Entfernung für die Patienten gewährleistet werden.

AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 4-2018, S. 272-281. © Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach. ISBN 978-3-87907-647-5, ISSN 2364-9283, eISSN 2509-713X, doi:10.14627/537647035.
Dieser Beitrag ist ein Open-Access-Beitrag, der unter den Bedingungen und unter den Auflagen der Creative Commons Attribution Lizenz verbreitet wird (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Wie eine Befragung darstellt, suchen Patienten mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von 71,5 % jeweils ihrem Wohnstandort nächstgelegenen Hausarzt auf. Bei Hausärzten ist dieser hohe Anteil unter anderem dadurch zu erklären, dass zum einen der nahegelegene Arzt Kenntnisse über das persönliche Lebensumfeld des Patienten hat, zum anderen aber auch an der sehr hohen Hausarztdichte von ca. 52 Ärzten pro 100.000 Einwohner (vgl. Fülöp, Thomas, & Schöpe, 2017, p. 12 f.).

Der Nachwuchsmangel im ärztlichen Bereich macht es notwendig, den tatsächlichen lokalen Bedarf genauer zu bestimmen (vgl. Brandhorst, 2017, p. 376), mit dem Ziel ärztliche Praxen dort zu etablieren, wo sie wirklich benötigt werden. Die wesentlichen Determinanten eines Arzteinzugsgebietes für Patienten sind vor allem ein akzeptabler Zeit- und Wegeaufwand, sowie die Attraktivität des Arztstandortes. Diese drückt sich unter anderem durch optimale Verkehrsanbindungen und der Angebotsdimension aus (vgl. Fülöp, Thomas & Schöpe, 2017, p. 2).

Von den KV werden sogenannte Planungsbereiche ausgewiesen. Diese setzen sich aus kreisfreien Städten, Landkreisen oder Kreisregionen zusammen. In diesen Bereichen wird eine Verhältniszahl pro Arztgruppe definiert. Dadurch ergibt sich ein Einwohner-pro-Arzt-Verhältnis, welches bei Hausärzten in Hessen bei 1671 Einwohnern pro Hausarzt liegt (vgl. Kassenärztliche Vereinigung Hessen, 2016, p. 10).

Diese allgemeinen Verhältniszahlen werden durch den Demografiefaktor modifiziert, sodass regionale Altersaspekte berücksichtigt sind. Das heißt konkret, dass eine vergleichsweise ältere Bevölkerung ein entsprechend niedrigeres Hausarzt-pro-Einwohner-Verhältnis aufweist (vgl. Kassenärztliche Vereinigung Hessen, 2014, p. 271). Aufgrund dieser angepassten Verhältniszahl (Verhältniszahl multipliziert mit dem Demografiefaktor) wird der Versorgungsgrad des Planungsbereiches berechnet. Die Berechnung des Versorgungsgrad bezieht sich auf die Bevölkerung und Ärzte im Planungsbereich sowie der angepassten Verhältniszahl.

Der Versorgungsgrad gibt somit Aufschlüsse über eine mögliche Über- oder Unterversorgung im Planungsbereich. Im April 2016 lag dieser zum Beispiel in Darmstadt bei 108,01 % und ist somit knapp unter 110 % welches laut der KV Hessen eine Überversorgung darstellen würde. Von einer Unterversorgung spricht man bei einem Versorgungsgrad kleiner als 75 %. Abweichende Ergebnisse entstehen, wenn der Versorgungsgrad für einzelne Stadtteile berechnet wird. So würde in Darmstadt im Stadtteil Arheilgen der Versorgungsgrad bei 65,24 % liegen und in Kranichstein bei 146,22 %. Somit ist davon auszugehen, dass umliegende Stadtteile die Versorgung der Patienten ganz oder zum Teil übernehmen (vgl. Kassenärztliche Vereinigung Hessen, 2016, p. 10).

Beurteilung: Bei der Berechnung des Versorgungsgrades wird deutlich, dass sich dieser auf die Gesamtbevölkerung im Planungsbereich bezieht. Somit kommt es vor, dass manche Patienten die Arztpraxen in unmittelbarer Nähe auffinden und andere wiederum in ihrem Stadtteil keinen Arzt zur Verfügung haben und somit eine wesentlich größere Entfernung zur nächsten Praxis überwinden müssen. Demnach geht aus dem Versorgungsgrad nicht direkt hervor, wie viele Patienten in einem bestimmten Zeitraum **keinen** Arzt erreichen können und wie der tatsächliche Versorgungsgrad unter dieser Bedingung aussieht.

2 Analyseansatz

Die zentrale Schwäche bei dem aktuellen Ansatz zur Darstellung des Versorgungsgrades ist die mangelnde Berücksichtigung der geographischen Entfernungen zwischen Patienten und Ärzten. Der nachfolgend vorgeschlagene Ansatz nutzt Bauungsgebiete, um die reale Bevölkerungsverteilung abzubilden. Diese Bebauungsgebiete werden mit Isochronen (siehe auch Neis, Zipf, Helsper, & Kehl, 2007) verschnitten, um zu berechnen, welche Bevölkerungsanteil einen Arzt in einer vorgegebenen Zeit erreichen kann und welcher nicht. Der Bevölkerungsanteil, der keinen Arzt in der vorgegebenen Zeit erreichen kann, wird nachfolgend als *i-Versorgungsdifferenz* bezeichnet.

Zur Durchführung der Analyse wird ein interaktives Werkzeug benötigt, welches die i-Versorgungsdifferenz für einen gewählten Planungsbereich bestimmt. Hierfür wurde *der i-Versorgungsdifferenz Analyzer* konzipiert und entwickelt.

Eine zentrale Rolle bei der ärztlichen Versorgungsqualität spielen die Hausärzte. Hausärztliche Praxen werden i. d. R. durch Allgemeinmediziner oder hausärztlich Internisten besetzt. Darüber hinaus bieten auch fachärztliche Internisten anteilig hausärztliche Leistungen an. Für die Analyse wurden daher diese drei Arztgruppen betrachtet: Allgemeinmediziner, hausärztliche Internisten und fachärztliche Internisten. Bei Letzteren wird jedoch nur eine anteilige Versorgungsleistung von zehn Prozent einberechnet.

Bei der Analyse des i-Versorgungsdifferenz werden zudem die folgenden Fragestellungen betrachtet:

- Welcher Teil der Bevölkerung kann keinen Arzt in einer bestimmten Zeit erreichen?
- Wie ist der Versorgungsgrad für die erreichte Bevölkerung?
- Wie verändert sich die i-Versorgungsdifferenz, wenn neben Allgemeinmedizinern auch Internisten und Fachinternisten berücksichtigt werden?

3 Konzept i-Versorgungsdifferenz-Analyzer

Der i-Versorgungsdifferenz-Analyzer wird als eine Webanwendung konzipiert. Die Datengrundlage für die Analyse bzw. die Berechnungen ist wie folgt. *Gemeindegrenzen*: Hierfür sind unterschiedliche Datenquellen geeignet, z. B. das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) oder auch OpenStreetMap. Für den hier diskutierten Prototypen wurde OpenStreetMap als Datengrundlage genutzt. Ausgehend davon werden Gemeindegrenzen (siehe auch Nordmann, 2017) und bewohnte Gebiete extrahiert. In wie weit die Nutzung von ATKIS-Daten zu einer signifikanten qualitativen Verbesserung führen würde, wäre Gegenstand einer separaten Untersuchung. *KV-Planungsbereiche*: Die KV-Planungsbereiche sind aus den verfügbaren Informationen der enthaltenen Landkreise definiert. Die verfügbaren Arztpraxen, werden nach Hausärzten, hausärztlichen Internisten sowie nach fachärztlichen Internisten datenbanktauglich bzw. zur geometrischen Analyse aufbereitet.

Für die Analyse sind die folgenden Nutzereingaben zu berücksichtigen und durch die Webanwendung geeignet zu unterstützen: die Auswahl eines KV-Planungsbereiches welcher zum Vergleich herangezogen werden soll; das entsprechend zu berücksichtigende Verkehrsmittel, sowie die maximal zu überwindende Zeit. Abschließend die bereits erwähnten Ärztegruppen, die einen erheblichen Einfluss auf den Versorgungsgrad haben.

Das Ergebnis der Berechnung ist tabellarisch, bzw. grafisch in Form einer Karte berechnet, zu liefern. Für die Darstellung in der Karte sind folgende Anforderungen definiert: Präsentation der Planungsbereiche, der Wohngebiete, der Arztpraxen sowie die zuvor berechneten Erreichbarkeitspolygone.

Zur Gegenüberstellung der berechneten skalaren Ergebnisse ist eine Tabellensicht gefordert. Hier werden die Versorgungsgrade (in Prozent), die Anzahl der berücksichtigten Ärzte, die Verhältniszahl (Einwohner pro Arzt) und die Einwohner im Planungsbereich pro gestellte Anfrage verglichen.

3.1 Technologisches Konzept

Aus konzeptioneller Sicht besteht die Webanwendung aus den in Abbildung 1 dargestellten Komponenten. Diese werden nachfolgend erläutert. Der Server ist verantwortlich für die Kommunikation zwischen dem Client, der Isochronen-API sowie der Datenbank. Der Isochronen Service (API) berechnet auf Grundlage der Benutzereingaben das Erreichbarkeitspolygon. Für die Berechnung der Isochronen wird ein etablierter Service (GraphHopper Verfügung vgl. GraphHopper GmbH, 2017a, b) genutzt.

Die Verschneidung der in der Datenbank befindlichen Daten, konkret die Arztpraxen im Planungsbereich und in den Bebauungsgebieten wird als GeoJSON aufbereitet. Das Ergebnis dieser Verarbeitung schickt der Server an den Client, der diese Daten grafisch aufbereitet.

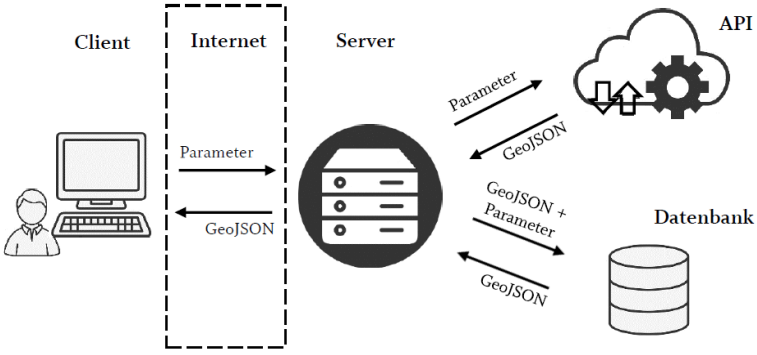


Abb. 1: Konzept der Web-Anwendung

3.2 Funktionaler Ablauf

Nachfolgend wird der funktionale Ablauf der i-Versorgungsdifferenzberechnung erläutert. Dieser Ablauf ist auch zusammenfassend in dem Sequenzdiagramm in Abbildung 2 dargestellt.

1. Übermittlung der Parameter (Selektion Arztpraxen, Planungsbereich, Verkehrsmittel, Zeit) an den Server.
2. Ermittlung der Arztpraxen im gegebenen Planungsbereiche.
3. Berechnung der Isochronen für jeden Arzt im Planungsbereich unter Berücksichtigung von Verkehrsmittel und Zeit.

4. Verschmelzen von überlappenden Isochronen. Dies tritt insbesondere in Ballungsgebieten mit hoher Ärztedichte auf.
5. Ermittlung der Bebauungsgebiete in den Planungsbereichen.
6. Verschneidung der Isochronen mit den Bebauungsgebieten im Planungsbereich → das Ergebnis sind Erreichbarkeitsflächen.
7. Übertragung der Ergebnisse an den Client.
8. Approximation der Einwohner aus den Erreichbarkeitsflächen (siehe Formel Nr. 1). Dabei wird von einer einheitlichen Einwohnerdichte im gesamten Planungsbereich ausgegangen.
9. Berechnung der Bevölkerungszahl die keinen Zugang zu ärztlicher Versorgung innerhalb der definierten Zeit haben. Dies erfolgt auf Basis der Differenz zu der Gesamtbevölkerung im Planungsbereich (siehe Formel Nr. 2).
10. Anhand der ermittelten Ärzte und der angepassten Verhältniszahl im Planungsbereich wird die theoretisch mögliche zu behandelnde Patientenzahl berechnet (siehe Formel Nr. 3). Mit dieser Zahl kann im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung (siehe Formel Nr. 4) bzw. zur vorher berechneten erreichten Bevölkerung (siehe Formel Nr. 5) der Versorgungsgrad berechnet werden.
11. Berechnung des i-Versorgungsdifferenz, als Differenz zwischen der EWI und EWP.

(1) $EW\ im\ EG = (Gesamt\ EW \cdot Teilfläche\ [m^2]) / (Gesamtfläche\ [m^2])$
(2) $EW\ ohne\ äV = EWP - EW\ im\ EG$
(3) $BEW = AV \cdot Anzahl\ Ärzte\ im\ PB$
(4) $VG\ EWP = (BEW \cdot 100) / (EWP)$
(5) $VG\ EWI = (EW\ im\ EG \cdot 100) / (EWP)$

Abkürzungsverzeichnis:

AV = angepasste Verhältniszahl
äV = ärztliche Versorgung
BEW = theoretisch mögliche zu behandelnde Einwohner
EG = Einzugsgebiet
EW = Einwohner
EWI = Isochronenberechnung erreichte Einwohner
EWP = Einwohner im Planungsbereich
Gesamtfläche = Wohngebietsfläche im Planungsbereich
PB = Planungsbereich
Teilfläche = Wohngebietsfläche die durch Isochronenberechnung erreicht wurde
VG = Versorgungsgrad

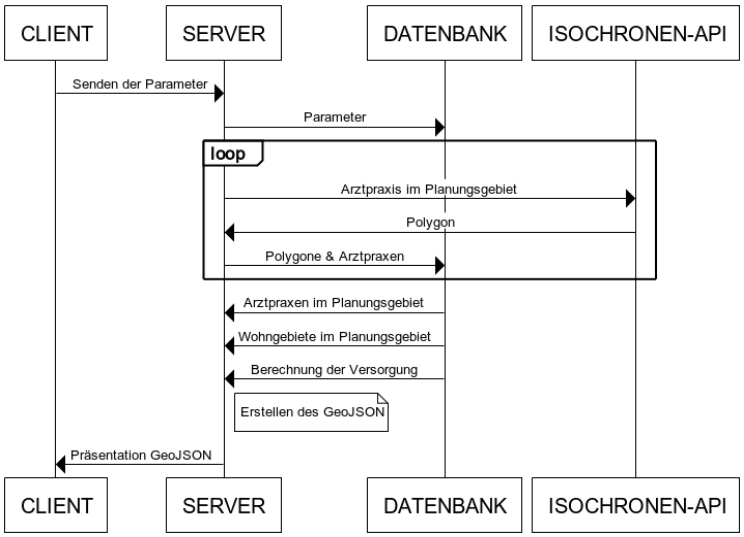


Abb. 2: Sequenzdiagramm

3.3 User-Interface des i-Versorgungsdifferenz-Analyzers

Das allgemeine User-Interface des i-Versorgungsdifferenz-Analyzers ist in Abbildung 3 dargestellt. In der linken Spalte können die für die Analyse wichtigen Parameter eingegeben werden: KV-Planungsbereich, Zeit für die Isochronenberechnung, Verkehrsmittel, Gruppe der zu berücksichtigenden Ärzte. Die Karte zeigt den ausgewählten Planungsbereich in der Farbe Orange an. In dem Beispiel der Planungsbereich Darmstadt (Hessen). Die Isochronen sind in blau dargestellt. Die Wohn- bzw. Bebauungsgebiete sind die grau dargestellten Polygone.

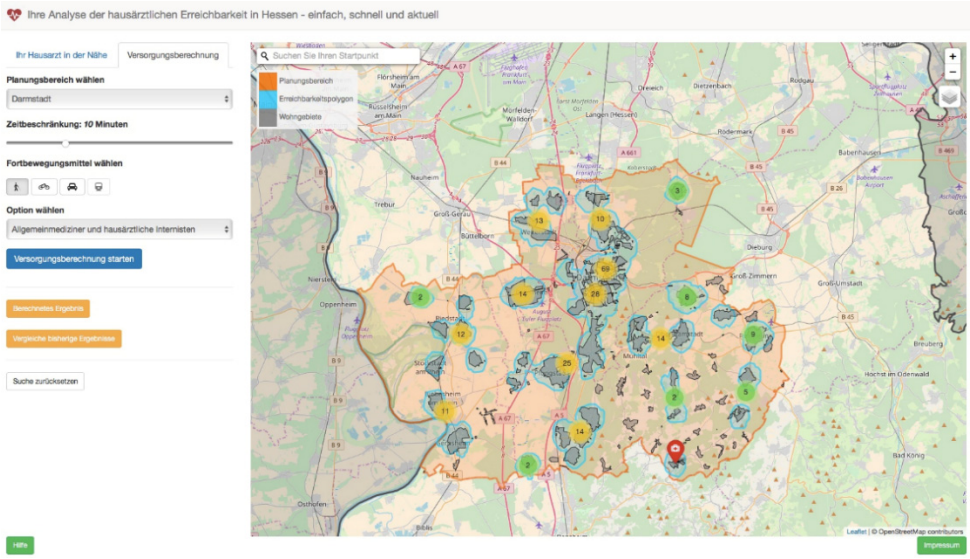


Abb. 3: Layout der Versorgungsberechnung (Quelle: OpenStreetMap contributors, Leaflet)

3.3.1 Detailergebnisse

Die Detailergebnisse der Berechnung werden tabellarisch dargestellt, welche in Abbildung 4 ersichtlich sind.

- Die linke Spalte stellt die von der KV gegebenen Information für den ausgewählten Planungsbereich dar.
- Die mittlere Spalte zeigt die Einwohnerzahl, die auf Basis der Isochronenberechnung die Hausärzte in der vorgegebenen Zeit mit den gegebenen Verkehrsmitteln erreichen können. Der Versorgungsgrad unterteilt sich in Versorgungsgrad für erreichten Einwohner und den Versorgungsgrad für die gesamte Bevölkerung im Planungsbereich.
- Die rechte Spalte spiegelt die i-Versorgungsdifferenz wieder. In dem Beispiel ist ersichtlich, dass ca. 66.000 Menschen in der gegebenen Zeit und mit dem gewählten Verkehrsmittel keinen Allgemeinmediziner erreichen.

Anmerkung: Differenzen zwischen der Anzahl Ärzte aus der Versorgungsberechnung der KV Hessen und der des Prototyps resultieren aus fehlenden Informationen bezüglich der tatsächlich berücksichtigen Ärztezahl seitens der KV Hessen. Ärzte bzw. Arztpraxen tragen mit unterschiedlichen Faktoren zur Versorgung bei.

Ergebnisse für den Planungsbereich: **Darmstadt**
(Stichtag: 01.02.2014)

	Bedarfsplanung der Kassenärtzlichen Vereinigung	Bedarfsplanung aus Erreichbarkeitsanalyse	Differenz
Versorgungsgrad [%]	*104.56*	***111.23*** * ***130.15*** **	6.67
Anzahl Ärzte	*227.55*	242	14.45
Verhältniszahl	*1705*	1705	0
Einwohner	*370965*	317018	-53947

PB: Darmstadt
Zeit: 10 Minuten
Fortbewegung: Zu Fuß
Arztgruppe: Allgemeinmediziner und hausärztliche Internisten

* = Versorgungsgrad der gesamten Bevölkerung
** = Versorgungsgrad der erreichten Bevölkerung
Rot = Unterversorgung der Bevölkerung
Orange = Überversorgung der Bevölkerung
Grün = Gute Versorgung der Bevölkerung

Abb. 4: Ergebnis der Versorgungsberechnung

Für den Vergleich der i-Versorgungsdifferenz bei Einbeziehung der unterschiedlichen Arztgruppen wurde eine Vergleichsdarstellung gewählt, die in Abbildung 5 gegeben ist.

- In der ersten Zeile sind die relevanten Parameter gegeben. Neben dem Planungsbereich, auch die gewählte Ärztegruppe pro Spalte.
- Die Zahlen in Klammer sind die Werte, die von der KV ermittelten Versorgung für den jeweiligen Planungsbereich.
- Die i-Versorgungsdifferenz ergibt sich in der untersten Zeile aus der Differenzen der erreichten Einwohnerzahl und der Einwohnerzahl im Planungsbereich.

(Stichtag: 01.02.2014)

	PB: Darmstadt Zeit: 10 Minuten Fortbewegung: Zu Fuß Arztgruppe: Allgemeinmediziner, hausärztliche und fachärtzliche (10%) Internisten	PB: Darmstadt Zeit: 10 Minuten Fortbewegung: Zu Fuß Arztgruppe: Allgemeinmediziner und hausärztliche Internisten	PB: Darmstadt Zeit: 10 Minuten Fortbewegung: Zu Fuß Arztgruppe: Allgemeinmediziner
Versorgungsgrad Gesamtbevölkerung [%]	***115.36*** *(104.56)*	***111.23*** *(104.56)*	***68.48*** *(104.56)*
Versorgungsgrad erreichter Bevölkerung [%]	***134.99***	***130.15***	***83.32***
Anzahl Ärzte im Planungsbereich	251 *(227.55)*	242 *(227.55)*	149 *(227.55)*
Angepasste Verhältniszahl	1705	1705	1705
Erreichte Einwohner	317018 *(370965)*	317018 *(370965)*	304894 *(370965)*

Rot = Unterversorgung der Bevölkerung
Orange = Überversorgung der Bevölkerung
Grün = Gute Versorgung der Bevölkerung
(Grau) = Werte von der Kassenärztlichen Vereinigung für den Planungsbereich

Abb. 5: i-Versorgungsdifferenz unter Einbeziehung unterschiedlicher Arztgruppen

4 Analyse der i-Versorgungsdifferenz in einem Planungsbereich mittels Isochronen

Für die Analyse wurden von den insgesamt 67 Planungsbereiche in Hessen 32 untersucht. Wie sich in unseren Untersuchungen generell zeigte, können die meisten Patienten innerhalb von einer zehn bis 15-minütigen Autofahrt Hausärzte oder hausärztlichen Internisten aufsuchen. Ausnahmen stellen hier ländliche Regionen dar, diese müssen teilweise einen erhöhten Wegeaufwand auf sich nehmen. Ein Beispiel sei hier besonders hervorgehoben. Im Planungsbereich *Erbach* (mit durchschnittlich 110 Einwohner pro Quadratkilometer) können ca. 2000 Einwohner in einer zehn minütigen Autofahrt keinen Arzt erreichen. Bei einer 15-minütigen Autofahrt sind es immer noch mehr als 1000 Einwohner. Erst bei einer 30-minütigen Autofahrt reduziert sich die Zahl der nicht erreichten Einwohner auf unter 20 potenziellen Patienten (siehe Abb. 6). Im Vergleich dazu können bis auf 30 Einwohner (99,99 %) in dem Planungsbereich *Darmstadt* (mit durchschnittlich 601 Einwohner pro Quadratkilometer) bereits nach einer 10-minütigen Autofahrt eine ärztliche Versorgung erreichen.

(Stichtag: 01.02.2014)

	PB: Erbach Zeit: 20 Minuten Fortbewegung: Automobil Arztgruppe: Allgemeinmediziner und hausärztliche Internisten	PB: Erbach Zeit: 15 Minuten Fortbewegung: Automobil Arztgruppe: Allgemeinmediziner und hausärztliche Internisten	PB: Erbach Zeit: 10 Minuten Fortbewegung: Automobil Arztgruppe: Allgemeinmediziner und hausärztliche Internisten
Versorgungsgrad Gesamtbevölkerung [%]	***105.02*** *(89.27)*	***105.02*** *(89.27)*	***105.02*** *(89.27)*
Versorgungsgrad erreichter Bevölkerung [%]	***107.4***	***108.7***	***112.54***
Anzahl Ärzte im Planungsbereich	20 *(17)*	20 *(17)*	20 *(17)*
Angepasste Verhältniszahl	1618	1618	1618
Erreichte Einwohner	30129 *(30813)*	29769 *(30813)*	28755 *(30813)*

Rot = Unterversorgung der Bevölkerung

Orange = Überversorgung der Bevölkerung

Grün = Gute Versorgung der Bevölkerung

(Grau) = Werte von der Kassenärztlichen Vereinigung für den Planungsbereich

Abb. 6: i-Versorgungsdifferenz in Planungsbereich Erbach

5 Diskussion

Die Untersuchung hat gezeigt, dass der von den Kassenärztlichen Vereinigungen gewählte Ansatz, die Versorgungsqualität über die Angepasste Verhältniszahl alleine zu ermitteln und anzugeben nicht ausreicht. Besonders regionale Gegebenheiten werden durch die bisherige Berechnung unzureichend wiederspiegelt. Durch die Ermittlung der i-Versorgungsdifferenzen wurde deutlich, dass es ländliche Regionen gibt, in denen Teile der Bevölkerung selbst mit dem Auto keinen Arzt innerhalb von 15 min erreichen können. Insbesondere bei sehr betagten Einwohnern kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass in jedem Fall ein Fahrzeug verfügbar ist. In Städten können die Patienten ihren nächsten Hausarzt i. d. R. in einem 15-minütigen Fußweg erreichen.

Aktuell sind die Berechnungen der Isochronen noch auf drei Verkehrsmittel beschränkt: Auto, Fahrrad und Fußgänger. Zukünftig wäre eine API für die Erstellung der Erreichbarkeitspolygone, die auf Grundlage des öffentlichen Personennahverkehrs Polygone berechnen könnte, einzubinden.

Der gewählte Ansatz der Berücksichtigung der Bebauungsgebiete für die ärztliche Versorgungsberechnung ist neuartig und sinnvoll. Jedoch hat das gewählte Vorgehen eine potenzielle Unschärfe. Die Berechnung der nicht erreichten Bevölkerung basiert auf der Vereinfachung, dass die Einwohnerdichte in allen Bebauungsgebieten gleichverteilt ist. In Planungsbereichen, die zum großen Teil aus städtischen Flächen besteht, wie zum Beispiel Wiesbaden, Frankfurt oder Kassel, ist diese Vereinfachung weitgehen zutreffend. Allerdings gibt es auch gemischte Planungsbereiche, in denen die Flächen städtischen und dörflichen Charakter haben. Diese weisen somit auch unterschiedliche Einwohnerdichten auf, womit auch die Berechnung weniger genau wird. Eine Verbesserungsmöglichkeit wäre somit, die erfassten Wohngebiete mit den Einwohnerzahlen der Städte bzw. Dörfern zu optimieren. Neben der

Einwohnerdichte sind Detailkenntnisse über die Wohnverhältnisse in Planungsgebieten äußerst wichtig, insbesondere wenn weitere Untersuchungen über andere Ärztegruppen durchgeführt werden soll. An dieser Stelle seien beispielhaft Frauen- oder Kinderärzte erwähnt. Diese weisen einen spezielleren Patientenkreis auf, der durch die genannte Vereinfachung nicht repräsentiert wird. Die Analyse auf Basis einer verbesserten der Datengrundlage ist Gegenstand einer weiterführenden Untersuchung.

Die Berechnung von Isochronen ist ein zeitintensiver Prozess. Bei dem gewählten Ansatz werden pro Anfrage sehr viele Isochronen erzeugt und auch wieder mit Bebauungsgebieten verschnitten. Um eine Antwortzeitverhalten im unteren einstelligen Sekundenbereiche zu erreichen wurden Optimierungsansätze und Preprocessing-Verfahren untersucht und angewendet (siehe Karla, 2018).

Literatur

Brandhorst, A. et al. (Ed.) (2017). *Kooperation und Integration – das unvollendete Projekt des Gesundheitssystems*. Wiesbaden: Springer.

Fülöp, G., Thomas, K., & Schöpe, P. (2017). *Einzugsbereiche von Arztpraxen und die Rolle der räumlichen Distanz für die Arztwahl der Patienten*. Retrieved July 28, 2017, from www2.vwl.uni-mannheim.de/fileadmin/user_upload/pigorsch/pdf/Einzugsbereiche_von_Arztpraxen_Beta_Kopetsch.pdf.

GraphHopper GmbH (2017a). *Dokumentation*. Retrieved June 26, 2017, from https://graphhopper.com/api/1/docs/.

GraphHopper GmbH. (2017b). *Isochrone API*. Retrieved June 26, 2017, from https://graphhopper.com/api/1/docs/isochrone/.

Karla, D. et al. (2018). Geschwindigkeitsoptimierter Ansatz zur Analyse der ärztlichen Versorgungsqualität. *FOSSGIS*, 2018. Bonn.

Kassenärztliche Bundesvereinigung KdöR (2017). *Aktuelle Statistik: Bedarf an Hausärzten nimmt zu*. Retrieved August 22, 2017, from http://www.kbv.de/html/1150_28543.php.

Kassenärztliche Vereinigung Hessen (14. Oktober 2014). *Bedarfsplanung*. Retrieved July 15, 2017, from https://www.kvhessen.de/fileadmin/media/documents/Bedarfsplan_2015_Teil3.pdf.

Kassenärztliche Vereinigung Hessen (2016). *Fokus: Gesundheit*. Retrieved July 16 from https://www.kvhessen.de/fileadmin/media/documents/Mitglieder/Publikationen/Fokus_Gesundheit/Fokus_Gesundheit_Darmstadt_Stadt.pdf.

Neis, P., Zipf, A., Helsper, R., & Kehl, A. (2007). *Webbasierte Erreichbarkeitsanalyse – Vorschläge zur Definition eines Accessibility Analysis Service (AAS) auf Basis des OpenLS Route Service*. Wien.

Nordmann, W. (2017). *Boundaries Map 4.2*. Retrieved July 10 from https://wambachers-osm.website/index.php/projekte/internationale-administrative-grenzen/boundaries-map-4-2.