**Inhaltsverzeichnis**

**1 Einleitung 3**

1.1 Motivation und Forschungsfrage 3

1.2 Forschungsfrage 3

1.2 Aufbau der Arbeit 4

**2 Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand 5**

2.1 Bedarfsplanung im Gesundheitsstrukturgesetz 5

2.2 Gravitationsmodelle 6

2.2.1 Huff’s Modell der Gelegenheitenpräferenz 7

2.2.2 Modifizierungen des Gravitationsmodells 8

2.2.3 Gravitationsmodelle im Gesundheitswesen 9

2.3 Forschungsstand 10

**3 Daten 12**

**4 Methodik 14**

**5 Ergebnisse 17**

**6 Zusammenfassung und Ausblick 18**

**Quellenverzeichnis 19**

**Appendix 19**

**Erklärung 19**

(Erklärung, dass aus Gründen der Einfachheit die folgende Arbeit hauptsächlich maskuline Bezeichnungen verwendet. (irgendwie sowas)…..

Abkürzungen benutzen!!!!!!!!!!!!

1 Einleitung

1.1 Motivation und Forschungsfrage

Aufgrund einer vermeidlichen ärztlichen Übervorsorgung ist im Jahr 1993 auf Bundesländerebene eine Bedarfsplanung für niedergelassene Ärzte verabschiedet (in diesem Kontext richtig???) worden, seitdem greift/wirkt diese erfolgreich (?) und begrenzt die Zahlen wie geplant. Dabei sind einige Gebiete gesperrt worden, sodass dort seitdem keine neuen Niederlassungen gegründet/eröffnet werden dürfen. In nicht gesperrten Regionen gibt es für diese keine Einschränkungen. Die neue Bedarfsplanung, eine hohe/steigende Zahl an Ärzten, die in den Ruhestand gehen, und ein Nachwuchsmangel im ärztlichen Bereich sind dafür verantwortlich, dass es in der heutigen Zeit allerdings zu neuen Problemen gekommen ist. In vielen Regionen Deutschlands, besonders im ländlichen Raum und im Osten des Landes, besteht nun ein Ärztemangel [Versorgungsanalyse von Köpetsch oder so & Projektbericht?]. An einigen Standorten (??) ist dieser so akut, dass dort sogar Facharzt-spezifisch die Unterversorgung droht.

Um zukünftig wieder eine flächendeckende (allerorts/weitreichende) und wohnortnahe (standortnahe) ärztliche Versorgung gewährleisten zu können, bedarf es Untersuchungen, die aufzeigen in welchen Regionen Ärzte fehlen. Jeder Arztpraxis muss dabei ein realistisch-großes Einzugsgebiet zugeordnet werden (können), aus welchem die Patienten der Praxis anreisen. Hierfür ist es notwendig zu wissen, welche Entfernung und Reisezeit der Patient bereitwillig in Kauf nehmen würde, um zu seinem Arzt zu gelangen und welche Attribute den Patienten in seiner Arzt-Wahl beeinflussen.

1.2 Forschungsfrage

Die Auswahl eines Arztes wird für den Patienten durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Eine besonders wichtige Rolle spielt dabei sicherlich die Entfernung zwischen der Arztpraxis und dem Zuhause des Patienten. Ziel dieser Arbeit ist es, die Distanzempfindlichkeit hausärztlicher Patienten zu modellieren und die durchschnittliche Distanz zwischen einem Patienten und seinem Hausarzt zu bestimmen. Warum ist die Distanzempfindlichkeit wichtig für die Versorgung? -> Siehe Fülöp et al! Auf Grundlage dieser (Arbeit/Ergebnisse) können Distanzempfindlichkeiten anderer fachärztlicher Patienten und darüberhinaus die Größe des Einzugsgebietes hausärztlicher Praxen besser (?!) bestimmt werden.

Ziel dieser Arbeit: Ergebnisse von Fülöp et al bekräftigen (je höher die Distanzempfindlichkeit ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass Patienten den nächstgelegensten Arzt aufgesucht haben) aber mit tatsächlichen Reisezeiten und nicht über Luftlinie berechnet und nicht über Siedlungsflächen aggregiert!

1.2 Aufbau der Arbeit

Im folgenden Kapitel wird zunächst der thematische Hintergrund erläutert, der für das Verständnis dieser Arbeit sinnvoll ist. Dazu gehört die Einführung in die Bedarfsplanung des Gesundheitsstrukturgesetzes und die räumliche Bedeutung der Gravitationsmodelle. Zudem wird der aktuelle Forschungsstand im Bereich der ärztlichen Versorgungsplanung referiert. In Kapitel drei werden zunächst die genutzten Daten und (technischen?) Voraussetzungen genannt, bevor in Kapitel vier das methodische Vorgehen veranschaulicht/demonstriert wird. Zum Schluss werden die Ergebnisse der Arbeit diskutiert und weitere fachliche Aussichten, sowie das Fazit dargelegt.

2 Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

2.1 Bedarfsplanung im Gesundheitsstrukturgesetz

Ärztemangel besteht [Versorgungsanalyse von Köpetsch oder so & Projektbericht?]. An einigen Standorten (??) ist dieser so akut, dass dort sogar die Unterversorgung droht, wie in Abbildung 1 (Verweis auf Abb. 1 oder Appendix?!, Karte von <http://gesundheitsdaten.kbv.de/cms/html/17018.php>) erkennbar ist. Dabei handelt es sich um statistische Erhebungen der Kassenärztlichen Bundesvereinigung aus dem Jahr 2017, die eine fragmentarische Unterversorgung der Hausärzte darstellen.

2.2 Gravitationsmodelle

Mit Gravitationsmodellen (oder auch räumliche Interaktionsmodelle) sollen gesellschaftliche Besonderheiten in Korrespondenz zu Newton’s Gravitationsgesetz charakterisiert werden, „demnach wächst die Anziehungskraft zweier Massen mit deren Größe und sinkt mit dem Quadrat ihrer Entfernung“ [Bökemann]. Schon seit geraumer Zeit werden sie genutzt, um vor allem die Interaktionen zwischen Angebotsstandorten und ihren Konsumenten zu beschreiben. Bereits 1929 erörterte Reilly im „Gesetz der Einzelhandelsgravitation“, dass die Relation des Gewinns zweier Standorte gleichmäßig aus ihrer jeweiligen Attraktion und Entfernung zum Nachfrageort resultiert. Die Attraktivität eines Angebotsstandortes nehme dabei proportional mit dessen Population bzw. Angeboten zu [Reilly]. Ist die Attraktivität des Angebots hoch wirkt sie sich positiv auf die Entscheidung der Konsumenten aus, während eine zunehmende Entfernung weniger attraktiv ist und sich im Umkehrschluss negativ darauf auswirkt [Wood und Reynolds 2011 & Handbuch Handel…].

Sämtliche gravitationstheoretische Ansätze/Gravitationsmodelle thematisieren die Distanz zwischen Konsumenten und Angebotsstandorten und wie sich diese auf das Verhalten der Konsumenten auswirkt. Die verschiedenen Modelle unterscheiden sich jedoch in zwei Auffassungen. Die deterministischen Ansätze basieren auf der Annahme, dass eine Abgrenzung der Einzugsbereiche nur zwischen zwei Angebotsstandorten möglich ist. Jeder Nachfrageort wird dabei genau einem dieser Standorte zugewiesen. Dem gegenüber stehen die probabilistischen Ansätze. *Diese berücksichtigen sowohl alle Angebotsstandorte als auch, dass Konsumenten in ihrer Entscheidung von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden und sich nicht explizit für einen Angebotsstandort entscheiden* [Die Analyse von Standorten und Einzugsbereichen & Einzugsbereiche von Arztpraxen und die Rolle der …].

Einen besonders wichtigen Beitrag (probabilistischen Ansatz) lieferte Huff (2.1.1) im Jahr (Jahr) mit seinem „Modell der Gelegenheitenpräferenz“ [Huff]. Dieses ist bis heute Grundlage vieler Untersuchungen und Arbeiten, wodurch sein ursprüngliches Modell im Laufe der Zeit kontinuierlich erweitert/modifiziert worden ist (siehe auch 2.2.3).

2.2.1 Huff’s Modell der Gelegenheitenpräferenz

Huff [HUFF] definiert sein Modell auf Grundlage von Einzugsbereichen, geographisch abgegrenzte Bereiche, die Angebote für die Konsumenten enthalten. Die Konsumenten selbst seien das zu betrachtende Objekt bei der Analyse von Einzugsbereichen. Man müsse die Gründe ihrer Handlungen verstehen, um das räumliche Verhalten der Konsumenten nachvollziehen zu können. Dabei haben zwei Variablen einen besonders großen Einfluss auf das Verhalten des Verbrauchers, so Huff. Zum Einen das Angebot: Je vielfältiger dieses ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für den Verbraucher, dass seine Bedürfnisse erfüllt werden. Dafür nimmt er auch weitere Wege in Kauf. Zum Anderen die Reisezeit: Neben der tatsächlichen Dauer der Anfahrt zum Angebotsstandort, beinhaltet sie ebenfalls (indirekt) die erwarteten Reisekosten und Anstrengungen, die der Verbraucher für die Reise auf sich nehmen muss. Er ist dabei allerdings in seiner ihm zur Verfügung stehenden Zeit begrenzt.

Huffs originales Modell zur Berechnung der relativen Interaktionshäufigkeit, zwischen den Verbrauchern und Angebotsstandorten lautet:

(Die originale Wahrscheinlichkeitsberechnung, dass Verbraucher aus den umgebenen Einzugsbereichen zum Angebotsstandort reisen, lautet:)

(1)

Mit die Interaktionswahrscheinlichkeit, dass ein Verbraucher vom Herkunftsort i zum Angebotsstandort j reist

Größe der Verkaufsfläche einer bestimmten Warengruppe im Einkaufszentrum j

Reisezeit zwischen dem Herkunftsort i des Verbrauchers und dem Anbieterstandort j

ein empirisch geschätzter Parameter, der den Einfluss der Reisezeit für verschiedene Einkäufe wiederspiegelt

2.2.2 Modifizierungen des Gravitationsmodells

Bökemann [Bökemann] lieferte einen wichtigen (zusammenfassenden) Beitrag zur Weiterentwicklung der Gravitationsmodelle. Darin wird beschrieben, dass diese mithilfe von Berechnungen der Interaktionshäufigkeit, der Nutzbarkeit des Standortes und dem Transportaufwand, die Standortqualität und Flächennutzung analysieren können. Die Modelle Er nennt/erkennt Probleme, die mit den bestehenden Gravitationsmodellen nicht gelöst werden können und nennt/entwickelt Lösungsansätze für diese. Dazu gehört, dass die Distanz in Luftlinie nicht realitätsnah ist und dabei die Art der Straße, Verkehrsaufkommen oder Hindernisse nicht berücksichtigt werden. Daher sind sogenannte Widerstandsfunktionen integriert worden, mit denen Reisezeiten bzw. Entfernungen parametrisch gewichtet werden können. Die Größe der Population/Einwohnerzahl am Angebotsstandort sei nicht ausreichend, um daran die Attraktivität eines Standortes festzulegen. Dafür sind sogenannte situationsspezifisch zu bewertende Parameter eingeführt worden, mit denen unterschiedliche Attraktivitätsbedingungen gesondert voneinander betrachtet werden können.

Das von Bökemann aufgestellte Modell ist das nutzungspezifische Potenzialmodell. Diese beinhaltet die Reisezeit und eine fahrtenspezifische Elastizität, sodass diese das Ergebnis stärker beeinflussen können. Die Multiplikation mit der Eurler’schen Zahl sorgt dafür, dass die Nutzungsintensität 100% entspricht, sobald der Exponent bzw. die Distanz null ist.

Mit pij = Präferenz als relative Häufigkeit

Nj = Nutzungsintensität der umgebenden Standorte

e = Euler’sche Zahl

dij = Entfernung zwischen dem Herkunftsort i des Verbrauchers und dem Anbieterstandort j

alpha = fahrtenspezifische Elastizität

2.2.3 Gravitationsmodelle im Gesundheitswesen

Die aktuelle Versorgungslage im Gesundheitswesen (siehe auch 2.2.3) zeigt, dass noch einige Verbesserungen in der Bedarfsplanung nötig sind. Grundlegende Fragen die dabei geklärt werden müssen ist, an welchen Standorten Ärzte fehlen und wie groß die Einzugsgebiete sind, die man mit diesen abdecken kann. Um letzteres festlegen zu können muss bekannt sein, welche Distanz die Patienten bereitwillig zurücklegen, um zu ihrem Arzt zu gelangen und aus welchen Gründen sich ein Patient für eine Arztpraxis entscheidet, wenn er aus mehreren in seiner Umgebung wählen kann.

Die Idee, dass die Betrachtung der Distanz zwischen den Arztpraxen und den Patienten im Vordergrund stehen soll ist äquivalent zu dem Grundgedanken der gravitations-theoretischen Ansätze. (Die Niederlassungen der Ärzte entsprechen dabei den Angebotsstandorten und die Patienten sind die Konsumenten dieser.) Mithilfe dieser Modelle ist es möglich die Interaktionswahrscheinlichkeiten zwischen einem Patienten und den Praxen in seiner Umgebung zu bestimmen. Dabei können zudem unterschiedliche Attribute berücksichtigt werden, die die Attraktivität einer Praxis für den Patienten erhöhen oder mindern können. Mögliche Attribute wären zum Beispiel die Anzahl an Ärzten in der jeweiligen Niederlassung und die Auslastung dieser, oder auch der Ruf einer Praxis.

2.3 Forschungsstand

Kleinräumige Versorgungsanalyse: Auf Knopfdruck planen (Kopetsch und Schöpe)

Die Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV) hat eine Versorgungsanalyse entwickelt, mit welcher die Arzt-Patienten-Interaktionen an einem Anbieterstandort ermitteln werden können. Diese Analysen basieren auf 70.000 Siedlungsflächen deutschlandweit und zeigen sowohl die räumliche Verteilung der Patienten und deren Struktur, als auch die Standorte und Kapazitäten der Praxen. Die Adressen der Arztpraxen stammen dabei aus dem Bundesarztregister der KBV. Zur Beurteilung der Erreichbarkeit dieser Angebotseinheiten, sind Daten zum Straßennetz ebenfalls berücksichtigt worden. Um im Modell „die Lagegunst und Erreichbarkeit von Anbieterstandorten unter vollständigen Konkurrenzbedingungen, sowie die Reaktion der Nachfrager auf die gegebenen räumlichen Konstellationen“ [Zitat] abbilden zu können, hat man zusätzlich das serverbasierte System der ‚Kleinräumigen Versorgungsanalyse‘ (KVA) integriert. Dieses nutzt das Gravitationsmodell von HUFF und eine Weiterentwicklung von BÖKEMANN, um die entsprechenden Analysen durchführen zu können. Ergebnisse dieser Analysen geben

Ärzten und Psychotherapeuten Erkenntnisse darüber, welche demographischen Auswirkungen ihre Niederlassung an einem Anbieterstandort haben kann (Wie viele Patientenkontakte, Auswirkungen auf andere Praxen in der Nähe, Auswirkung auf Patientenströme). Für Patienten zeigen diese Analysen auf, welche Fahrtzeiten sie Praxen in ihrer Umgebung benötigen und über welche Kapazitäten diese verfügen. „Entscheidungen bei der Besetzung von Vertragsarztsitzen werden dank der KVA einheitlich und klar begründbar. Die Betrachtungsperspektive kann dabei flexibel an die individuellen Fragestellungen angepasst werden, da kartografisch sowohl kleinräumig als auch großflächig Versorgungsdisparitäten dargestellt werden können.“ [Zitat, nicht so übernehmen , aber inhaltlich aussagekräftig!]

Gerhard Fülöp, Thomas Kopetsch und Pascal Schöpe

Als Vorlage dieser Arbeit dient der Beitrag von Fülöp et al, in welchem das „Arztwahlverhalten der Bevölkerung sowie (die) Einzugsgebiete von Arztpraxen“ (Einzugsbereiche von Arztpraxen und die Rolle der …) über Siedlungsflächen  charakterisiert wurden. Dabei wurde ein abgewandeltes Modell der Gelegenheitenpräferenz von HUFF genutzt. Die Wahrscheinlichkeit pij einer Patienten-Interaktion wurde in Abhängigkeit der Distanzempfindlichkeit ß der Patienten berechnet. Man verwendete dafür insgesamt 60,5 Mio. Fälle von Patientendaten und 14 verschiedenen Arztgruppen aus mehreren Bundesländern. Dabei wurden Patienten- und Arztdaten über Siedlungsflächen aggregiert, sodass die Berechnungen arztgruppen-spezifisch durchgeführt werden konnten.

Mithilfe iterativer Kalibration konnte für jede Arztgruppe ein optimaler ß-Wert ermittelt werden. Aus diesen einwohnergewichteten Mittelwerten pro Bundesland, konnte jeweils ein Schätzwert für Deutschland gebildet werden. (Tabelle mit Ergebnissen oder in Worte?). Diese zeigen, dass es für die unterschiedlichen Arztgruppen auch verschiedene optimale ß-Werte gibt, welche zwischen 0,04 und 0,28 liegen. Eine hohe Distanzempfindlichkeit zeigen demnach die Patienten von Hausärzten (0,28), Urologen (0,22), Augenärzten und HNO-Ärzten (beide 0,21) und Kinderärzten (0,20). Diese sind in ihren Einzugsbereichen räumlich beschränkter als Fachärzte, wie Frauenärzte, Orthopäden und Nervenärzte (alle drei 0,17), oder Fachinternisten (0,15), Psychotherapeuten (0,11) und Anästhesisten (0,04). Bei diesen zeigen die Patienten die  Bereitschaft, auch längere Strecken zurückzulegen.

Anschließend wurde untersucht, ob die Patienten (aus Baden-Württemberg) ihren nächstgelegensten Arzt aufsuchen, oder sich aus anderen  Gründen für einen entfernteren Arzt entschieden haben. Dies hat gezeigt, dass die Patienten im Untersuchungsgebiet mit hoher Wahrscheinlichkeit den nächstgelegenen Arzt aufsuchen (je nach Arztgruppe zwischen 57% und 75%) .

3 Daten

Die Datengrundlage für diese Arbeit bildet eine Stichprobe aus Routinedaten der kassenärztlichen Vereinigung Thüringens, die im Zuge einer Kleinräumigen Evaluation der haus- und augenärztlichen Versorgungssituation [Kleinräumige Evaluation der haus- …] genutzt worden sind. Bei dem Untersuchungsgebiet [Abb. 1] handelt es sich um die beiden Landkreise Gotha und Ilm-Kreis, inklusive der Landkreise im Umkreis einer 15km Pufferzone, im Bundesland Thüringen.

[Abb. 1] Grafik des Untersuchungsgebietes (vielleicht aus Projektbericht?) Im Untersuchungsgebiet sind auf Grundlage des Ärzteregisters alle Hausärzte selektiert worden, die bis zum 31.12.2016 tätig waren. Zu diesen wurden alle Patienten ermittelt, die in den Jahren 2015 und 2016 mindestens einmal Kontakt zu einem dieser Ärzte hatten. Insgesamt beinhaltet der Datensatz 225.497 Patientenadressen, sowie die Adressen von 158 Hausärzten.

Die Stichprobe umfasst alle hausärztlichen Praxen und die Patienten von 17 zufällig gewählten Praxen, insgesamt 15.388. Die Daten sind in Form einer Konnektivitätsmatrix [Appendix /Tabelle 1] dargestellt, die die zeitlichen Entfernungen in Minuten zwischen den Praxen und den jeweiligen Patienten enthält. „Formal ausgedrückt bilden die Nachfrageorte [Patientenadressen] die Zeilen und die Angebotsorte [Praxen] die Spalten“ [Klein, S.57].[Tabelle 1] Beispiel der Konnektivitätsmatrix (mit „Bezeichner“-Spalte)

Außerdem umfassen die Daten eine Interaktionsmatrix mit den Wahrscheinlichkeitsverteilungen, welche Praxen tatsächlich von den einzelnen Patienten besucht worden sind. Im Umfang dieser Stichprobe ist von jedem Patienten eine Praxis bekannt, die er aufgesucht hat. Die Kennung dieser wird in der Konnektivitäsmatrix zusätzlich in einer „Bezeichner“-Spalte vermerkt. Bei diesen Praxen liegt die Interaktions-Wahrscheinlichkeit jedes Patienten bei 100%, mit der Annahme der Patient wendet sich immer wieder an diese Praxis. Allen anderen Praxen wird folglich eine 0%-ige Wahrscheinlichkeit zugesprochen [Tabelle 2 (Beispiel für diese Matrix)]. Lässt sich mit kurzem R-Skript „berechnen“ [Appendix Nr.]

Tabelle darstellen mit i von 1 bis n und j von 1 bis n um das besser in der Methodik erklären zu können!

Verwendete Technologien

Die Reisezeiten zwischen jedem Patienten und jeder Praxis sind mithilfe der *osrmRoute()-*Funktion aus dem Paket „*osrm*“[[1]](#footnote-1) bereits im Voraus berechnet worden [Kleinräumige Evaluation der haus- …] und wurden für diese Arbeit zur Verfügung gestellt.

(Beispiel osrmRoute() ?)

4 Methodik

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Distanzempfindlichkeit der hausärztlichen Patienten im Untersuchungsgebiet zu bestimmen. Dazu bildet man die Differenz zwischen der realen Patienten-Arzt-Interaktion und einer modellierten Interaktionswahrscheinlichkeit pij. Letztere kann mithilfe eines der zuvor beschriebenen Gravitationsmodelle [Fülöp et al] bestimmt werden. Darin wird als Interaktionswahrscheinlichkeit zwischen der Adresse des Patienten und der des Arztes berechnet.

Mit

Interaktionswahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeit der Patienten-Interaktion von i nach j)

Kapazität der Gesundheitseinrichtungen (z.B. Anzahl der Ärzte) am Anbieterstandort j

Anzahl der Anbieterstandorte j in der Region

Euler’sche Zahl

Reisezeit zwischen den Standorten i und j

Attraktivitätsparameter

Distanzempfindlichkeit der Patienten

Um die modellierte Interaktionswahrscheinlichkeit ermitteln zu können wird im Zähler für dij zunächst die Reisezeit von Patient i zur Praxis j eingesetzt, die der Konnektivitätsmatrix entnommen werden kann. Aj beinhaltet äquivalent die Anzahl der Ärzte am entsprechenden Anbieterstandort j. Die Potenz alpha wird in dieser Arbeit immer eins gesetzt, sodass die Attraktivität einer Praxis, unabhängig von ihrer Kapazität, immer gleich ist. Für beta werden sequenziell, in 0.01er Schritten, alle Werte zwischen null und zwei eingesetzt.

Im Nenner werden alle, für den Patienten i erreichbaren Interaktionen einzeln in die Formel eingesetzt und aufsummiert, sodass für jedes i gilt .

Auf diese Weise wird für jeden Eintrag ij der Konnektivitätsmatrix berechnet und das in 200 mal, mit jedem Beta-Wert. Beispiel-Rechnung mit i1 j1 - in jn…., so auch die Daten im Daten-Kapitel darstellen???

Nachdem bestimmt worden ist, muss die Relation zwischen und untersucht werden. Dazu wird zunächst für jede Interaktion ij, in Abhängigkeit von beta, die Differenz zwischen beiden ermittelt. Ist eins und damit der tatsächlich aufgesuchte Arzt des Patienten i, bildet das Ergebnis der Subtraktion mit die Wahrscheinlichkeit, dass eines der Gegenereignisse eintritt. Also, dass der Patient eine der 515 anderen Praxen aufsucht, nur nicht jene. Entspricht allerdings null, bleibt an der Stelle eine negative Interaktionswahrscheinlichkeit zur Praxis j übrig, die allerdings als absolut-Wert verwendet wird. Anschließend werden alle Differenzen aufsummiert: . So lässt sich für jeden beta-Wert ein Diff bestimmen, welches die jeweilige Distanzabhängigkeit darstellt.

-> dadurch wird der Unterschied zwischen Realität und Modell berechnet, gesucht ist später das beta, wo dieser Unterschied am geringsten ist und folglich Realität und Modell am nächsten aneinander liegen -> umso höher später Distanzempfindlichkeit ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Patienten auch den nächsten Arzt aufgesucht haben

Die geschilderte Berechnung ist mithilfe eines r-Skriptes [Nr. Appendix] ausgeführt worden. Die verwendete Konnektivitätsmatrix ist sehr groß und umfasst fast acht Millionen Fälle/mögliche Interaktionen, die jeweils einzeln in die Formel eingesetzt werden. Zudem wird dies mit 200 beta-Werten durchgeführt. Die Programmiersprache/R-Studio [irgendeine R-Referenz] eignet sich gut, um mit derart großen Datenmengen zu arbeiten und diese in mathematischem bzw. statistischem Kontext zu modifizieren. Mithilfe der apply-Funktion[[2]](#footnote-2) kann die Formel als Funktion auf sämtliche Zeilen(werte) der Konnektivitätsmatrix angewandt werden. Die Funktion gibt die berechneten Diff’s als Array zurück. Zwischenergebnisse müssen dabei nicht gespeichert werden, wodurch sich die Rechenleistung erhöht und auch bei großen Datensätzen schnell Ergebnisse geliefert werden können. —> Überhaupt so ausführlich????

Iterative Kalibrierung noch einbauen !!!!

Die geschilderte Vorgehensweise ist auf die gesamte Konnektivitätsmatrix angewendet worden und pro ß-Wert aufaddiert, sodass durch die ß-Kalibration/Kalibrierung insgesamt 200 Ergebnisse berechnet worden sind. Diese zeigen den Unterschied zwischen der Realität und dem Modell. Das Modell ist besser, je geringer der Differenzwert ist. Aus diesem Grund wird der Minimalwert ermittelt, der den optimalen ß-Wert aufzeigt, welcher der Distanzempfindlichkeit entspricht.

Mithilfe eines Skriptes in R-Studio [Appendix]

Dazu wird zunächst die kürzeste (modellierte) Distanz und Reiszeit jedes Patienten zur nächsten Praxis ermittelt. Die reale Distanz und Reisezeit zum tatsächlichen Arzt der Patienten ist bekannt. Mit den realen und modellierten Reisezeiten als die wird jeweils die Interaktionswahrscheinlichkeit Pia berechnet und später die Differenz zwischen diesen beiden Wahrscheinlichkeiten gebildet. Die genannten Berechnungen werden mit verschiedenen ß-Werten durchgeführt und am Ende werden die ermittelten Differenzen verglichen. Der ß-Wert mit der geringsten Differenz, ist die gesuchte Distanzempfindlichkeit der Patienten.

5 Ergebnisse

Die geschilderte Vorgehensweise ist sowohl auf die gesamte Konnektivitätsmatrix angewendet worden, als auch auf die Patientenströme der 17 Praxen der Stichprobe. So konnte ein optimaler ß-Wert für den gesamten Datenbestand ermittelt werden, gleichzeitig ist aber auch für die Patienten einzelner Praxen die Distanzempfindlichkeit analysiert worden. Alle Ergebnisse können der Tabelle [Verweis auf Ergebnistabelle] entnommen werden.

Ergebnistabelle

Bei Betrachtung der Distanzempfindlichkeit für das gesamte Untersuchungsgebiet ist erwartungsgemäß (ähnlich zu Fülöp formuliert) ein hoher Wert erkennbar, 0.38. Dies zeigt, dass Hausärzte ein nicht ausgedehntes/kleines Einzugsgebiet haben und deren Patienten nicht bereit sind weite Strecken zurückzulegen, um einen Arzt aufzusuchen. Betrachtet man allerdings die Distanzempfindlichkeiten der einzelnen Praxen fällt auf, dass diese stark variieren. Die Werte schwanken(passend an dieser Stelle?) zwischen 0 und 0.5, wodurch die Annahme/Aussage, die Distanzempfindlichkeit entspräche im Untersuchungsgebiet 0.38 nicht vertretbar/aussagekräftig/fraglich ist. Werden die Umstände/Eigenschaften der einzelnen Praxen [Verweis auf Aufschlüsselung dieser in Tabelle] genauer betrachtet, fällt auf, dass Praxen, mit einer großen Patientenzahl (Bsp: B050, xxx) und Ärztekapazität xxxx einen größeren Einfluss haben, als Praxen mit wenig Patienten und Ärzten/ Das Ergebnis stark beeinflussen… irgendwie so.

Wenn noch genug Zeit ist versuchen sehr weite Distanzen zu ignorieren (sagen warum das logisch ist -> manchmal geht man im Urlaub zum Arzt, ist eigentlich weggezogen, aber geht mal in der Heimat zum Arzt…)

6 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Idee Einzugsgebiete von Arztpraxen anhand der Distanzempfindlichkeit ihrer Patienten zu bestimmen, sehr sinnvoll ist. Die erzielten Ergebnisse zeigen, welche Arztgruppen in unmittelbarer Näher für den Patienten verfügbar sein müssen. Darüber hinaus sagen sie aus, welche Distanzen realistisch sind und dem Patienten zugemutet werden können. So können Versorgungslücken gefunden und in absehbarer Zeit geschlossen werden. Wie die Varianz(?!) der Ergebnisse zeigt, muss/sollte der Datenumfang allerdings weitaus größer sein, als der in dieser Arbeit verwendete. Ein Ansatz wäre die Distanzempfindlichkeit dabei auf Ebene der Bundesländer zu aggregieren(?!), um genügend Fälle zu berücksichtigen. Eine Berechnung über deutschlandweite Werte könnte verfälschte Ergebnisse liefern, da einige Regionen (wie z.B. das Ruhrgebiet) besondere (regionale) Strukturen aufweisen [Verweis auf die Internetseite der KBV?!]. Die Ergebnisse derartiger Regionen sind Ausnahmen und sollten nicht bundesweit angenommen werden.

Eine andere Methodik wäre, die Attraktivität der einzelnen Praxen stärker zu berücksichtigen. Dazu müsste zunächst näher untersucht werden, welche Faktoren die Attraktivität einer Arztpraxis ausmachen [vielleicht gibt es dazu schon Paper?!]. Mithilfe von Patienten-Befragungen könnten diese ermittelt und kategorisiert werden. Es muss klar sein, welche Eigenschaften sich positiv oder negativ auf einen dieser Faktoren auswirken, sodass jeder Praxis am Ende punktuell eine Attraktivität zugewiesen werden kann. Allerdings ist die Umsetzung schwierig und basiert auf

persönlichen Bewertungen, die kompliziert zu verallgemeinern sind. Im Vergleich dazu ist die Ermittlung der Distanzempfindlichkeit der Patienten leichter umzusetzen und liefert realitätsnahe und sachliche Ergebnisse. Somit bietet diese Methodik eine solide Grundlage, um die Versorgungsplanung bedürfnisgerecht voranzutreiben.

* zu wenig Praxen, um sich auf das Ergebnis verlassen zu können -> zu ungenau
* Daher auch so unterschiedliche Ergebnisse
* Ansatz ist richtig, gut über OpenStreetMap die Reisezeit berechnet zu haben
* Beurteilung der Ergebnisse (trotzdem aussagekräftig, Hausärzte sollten in naher Umgebung sein)
* Zukünftig mit größeren Datensätzen testen
* Und man kann noch die Attraktivität der Praxen bewerten und in der Funktion besser berücksichtigen (alpha > 1)

Quellenverzeichnis

Appendix

Erklärung

1. <https://cran.r-project.org/web/packages/osrm/osrm.pdf> [↑](#footnote-ref-1)
2. https://www.rdocumentation.org/packages/base/versions/3.5.1/topics/apply [↑](#footnote-ref-2)