



OBSAN BERICHT

01/2019

Ein Modell zur Analyse der Versorgungsdichte

Herleitung eines Index zur räumlichen
Zugänglichkeit mithilfe von GIS und Fallstudie
zur ambulanten Grundversorgung in der Schweiz

Reto Jörg, Nicolas Lenz, Samuel Wetz, Marcel Widmer



Schweizerisches Gesundheitsobservatorium
Observatoire suisse de la santé
Osservatorio svizzero della salute
Swiss Health Observatory

Das **Schweizerische Gesundheitsobservatorium (Obsan)** ist eine von Bund und Kantonen getragene Institution. Das Obsan analysiert die vorhandenen Gesundheitsinformationen in der Schweiz. Es unterstützt Bund, Kantone und weitere Institutionen im Gesundheitswesen bei ihrer Planung, ihrer Entscheidungsfindung und in ihrem Handeln. Weitere Informationen sind unter www.obsan.ch zu finden.

Impressum

Herausgeber

Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (Obsan)

Autoren

- Reto Jörg, Obsan
- Nicolas Lenz, geo7 ag
- Samuel Wetz, socialdesign ag
- Marcel Widmer, Obsan

Unter Mitarbeit von

- Andreas Dvorak, socialdesign ag
- Ursin Caduff, geo7 ag
- Olivier Pahud, Obsan

Dank

- Esther Kraft, FMH
- Brice Quiquerez, Bundesamt für Statistik
- Michael Bühler, Bundesamt für Statistik

Reihe und Nummer

Obsan Bericht 01/2019

Zitierweise

Jörg, R., Lenz, N., Wetz, S. & Widmer, M. (2019). *Ein Modell zur Analyse der Versorgungsdichte: Herleitung eines Index zur räumlichen Zugänglichkeit mit Hilfe von GIS und Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung in der Schweiz* (Obsan Bericht 01/2019). Neuchâtel: Schweizerisches Gesundheitsobservatorium.

Auskünfte/Informationen

Schweizerisches Gesundheitsobservatorium
Espace de l'Europe 10
CH-2010 Neuchâtel
Tel. 058 463 60 45
obsan@bfs.admin.ch
www.obsan.ch

Titelbild

[iStock.com/Matjaz Slanic](https://iStock.com/Matjaz_Slanic)

Titelgrafik

Bundesamt für Statistik (BFS), Sektion DIAM, Prepress/Print

Druck

in der Schweiz

Bestellungen Print

Tel. 058 463 60 60, order@bfs.admin.ch

Bestellnummer

873-1901

Preis

Fr. 25.40 (exkl. MWST)

Download PDF

www.obsan.ch → Publikationen (gratis)

ISBN

978-2-940502-73-8

© Obsan 2019



Schweizerisches Gesundheitsobservatorium
Observatoire suisse de la santé
Osservatorio svizzero della salute
Swiss Health Observatory

Ein Modell zur Analyse der Versorgungsdichte

Herleitung eines Index zur räumlichen Zugänglichkeit mithilfe von GIS
und Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung in der Schweiz

Autoren

Reto Jörg
Nicolas Lenz
Samuel Wetz
Marcel Widmer

Herausgeber

Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (Obsan)

Neuchâtel 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	15	4	Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung	43
1.1	Inhalt und Aufbau des Berichts	16	4.1	Datengrundlagen	43
1.2	Hintergrund der Studie	16	4.1.1	Versorgungsangebote	44
			4.1.2	Populationsdaten	44
2	Konzepte, Begriffe und Instrumente	17	4.2	Methodisches Vorgehen	45
2.1	Zugänglichkeit als Gegenstand in der Versorgungsforschung	17	4.2.1	Geolokalisierung	45
2.2	Klassische Indikatoren zur Operationalisierung von Zugänglichkeit	18	4.2.2	Wahl der Analyseeinheiten	45
2.3	Geografische Informationssysteme (GIS)	21	4.2.3	Erreichbarkeitsanalysen	46
2.4	Distanzmessung mit GIS	21	4.2.4	Berechnung der FCA-Indizes	47
			4.2.5	Aggregation	48
3	Floating Catchment Area Methoden (FCA)	25	4.3	Resultate	50
3.1	Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (2SFCA)	25	4.3.1	Vergleich der Zugänglichkeitsindizes pro Hektar	50
3.2	Erweiterungen und Weiterentwicklungen der 2SFCA-Methode	27	4.3.2	Korrelationsanalyse	53
3.2.1	Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (E2SFCA)	28	4.3.3	Zugänglichkeit gemäss MH3SFCA pro Gemeinde	56
3.2.2	Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (3SFCA)	30			
3.2.3	Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (E3SFCA)	31	5	Fazit, Limitationen und Ausblick	59
3.2.4	Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (M2SFCA)	33			
3.3	Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (MH3SFCA)	36		Literaturverzeichnis	63
3.3.1	Angebotskonkurrenz	36			
3.3.2	Absolute vs. relative Distanzen	37		Abkürzungsverzeichnis	66
3.3.3	Konstante Gesamtnachfrage	38			
3.3.4	Validierung	39		Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	67
3.3.5	Fazit	41			
				Anhang	69
				Anhang 1 - Übersicht FCA-Methoden	69
				Anhang 2 - Analyse der Populationspunkte ohne Angebot	70
				Anhang 3 - Hotels und Kurbetriebe nach Gemeinde	71

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse einer Methodenstudie des Obsan in Zusammenarbeit mit geo7 und socialdesign. Ziel der Studie war die Entwicklung einer Methode zur Analyse von Unterschieden hinsichtlich der räumlichen Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsangeboten mithilfe von Geografischen Informationssystemen (GIS). Naturgemäss handelt es sich beim vorliegenden Bericht um ein methodisch und theoretisch orientiertes Grundlagenpapier. Zur Veranschaulichung der entwickelten Methode beinhaltet der Bericht aber zusätzlich eine Fallstudie, im Rahmen derer die Anwendung der Methode anhand der ambulanten Grundversorgung in der Schweiz illustriert wird.

Der Zugang zur medizinischen Versorgung ist sowohl in der nationalen Gesetzgebung als auch in der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte (AEMR) der Vereinten Nationen (UNO) als wesentliches Kriterium einer bedarfsgerechten Gesundheitsversorgung verankert. Die Zugänglichkeit aus Sicht der Bevölkerung hängt dabei direkt zusammen mit der Dichte des Versorgungsangebots aus Systemsicht. Aktuell befindet sich eine Revision des Bundesgesetzes über die Krankenversicherung (KVG) betreffend die Zulassung ambulanter Leistungserbringer in der parlamentarischen Debatte. Die Diskussion um die Dichte des ambulanten Versorgungsangebots im Kontext dieser Revision zeigt denn auch die Relevanz zuverlässiger Indikatoren zur Beschreibung von Versorgungsstrukturen. Vor diesem Hintergrund wird in der vorliegenden Grundlagenstudie ein Index zur Beschreibung der räumlichen Zugänglichkeit von Versorgungssystemen hergeleitet, der es erlaubt, regionale Unterschiede in der Versorgungsdichte zu analysieren.

Methodenentwicklung

Zugänglichkeit lässt sich gemäss Penchansky & Thomas (1981) am besten als mehrdimensionales Konzept verstehen. Nebst den räumlichen Dimensionen der Erreichbarkeit (räumliche Distanz) und der Verfügbarkeit (Dichte des Angebots im Verhältnis zum Versorgungsbedarf) gibt es weitere Faktoren, welche den Zugang zur medizinischen Versorgung beeinflussen können. Dazu gehören beispielsweise kulturelle, sprachliche oder finanzielle Hindernisse. Die vorliegende Studie beschränkt sich allerdings auf die räumlichen Dimensionen der Zugänglichkeit.

Traditionelle Indikatoren zur Beschreibung von Versorgungsstrukturen fokussieren jeweils entweder auf die Erreichbarkeit oder die Verfügbarkeit, schaffen es aber nicht, beide Dimensionen gleichzeitig zu berücksichtigen. Auch die Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Regionen werden bei traditionellen Indikatoren grundsätzlich ignoriert: Wird die Versorgungsdichte zum Beispiel anhand der Hausarztpraxen nach Gemeinde abgebildet, werden sowohl die Versorgungsmöglichkeiten in Nachbargemeinden als auch die Nachfrage, die aus umliegenden Regionen auf die Angebote innerhalb der Gemeinde ausgeht, vernachlässigt.

Um den Einschränkungen traditioneller Indikatoren zu begegnen, entwickelte sich in der versorgungsgeografischen Forschung die Methodenfamilie der Floating-Catchment-Area-Methoden (FCA). Begünstigt wurde diese Entwicklung von den wachsenden Rechenkapazitäten und der zunehmenden Verbreitung von Geografischen Informationssystemen (GIS). Die Stärke von FCA-Methoden liegt darin, dass sie die Zugänglichkeit unabhängig von administrativen Grenzen sowie unter gleichzeitiger Berücksichtigung der räumlichen Distanz und der verfügbaren Kapazitäten operationalisieren.

Die vorliegende Studie diskutiert existierende FCA-Ansätze und leitet darauf aufbauend eine Methodik her, welche die Stärken bisheriger Ansätze kombiniert. Der daraus resultierende Index wird als MH3SFCA (Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area) bzw. die zugrundeliegende Methode als MH3SFCA-Methode bezeichnet.

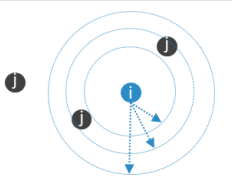
Berechnung des MH3SFCA

Der Index zur Zugänglichkeit gemäss MH3SFCA berechnet sich in drei Schritten. Im ersten Schritt wird die Wahrscheinlichkeit der Population i , Leistungen bei einem bestimmten Angebot j nachzufragen, mithilfe des Huff-Modells (Huff, 1963; 1964) ermittelt. Berücksichtigt werden dabei alle Angebote, deren Distanz d_{ij} zur Population i den maximalen Radius d_{max} nicht überschreiten. Vorstellen kann man sich das so, dass ein Kreis mit Radius d_{max} um die Population i gezogen wird. Alle Versorgungsangebote j , die innerhalb dieses Radius liegen, werden als grundsätzlich erreichbar betrachtet. Um die Angebote j innerhalb des maximalen Radius anhand ihrer Distanz zu Population i weiter zu differenzieren, wird die Fläche bis zum maximalen Radius in Subzonen ($r = 1, \dots, r_{d_{max}}$) unterteilt (vgl. dazu auch das nachfolgende Schema zur Berechnungsformel). Je nachdem, in welcher Subzone sich

ein Angebot j befindet, wird ihm ein Distanzgewicht W_r zugeordnet. Die Distanzgewichte repräsentieren die Distanz, die Population i überwinden muss, wenn sie Angebot j aufsucht. Je geringer die Distanz, desto höher das Gewicht. Je grösser die Distanz, desto kleiner das Gewicht und demgemäss die Interaktionswahrscheinlichkeit zwischen Population i und Angebot j . Als Distanzgewichte wurden in der vorliegenden Studie Gauss'sche Gewichte verwendet, die auch bereits in diversen früheren Studien (vgl. u.a. Luo et al., 2009; Wan et al., 2012) zur Anwendung kamen.

Zur konkreten Berechnung der Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$ werden die Kapazitäten S_j eines bestimmten Angebots j multipliziert mit dem Distanzgewicht W_r und anschliessend ins Verhältnis gesetzt mit der Summe aus allen erreichbaren Angeboten j :

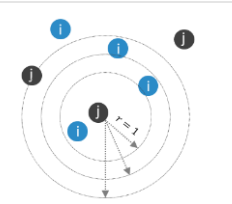
MH3SFCA - Schritt 1

$$Huff_{ij} = \frac{S_j W_r}{\sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_r\}} S_j W_r}$$


Mit anderen Worten ausgedrückt: Die Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$ einer Population i , Leistungen bei einem bestimmten Angebot j nachzufragen ist umso grösser: (1.) je grösser die Kapazitäten des Angebots j im Verhältnis zu allen anderen erreichbaren Angeboten sind und (2.) je näher dieses Angebot im Verhältnis zu allen anderen erreichbaren Angeboten liegt. Die Wahrscheinlichkeit und somit der Anteil der Nachfrage von Population i bei Angebot j ist somit abhängig von der Erreichbarkeit alternativer Versorgungsangebote (Angebotskonkurrenz).

Im zweiten Schritt des MH3SFCA wird für jeden Angebotsstandort j ein Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j berechnet:

MH3SFCA - Schritt 2

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} P_i}$$


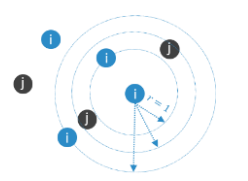
Dazu wird die Kapazität S_j des Angebots j dividiert durch die Summe der Nachfrage aller Populationen i , die innerhalb des maximalen Radius des Angebots j liegen. Man kann sich also wiederum vorstellen, dass mit dem Radius d_{max} ein Kreis gezogen wird, dieses Mal aber rund um den Standort j . Von allen Populationen i , die innerhalb dieses Radius liegen, wird ein Teil ihrer Nachfrage dem Angebot j zugeordnet. Das Ausmass der Nachfrage von i an j wird anhand des Produkts aus der Wohnbevölkerung P_i und der zuvor ermittelten Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$ berechnet.

Die Summe aller Nachfragewahrscheinlichkeiten pro Population ist stets gleich eins. Die Nachfragewahrscheinlichkeiten $Huff_{ij}$ dienen somit lediglich dazu, die Nachfrage einer Population i auf die verschiedenen, erreichbaren Angebote zu verteilen.

Die Gesamtnachfrage einer Population selbst ist jedoch unabhängig von der Zahl der erreichbaren Angebote sowie der Distanz und ist lediglich abhängig von der Populationsgrösse P_i , was intuitiv sinnvoll erscheint: je grösser die Wohnbevölkerung desto grösser ihr Versorgungsbedarf. In Bezug auf die konstante Gesamtnachfrage pro Population unterscheidet sich der MH3SFCA grundlegend von früheren FCA-Methoden, die in der vorliegenden Studie diskutiert werden. Letztere gehen implizit davon aus, dass die Gesamtnachfrage einer Population von den erreichbaren Versorgungsangeboten und deren Entfernung beeinflusst wird. Zwar ist es durchaus denkbar, dass sich das Ausmass der Inanspruchnahme einer Population je nach verfügbarem Angebot unterscheidet. Allerdings zielen sämtliche FCA-Methoden darauf ab, den potenziellen Versorgungszugang zu messen, und nicht den realisierten Zugang, d.h. es geht nicht darum vorherzusagen, wo die Patientinnen und Patienten effektiv wie viele Leistungen nachfragen. Infolgedessen ist das effektive Patientenverhalten auszuklammern und die Zugänglichkeit alleine ausgehend vom gegebenen Angebot und vom gegebenen Bedarf zu beurteilen, weshalb es sinnvoll erscheint, von einer konstanten Gesamtnachfrage auszugehen.

Im dritten und letzten Berechnungsschritt des MH3SFCA wird für jede Population i ein Index für die räumliche Zugänglichkeit $SPAI_i$ (Spatial Accessibility Index) ermittelt:

MH3SFCA - Schritt 3

$$SPAI_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} R_j W_r$$


Der $SPAI$ errechnet sich anhand der Summe der Angebots-Nachfrage-Verhältnisse R_j aller für Population i erreichbaren Versorgungsangebote multipliziert mit dem korrespondierenden Distanzgewicht W_r und der Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$.

Die Distanzgewichte sorgen in diesem Berechnungsschritt dafür, dass näherliegende Versorgungsmöglichkeiten höher bewertet werden. Mit der Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$ wird sichergestellt, dass die erreichbaren Versorgungsangebote anhand ihrer Relevanz für Population i in den Zugänglichkeitsindex einfließen. Die Angebots-Nachfrage-Verhältnisse R_j widerspiegeln den Nachfragedruck am Standort j ausgehend von allen Populationen, die gemäss Huff-Modell Leistungen an diesen Standort nachfragen.

Validierung MH3SFCA anhand von Simulationssystemen

Tabelle T 0.1 gibt einen summarischen Überblick über die Eigenschaften der unterschiedlichen FCA-Methoden sowie der traditionellen Indikatoren zur Beschreibung von Versorgungsstrukturen. Anhand von vereinfachten, simulierten Versorgungssystemen vergleicht die vorliegende Studie die Eigenschaften der FCA-Ansätze. Dabei zeigt sich, dass der MH3SFCA in spezifischen Konstellationen von Angebot und Nachfrage intuitiv sinnvollere Ergebnisse liefert als die früheren FCA-Ansätze:

T 0.1 Überblick der Eigenschaften traditioneller Indikatoren und FCA-Methoden

Eigenschaften	Traditionelle Indikatoren			FCA-Methoden					
	Einfache Angebots-Einwohner-Relationen	Distanz zum nächstgelegenen Angebot	Anz. erreichbarer Angebote in max. Radius	2SFCA	E2SFCA	3SFCA	E3SFCA	M2SFCA	MH3SFCA
Berücksichtigung der Nachfragekonkurrenz	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ergebnisse sind unabhängig von Analyseinheit (z.B. administrative Grenzen)	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Abhängigkeiten unter den Analyseregionen werden in den Ergebnissen widergegeben	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Berücksichtigung mehrerer Versorgungsmöglichkeiten	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Berücksichtigung relativer Distanzunterschiede (innerhalb des max. Radius)	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angebotskonkurrenz wird berücksichtigt	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja
Berücksichtigung relativer <u>und</u> absoluter Distanzen	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Konstante Gesamtnachfrage pro Population	Ja	-	-	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

Bemerkungen: (-) = nicht anwendbar / FCA-Methoden – 2SFCA: Two-Step-Floating-Catchment-Area (Luo & Wang, 2003; Luo 2004; Wang & Luo, 2005), E2SFCA: Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area (Luo & Qi, 2009), 3SFCA: Three-Step-Floating-Catchment-Area (Wan et al., 2012), E3SFCA: Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area (Luo, 2014), M2SFCA: Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area (Delamater, 2013), MH3SFCA: Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

- Im MH3SFCA wird die Angebotskonkurrenz über die Nachfragewahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell berücksichtigt (analog E3SFCA). Dadurch wird die Nachfrageüberschätzung bei alternativen Versorgungsmöglichkeiten vermieden.
- Im MH3SFCA wird der Einfluss der Distanzen nicht nur relativ, sondern auch absolut berücksichtigt (analog M2SFCA). Dadurch lässt der MH3SFCA auch eine Bewertung des Gesamtsystems zu. Ausserdem bildet der MH3SFCA – im Gegensatz zum M2SFCA – Veränderungen hinsichtlich der absoluten Distanzgewichte proportional ab.
- Schliesslich geht der MH3SFCA gegenüber den früheren Ansätzen von einer konstanten Gesamtnachfrage jeder Population aus. Wie bereits erwähnt, erscheint dies insbesondere im Kontext der Zugänglichkeit medizinischer Versorgungsangebote plausibler, als die Gesamtnachfrage einer Population als Funktion der verfügbaren Angebote und der Distanz zu diesen Angebotsstandorten abzubilden.

Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung

In Ergänzung zur Validierung der MH3SFCA-Methode anhand der Simulationssysteme, die naturgemäss die Komplexität in der Realität stark vereinfachen, beinhaltet die vorliegende Studie zusätzlich einen Vergleich der FCA-Methoden an einem praktischen Anwendungsbeispiel. Konkret wurde die räumliche Zugänglichkeit der ambulanten Grundversorgung untersucht.

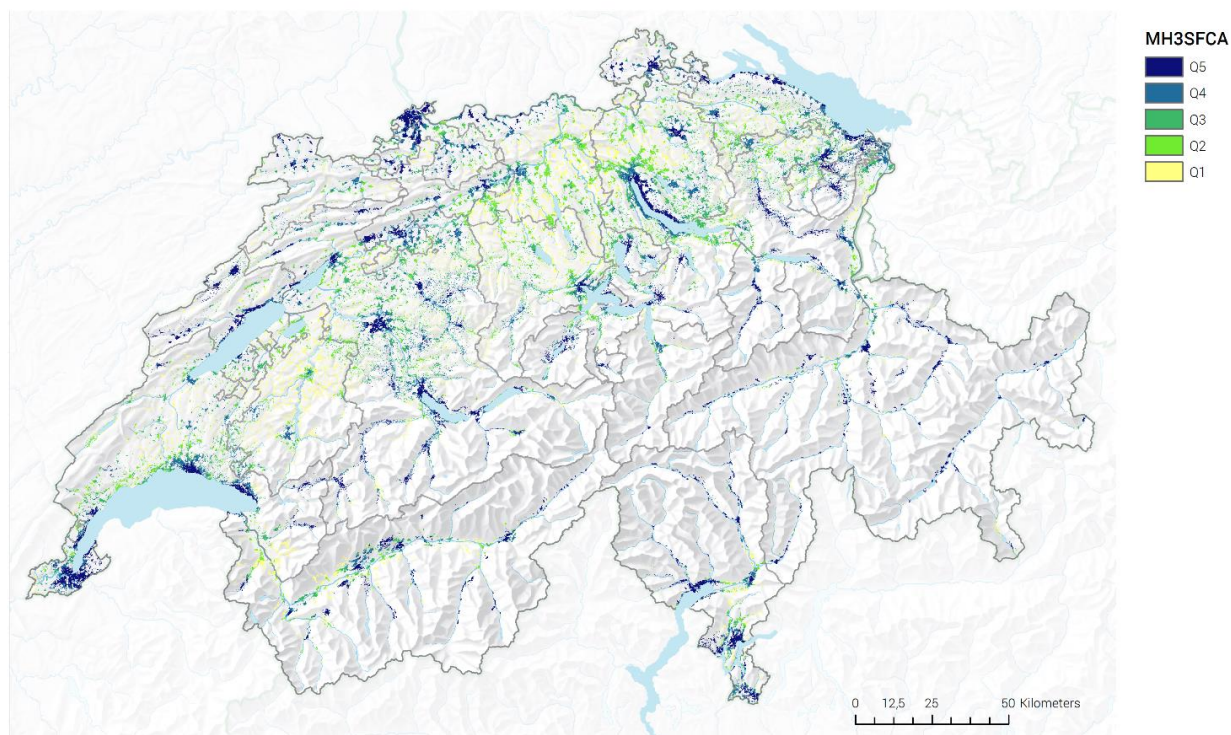
Datengrundlagen und Methodik

Als Datengrundlage für die Angebotsstandorte diente die Ärzttestatistik 2016 der Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte (FMH). Zwecks Einschränkung auf die ambulante Grundversorgung wurden lediglich die Ärztinnen und Ärzte mit Hauptberufstätigkeit «ambulant» sowie Hauptfachgebiet «Allgemeine Innere Medizin» bzw. die «Praktischen Ärztinnen und Ärzte» extrahiert und anschliessend mithilfe von ArcMap anhand der Adressangaben geolokalisiert. Daraus resultierten insgesamt 4 995 Angebotsstandorte. Für die Schätzung der Kapazitäten wurden zusätzlich die Angaben zum Arbeitspensum der Leistungserbringer im Mitgliederportal myFMH verwendet.

Als Populationsstandorte wurden die Hektardaten 2016 von GEOSTAT zur Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STAT-POP) des Bundesamtes für Statistik (BFS) genutzt. Darin ist für jede Hektare (100 × 100 Meter) das Volumen der ansässigen Wohnbevölkerung enthalten, insgesamt sind das Daten zu 343 305 bewohnten Hektaren in der Schweiz.

Zur Ermittlung der Distanzen zwischen Angebots- und Populationsstandorten wurde in ArcMap eine Erreichbarkeitsanalyse durchgeführt. Dabei wurden für jedes Angebot die Einzugsgebiete anhand von vier Radien (5, 10, 15 und 20 Minuten) und der Fahrzeit mit dem motorisierten Privatverkehr ermittelt. Für alle Populationsstandorte, die innerhalb des Einzugsgebiets eines Angebots lagen, wurde die Distanz gemäss der betreffenden Subzone eruiert. Insgesamt ergaben sich daraus 42 712 070 Kombinationen.

K 0.1 MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016



$n=339'725$ (Hektaren) / **MH3SFCA** = Zugänglichkeitsindex (SPA, Spatial Accessibility Index) klassifiziert nach Quintilen in 5 Klassen (Q1-Q5) zu je 20%
Daten: FMH – Ärztstatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; ESRI – World Routing Service, swisstopo – Hintergrundkarten

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

nen von Angebots- und Populationsstandorten (Angebots-Nachfrage-Paare, AN-Paare) innerhalb eines maximalen Radius von 20 Minuten.

Ausgehend von den ermittelten AN-Paaren wurden schliesslich die Zugänglichkeitsindizes gemäss den verschiedenen FCA-Methoden berechnet, wobei für die Operationalisierung der Distanzen Gaussische Distanzgewichte verwendet wurden.

Resultate

Karte K 0.1 zeigt die räumliche Zugänglichkeit für die ambulante Grundversorgung im Jahr 2016 gemäss MH3SFCA, wobei die Farbgebung auf der Klassifizierung nach Quintilen (Q1-Q5) beruht. Dunkelblau eingefärbt sind jene 20% der Hektaren mit dem höchsten Zugänglichkeitsindex, gelb jene 20% mit dem niedrigsten Indexwert. Nicht weiter überraschend weisen die Zentren der grossen Städte eine deutlich überdurchschnittliche Zugänglichkeit (Q5) auf. Aber auch um die Zentren kleinerer Agglomerationen sowie um die ländlichen Zentrumsgemeinden konzentrieren sich Hektaren mit einem hohen Zugänglichkeitsindex. Eine unterdurchschnittliche Zugänglichkeit (Q1) ist insbesondere in den ländlichen Regionen des Mittellands auszumachen. Gemäss Gemeindetypologie 2012 des BFS betrifft dies vor allem periurbane Gemeinden mit geringer Dichte sowie ländliche, zentral gelegene Gemeinden. Etwas überraschen mögen die weitgehend hohen Zugänglichkeitsindizes in den meisten Alpentälern. Teilweise

lässt sich dies sicherlich dadurch erklären, dass die Tourismusströme in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt wurden. Die Gemeinden in den erwähnten Alpentälern weisen im Verhältnis zur Wohnbevölkerung den grössten Anteil Logiernächte auf. Demnach ist davon auszugehen, dass die ambulanten Grundversorgungsstrukturen zu einem wesentlichen Teil auch durch Touristen beansprucht werden und deshalb die Nachfrage unterschätzt wird, wenn diese ausschliesslich ausgehend von der Wohnbevölkerung bestimmt wird.

T 0.2 Zugänglichkeit ambulante Grundversorgung 2016 - Korrelationskoeffizienten nach FCA-Methode

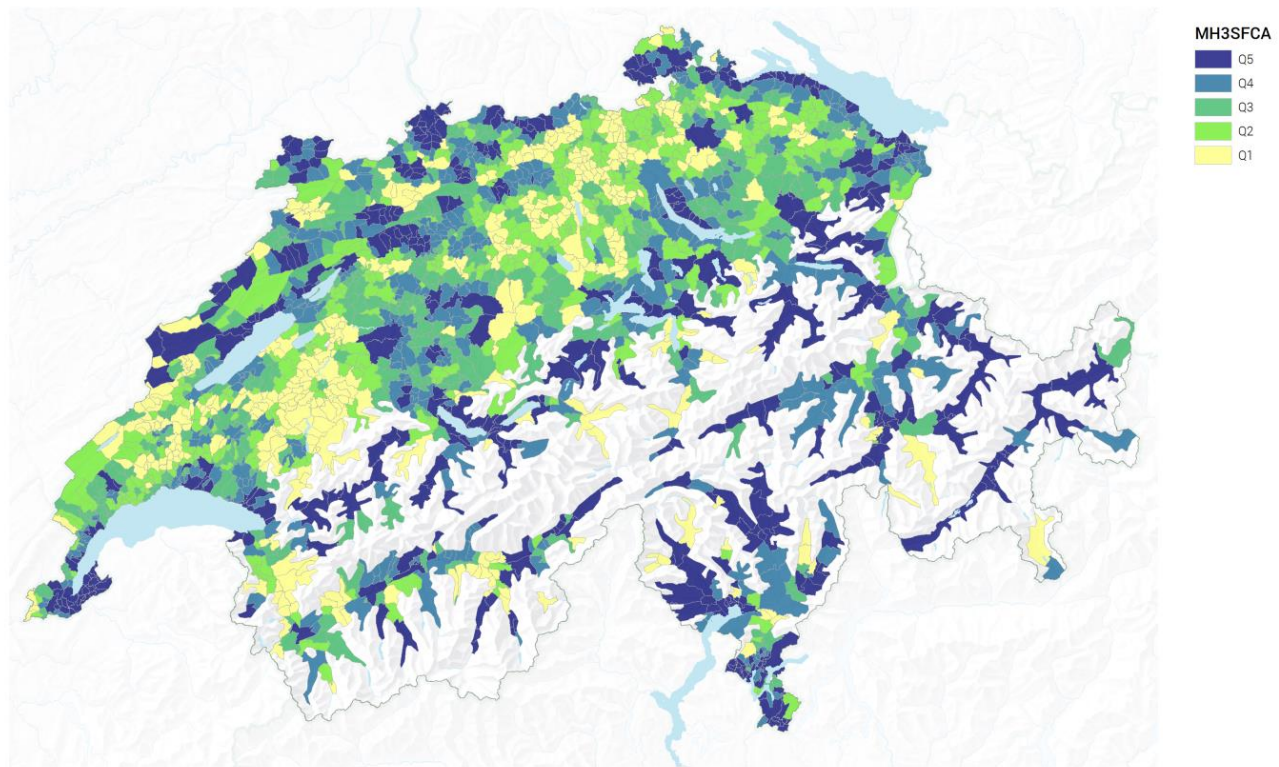
	E2SFCA	3SFCA	E3SFCA	M2SFCA	MH3SFCA
E2SFCA	1	0.741 ***	0.747 ***	0.906 ***	0.694 ***
3SFCA		1	0.995 ***	0.721 ***	0.835 ***
E3SFCA			1	0.726 ***	0.847 ***
M2SFCA				1	0.826 ***
MH3SFCA					1

$n=339'725$ (Hektaren) / **Daten:** FMH – Ärztstatistik 2016, BFS – STATPOP 2016, ESRI – World Routing Service / **Bemerkungen:** Korrelationskoeffizienten r nach Pearson, Grad des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen. **Signifikanz:** * p-Wert von $\leq 5\%$, ** p-Wert von $\leq 1\%$, *** p-Wert von $\leq 0,1\%$

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

K 0.2 MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Gemeinde für die ambulante Grundversorgung 2016



$n_1=2\,217$ (Gemeinden) ausgehend von $n_2=339\,725$ (Hektaren) / **Missings:** Samnau, Sonogno, Zwischbergen, Finhaut, Zermatt
MH3SFCA = Aggregierter Zugänglichkeitsindex (SPAI, Spatial Accessibility Index) klassifiziert nach Quintilen in 5 Klassen (Q1-Q5) zu je 20% / **Aggregation:** Mittelwert der Quintile pro Hektar gewichtet nach Populationsvolumen / **Daten:** FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; BFS – Arealstatistik, ESRI – World Routing Service; siwsstopo – Hintergrundkarten, Gemeindegrenzen (Stand: 1.1.2018) / **Bemerkung:** Dargestellt sind lediglich die produktiven Flächen der Gemeinden gemäss Arealstatistik des BFS

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

Mit Bezug auf die Korrelationskoeffizienten zum Zusammenhang zwischen den verschiedenen Zugänglichkeitsindizes gemäss T 0.2 lässt sich auch für die Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung zeigen, wie der MH3SFCA Aspekte verschiedener FCA-Methoden integriert. Einerseits weist der MH3SFCA eine stärkere Korrelation mit dem E3SFCA (und 3SFCA) auf als der M2SFCA, da der MH3SFCA analog zum E3SFCA die Angebotskonkurrenz anhand des Huff-Modells berücksichtigt. Umgekehrt weist er auch eine stärkere Korrelation mit dem M2SFCA auf als der E3SFCA (und 3SFCA), da im MH3SFCA wie auch im M2SFCA der Einfluss der Distanzen zu den Versorgungsangeboten nicht nur relativ, sondern auch absolut einbezogen wird.

Karte K 0.2 zeigt schliesslich die aggregierten Indexwerte gemäss MH3SFCA nach Gemeinde. Auch wenn hier der Zugänglichkeitsindex pro Gemeinde dargestellt ist, werden für die Berechnung die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den Gemeinden berücksichtigt. So kann auch für Gemeinden, innerhalb derer keine Grundversorger ansässig sind, die räumliche Zugänglichkeit berechnet werden, indem die Versorgungsangebote in umliegenden Gemeinden einbezogen werden.

Fazit und Ausblick

Die MH3SFCA-Methode kombiniert Aspekte früherer Ansätze und ergänzt sie mit der Integration einer konstanten Gesamtnachfrage pro Population. Letzteres macht insbesondere im Kontext der räumlichen Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsangeboten Sinn, da die Versorgungsdichte anhand des gegebenen Bedarfs der Bevölkerung gemessen werden soll. Anhand von simulierten Versorgungssystemen sowie anhand der Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung konnten die Eigenschaften des MH3SFCA in der vorliegenden Grundlagenstudie validiert werden.

Natürlich besteht hinsichtlich der Methode durchaus noch Optimierungspotenzial. Zum einen betrifft dies den Einbezug der bevölkerungsspezifischen Altersstruktur sowie der Pendlerströme und Logiernächte, um ein angemesseneres Abbild der regionalen Nachfragestrukturen zu erhalten. Zum anderen gibt es Hinweise, dass die Zugänglichkeit von ländlichen Zentren gegenüber urbanen Zentren tendenziell überschätzt wird. Mögliche Lösungsansätze für die genannten Herausforderungen werden in der vorliegenden Studie skizziert.

Weitere Limitationen in Bezug auf die Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung bestehen in Bezug auf die genutzten Datenquellen. Dies betrifft insbesondere die Arbeitspensen der Grundversorger, die für einen Grossteil der Angebotsstandorte geschätzt werden musste. Alternative Datenquellen mit Angaben zu den Kapazitäten der Leistungserbringer sind allerdings entweder nicht auf ausreichend kleinräumigen Aggregationsniveau zugänglich (Datenpool der SASIS AG) oder zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht ausreichend vollständig (MAS).

Trotz des noch bestehenden Optimierungspotenzials stellt die MH3SFCA-Methode ein zweckmässiges Instrumentarium für die Analyse der räumlichen Zugänglichkeit in medizinischen Versorgungskontexten zur Verfügung und bietet sowohl für die Versorgungsplanung wie auch innerhalb der Versorgungsforschung diverse Applikationsmöglichkeiten.

Résumé

Ce rapport expose les résultats obtenus par l'Obsan, geo7 et socialdesign dans l'analyse de différentes méthodes. Le but est de développer, à l'aide de systèmes d'information géographique (SIG), un modèle d'analyse des différences d'accessibilité spatiale à l'offre de soins médicaux. Le présent document est de nature à servir de base méthodologique et théorique. Afin d'illustrer la méthode développée, il présente également un exemple d'application en prenant le cas des soins ambulatoires de premier recours en Suisse.

L'accès aux soins médicaux est défini par la législation suisse, mais aussi par la Déclaration universelle des droits de l'homme de l'Organisation des Nations unies, comme un critère essentiel de soins adaptés aux besoins de la population. Pour cette dernière, l'accessibilité dépend directement de la densité de l'offre de soins du système. Le Parlement débat actuellement d'une modification de la loi fédérale sur l'assurance-maladie relative à l'admission des fournisseurs de prestations ambulatoires. La discussion sur la densité de l'offre de soins ambulatoires menée dans ce contexte montre combien il est important d'utiliser des indicateurs fiables pour décrire la structure des soins. La présente étude propose un indice permettant de décrire l'accessibilité spatiale au système de soins et, partant, d'analyser les différences régionales de densité des soins.

Mise au point de la méthode

Selon Penchansky & Thomas (1981), l'accessibilité doit idéalement être comprise comme un concept multidimensionnel. Parallèlement à la dimension spatiale de l'accessibilité (distance géographique) et à la disponibilité (densité de l'offre par rapport aux besoins en soins), d'autres facteurs peuvent influencer l'accès aux soins médicaux. Il peut s'agir d'obstacles culturels, linguistiques ou financiers. La présente étude se limite aux dimensions spatiales de l'accessibilité.

Les indicateurs traditionnels servant à décrire la structure des soins se concentrent soit sur l'accessibilité, soit sur la disponibilité, mais n'étudient pas les deux dimensions en parallèle. Les rapports de dépendance entre les différentes régions sont également ignorés : par exemple, alors qu'on mesure la densité des soins en fonction du nombre de cabinets de médecins de premier recours d'une commune, on ne tient pas compte des possibilités au sein des communes voisines, ni de l'impact, sur l'offre de la commune considérée, de la demande émanant des régions voisines.

Afin de dépasser les limites des indicateurs traditionnels, la recherche sur la géographie des soins a mis au point les méthodes de type *Floating-Catchment-Area* (FCA). Ces avancées sont favorisées par des capacités de calcul de plus en plus puissantes et par l'expansion croissante des systèmes d'information géographique (SIG). La force des méthodes FCA réside dans deux éléments : l'opérationnalisation de l'accessibilité indépendamment des frontières administratives et la prise en considération à un même niveau de la distance géographique et des capacités à disposition.

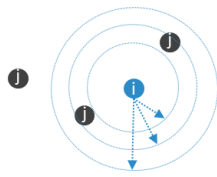
La présente étude traite des approches FCA existantes, qu'elle utilise pour créer une méthode alliant leurs points forts. L'indice qui en résulte (méthode de base) est désigné par le sigle MH3SFCA (*Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area*).

Calcul de la méthode MH3SFCA

L'indice d'accessibilité MH3SFCA est calculé en trois étapes. La première étape mesure la probabilité que la population i demande les prestations d'une offre déterminée j , établie à l'aide du modèle de Huff (Huff, 1963 ; 1964). Sont prises en considération toutes les offres dont la distance d_{ij} par rapport à la population i ne dépasse pas le rayon maximal d_{max} . On peut se représenter cela par un cercle de rayon d_{max} autour de la population i . Toutes les offres de soins j se trouvant à l'intérieur du cercle sont considérées comme étant accessibles. Pour différencier les offres j existantes dans le périmètre de rayon maximal en fonction de leur distance par rapport à la population i , la surface du cercle est subdivisée en sous-régions ($r = 1, \dots, r_{d_{max}}$) (cf. le schéma ci-après donné avec la formule mathématique). Selon la sous-région dans laquelle se situe une offre j , on lui attribue un coefficient de distance W_r . Ce coefficient représente la distance que la population i doit parcourir pour profiter de l'offre j . Plus la distance est courte, plus le coefficient est élevé. Plus la distance est grande, plus le coefficient est bas et, par conséquent, plus la probabilité d'interaction entre la population i et l'offre j est réduite. Comme dans d'autres études auparavant (cf. entre autres Luo et al., 2009 ; Wan et al., 2012), les poids de Gauss sont utilisés ici comme coefficients de distance.

Pour calculer la probabilité de la demande $Huff_{ij}$, les capacités S_j d'une offre déterminée j sont multipliées par le coefficient de distance W_r , avant d'être rapportées à la somme de toutes les offres accessibles j :

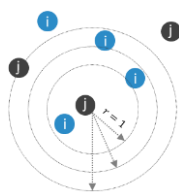
$$Huff_{ij} = \frac{S_j W_r}{\sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_r\}} S_j W_r}$$



En d'autres termes : la probabilité $Huff_{ij}$ qu'une population i utilise les prestations d'une offre déterminée j est d'autant plus grande que : (1) les capacités de l'offre j sont élevées par rapport à toutes les autres offres accessibles et (2) cette offre est proche par rapport à toutes les autres offres accessibles. La probabilité, et donc la part de la demande de la population i pour l'offre j dépend, par conséquent, de l'accessibilité des offres de soins alternatives (offres concurrentielles).

Dans la deuxième étape de la méthode MH3SFCA, le rapport entre l'offre et la demande R_j est calculé pour chaque site d'offre j .

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} P_i}$$



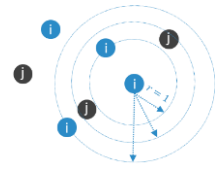
La capacité S_j de l'offre j est divisée par la somme de la demande de toutes les populations i qui habitent dans le périmètre de rayon maximal de l'offre j . On peut à nouveau imaginer un cercle de rayon d_{max} , mais cette fois autour du site j . Une part de la demande de toutes les populations i résidant à l'intérieur du cercle est attribuée à l'offre j . Le volume de la demande de i pour j est obtenu en multipliant la population résidente P_i et la probabilité de demande $Huff_{ij}$ déjà calculée.

La somme de toutes les probabilités de demande pour une population donnée est toujours égale à un. Les probabilités de demande $Huff_{ij}$ servent uniquement à répartir la demande d'une population i sur les différentes offres accessibles. Toutefois, la demande totale d'une population est, en soi, indépendante tant du nombre d'offres accessibles que de la distance. Elle ne dépend que de la taille de la population P_i , ce qui semble a priori évident : plus la population résidente est grande, plus son besoin en soins est élevé. En ce qui concerne la demande totale constante par population, la méthode MH3SFCA se distingue fortement des autres méthodes FCA exposées dans l'étude. Ces dernières partent implicitement du principe que la demande est influencée par les offres de soins accessibles et leur éloignement. On peut certes penser que le recours d'une population donnée varie en fonction des offres disponibles. Cependant, toutes les méthodes FCA visent à calculer l'accès potentiel aux soins et non l'accès réel : il ne s'agit pas de prévoir le lieu où les patients réalisent effectivement leur demande ni le volume de prestations demandé. Par conséquent, le comportement réel des patients est mis entre parenthèses et l'accessibilité n'est évaluée qu'en fonction d'une offre et

d'un besoin donné, raison pour laquelle il paraît pertinent de partir d'une demande totale constante.

Dans la troisième et dernière étape de la méthode MH3SFCA, un indice d'accessibilité spatiale $SPAI_i$ ($SPAI$, *Spatial-Accessibility Index*) est calculé pour chaque population i .

$$SPAI_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} R_j W_r$$



Le $SPAI$ correspond à la somme des rapports de l'offre et de la demande R_j de toutes les offres de soins accessibles pour la population i multipliée par le coefficient de distance W_r correspondant et la probabilité de demande $Huff_{ij}$.

Dans cette étape du calcul, les coefficients de distance permettent d'accorder plus de poids aux possibilités de soins les plus proches. La probabilité de demande $Huff_{ij}$ garantit que les offres de soins accessibles sont prises en compte dans l'index d'accessibilité selon leur pertinence pour la population i . Les rapports de l'offre et de la demande R_j reflètent la pression exercée par la demande sur le site j , en tenant compte de toutes les populations qui demandent des prestations à ce site au sens du modèle Huff.

Validation de la méthode MH3SFCA au moyen de systèmes de simulation

Le tableau T 0.1 donne une vue d'ensemble des caractéristiques des différentes méthodes permettant de décrire la structure des soins (y compris les indicateurs traditionnels). La présente étude compare les approches FCA en les appliquant à la simplification et à la simulation du système de soins. On constate que la méthode MH3SFCA offre des résultats intuitivement plus pertinents que les autres approches FCA dans des configurations d'offre et de demande spécifiques :

- Dans la méthode MH3SFCA, les offres concurrentielles sont considérées par rapport à la probabilité de la demande, suivant le modèle de Huff (comme dans la méthode E3SFCA). Ainsi, on évite de surévaluer la demande en raison de possibilités de soins alternatives.
- La méthode MH3SFCA prend en compte les distances de manière relative, mais aussi absolue (comme la méthode M2SFCA). Elle permet donc également d'évaluer le système dans sa totalité. Par ailleurs, elle représente de manière proportionnelle les variations des coefficients de distance absolue, contrairement à la M2SFCA.
- Enfin, la méthode MH3SFCA part du principe que la demande totale de chaque site de population est constante, à l'inverse des autres approches. Comme exposé plus haut, cela semble plus plausible que de représenter la demande totale d'une population donnée en fonction des offres disponibles et de la distance jusqu'aux sites des offres, en particulier dans le cas de l'accessibilité des offres de soins médicaux.

T 0.3 Vue d'ensemble des caractéristiques des indicateurs traditionnels et des méthodes FCA

Caractéristiques	Indicateurs traditionnels			Méthodes FCA					
	Relation simple offre-résident	Distance jusqu'à l'offre la plus proche	Nombre d'offres accessibles dans le rayon maximal	2SFCA	E2SFCA	3SFCA	E3SFCA	M2SFCA	MH3SFCA
Prise en compte de la concurrence de la demande	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Les résultats sont indépendants de l'unité d'analyse (p. ex. les frontières administratives)	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Les liens de dépendance entre les régions analysées sont mentionnées dans les résultats	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Prise en compte de plusieurs possibilités de soins	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Prise en compte des différences de distance relatives (à l'intérieur du rayon maximal)	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Prise en compte des offres concurrentielles	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Prise en compte des distances relatives et absolues	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
Demande totale constante par population	Oui	-	-	Non	Non	Non	Non	Non	Oui

Remarques : (-) = non disponible / méthodes FCA – 2SFCA : *Two-Step-Floating-Catchment-Area* (Luo & Wang, 2003 ; Luo 2004 ; Wang & Luo, 2005), E2SFCA : *Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area* (Luo & Qi, 2009), 3SFCA : *Three-Step-Floating-Catchment-Area* (Wan et al., 2012), E3SFCA : *Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area* (Luo, 2014), M2SFCA : *Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area* (Delamater, 2013), MH3SFCA : *Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area*

Source : tableau élaboré par nos soins

© Obsan 2019

Exemple d'application aux soins ambulatoires en médecine de premier recours

Pour compléter la validation de la méthode MH3SFCA réalisée au moyen des systèmes de simulation, lesquels simplifient naturellement beaucoup la complexité réelle, la présente étude comprend également une comparaison des méthodes FCA appliquée à un exemple pratique, celui de l'accessibilité spatiale des soins ambulatoires en médecine de premier recours.

Base de données et méthodologie

La statistique médicale 2016 de la Fédération des médecins suisses (FMH) a servi de base de données pour les sites d'offre. Afin de circonscrire les soins ambulatoires de premier recours, seuls les médecins dont l'activité principale est « ambulatoire » et dont la spécialité est « médecine interne générale », ainsi que les « médecins praticiens » ont été pris en compte et ensuite géolocalisés sur ArcMap grâce à leur adresse. Au total, 4 995 sites d'offre ont été répertoriés. Afin d'évaluer les capacités, les données relatives au taux d'occupation des fournisseurs de prestations indiqués dans le portail pour les membres myFMH ont également été utilisées.

Les données relevées sur les hectares par GEOSTAT pour la Statistique de la population et des ménages (STATPOP) de l'Office fédéral de la statistique (OFS) ont été utilisées pour les sites de

population. Ces données comprennent notamment la population résidente par hectare (100 × 100 mètres). Elles concernent les 343 305 hectares habités que compte la Suisse.

Afin d'obtenir les distances entre les sites d'offre et ceux de la population, une analyse d'accessibilité a été réalisée dans ArcMap. Pour chaque site d'offre, la zone d'influence a été calculée au moyen de quatre rayons (5, 10, 15 et 20 minutes), définis par rapport au temps de parcours avec un véhicule motorisé privé.

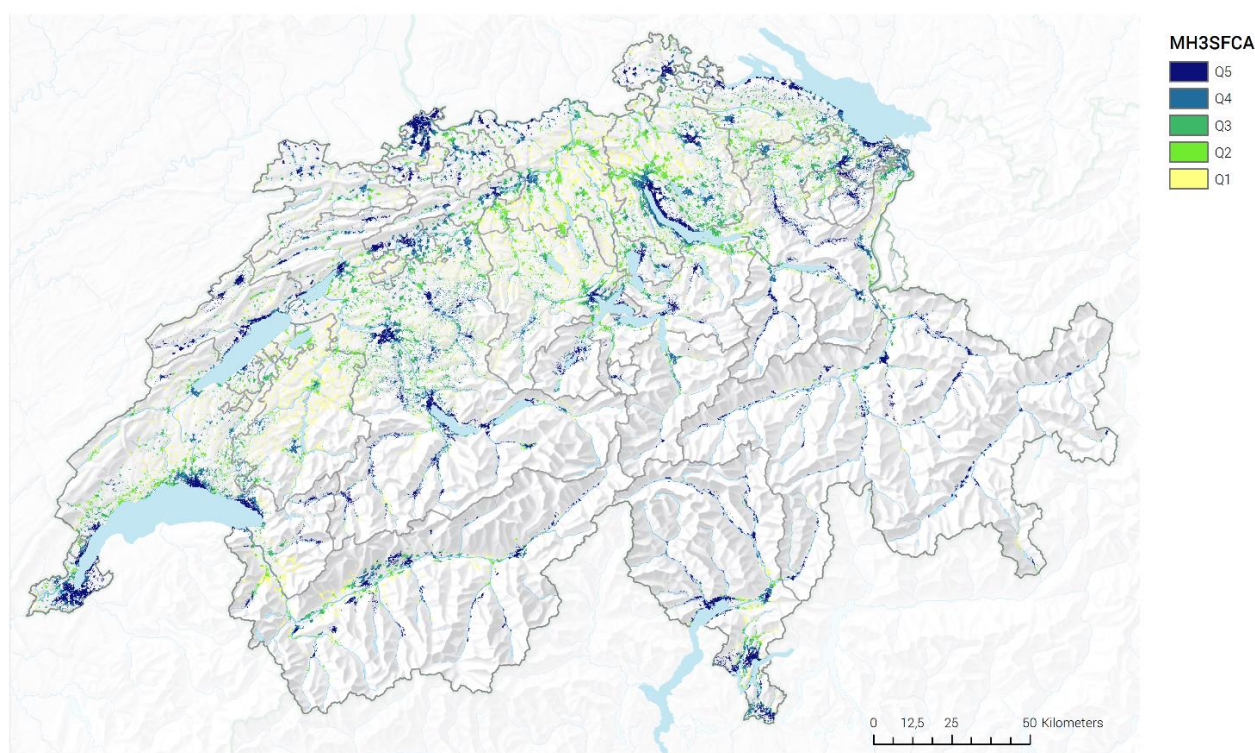
Pour tous les sites de population qui se trouvent à l'intérieur de la zone d'influence d'une offre, la distance concernée a été identifiée selon la sous-région en question. 42 712 070 combinaisons de sites d'offre et de population ont été recensées (paires offre-demande, OD) dans un rayon maximal de 20 minutes.

À partir des paires OD relevées, les indices d'accessibilité ont été calculés sur la base des différentes méthodes FCA et les coefficients de distance selon Gauss ont été utilisés pour l'opérationnalisation des distances.

Résultats

La carte K 0.1 montre l'accessibilité spatiale pour les soins ambulatoires de premier recours en 2016 selon la méthode MH3SFCA ; le choix des couleurs repose sur la classification par quintiles (Q1-Q5). Les 20 % des hectares présentant l'indice d'accessibilité le plus élevé sont en bleu foncé, les 20 % ayant l'indice le plus bas sont en jaune. Sans surprise, l'accessibilité est nettement supé-

K 0.3 MH3SFCA – Indice d'accessibilité par hectare pour les soins ambulatoires de premier recours, 2016



n = 339 725 (hectares) / **MH3SFCA** = Indice d'accessibilité (SPAI, *Spatial Accessibility Index*) classification par quintiles en 5 classes (Q1-Q5) de 20 % chacune
Données: FMH – Statistique médicale 2016; OFS – STATPOP 2016; ESRI – *World Routing Service*; swisstopo – Cartes d'arrière-plan

Source : carte établie par nos soins

© Obsan 2019

rieure à la moyenne dans les centres des grandes villes (Q5). Cependant, on observe également des hectares ayant un indice d'accessibilité élevé dans les centres des agglomérations plus petites et dans les communes-centres situées à la campagne. Les régions rurales du plateau suisse rassemblent la majorité des hectares où l'accessibilité est bien au-dessous de la moyenne (Q1). Selon la typologie des communes de l'OFS publiée en 2012 sont concernées en particulier les communes périurbaines de faible densité et les communes rurales en situation centrale. Il est plus étonnant de constater que l'indice d'accessibilité est considérablement élevé dans la plupart des vallées alpines. Ce résultat s'explique notamment par la non-prise en compte des flux touristiques. Les communes des vallées alpines enregistrent un nombre important de nuitées par rapport à leur population résidente. Il s'ensuit que les structures de soins ambulatoires de premier recours sont également utilisées, dans une large mesure, par les touristes ; c'est pourquoi la demande est sous-estimée si elle n'est déterminée qu'en fonction de la population résidente.

En ce qui concerne les coefficients de corrélation des indices obtenus au moyen des différentes méthodes FCA du T 0.2, l'exemple des soins ambulatoires en médecine de premier recours montre comment la méthode MH3SFCA intègre les aspects de différentes méthodes FCA. D'une part, la méthode MH3SFCA présente une plus forte corrélation avec la méthode E3SFCA (et la 3SFCA) que ne le fait la M2SFCA, car elle prend en compte les

offres concurrentielles à l'aide du modèle de Huff, tout comme la E3SFCA. D'autre part, elle se caractérise par une meilleure corrélation avec la M2SFCA que la E3SFCA (et la 3SFCA), car tant la MH3SFCA que la M2SFCA prennent en considération l'influence des distances jusqu'aux offres de soins de manière relative, mais aussi absolue.

Enfin, la carte K 0.2 montre les valeurs d'indice agrégées selon la méthode MH3SFCA par commune. Bien que l'indice d'accessi-

T 0.4 Accessibilité des soins ambulatoires de premier recours, 2016 – Coefficients de corrélation des méthodes FCA

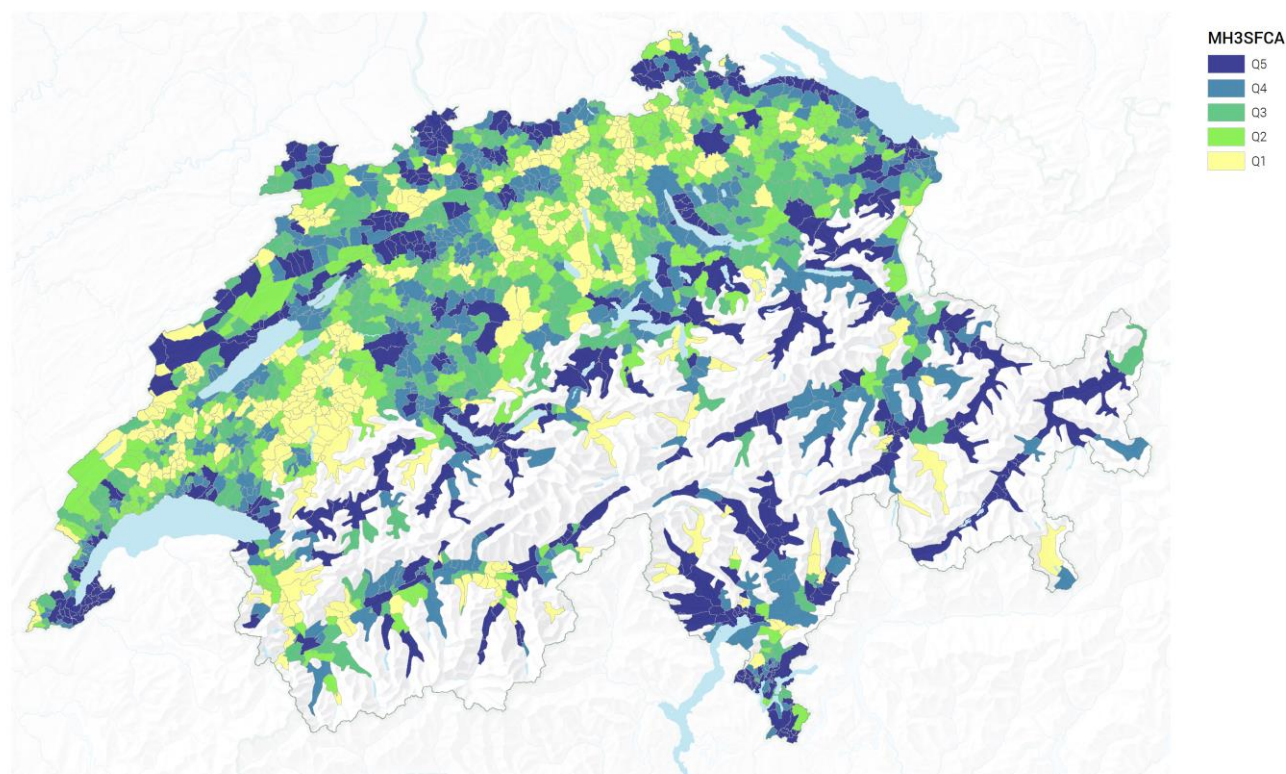
	E2SFCA	3SFCA	E3SFCA	M2SFCA	MH3SFCA
E2SFCA	1	0,741 ***	0,747 ***	0,906 ***	0,694 ***
3SFCA		1	0,995 ***	0,721 ***	0,835 ***
E3SFCA			1	0,726 ***	0,847 ***
M2SFCA				1	0,826 ***
MH3SFCA					1

n = 339 725 (hectares) / **Données :** FMH – Statistique médicale 2016, OFS – STATPOP 2016, ESRI – *World Routing Service* / **Remarques :** Coefficients de corrélation r selon Pearson, degré de correspondance linéaire entre deux variables **Signification :** * valeur- $p \leq 5\%$, ** valeur- $p \leq 1\%$, *** valeur- $p \leq 0,1\%$

Source : tableau élaboré par nos soins

© Obsan 2019

K 0.4 MH3SFCA – Indice d'accessibilité par commune pour les soins ambulatoires de premier recours, 2016



n_1 = 2 217 (communes) et n_2 = 339 725 (hectares) / **Missings**: Samnaun, Sonogno, Zwischbergen, Finhaut, Zermatt / **MH3SFCA** = Indice d'accessibilité agrégé (SPAI, *Spatial Accessibility Index*) classification par quintiles en 5 classes (Q1-Q5) de 20 % chacune / **Méthode d'agrégation** : valeur moyenne des quintiles par hectare pondérée en fonction des volumes de population / **Données** : FMH – Statistique médicale 2016; OFS – STATPOP 2016; OFS – Statistique suisse de la superficie; ESRI – *World Routing Service*; swisstopo – Cartes d'arrière-plan, Frontières communales (état au 1.1.2018) / **Remarque** : Seules les zones productives des communes sont représentées selon la Statistique suisse de la superficie de l'OFS.

Source : carte établie par nos soins

© Obsan 2019

bilité soit représenté par commune, le calcul intègre les dépendances réciproques entre les communes. Ainsi, l'accessibilité spatiale peut être calculée même pour les communes où aucun prestataire de soins de premier recours n'est établi, en prenant en compte les offres de soins des communes alentour.

Conclusion et perspectives

La méthode MH3SFCA combine les aspects des autres approches et les complète en intégrant une demande totale constante par population. Ce dernier point est particulièrement pertinent dans le contexte de l'accessibilité spatiale à l'offre de soins médicaux, car la densité des soins doit être mesurée en fonction des besoins de la population. Les caractéristiques de la méthode MH3SFCA ont pu être validées dans cette étude de base par le biais des systèmes de soins simulés et de l'exemple d'application aux soins ambulatoires en médecine de premier recours.

La méthode pourrait, bien entendu, être encore améliorée. D'une part, l'intégration des flux de pendulaires et des nuitées permettrait d'obtenir une représentation plus juste des structures de demande régionales. D'autre part, des éléments laissent supposer

que l'accessibilité a tendance à être surévaluée dans les centres ruraux par rapport aux centres urbains. La présente étude esquisse des solutions possibles aux défis énoncés.

D'autres limitations observées dans l'exemple d'application aux soins ambulatoires en médecine de premier recours découlent des sources de données utilisées. Il s'agit en particulier des taux d'occupation des prestataires de premier recours, qui ont dû être estimés pour une grande partie des sites d'offre. Les sources de données alternatives pour évaluer les capacités des fournisseurs de prestations sont, en effet, soit insuffisantes pour une analyse à petite échelle en raison de leur niveau d'agrégation (pool de données de SASIS SA), soit incomplètes pour le moment (relevé MAS de l'OFS).

Malgré son potentiel d'optimisation, la méthode MH3SFCA constitue un outil approprié pour analyser l'accessibilité spatiale des soins médicaux ; elle offre des possibilités d'application aussi bien dans l'organisation des soins que dans le domaine de la recherche.

1 Einleitung

In der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte (AEMR) der Vereinten Nationen (UNO) wird der Zugang zu einer angemessenen medizinischen Versorgung als Menschenrecht beschrieben. Gemäss Art. 25 AEMR hat jeder Mensch «[...] das Recht auf einen Lebensstandard, der seine und seiner Familie Gesundheit und Wohl gewährleistet, einschließlich [...] ärztliche Versorgung [...]» (UNO, 1948).

Ebenso in der Schweiz beinhalten die rechtlichen Grundlagen Bestimmungen zur Zugänglichkeit der medizinischen Versorgung. Im Bundesgesetz über die Krankenversicherung (KVG) bzw. in der Verordnung über die Krankenversicherung (KVV) ist die Pflicht für die Kantone festgehalten, ein bedarfsgerechtes und somit ausreichendes Versorgungsangebot sicherzustellen (vgl. Art. 39 Abs. 1 lit. d KVG, Art. 58b Abs. 1-3 KVV), wobei der «Zugang der Patientinnen und Patienten zur Behandlung innert nützlicher Frist» im KVV als wesentliches Kriterium für die kantonalen Versorgungsplanungen im stationären Bereich festgelegt ist (vgl. Art. 58b Abs. 4 lit. b KVV). In Bezug auf die ambulante Versorgung befindet sich aktuell eine Revision des KVG in der parlamentarischen Diskussion, welche sich mit der Zulassung von Leistungserbringern auseinandersetzt. Die Revision sieht insbesondere konkrete Kriterien für die kantonale Steuerung der Anzahl ambulanter Leistungserbringer nach Fachbereich vor (vgl. Bundesrat, 2018). In diesem Zusammenhang stellt sich naturgemäss die Frage, welches Angebot bzw. wie viele Leistungserbringer notwendig sind,

um einen angemessenen Versorgungszugang für die Bevölkerung sicherzustellen.

Aufgrund der politischen Relevanz ist es denn auch nicht weiter überraschend, dass die Zugänglichkeit medizinischer Versorgungsangebote auch einen zentralen Untersuchungsgegenstand innerhalb der Versorgungsforschung – insbesondere der Versorgungsgeografie – darstellt (McGrail, 2012). Nichtsdestotrotz bleibt eine objektive Beurteilung, inwiefern durch bestehende Versorgungsstrukturen ein angemessener bzw. ausreichender Zugang gewährleistet wird, äusserst schwierig. Selbst wenn man die normative Dimension der «Angemessenheit» ausklammert, bleibt die Herausforderung, die räumliche Zugänglichkeit überhaupt erst einmal zu beschreiben, zumal es sich bei der «Zugänglichkeit» um ein durchaus komplexes Konstrukt handelt. In der Forschungsliteratur wird Zugänglichkeit in der Regel als mehrdimensionales Konzept erfasst, (Penchansky & Thomas, 1981; Gulzar, 1999). Nebst den räumlichen Dimensionen der Erreichbarkeit und Verfügbarkeit können beispielsweise auch soziale Hindernisse oder Fragen der Finanzierbarkeit, die Zugänglichkeit des Versorgungsangebots beeinflussen. Die vorliegende Studie fokussiert auf die räumlichen Aspekte der Zugänglichkeit und zielt darauf ab, eine Methode zur Messung der räumlichen Zugänglichkeit medizinischer Versorgungsstrukturen zu definieren. Konkret soll eine Art «Basismodell» präsentiert werden, welches es erlaubt, sowohl die

T 1.1 Potenzial des MH3SFCA anhand konkreter Fragestellungen

Fragestellung	Potenzial MH3SFCA
Welche regionalen Unterschiede bestehen in Bezug auf die Verteilung ambulanter Leistungserbringer der Facharztgruppe XY?	Mit dem MH3SFCA können die regionalen Unterschiede gemessen und Regionen mit über- bzw. unterdurchschnittlicher Zugänglichkeit identifiziert und dargestellt werden.
Welche Regionen werden in den kommenden Jahren durch die zunehmende Alterung der Hausärztinnen und Hausärzte am stärksten betroffen sein?	Mithilfe des MH3SFCA kann die räumliche Zugänglichkeit in Bezug auf die Hausärztinnen und Hausärzte zum aktuellen Zeitpunkt geschätzt werden. Anhand der Altersstruktur der Ärzteschaft kann die künftige Zahl der Leistungserbringer sowie deren Arbeitspensen geschätzt werden (beispielsweise in 10 Jahren). So können potenzielle Risikoregionen identifiziert werden, deren Versorgungsangebot voraussichtlich am stärksten durch die zunehmende Alterung der Ärzteschaft beeinflusst wird und in denen neue Leistungserbringer benötigt werden, um den bedarfsgerechten Versorgungszugang sicherzustellen.
Wie beeinflusst die Verfügbarkeit ambulanter Versorgungsstrukturen die Inanspruchnahme ambulanter und/oder stationärer Leistungen?	Anhand des MH3SFCA kann die Versorgungsdichte im ambulanten Bereich z.B. auf Ebene Gemeinde oder MedStat-Region operationalisiert und anschliessend als Erklärungsvariable in einem statistischen Modell integriert werden.

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

geografische Erreichbarkeit als auch die Verfügbarkeit des Angebots angemessen abzubilden. Als Basismodell wird es bezeichnet, weil es auf unterschiedliche Versorgungskontexte im Gesundheitswesen anwendbar und anpassbar sein muss.

Gestützt auf bestehende Ansätze aus der versorgungsgeografischen Forschung, wird im vorliegenden Bericht eine Methode zur Operationalisierung der räumlichen Zugänglichkeit entwickelt, die verschiedene Aspekte früherer Ansätze kombiniert. Die entwickelte Methodik bzw. der daraus resultierende Indikator wird nachfolgend als MH3SFCA-Methode bzw. MH3SFCA bezeichnet. Das Kürzel MH3SFCA orientiert sich dabei an der Bezeichnung früherer Ansätze innerhalb der Familie der Floating-Catchment-Area-Methoden (FCA) und steht für «Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area».

Der MH3SFCA erlaubt es, die Versorgungsdichte sowie regionale Unterschiede in der räumlichen Zugänglichkeit von gesundheitsbezogenen Versorgungsangeboten auf kleinräumiger Ebene zu beschreiben. Kleinräumig bedeutet hier zum Beispiel auf Ebene Gemeinde, wobei die im vorliegenden Bericht präsentierte Methodik sogar Analysen auf Ebene einzelner Hektaren zulässt. Die MH3SFCA-Methode ist auf eine Vielzahl von Versorgungskontexten und Fragestellungen anwendbar, einige davon sind in Tabelle T 1.1 beispielhaft dargestellt.

1.1 Inhalt und Aufbau des Berichts

Im Anschluss an diese Einleitung werden in Kapitel 2 zuerst einige grundlegende Konzepte und Begriffe eingeführt, welche der vorliegenden Studie zugrunde liegen. Insbesondere werden in diesem Kapitel auch die Grenzen «traditioneller» Indikatoren zur Beschreibung von Versorgungsstrukturen dargelegt. Daran anknüpfend wird auf das Potenzial von Geografischen Informationssystemen (GIS) als Instrument für räumliche Analysen von Versorgungssystemen hingewiesen. Im MH3SFCA werden GIS insbesondere für die Messung der Distanzen zwischen Angebot und Nachfrage und somit zur Operationalisierung der Erreichbarkeitsdimension genutzt.

Ausgehend von einer Literaturrecherche werden in Kapitel 3 diverse FCA-Methoden aus der versorgungsgeografischen Forschung präsentiert. Aus der Kombination dieser Ansätze wird anschliessend die MH3SFCA-Methode hergeleitet. Die Funktionsweise und die Eigenschaften der MH3SFCA-Methode werden anhand von vereinfachten, simulierten Versorgungssystemen mit den übrigen Methoden verglichen und validiert.

Kapitel 4 enthält eine Fallstudie zur räumlichen Zugänglichkeit der ambulanten Grundversorgung bzw. Hausarztmedizin in der Schweiz. Als Grundlage dienen hierzu insbesondere die Daten der Ärztestatistik der Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte (FMH). Vor dem Hintergrund der aktuell im Parlament diskutierten Vorlage zur Revision des KVG betreffend die Zulassung von ambulanten Leistungserbringern ist die ambulante Grundversorgung als Grundpfeiler der ambulanten Versorgung von besonderer Re-

levanz. Auch unabhängig von der Revision sind die Angebotsstrukturen in der ambulanten Grundversorgung, mit Rücksicht auf die Kostenentwicklung (vgl. u.a. Roth & Sturny, 2017) und bei der zunehmenden Alterung der Ärzteschaft (vgl. u.a. Zeller & Tschudi, 2016) von wesentlichem Interesse. Das Thema der räumlichen Zugänglichkeit kommt demzufolge in der ambulanten Grundversorgung eine besondere praktische und politische Relevanz zu. Gleichwohl steht im Rahmen des vorliegenden Berichts der methodische Vergleich des MH3SFCA mit alternativen Indikatoren zur räumlichen Zugänglichkeit im Vordergrund der Fallstudie.

In Kapitel 5 werden abschliessend die noch bestehenden Limitationen der Methode dargelegt und diverse Überlegungen zur Optimierung des MH3SFCA angestellt. Anhand dieser Überlegungen soll die Ausgangslage für die methodische Weiterentwicklung des MH3SFCA sowie für die Anwendung der Methode in anderen Versorgungskontexten geschaffen werden.

1.2 Hintergrund der Studie

Der vorliegende Bericht bzw. die entwickelte Methodik resultierte aus einer Zusammenarbeit zwischen der socialdesign ag, der geo7 ag und dem Obsan und stützt sich auf Vorarbeiten von socialdesign und geo7 zur Analyse der Erreichbarkeit spezifischer Versorgungsangebote mithilfe von GIS-Methoden (vgl. dazu Jörg et al., 2015). Zwischenergebnisse aus diesem Kooperationsprojekt respektive ein Prototyp der in der vorliegenden Studie entwickelten Methode wurden an der Wennberg-Konferenz 2018 präsentiert (vgl. Jörg & Lenz, 2018). Das Projekt hätte ohne die Unterstützung durch die FMH – einerseits durch die Bereitstellung der Daten für die Fallstudie und andererseits durch die wertvollen Inputs im Rahmen der Validierung der Zwischenresultate – nicht realisiert werden können. Allen involvierten Akteuren und Personen sei an dieser Stelle für die Bereitschaft und die Mitarbeit an diesem Projekt und konkret an der vorliegenden Grundlagenstudie gedankt.

2 Konzepte, Begriffe und Instrumente

Damit eine Operationalisierungsmethode entwickelt werden kann, muss zuerst klar sein, was denn eigentlich mit der Methode gemessen werden soll. Deshalb widmet sich der erste Abschnitt in diesem Kapitel dem Konzept der (räumlichen) Zugänglichkeit. In einem zweiten Abschnitt werden die Grenzen «traditioneller» Indikatoren zur Beschreibung von Versorgungsstrukturen beschrieben. Zu diesen traditionellen Indikatoren gehören unter anderem einfache Angebots-Einwohner-Relationen, d.h. zum Beispiel, wenn die stationären Strukturen pro Kanton anhand der Anzahl Spitalbetten pro 1 000 Einwohnerinnen und Einwohner verglichen werden. Im dritten Abschnitt wird kurz vorgestellt, was Geografische Informationssysteme (GIS) sind und inwiefern GIS in der Versorgungsforschung genutzt werden können. Im vierten und letzten Abschnitt werden unterschiedliche Methoden der Distanzmessung mit GIS diskutiert.

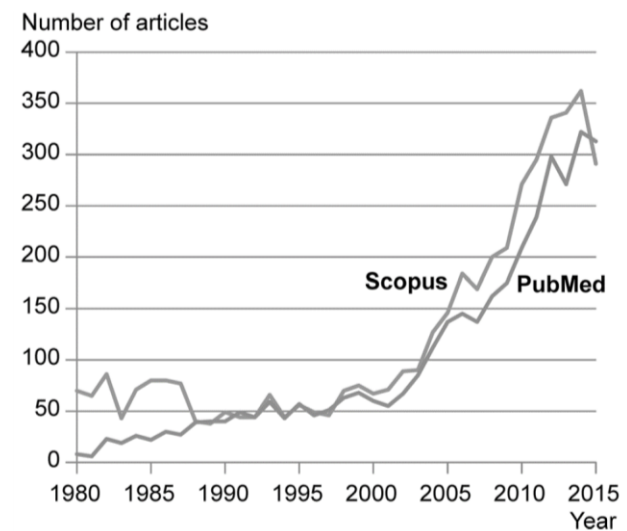
2.1 Zugänglichkeit als Gegenstand in der Versorgungsforschung

Die räumliche Zugänglichkeit von Versorgungsangeboten ist ein wesentliches Thema innerhalb der Versorgungsforschung und insbesondere innerhalb der Versorgungsgeografie. Begünstigt durch die stetig steigenden Rechenkapazitäten und die zunehmende Verfügbarkeit von GIS zeigt sich seit der Jahrtausendwende eine exponentiell wachsende Anzahl wissenschaftlicher Artikel zu diesem Thema (vgl. G 2.1 bzw. Apparicio et al., 2017).

Aber was bedeutet die «Zugänglichkeit» im Kontext medizinischer Versorgungsangebote eigentlich? Am besten lässt sich die Zugänglichkeit als mehrdimensionales Konzept fassen (vgl. auch Abbildung G 2.2). Einerseits kann unterschieden werden zwischen potenzieller Zugänglichkeit und realisierter Zugänglichkeit (Shah et al., 2016). Letztere beschreibt die tatsächliche Nutzung von Versorgungsangeboten, währenddessen die potenzielle Zugänglichkeit die Ausgangslage beschreibt und somit keinen Bezug nimmt auf die effektive Inanspruchnahme von Angeboten. Die realisierte Zugänglichkeit wird ausgehend vom effektiven Patientenverhalten anhand der beobachteten Patientenströme analysiert. Demgegenüber wird bei der potenziellen Zugänglichkeit lediglich die Erreichbarkeit und die Verfügbarkeit von Versorgungsangeboten für die Wohnbevölkerung betrachtet. Es spielt dabei keine Rolle, welches Versorgungsangebot durch eine bestimmte Patientin bzw. einen bestimmten Patienten in einem konkreten Fall beansprucht wird.

Nebst der Differenzierung zwischen potenzieller und realisierter Zugänglichkeit unterscheiden Penchansky & Thomas (1981) fünf Schlüsseldimensionen der Zugänglichkeit (availability, accessibility, accommodation, affordability, acceptability). Die ersten beiden Dimensionen beschreiben die räumlichen Aspekte der Zugänglichkeit. Die Verfügbarkeit (Availability) nimmt Bezug auf die Zahl der Angebote im Verhältnis zum Bedarfsvolumen und kann z.B. als Anzahl Angebote pro 1 000 Einwohnerinnen und Einwohner ausgedrückt werden. Nebst der Verfügbarkeit von Versorgungsangeboten wird die räumliche Zugänglichkeit durch die Erreichbarkeit (Accessibility) bestimmt. Die Erreichbarkeit lässt sich am besten als Distanz oder Reisezeit verstehen, welche der Patient „überwinden“ muss, um ein Versorgungsangebot in Anspruch nehmen zu können. Sowohl eine geringe Verfügbarkeit als auch

G 2.1 Anzahl Journal-Artikel zu geografischer Zugänglichkeit



Bemerkung: Dargestellt ist die Anzahl publizierter Journal-Artikel mit Bezug zur geografischen Zugänglichkeit gemäss PubMed und Scopus zwischen 1980 und 2015.

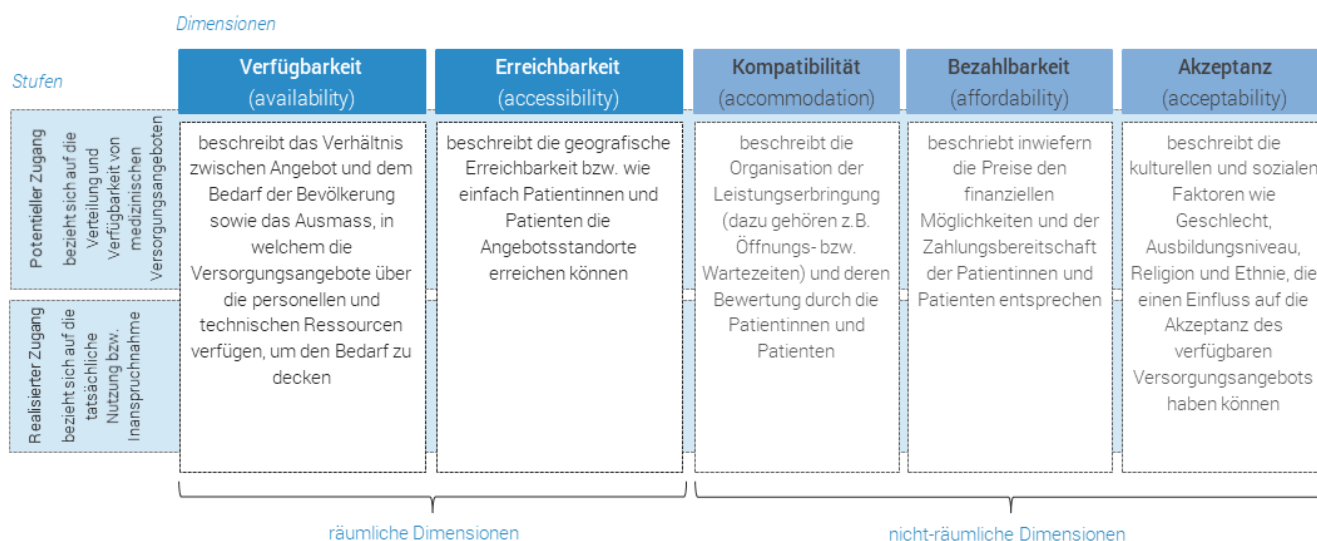
PubMed query: (((("health services")AND access*) AND (spatial OR geographic* OR gis)) AND "journal article"[Publication Type])

Scopus query: (TITLE-ABS-KEY ("health services") AND TITLE-ABS-KEY (access*) TITLE-ABS-KEY (spatial OR geographic* OR gis) AND DOCTYPE (ar))

Quelle: Apparicio et al. (2017, S.2)

© Obsan 2019

G 2.2 Zugänglichkeit von Versorgungsangeboten, Phasen und Dimensionen



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Penchansky & Thomas (1981) und Guagliardo (2004)

© Obsan 2019

eine schlechte Erreichbarkeit mindern die Zugänglichkeit von Versorgungsangeboten. Nebst diesen räumlichen Aspekten können auch nicht-räumliche Barrieren existieren, welche die Zugänglichkeit beeinflussen. So zum Beispiel sprachliche, kulturelle oder finanzielle Barrieren (Guagliardo, 2004). Diese nicht räumlichen Aspekte der Zugänglichkeit werden im Modell von Penchansky & Thomas (1981) anhand der Dimensionen Kompatibilität (Accommodation), Bezahlbarkeit (Affordability) und Akzeptanz (Acceptability) abgebildet. Ausgehend von diesen fünf Schlüsseldimensionen beschreiben Penchansky & Thomas (1981) die Zugänglichkeit als „Fit“ zwischen Zielgruppe („clients“) und Versorgungssystem.

Die vorliegende Studie fokussiert einerseits auf die potenzielle Zugänglichkeit, nicht die effektive Inanspruchnahme von Versorgungsleistungen. Andererseits werden anhand der im vorliegenden Bericht entwickelten Methodik die räumlichen Dimensionen der Zugänglichkeit analysiert, also die Dimensionen *Verfügbarkeit* und *Erreichbarkeit*. Aus Gründen der Leserlichkeit ist nachfolgend jeweils von der «räumlichen Zugänglichkeit» oder lediglich von der «Zugänglichkeit» die Rede, auch wenn – ausgehend von den vorangehenden Ausführungen – die «potenzielle, räumliche Zugänglichkeit» die präzisere Bezeichnung wäre.

2.2 Klassische Indikatoren zur Operationalisierung von Zugänglichkeit

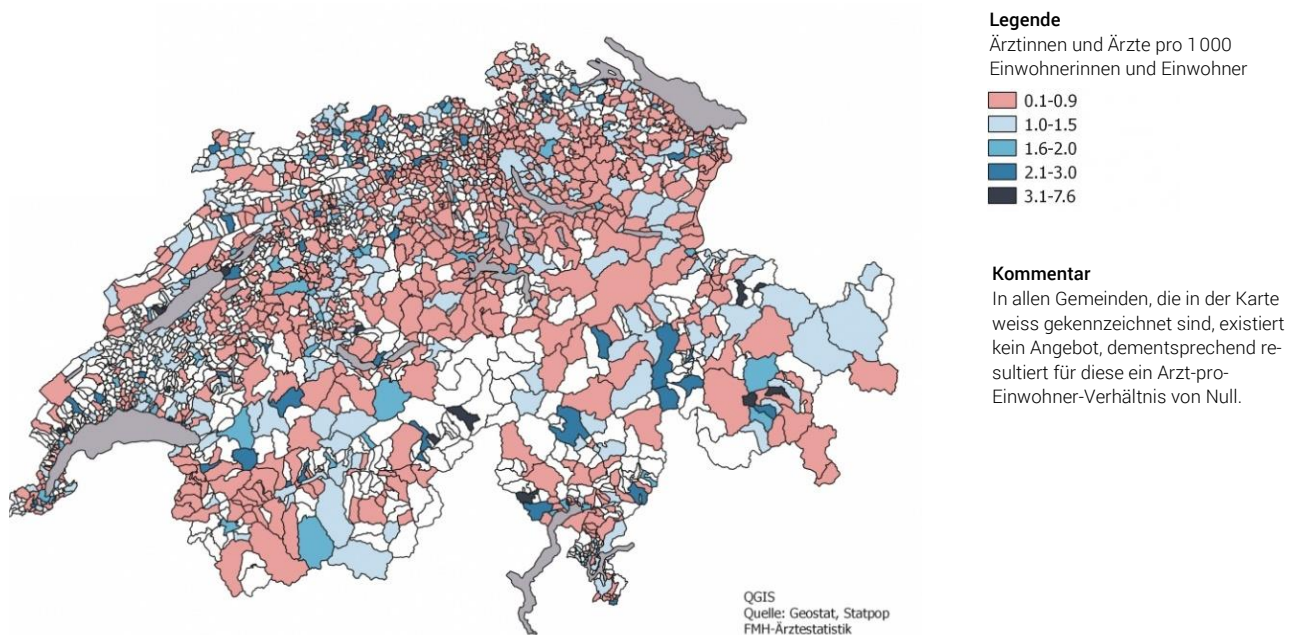
Wie im vorangehenden Abschnitt beschrieben, umfasst die räumliche Zugänglichkeit als Konzept sowohl die Dimension der Verfügbarkeit als auch die Dimension der Erreichbarkeit. Klassische Indikatoren zur Beschreibung von Versorgungssystemen fokussieren häufig entweder auf die Erreichbarkeit (z.B. die Anzahl Spitäler in einem Radius von 10 km) oder die Verfügbarkeit (Anzahl

Hausärztinnen und Hausärzte pro 1 000 Einwohnerinnen und Einwohner nach Kanton). Aufgrund dieser Beschränkung erwiesen sich die klassischen Indikatoren in der Vergangenheit als ungeeignet, um die räumliche Zugänglichkeit eines Versorgungssystems umfassend zu beschreiben. Die Limitationen klassischer Indikatoren sind in Tabelle T 2.1 zusammengefasst und werden nachfolgend im Einzelnen erläutert.

Einfache Angebots-Einwohner-Relationen: Bei einfachen Angebots-Einwohner-Relationen wird das Verhältnis zwischen Angebot und potenzieller Nachfrage (z.B. 1,5 Hausarzt/innen pro 1 000 Einwohner/innen) in einer bestimmten Analyseregion ermittelt. Als Analyseregion werden in der Regel administrative Regionen (z.B. Gemeinden, Kantone, Länder etc.) herangezogen.

Problematisch sind solche einfachen Angebots-Einwohner-Relationen, weil sie die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen Regionen nicht berücksichtigen. Versorgungsangebote, die beispielsweise gerade an der Grenze in einer benachbarten Analyseregion existieren, werden nicht einbezogen. Das führt gerade bei kleinen Analyseregionen (z.B. Gemeinden) dazu, dass viele Regionen, innerhalb derer kein Versorgungsangebot existiert, gemäss diesem Indikator auch über keinen Versorgungszugang verfügen. Die Problematik lässt sich konkret anhand der Karte K 2.1 illustrieren, in welcher das einfache Arzt-pro-Einwohner-Verhältnis mit Bezug auf die ambulante Grundversorgung in der Schweiz dargestellt ist. In allen Gemeinden, die in der Karte weiss gekennzeichnet sind, existiert kein Angebot, d.h. in diesen Gemeinden sind keine ambulanten Grundversorger ansässig. Dementsprechend resultiert für diese Gemeinden ein Arzt-pro-Einwohner-Verhältnis von Null. Allerdings werden die Einwohnerinnen und Einwohner aus diesen Gemeinden mit hoher Wahrscheinlichkeit Versorgungsangebote in anderen Regionen, vor allem Angebote in den Nachbargemeinden, in Anspruch nehmen. Demgemäss unterschätzt das Arzt-pro-Einwohner-Verhältnis die Zugänglichkeit des

K 2.1 Dichte der Generalisten pro Gemeinde 2015 (ambulanter Sektor)



Quelle: Hostettler & Kraft (2017)

© FMH 2017

Versorgungsangebots für diese Gemeinden. Gleichzeitig wird die Zugänglichkeit in manchen Gemeinden überschätzt, weil die eben genannten Patientenströme aus naheliegenden Gemeinden ohne eigenes Angebot nicht berücksichtigt werden.

Ausserdem werden bei einfachen Angebots-Einwohner-Relationen Unterschiede innerhalb der Analyseregionen nicht berücksichtigt. Alle Versorgungsangebote innerhalb der Analyseregion werden als gleich erreichbar betrachtet – und zwar für alle Subpopulationen innerhalb der Analyseregion. Gerade bei grossen Analyseregionen (z.B. Kantonen) werden dadurch innerregionale Variationen nicht adäquat dargestellt bzw. es wird implizit angenommen, dass die Zugänglichkeit innerhalb der Analyseregion homogen ist, was in der Regel nicht zutrifft (Salze et al., 2011; Polzin, 2014). So ist zum Beispiel denkbar, dass die stationäre Versorgung im Kanton Bern je nach Region sehr unterschiedlich ist. Reduziert man die Versorgungssituation allerdings auf die Anzahl Betten pro Einwohnerinnen und Einwohner im Kanton, suggeriert man Homogenität innerhalb der Analyseregion (hier: Kanton), wodurch die Unterschiede, beispielsweise zwischen der Agglomeration Bern und dem Berner Oberland, ignoriert werden.

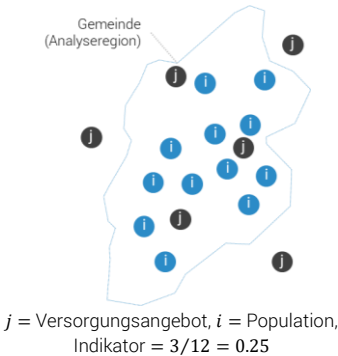
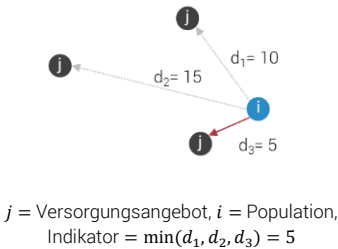
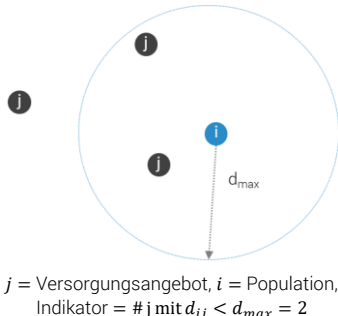
Aus den bisher dargelegten Vorbehalten bezüglich einfachen Angebots-Einwohner-Relationen lässt sich schliessen, dass die Wahl der Analyseregionen einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis ausübt (Chaix et al., 2005; Fotheringham & Wong, 1991; Guagliardo, 2004; Guagliardo & Ronzio, 2005; Higgs, 2009; Kwan & Weber, 2003; Openshaw, 1984). Diese Abhängigkeit des Ergebnisses von der gewählten Analyseregion wird im Zusammenhang mit räumlichen Analysen auch als «Modifiable Areal Unit Problem (MAUP)» bezeichnet. Die Problematik wird verschärft, da – wie er-

wähnt – häufig administrative Einheiten (z.B. Gemeinden, Kantone, Bezirke etc.) als Analyseregionen verwendet werden. Dies mag zwar aus versorgungsplanerischer Perspektive durchaus zweckmässig sein, administrative Regionen sind allerdings aus räumlich-geografischer Perspektive in der Regel nur bedingt sinnvolle Einheiten. Wenn beispielsweise aufgrund topografischer Eigenschaften (z.B. Gebirgsketten) die Mobilitätsströme eher überkantonale als innerkantonale verlaufen, sind administrative Regionen schlechte Abbilder für die effektiven Mobilitätsräume der Bevölkerung (Weinhold & Wende, 2018). Es kann also festgehalten werden, dass einfache Angebots-Einwohner-Relationen, unter Berücksichtigung des realen Mobilitätsverhaltens, welches in der Regel nicht oder nur sehr bedingt durch administrative Grenzen eingeschränkt ist, keine angemessene Beschreibung der Versorgungssituation wiedergeben (Shah et al., 2016).

Distanz zum nächstgelegenen Versorgungsangebot: Im Gegensatz zu Angebots-Einwohner-Relationen sind die klassischen Indikatoren, welche den Fokus auf die Erreichbarkeit legen, nicht abhängig von bestimmten Analyseregionen bzw. administrativen Grenzen. Ein solcher Indikator ist zum Beispiel die «Distanz zum nächstgelegenen Angebot», operationalisiert als Weg (z.B. in km) oder Zeit (z.B. als Fahrzeit mit dem motorisierten Privatverkehr in Minuten). Hierbei spielt es keine Rolle, ob sich Angebot und Nachfrage innerhalb derselben Administrativregion befinden.

Nichtsdestotrotz ist die Distanz zum nächstgelegenen Angebot als Indikator für die Zugänglichkeit des Versorgungsangebots aus folgenden Gründen ungeeignet: Zum einen wird nur gerade das nächstgelegene Angebot als relevant berücksichtigt. Andere,

T 2.1 Probleme klassischer Indikatoren zur Zugänglichkeit

Dimension	Indikator	Schema	Limitationen
Verfügbarkeit	Einfache Angebots-Einwohner-Relationen (Anzahl Angebote pro Bevölkerung in einer bestimmten Region)	 j = Versorgungsangebot, i = Population, Indikator = $3/12 = 0.25$	- Interdependenzen zwischen den Regionen werden nicht berücksichtigt (insbesondere problematisch bei kleinen Analyseregionen). - Variationen innerhalb einer Analyseregion werden nicht berücksichtigt (insbesondere problematisch bei grossen Analyseregionen). - Wahl der Analyseregionen hat einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis (Modifiable Areal Unit Problem, MAUP).
Erreichbarkeit	Distanz (Weg oder Zeit) zum nächstgelegenen Angebot	 j = Versorgungsangebot, i = Population, Indikator = $\min(d_1, d_2, d_3) = 5$	- Nur das nächstgelegene Angebot wird berücksichtigt - Verhältnis zwischen Angebot und (potenzieller) Nachfrage wird nicht berücksichtigt
	Anzahl erreichbarer Angebote innerhalb eines maximalen Radius (Weg oder Zeit)	 j = Versorgungsangebot, i = Population, Indikator = $\# j \text{ mit } d_{ij} < d_{\max} = 2$	- Verhältnis zwischen Angebot und (potenzieller) Nachfrage wird nicht berücksichtigt - Dichotome Operationalisierung von Distanz

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

weiter entfernt gelegene Versorgungsangebote haben keinen Einfluss auf den Indikator bzw. die so operationalisierte Zugänglichkeit (Salze et al., 2011). Diese Konzeptualisierung erscheint unzureichend, zumal sie auch nicht kohärent ist mit dem realen Nutzungsverhalten von Patientinnen und Patienten. So haben zum Beispiel Alford-Teaster et al. (2016) für die Vereinigten Staaten aufgezeigt, dass lediglich 35% der Frauen das nächstgelegene Angebot für ein Mammographie-Screening in Anspruch nahmen. Zum anderen sagt die Distanz zum nächstgelegenen Angebot auch nichts aus über dessen Verfügbarkeit. Räumliche Zugänglichkeit ist – wie im vorangehenden Abschnitt dargelegt – nicht nur in Abhängigkeit der Erreichbarkeit zu verstehen. Auch das Verhältnis zwischen den Kapazitäten des Versorgungsangebots und der Anzahl Personen, welche dieses Angebot (potenziell) in Anspruch nehmen, ist zu berücksichtigen. Dieser Aspekt wird allerdings durch die Distanz zum nächstgelegenen Angebot nicht erfasst (Salze et al., 2011).

Anzahl erreichbarer Angebote innerhalb eines maximalen Radius: Alternativ zur Distanz zum nächstgelegenen Angebot kann die Erreichbarkeit von Versorgungsangeboten auch anhand der Anzahl erreichbarer Angebote innerhalb eines maximalen Radius operationalisiert werden. Auf diese Weise wird nicht nur das nächstgelegene Angebot, sondern es werden sämtliche Angebote innerhalb des definierten Radius berücksichtigt. Allerdings gilt auch hier, dass das Verhältnis zwischen der Anzahl Angebote und der (potenziellen) Nachfrage ignoriert wird (Salze et al., 2011).

Darüber hinaus liegt diesem Indikator ein dichotomes Verständnis von Distanz zugrunde. Versorgungsangebote sind entweder innerhalb des definierten Radius und somit erreichbar oder sie sind ausserhalb des Radius und somit nicht erreichbar. Unterschiedliche Distanzen innerhalb des maximalen Radius haben keinen Einfluss auf den Indikator. Konkret: Angenommen, der maximale Radius ist definiert als 30km, dann resultiert derselbe Indexwert für eine Population X mit vier Versorgungsangeboten in einer

Entfernung von jeweils 5km, wie für eine Population Y, welche ebenfalls vier Angebote erreichen kann, allerdings mit einer Entfernung von je 20km.

2.3 Geografische Informationssysteme (GIS)

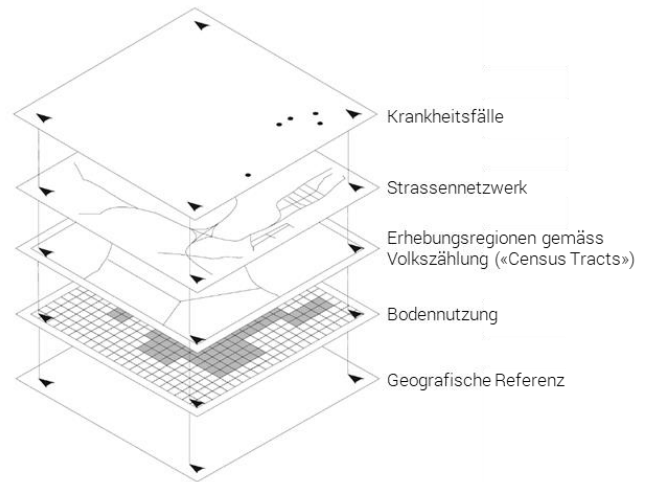
GIS sind computerbasierte Tools zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation räumlicher Daten. Räumliche Daten (engl.: «geographic», «spatial» oder «geospatial data») umfassen grundsätzlich alles, was lokalisiert bzw. auf einer Karte dargestellt werden kann. Mit GIS können komplexe, räumliche Fragestellungen untersucht werden, indem verschiedene Schichten (engl.: «Layers») von Daten anhand ihrer geografischen Attribute kombiniert werden. In Abbildung G 2.3 ist die Funktionsweise von GIS schematisch dargestellt. Anhand von räumlichen Information – in der Regel XY-Koordination – werden verschiedene Daten-Layers aus unterschiedlichen Datenquellen verknüpft. Aus der Verknüpfung dieser Daten können weiterführende Analysen und Visualisierungen generiert und so neue Informationen gewonnen werden. GIS umfassen dabei sowohl die Software als auch die Hardware sowie die Daten, die für eine entsprechende Analyse notwendig sind.

Häufig werden GIS vor allem mit der Visualisierung räumlicher Daten in Form von Karten assoziiert, die Anwendungsbereiche von GIS gehen allerdings weit darüber hinaus (vgl. Patel & Waters, 2012; Cromley & Lafferty, 2012). In der Versorgungsforschung, Epidemiologie und der Versorgungsplanung lassen sich insbesondere folgende Anwendungsbereiche von GIS ausmachen:

- Identifikation von Häufungen von Krankheitsfällen sowie der dafür verantwortlichen Ursachen (vgl. u.a. Murray et al., 2009; Srivastava et al., 2009);
- Analyse der Zugänglichkeit von Versorgungsstrukturen und der regionalen Abdeckung durch Versorgungsstrukturen (vgl. FCA-Methoden in Kapitel 3 oder z.B. Cinnamon et al., 2009; Schuurman et al., 2008);
- Optimierung von Versorgungsstrukturen beispielsweise durch Standortoptimierungen (vgl. u.a. Senf et al., 2011; Ong et al., 2009; Peleg & Pliskin, 2004);
- Analyse regionaler Unterschiede in der Inanspruchnahme von Versorgungsleistungen und in deren Outcomes (vgl. u.a. Panczak et al., 2016; Berlin et al., 2014; Klauss et al., 2005; Widmer et al., 2009)

Es existieren weitere Anwendungsbereiche von GIS, welche zwar die Gesundheit, allerdings nicht die Versorgungsforschung oder Epidemiologie betreffen. Beispielsweise sind dies Untersuchungen zum Einfluss der Umgebung auf das individuelle Gesundheitsverhalten (vgl. u.a. Gordon-Larsen et al. 2006), Analysen zu den Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung von

G 2.3 Konzeptualisierung von GIS



Quelle: Cromley & McLafferty (2012, S.18)

© Obsan 2019

Krankheitserregern oder Studien zu den Auswirkungen von Schadstoffemissionen auf die Gesundheit der Bevölkerung (vgl. dazu u.a. Bunnell et al., 2005).

2.4 Distanzmessung mit GIS

Wie bereits erwähnt, bezeichnet die Erreichbarkeit eine von zwei Dimensionen der räumlichen Zugänglichkeit. Erreichbarkeit wird in aller Regel anhand der Distanz zwischen zwei räumlich definierten Punkten beschrieben. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, Distanzen zu messen. Distanzmasse werden auch als Metriken bezeichnet. Damit allerdings von einer Metrik im mathematischen Sinne gesprochen werden kann, müssen die folgenden drei Bedingungen erfüllt sein:

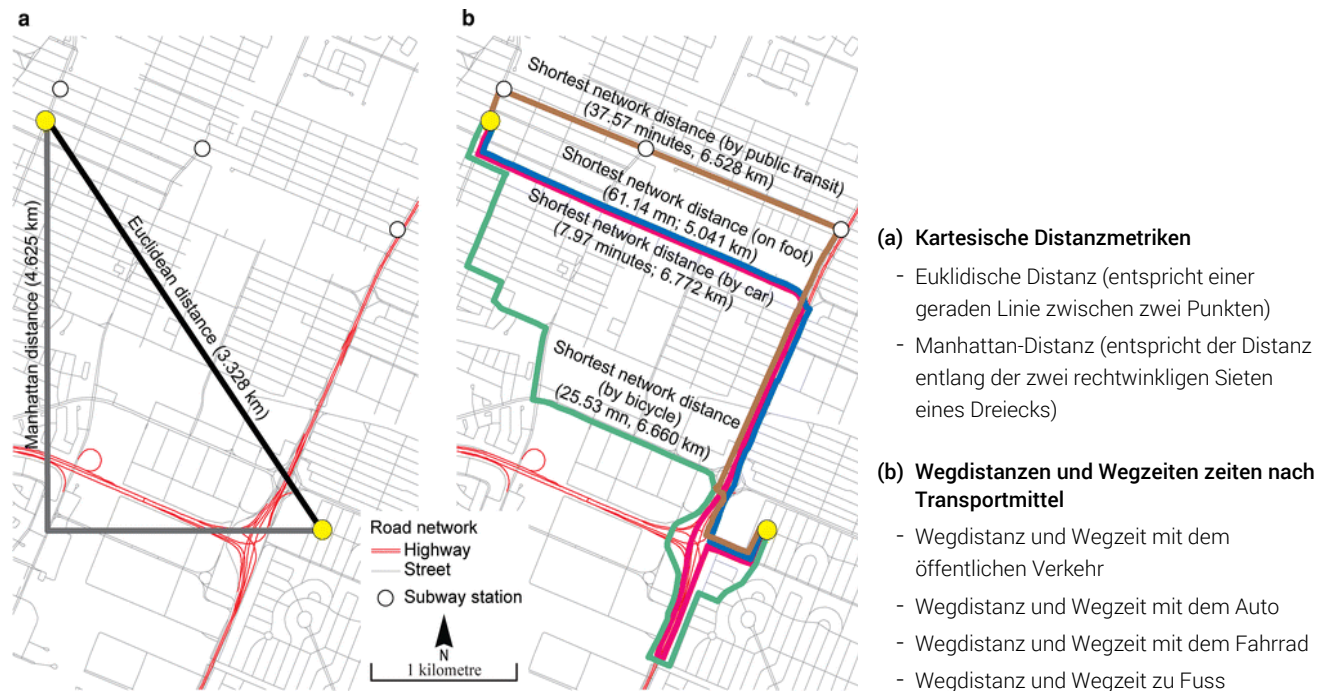
- positive Definiertheit: $d(x, y) \geq 0$ und $d(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$,
- Symmetrie: $d(x, y) = d(y, x)$,¹
- Dreiecksungleichung $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$.

Die wohl simpelste Metrik ist der euklidische Abstand bzw. die euklidische Distanz. Die euklidische Distanz beschreibt die direkte Verbindung zwischen zwei Punkten, häufig auch als «Luftlinie» bezeichnet (vgl. auch Abbildung G 2.4a). Ein weiteres Mass zur Bestimmung von Entfernungen ist die Manhattan-Distanz. Ihr Name kommt von der Schachbrettmuster-artigen Anlage der Gebäudeblöcke Mannhattans, weil mitunter anhand der Karte von Manhattan gezeigt werden kann, dass die Luftlinie bzw. die euklidische Distanz in vielen Fällen nicht geeignet ist, um die effektive Distanz mit Rücksicht auf die verfügbaren Verkehrsnetze anzugeben. Die

Punkten abweichen, da zum Beispiel die Verkehrsbelastung je nach Fahrtrichtung unterschiedlich ist. Der Einfachheit halber wird nachfolgend trotzdem der Begriff Metrik verwendet, wenn von Distanzmassen die Rede ist.

¹ Streng genommen handelt es sich bei Wegzeiten um Quasimetriken, da die Anforderung bzgl. Symmetrie nicht zwingend erfüllt ist. Je nach Fahrtrichtung kann die ermittelte Distanz zwischen zwei

G 2.4 Unterschiedliche Arten der Distanzmessung



Quelle: Apparicio et al. (2017, S.7)

© Obsan 2019

Manhattan-Distanz folgt derselben Logik wie die Fahrt mit einem Taxi in Manhattan: Das Taxi fährt zum Beispiel zwei Blocks nach Norden und anschliessend drei Blocks nach Osten. Es sind also nur Fahrten entlang der vier Haupthimmelsrichtungen möglich, eine diagonale Fortbewegung durch die «Häuserblocks» ist gemäss der Manhattan-Distanz nicht vorgesehen. Im Endeffekt entspricht die Manhattan-Distanz in einem zweidimensionalen Raum der Summe aus den beiden Schenkeln eines rechtwinkligen Dreiecks (vgl. auch Abbildung G 2.4a).

Sowohl die euklidische wie auch die Manhattan-Distanz können alleine anhand der Koordinaten von zwei Punkten innerhalb eines kartesischen Koordinatensystems ermittelt werden. Sie werden deshalb auch als kartesische Distanzen bezeichnet (vgl. u.a. Apparicio et al., 2017). Etwas komplexer ist die Bestimmung von Wegdistanzen bzw. Wegzeiten (engl. «shortest network time distances»). Wie die englische Bezeichnung verrät, geht es hierbei darum, den kürzesten Weg ausgehend von einem bestimmten Netzwerk zu ermitteln. In der Regel verwendet man als Masseinheit nicht die Wegdistanz, sondern die Wegzeit, also die Zeit, die man benötigt, um den betreffenden Weg zurückzulegen. Das relevante Netzwerk ist abhängig vom gewählten Transportmodus. Denkbare Transportmodi sind beispielsweise der öffentliche Verkehr oder der motorisierte Privatverkehr. Entsprechend ist – je nach Wahl des Transportmodus – ein anderes Netzwerk massgebend (öffentliches Verkehrsnetz vs. Strassennetz). Mithilfe von Daten

zum relevanten Verkehrsnetz (z.B. ausgeschilderte Tempi, Einbahnstrassen, Befahrbarkeit der Strassen, durchschnittliche Verkehrsbelastung) sowie ausgehend von zwei geolokalisierten Punkten kann die Wegzeit zwischen diesen Punkten berechnet werden (vgl. auch Abbildung G 2.4b). Während die Berechnung von kartesischen Distanzen problemlos ohne spezialisierte Tools möglich ist, müssen für die Wegzeiten verschiedene Datenebenen berücksichtigt werden. Hierzu bieten GIS geeignete Werkzeuge. In der Fallstudie in Kapitel 4 des vorliegenden Berichts wurde konkret der ESRI World Routing Service von ArcGIS verwendet, um die Distanzen zwischen den Versorgungsangeboten und der Wohnbevölkerung zu messen.²

Um die Zweckmässigkeit der verschiedenen Möglichkeiten zur Distanzmessung im Kontext der Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsangeboten zu beurteilen, haben Apparicio et al. (2017) verschiedene Metriken am Beispiel der Region Montreal untersucht. Nebst der euklidischen und der Manhattan-Distanz berücksichtigten sie dabei die Wegzeiten mit dem Auto, dem öffentlichen Verkehr, zu Fuss und mit dem Fahrrad. Anhand der lokalen und globalen Korrelationen zwischen den unterschiedlichen Methoden zur Distanzmessung kommen Apparicio et al. (2017, S.13-16) zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Mit Ausnahme der Wegzeit mit dem öffentlichen Verkehr weisen alle Distanzmetriken eine sehr hohe Korrelation auf (Korrelationskoeffizient > 0.90).

² ArcGIS ist der Oberbegriff für verschiedene Geoinformationssystem-Softwareprodukte des Unternehmens ESRI. ESRI steht für

«Environmental Systems Research Institute» und ist der Name eines Softwareherstellers von Geoinformationssystemen (vgl. www.esri.com).

- Innerhalb der Wegzeiten ist die Korrelation zwischen den Wegzeiten mit dem Auto, zu Fuss und mit dem Fahrrad sogar noch ausgeprägter (Korrelationskoeffizient > 0.95). Hingegen fällt die Korrelation der Wegzeit mit dem öffentlichen Verkehr mit den Wegzeiten anhand der übrigen Transportmodi deutlich geringer aus (Korrelationskoeffizient zwischen 0.76 bis 0.82). Dies erklärt sich durch die Tatsache, dass die Anbindung ans öffentliche Verkehrsnetz deutlich ungleicher verteilt ist, als es für die übrigen Transportmodi der Fall ist.
- Die kartesischen Distanzen weisen vor allem in suburbanen Regionen wesentliche Abweichungen zu den Wegzeiten auf. Dies gilt insbesondere, wenn die verfügbaren Verkehrswege massgeblich durch Hindernisse eingeschränkt sind, welche die Verbindung zwischen zwei Punkten erschweren. Dazu gehören Flüsse, die nur an bestimmten Stellen – namentlich bei Brücken – überquert werden können, oder Gebirge, welche Umwege im Strassennetz bedingen. Solche Hindernisse werden durch kartesische Distanzen ignoriert, wodurch deren Validität massgeblich eingeschränkt ist – gerade wenn siedlungstechnisch und topografisch heterogene Regionen analysiert werden sollen.

Für die Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung in der Schweiz in Kapitel 4 des vorliegenden Berichts und für gesamtschweizerische Zugänglichkeitsanalysen im Allgemeinen lässt sich aus den Schlussfolgerungen von Apparicio et al. (2017) ableiten, dass die Validität der Wegzeit mit dem motorisierten Individualverkehr grundsätzlich den übrigen Varianten der Distanzmessung überlegen ist. Dies lässt sich wie folgt begründen:

Erstens ist die räumliche Struktur der Schweiz massgeblich geprägt durch die topografischen Unterschiede in den drei geologischen Grossregionen: den Alpen, dem Jura und dem Mittelland. Aus der ungleichen Topografie dieser Regionen resultieren grosse Unterschiede hinsichtlich der Verkehrsnetze, wodurch wiederum die effektiven Distanzen zwischen Versorgungsstandorten (z.B. Hausarztpraxis oder Spital) und den potenziellen Nachfragern (Patientinnen und Patienten bzw. Wohnbevölkerung) in wesentlichem Masse bestimmt werden. Kartesische Distanzen bilden weder topografische Hindernisse noch die Unterschiede hinsichtlich der verfügbaren Verkehrsnetze ab. Wenn also die Zugänglichkeit von Versorgungsstrukturen für die Schweiz insgesamt analysiert und verglichen werden soll, empfiehlt es sich, Wegzeiten zu verwenden. Zwar ist die Berechnung von Wegzeiten deutlich aufwändiger als dies bei kartesischen Distanzen der Fall ist, mit Rücksicht auf die heutzutage verfügbaren Rechenkapazitäten und GIS-Werkzeuge stellt dies allerdings keinen massgeblichen Hinderungsgrund dar.

Zweitens, wenn neben urbanen bzw. dicht besiedelten Regionen auch dünn besiedelte bzw. abgelegene Regionen analysiert werden sollen, sind Wegzeiten mit dem Fahrrad oder zu Fuss schlecht geeignet, da sie das tatsächliche Mobilitätsverhalten der Bevölkerung in abgelegenen Regionen schlecht abbilden würden. Es ist eher unwahrscheinlich, dass Patientinnen und Patienten in Bergtälern zu Fuss den Arzt aufsuchen, der zwei Dörfer weiter im

Tal seine Praxis hat, zumal die Mobilität zu Fuss im Krankheitsfall tendenziell eingeschränkt ist.

Drittens zeigt die Studie von Apparicio et al. (2017) für die Region Montreal, dass vor allem die Ergebnisse in Anlehnung an die öffentlichen Verkehrsmittel zu deutlich abweichenden Ergebnissen führen können. Dies ist bedingt durch die Tatsache, dass die Anbindung ans öffentliche Verkehrsnetz deutlich ungleicher verteilt ist, als dies beispielsweise für den Strassenverkehr der Fall ist. Das gilt auch in der Schweiz, auch wenn das öffentliche Verkehrsnetz vergleichsweise sehr gut ausgebaut ist. Es ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Wohnbevölkerung an einem bestimmten Standort grundsätzlich das für sie zweckmässigste Transportmittel wählt. Würde man die Wegzeit mit dem öffentlichen Verkehr als alleiniges Distanzmass verwenden, so würde die Erreichbarkeit in schlecht angebundenen Regionen unterschätzt, gerade weil diese Personen sehr wahrscheinlich nicht den öffentlichen Verkehr für einen Arztbesuch verwenden würden. Aufgrund der homogenen Anbindung ans Strassennetz bietet die Wegzeit mit dem motorisierten Individualverkehr somit das wesentlich validere Distanzmass. Es ist denn auch so, dass sich in der Forschung die Fahrzeit mit dem Privatverkehr als Distanzmetrik mehrheitlich durchgesetzt hat (Haynes et al., 2006).

Es bleibt allerdings festzuhalten, dass sich daraus nicht schliessen lässt, dass die Fahrzeit mit dem Privatverkehr für sämtliche Analysen der räumlichen Zugänglichkeit als Gold-Standard zu betrachten ist. Vielmehr ist dies von der konkreten Fragestellung abhängig. So kann die Fahrzeit mit dem Privatverkehr ein suboptimales Distanzmass darstellen, wenn man beispielsweise die Zugänglichkeit von Versorgungsangeboten in Entwicklungsländern untersuchen will, in denen breite Bevölkerungsgruppen keinen Zugang zum motorisierten Privatverkehr haben (vgl. u.a. Huerta Munoz & Källestål 2012). Je nach Fragestellungen kann es auch sinnvoll sein, mehrere Transportmittel zu berücksichtigen, beispielsweise bei extrem zeitkritischen Versorgungsszenarien wie beispielsweise Herzkathetereingriffen bei Myokardinfarkten, in denen sinnvollerweise zusätzlich die Transportzeiten mittels Flugrettung miteinbezogen werden (vgl. u.a. Patel et al. 2007). Auch wenn die Zugänglichkeit für bestimmte Bevölkerungsgruppen untersucht wird, ist der motorisierte Individualverkehr (alleine) nicht immer die beste Annäherung, so zum Beispiel, wenn der Versorgungszugang spezifisch für ältere Bevölkerungsgruppen analysiert wird (vgl. u.a. Tao & Cheng 2018).

3 Floating-Catchment-Area-Methoden (FCA)

Wie bereits im vorangehenden Kapitel erwähnt, startete ab Anfang dieses Jahrtausends eine intensive Auseinandersetzung der Forschung mit der Operationalisierung der Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsangeboten (vgl. v.a. Abbildung G 2.1). Unter Zuhilfenahme der Möglichkeiten von GIS-Werkzeugen zielten diese Forschungsansätze darauf ab, den Problemen klassischer Indikatoren gemäss Kapitel 2.2 zu begegnen. Ein Grossteil dieser Forschungsaktivitäten bzw. der daraus resultierenden Methoden können der Familie der sogenannten FCA-Methoden (FCA, Floating-Catchment-Area) zugeordnet werden. Analog zu den Angebots-Einwohner-Relationen wird bei den FCA-Methoden ebenfalls das Verhältnis zwischen Angebot und (potenzieller) Nachfrage berechnet. Allerdings geschieht dies nicht innerhalb fixer Analyseregionen, sondern anhand von flexiblen Einzugsgebieten, die jeweils für jede Analyseregion separat bestimmt werden (daher auch der Name «Floating Catchment» also «schwebendes Einzugsgebiet»). Dadurch wird sichergestellt, dass alle Versorgungsangebote innerhalb eines bestimmten Radius – und nicht nur jene, die sich innerhalb bestimmter administrativer Grenzen befinden – berücksichtigt werden.

Den Grundstein bildete die *Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode* (2SFCA) von Luo & Wang (2003). Nachfolgend wird jeweils von «dem 2SFCA» mit Verweis auf den Index oder «der 2SFCA-Methode» gesprochen. Ausgehend von der 2SFCA-Methode entstand eine Vielzahl von Weiterentwicklungen und Modifikationen, die im Kern alle der FCA-Familie zugeordnet werden können. Die FCA-Methoden stützen sich theoretisch auf die Grundlagen ökonomischer Gravitationsmodelle (Weibull, 1973; vgl. auch Delamater, 2013). Die Grundidee der FCA-Methoden ist es:

- (i) das relevante Angebot sowie die Nachfrage zu definieren und zu operationalisieren;
- (ii) das Verhältnis von Angebot und Nachfrage zu quantifizieren (Verfügbarkeit);
- (iii) die räumliche Beziehung zwischen Angebot und Nachfrage (Erreichbarkeit) über die Distanz und unabhängig von administrativen Grenzen zu operationalisieren (Salze et al., 2011).

Daraus kann schliesslich ein Indikator für die Zugänglichkeit ermittelt werden, der umso höher ist:

- je mehr Versorgungsangebote zur Verfügung stehen,
- je grösser deren Kapazitäten sind,
- je geringer die Nachfrage ist und
- je näher bzw. besser erreichbar die Angebote sind.

Im nachfolgenden Abschnitt wird zuerst die 2SFCA-Methode als „Ur-Methode“ vorgestellt. Anschliessend werden diverse Erweiterungen und Weiterentwicklungen der 2SFCA-Methode präsentiert und diskutiert. In Abschnitt 3.3 wird schliesslich die MH3SFCA-Methode hergeleitet und anhand von simulierten Versorgungssystemen mit den übrigen Methoden verglichen.

B 1 Zwischenfazit pro Unterkapitel

Das vorliegende Kapitel gibt einen vertieften methodischen Einblick und richtet sich dementsprechend an eine methodisch-theoretisch interessierte Leserschaft. Für die eiligen Leserinnen und Leser findet sich jeweils am Ende der Unterkapitel ein kurzes Zwischenfazit zu den einzelnen Methoden, welches deren wesentliche Eigenschaften zusammenfasst (siehe jeweils die blaue Box).

3.1 Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (2SFCA)

Die 2SFCA-Methode bildet den Ursprung der Familie der FCA-Methoden und gründet auf den Arbeiten von Luo und Wang (Luo & Wang, 2003; Luo, 2004; Wang & Luo, 2005). Wie der Name bereits sagt, wird dabei ein Zugänglichkeitsindex über ein zweistufiges Verfahren berechnet.³

Im *ersten Schritt* der 2SFCA-Methode wird das Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j berechnet (vgl. Schritt 1 in Formel F 1). Am einfachsten stellt man sich das Vorgehen wie folgt vor (vgl. dazu auch schematische Darstellung zu Formel F 1). Für jeden Standort eines Versorgungsangebots j wird ein Radius für die

³ Die Notation der Formeln im vorliegenden Bericht orientiert sich grundsätzlich an der Publikation von Vo et al. (2015), welche eine

sehr hilfreiche Übersicht der FCA-Methoden enthält. Zusätzlich wird für den Zugänglichkeitsindex die Abkürzung *SPAI* (Spatial Ac-

Fahrzeit von 30 Minuten (d_{max}) generiert. Anschliessend werden die Populationspunkte i eruiert, die innerhalb dieses Radius liegen, d.h. für die gilt, dass die Distanz d_{ij} kleiner oder gleich d_{max} ist. Für alle Bevölkerungspunkte i , die innerhalb dieses Radius liegen, wird die dort wohnhafte Bevölkerung P_i aufsummiert ($\sum P_i$). Diese Summe wird schliesslich ins Verhältnis gesetzt mit der Kapazität S_j des Versorgungsangebots j (z.B. Anzahl Betten in einem Spital oder Stellenprozent einer Hausarztpraxis). So erhält man schliesslich das Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j für den Standort j .

Im zweiten Schritt der 2SFCA-Methode wird für jede Population i ein Zugänglichkeitsscore berechnet (vgl. Schritt 2 in Formel F 1). Dazu wird – analog zum ersten Schritt – auch für jeden Bevölkerungspunkt ein 30-Minuten-Radius berechnet. Für alle Versorgungsangebote j innerhalb dieses Radius werden anschliessend die zuvor berechneten Angebots-Nachfrage-Verhältnisse R_j summiert. Daraus resultiert pro Bevölkerungspunkt i ein Index für die Zugänglichkeit (SPA_i , Spatial Accessibility Index).

Wie eben gesehen, wird im zweiten Schritt des 2SFCA der Zugänglichkeitsindex einer Population i anhand der Angebote, die in erreichbarer Distanz liegen, berechnet. Zuvor wird im ersten Schritt des 2SFCA allerdings ermittelt, wie viele Populationen durch ein bestimmtes Angebot j versorgt bzw. erreicht werden. Dadurch wird berücksichtigt, in welchem Ausmass die Ressourcen eines Angebots j für eine bestimmte Population i zur Verfügung stehen bzw. inwiefern diese Kapazitäten auch durch andere Populationen beansprucht werden. Damit adjustiert der 2SFCA für die Nachfragekonkurrenz bzw. für die Rivalität im Konsum.⁴ Die Rivalität im Konsum beschreibt die Eigenschaft bestimmter Güter, dass diese nicht oder nur beschränkt gleichzeitig genutzt werden können, eine Eigenschaft, die grundsätzlich auch auf medizinische Versorgungsangebote zutrifft.

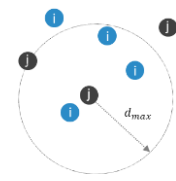
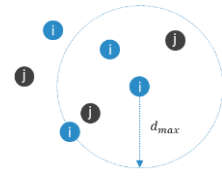
Bei der 2SFCA-Methode wird der Radius für jedes Versorgungsangebot bzw. für jeden Bevölkerungspunkt separat berechnet. Administrative Grenzen werden dabei ignoriert. Damit begegnet die 2SFCA-Methode dem Problem fixer regionaler Analyseeinheiten, welches bei klassischen Angebots-Einwohner-Relationen immanent ist (vgl. dazu Abschnitt 2.2).

Zur Lokalisierung der Versorgungsangebote werden in der Regel die exakten Adressen verwendet und mittels GIS georeferenziert. Im Gegensatz zu den Angebotsstandorten stehen für die Populationen in der Regel keine Angaben auf Ebene einzelner Wohnsitzadressen zur Verfügung. In der Forschungsliteratur wird deshalb für die Populationspunkte meist auf Erhebungsregionen ge-

cessibility Index) gemäss Wan et al. (2012) verwendet. In den Schemata zu den Formeln (vgl. u.a. Formel F 1) sind die Einzugsgebiete als kreisrunde Radien dargestellt, was euklidischen Distanzen entsprechen würde. Tatsächlich basieren die hier präsentierten Methoden in der Regel auf Wegzeiten, sind aber grundsätzlich auf alle Arten berechneter Distanzen (also auch auf euklidische Distanzen oder Manhattan-Distanzen) anwendbar. Da die Schemata als simplifizierte Visualisierung der jeweiligen Methoden dienen, wurden der Einfachheit halber kreisrunde Einzugsgebiete dargestellt.

⁴ Man unterscheidet rivale Güter und nicht-rivale Güter. Rivale Güter zeichnen sich dadurch aus, dass der Konsum eines Gutes durch

F 1 2SFCA - Berechnungsformel

Schritt 1	$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} P_i}$ 
Schritt 2	$SPA_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} R_j$ 

R_j = Angebots-Nachfrage-Verhältnis

S_j = Versorgungskapazität von Angebot j

P_i = Population am Standort i

d_{ij} = Distanz zwischen i und j

d_{max} = maximaler Radius/maximales Einzugsgebiet

SPA_i = Zugänglichkeitsindex am Populationsstandort i (Spatial Accessibility Index)

Quelle: Luo & Wang, 2003; Luo, 2004; Wang & Luo, 2005

© Obsan 2019

mäss den jeweiligen nationalen Volkszählungen verwiesen (sogenannte «census tracts»), wobei für die Berechnung der Distanzen die Bevölkerungsmittelpunkte dieser *census tracts* verwendet werden. Die Bevölkerungsmittelpunkte bezeichnen das geografische Zentrum einer Region, wenn für die Bevölkerungsverteilung gewichtet wird (vgl. u.a. Polzin 2014, S.37-38). Anders als andere Länder, wie zum Beispiel die Vereinigten Staaten, existieren in der Schweiz keine solchen Erhebungsregionen (vgl. Mohler-Kuo et al. 2011).

Da für die Berechnung einer Distanz stets ein Punkt definiert werden muss, sollte dieser Punkt möglichst repräsentativ für die räumliche Fläche sein. Je kleiner die Fläche dieser regionalen Einheit ist, desto grösser die Wahrscheinlichkeit, dass der ausgewählte Punkt im geografischen Sinne repräsentativ ist. Folglich kann in Bezug auf die Wahl der Analyseeinheiten festgehalten werden: je kleinräumiger, desto besser. Dementsprechend werden für die Fallstudie in Kapitel 4 im vorliegenden Bericht Populationsdaten auf Hektarebene (100m x 100m) verwendet. Es ist dies die kleinste räumliche Einheit, in welcher für die Schweiz systematische Informationen zur Verteilung der Wohnbevölkerung verfügbar sind. Somit stellen Populationsdaten auf Hektarebene die grösstmögliche Auflösung hinsichtlich der Nachfrageseite sicher und ermöglichen ausserdem, dass auch die Zugänglichkeit pro

einen Konsumenten den gleichzeitigen Konsum desselben Gutes durch einen anderen Konsumenten be- oder verhindert. Umgekehrt wird der Konsum eines Gutes bei nicht-rivalen Gütern nicht dadurch beeinflusst, ob andere das Gut gleichzeitig konsumieren. Typische nicht-rivale Güter sind z.B. Fernsehen (wenn im Nachbarhaus ferngesehen wird, verschlechtert sich der eigene Empfang dadurch nicht) oder Atmen. Allerdings ist die Rivalität bzw. Nichtrivalität auch situationsabhängig: Schaut man sich in der Eckkneipe ein Fußballspiel im Pay-TV an, so wird der Konsum des Einzelnen mit jedem weiteren Kneipengast eingeschränkt. Ebenso erhöht sich die Konsumrivalität beim Atmen in einem stecken gebliebenen Fahrstuhl erheblich (vgl. dazu auch Liebe, 2007).

Hektare berechnet werden kann. Für eine erleichterte Interpretation ist aber eine Aggregation der Zugänglichkeitsindizes in grösseren regionalen Einheiten stets möglich. So können die Ergebnisse einer Zugänglichkeitsanalyse beispielsweise auf Ebene von Gemeinden oder Bezirken aggregiert und interpretiert werden (vgl. Polzin 2014). Es besteht also ein wesentlicher Unterschied zwischen der Analyseeinheit (regionale Ebene, auf der die Berechnung des Zugänglichkeitsindex erfolgt) und der regionalen Einheit, auf der die Ergebnisse (z.B. Beispiel als Karte) präsentiert werden. Für die Präzision und Validität eines Zugänglichkeitsindex ist vor allem die Wahl der Analyseeinheit entscheidend.

B 2 Zwischenfazit 2SFCA

Im Gegensatz zu «einfachen Angebots-Einwohner-Relationen» misst der 2SFCA die räumliche Zugänglichkeit von Versorgungsstrukturen in Abhängigkeit von flexiblen Einzugsgebieten und somit unabhängig von administrativen Grenzen. Zur Herleitung dieser Einzugsgebiete anhand der effektiven Fahrdistanz werden Geografische Informationssysteme (GIS) verwendet.

3.2 Erweiterungen und Weiterentwicklungen der 2SFCA-Methode

Die 2SFCA-Methode überwindet grundsätzliche Probleme klassischer Indikatoren. Anstelle fixer Analyseregionen verwendet der 2SFCA flexible Einzugsgebiete («Floating Catchments»). Ausserdem integriert der 2SFCA sowohl Aspekte der Erreichbarkeit als auch Aspekte der Verfügbarkeit. Die Erreichbarkeit wird über die Distanz berücksichtigt und zwar ohne Einschränkung auf Gemeindegrenzen oder andere administrative Einheiten. Die Verfügbarkeit wird einbezogen, indem sowohl die Anzahl der erreichbaren Angebote und deren Kapazität als auch die Zahl der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer in die Berechnung des 2SFCA einfließen. Nebst diesen Vorzügen sind der 2SFCA-Methode allerdings auch einige Probleme inhärent, die den Ausgangspunkt für eine Vielzahl von Weiterentwicklungen der ursprünglichen Methode bildeten. Tabelle T 3.1 gibt einen Überblick über die wesentlichen Weiterentwicklungen und Erweiterungen der 2SFCA-Methode.

Nicht alle Methoden werden nachfolgend ausführlich diskutiert. Einige Methoden (KD2SFCA, V2SFCA, EV2SFCA, EKD2SFCA, EKD4SFCA, iFCA), setzen die Operationalisierung der Distanzen auf einer kontinuierlichen Skala voraus. Damit ist gemeint, dass sämtliche Distanzen für alle Angebote und Populationspunkte separat gemessen werden, insofern die Distanz kleiner als der maximale Radius ist. Dazu gehören insbesondere jene Methoden, die variable Einzugsgebiete berechnen (V2SFCA, EV2SFCA, iFCA). Für die vorliegende Studie wird von einer Distanzmessung anhand von Subzonen ausgegangen (vgl. dazu Kapitel 4.2.2), weshalb die eben genannten Methoden an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden.

Andere Methoden stellen Erweiterungen dar, die grundsätzlich unabhängig vom zugrundeliegenden Basismodell integriert werden können (Optimized 2SFCA, Multi-Transportation-Mode

T 3.1 Übersicht Weiterentwicklungen 2SFCA

Bezeichnung	Quelle
E2SFCA – Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Luo & Qi (2009)
Optimized 2SFCA	Ngui & Apparicio (2011)
KD2SFCA – Kernel-Density-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Dai & Wang (2011)
3SFCA – Three-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Wan et al. (2012)
V2SFCA – Variable-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Luo & Whippo (2012), McGrail & Humphreys (2014)
EKD2SFCA – Extended-Kernel-Density-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Polzin et al. (2014)
EKD4SFCA – Extended-Kernel-Density-Four-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Polzin (2014)
EV2SFCA – Enhanced-Variable-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Ni et al. (2015)
Multi-Transportation-Mode 2SFCA – Multi-Transportation-Mode-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Mao & Nekorchuk (2013)
M2SFCA – Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Delamater (2013)
E3SFCA – Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Luo (2014, 2016)
CB2SFCA – Commuter-Based-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Fransen et al. (2015)
iFCA – integrated Floating-Catchment-Area-Method	Bauer & Groneberg (2016)

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

2SFCA, CB2SFCA). Da in der vorliegenden Studie vorerst ein Basismodell hergeleitet werden soll, werden diese Erweiterungen zunächst nicht berücksichtigt. Im Ausblick (vgl. Kapitel 5) werden diese Erweiterungen allerdings einbezogen und deren Potenzial für konkrete Aspekte und Anwendungskontexte dargelegt.

Demnach bleiben folgende Methoden, die in den anschließenden Unterkapiteln ausführlich diskutiert werden (zu den übrigen Methoden gemäss Tabelle T 3.1 findet sich ein kurzer Beschrieb im Anhang 1):

- 2SFCA: Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (Luo & Wang, 2003; Luo, 2004; Wang & Luo, 2005);
- E2SFCA: Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (Luo & Qi, 2009);
- 3SFCA: Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (Wan et al., 2012);
- E3SFCA: Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (Luo, 2014; 2016);
- M2SFCA: Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (Delamater, 2013).

3.2.1 Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (E2SFCA)

Eine der hauptsächlichen Limitationen der 2SFCA-Methode liegt in ihrer dichotomen Operationalisierung von Distanz. Alle Versorgungsangebote innerhalb des definierten Radius (d_{max}) gelten als erreichbar, und zwar als gleich erreichbar (Luo & Qi, 2009; McGrail & Humphreys, 2009; Wang, 2012). Dazu ein Beispiel: Angenommen, der maximale Radius beläuft sich auf 30 Minuten, d.h. in beiden Schritten wird jeweils ein Einzugsgebiet von bis zu 30 Fahrminuten analysiert. Im beschriebenen Fall unterscheidet der 2SFCA nicht, ob ein Versorgungsangebot 15 Minuten oder 25 Minuten entfernt ist. Solange es innerhalb des maximalen Radius liegt, gilt es als erreichbar. Wenn das Versorgungsangebot ausserhalb dieses Radius liegt, gilt es als nicht erreichbar. Einer Population, für die drei Angebote mit einer Entfernung von jeweils 5 Minuten erreichbar sind, würde demnach gemäss 2SFCA dieselbe Zugänglichkeit zugeschrieben wie einer Population, welche ebenso 3 Angebote allerdings mit einer Distanz von je 30 Minuten erreicht.

Gestützt auf die Ansätze von Guagliardo (2004) und Alford et al. (2008), formulierten Luo & Qi (2009) mit der *Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode* (E2SFCA) eine Weiterentwicklung der ursprünglichen 2SFCA-Methode, welche dieser Problematik mit der Unterteilung des maximalen Radius in drei Subzonen begegnet. Wie bei der ursprünglichen 2SFCA-Methode wird auch beim E2SFCA ein Zugänglichkeitsindex anhand eines zweistufigen Verfahrens ermittelt.

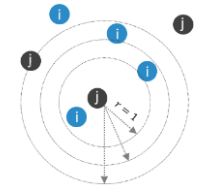
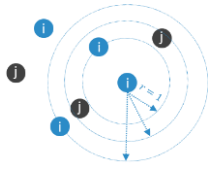
In Schritt 1 gemäss Formel F 2 wird zuerst für jedes Versorgungsangebot j ein Radius für die Fahrzeit von 30 Minuten (d_{max}) generiert. Dieser maximale Radius wird anschliessend unterteilt in drei Subzonen ($r = 1, 2, 3$): 0-10, 10-20 und 20-30 Minuten. Anhand dieser Subzonen wird schliesslich ein gewichtetes Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j berechnet, wobei für jede Subzone r ein entsprechendes Gewicht W_r festgelegt wird. Schritt 1 gemäss Formel F 2 kann demnach auch wie folgt ausgeschrieben werden:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \in r=1\}} P_i W_1 + \sum_{i \in \{d_{ij} \in r=2\}} P_i W_2 + \sum_{i \in \{d_{ij} \in r=3\}} P_i W_3}$$

Zur Bestimmung der Gewichte wird eine sogenannte Distanzgewichtungsfunktion («distance decay function») verwendet (vgl. auch Infobox B 4). Anhand der Distanzgewichtungsfunktion wird bestimmt, in welchem Ausmass die Zugänglichkeit geringer wird, wenn sich die Distanz zwischen Population und Versorgungsangebot beispielsweise um fünf Minuten erhöht. Die Distanzgewichte widerspiegeln somit den «Reibungswiderstand», der durch Distanz entsteht und stützen sich auf Tobler's erstes Gesetz der Geographie, wonach «everything is related to everything else, but near things are more related than distant things» (Tobler 1970 in Abler 1992, S. 155). Grundsätzlich gilt also: Je grösser die Distanz, desto kleiner das Distanzgewicht.

Zur Herleitung der Distanzgewichte W_r gehen Luo & Qi (2009) von einer Gaussschen Gewichtungsfunktion aus (vgl. auch Grafik 1a in G 3.3), wobei durch die Diskretisierung der Distanz in drei Subzonen de facto eine Treppenfunktion, basierend auf einer

F 2 E2SFCA – Berechnungsformel

Schritt 1	$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} P_i W_r}$ 
Schritt 2	$SPA_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} R_j W_r$ 
R_j = Angebots-Nachfrage-Verhältnis S_j = Versorgungskapazität von Angebot j P_i = Population am Standort i d_{ij} = Distanz zwischen i und j d_{max} = maximaler Radius/maximales Einzugsgebiet W_r = Distanzgewicht Subzone r ($r = 1-3$) SPA_i = Zugänglichkeitsindex am Populationsstandort i (Spatial Accessibility Index)	
Quelle: Luo & Qi (2009) © Obsan 2019	

Gaussschen Normalverteilung, zur Anwendung kommt (vgl. auch Grafik 2a in G 3.3).

Im zweiten Schritt des E2SFCA wird der Zugänglichkeitsindex (SPA_i) pro Populationsstandort i ermittelt, indem die Angebots-Nachfrage-Verhältnisse R_j aller erreichbaren Standorte j aufsummiert werden. Analog wie im ersten Schritt des E2SFCA erfolgt dabei eine Gewichtung (W_r) mit Bezug auf die Subzone r , in der sich das Versorgungsangebot j aus Sicht des Populationsstandorts i befindet. Demgemäss kann auch die Formel gemäss Schritt 2 in F 2 wie folgt ausgeschrieben werden:

$$SPA_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \in r=1\}} R_j W_1 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in r=2\}} R_j W_2 + \sum_{j \in \{d_{ij} \in r=3\}} R_j W_3$$

Mit der Differenzierung nach Subzonen präzisiert der E2SFCA den Einfluss der Distanz gegenüber dem dichotomen Distanzkonzept, welches dem 2SFCA zugrunde liegt. Näher gelegene Versorgungsangebote erhalten im E2SFCA ein höheres Gewicht und führen so zu einem höheren Zugänglichkeitsindex als weiter entfernt liegende Versorgungsangebote.

B 3 Zwischenfazit E2SFCA

Der E2SFCA ergänzt den 2SFCA mit der Unterscheidung mehrerer Subzonen innerhalb des maximalen Einzugsgebiets. Der E2SFCA bildet dadurch den Zusammenhang zwischen Distanz und Zugänglichkeit realistischer ab. Gemäss E2SFCA ist der positive Einfluss eines zusätzlichen Versorgungsangebots auf die ermittelte Zugänglichkeit umso grösser, je geringer die Distanz zu diesem Versorgungsangebot ist.

B 4 Distanzgewichtungsfunktionen

Distanzgewichtungsfunktionen dienen der Operationalisierung unterschiedlicher Distanzen. In Bezug auf die Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsangeboten soll damit quantifiziert werden, um wieviel die Zugänglichkeit verbessert wird, wenn ein Versorgungsangebot anstatt 30 Minuten z.B. lediglich 10 Minuten entfernt liegt. In den bisherigen Studien zur Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsangeboten kamen unterschiedliche Gewichtungsfunktionen zur Anwendung. Gemäss Wang (2012) sowie Bauer & Groneberg (2016) wurden insbesondere folgende Gewichtungsfunktionen verwendet (vgl. T 3.2).

T 3.2 Verwendete Distanzgewichtungsfunktionen

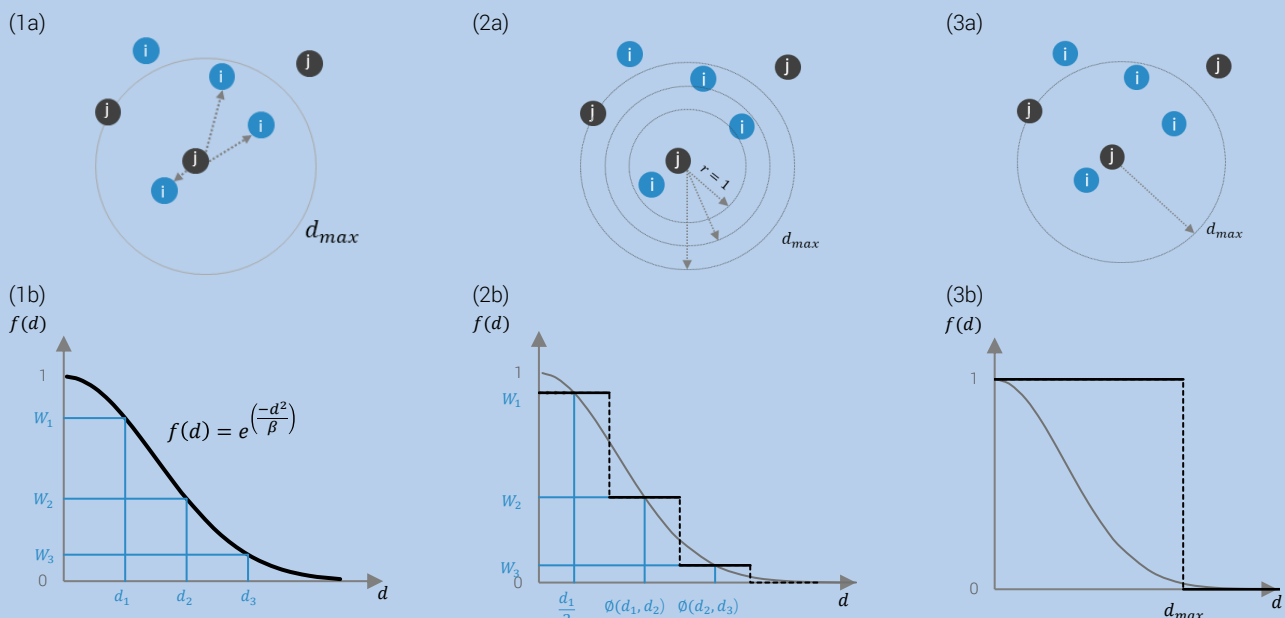
Gravitationsfunktion	$f(d) = d^{-\beta}$
Exponentialfunktion	$f(d) = e^{-\beta \cdot d}$
Gaussische Funktion	$f(d) = e^{\frac{-d^2}{\beta}}$
Logistische Funktion	$f(d) = \frac{1}{1 + e^{-\beta \cdot (d - \text{mean})}}$

d bezeichnet jeweils die Distanz und β den Distanz-Reibungskoeffizienten. β bestimmt die Ausdehnung der Funktion und muss in der

Regel a priori festgelegt werden. Die Wahl der Distanzgewichtungsfunktion und des Distanz-Reibungskoeffizienten β (sowie des maximalen Radius $d_{\max}$) sind weitgehend unabhängig von der verwendeten FCA-Methode und erfolgen im Idealfall auf Basis ausreichend empirischer Daten zum effektiven Patientenverhalten im konkreten Untersuchungskontext (Bauer & Groneberg, 2017).

In Bezug auf die konkrete Anwendung der Distanzgewichtungsfunktionen gilt es ausserdem zu unterscheiden, ob die Distanzen zwischen Nachfrage- und Angebotsstandorten auf einer kontinuierlichen Skala gemessen (vgl. 1a in G 3.3) oder anhand von Subzonen (z.B. 0-10 Minuten, 10-20 Minuten, 20-30 Minuten) diskretisiert werden (vgl. 2a in G 3.1). Um eine kontinuierliche Distanzgewichtungsfunktion (vgl. 1b in G 3.1) anzuwenden, müssen kontinuierlichen Daten vorliegen. Wenn die Distanzen lediglich in Form von Subzonen vorhanden sind, werden die Gewichte anhand einer diskreten Treppenfunktion hergeleitet, wobei die Treppenfunktion von einer kontinuierlichen Verteilungsfunktion abgeleitet sein kann (vgl. Funktion 2b in G 3.3). Luo et al. (2009) und Wan et al. (2012) verwendeten beispielsweise drei bzw. vier Subzonen, wobei die Gewichte auf einer Gaussischen Verteilungsfunktion basieren. So gesehen kann auch der 2SFCA als spezielle Form des E2SFCA mit einer binär-diskreten Gewichtungsfunktion betrachtet werden (vgl. 3a bzw. 3b in G 3.3).

G 3.1 Arten der Distanzmessung und korrespondierende Distanzgewichtungsfunktionen



Oben: Schemata zu den unterschiedlichen Formen der Distanzmessung: (1a) kontinuierliche Messung der Distanz zwischen Angebots- und Populationsstandorten innerhalb des maximalen Radius ($d_{\max}$), (2a) Distanzmessung anhand von drei Subzonen (daraus resultieren diskrete Kategorien, z.B. 0-10, 10-20 und 20-30 Minuten), (3a) binäre Konzeptualisierung von Distanz gemäss 2SFCA (1=innerhalb $d_{\max}$; 0= ausserhalb $d_{\max}$)

Unten: Distanzgewichtungsfunktionen zur Operationalisierung des Zusammenhangs zwischen Distanz und Zugänglichkeit: (1b) Gaussische Funktion, (2b) Treppenfunktion basierend auf einer Gaussischen Funktion, wobei die Mittelwerte der Subzonen zur Herleitung der Distanzgewichte verwendet werden, (3b) binär-diskrete Treppenfunktion (entspricht der Konzeptualisierung von Distanz im 2SFCA).

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Wang (2012)

© Obsan 2019

3.2.2 Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (3SFCA)

Ausgangspunkt für die *Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode* (3SFCA) bildete das Problem der Nachfrageüberschätzung, welches sowohl dem 2SFCA als auch dem E2SFCA inhärent ist (vgl. Wan et al., 2012). Um diese Problematik nachvollziehen zu können, muss man sich nochmals die Formeln zum 2SFCA bzw. E2SFCA (vgl. F 1 und F 2) vor Augen führen.

Im ersten Schritt des 2SFCA wird jeweils pro Angebotsstandort j das Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j geschätzt. Im Zähler wird dazu die Kapazität des Versorgungsangebots berücksichtigt, das kann z.B. die Anzahl Betten in einem Spital oder die Anzahl der Stellenprozent einer Arztpraxis sein, je nachdem, was der Untersuchungsgegenstand ist. Diese Kapazitäten werden anschliessend ins Verhältnis zur Grösse der Wohnbevölkerung innerhalb des Einzugsgebiets (d_{max}) des betreffenden Angebots gesetzt. Das Volumen der Wohnbevölkerung innerhalb des Einzugsgebiets dient dabei als Schätzer für die Nachfrage. Es wird also angenommen, je mehr Leute in einem Einzugsgebiet des Angebots j wohnhaft sind, desto grösser die Nachfrage, welche das Angebot j abdecken muss. Dementsprechend geringer fällt schliesslich das Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j aus. Im Grundsatz ist das auch eine sinnvolle Annahme, allerdings wird dabei nicht berücksichtigt, welche alternativen Versorgungsangebote der betreffenden Wohnbevölkerung zur Verfügung stehen. Es erscheint plausibel anzunehmen, dass das Ausmass der Nachfrage durch eine Bevölkerung am Standort i an das Versorgungsangebot j abhängig davon ist, wie viele andere Versorgungsangebote für die Bevölkerung am Standort i sonst noch erreichbar sind. Beim 2SFCA werden aber alle Populationspunkte innerhalb des Einzugsgebiets vollumfänglich in den Nenner des Angebots-Nachfrage-Verhältnis

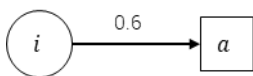
eingerechnet ($\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} P_i$). Dasselbe gilt für den E2SFCA, wobei im E2SFCA das Ausmass der Nachfrage zusätzlich in Abhängigkeit der Distanz zwischen der Population i und dem Angebot j über das Distanzgewicht W_r gewichtet wird.

Keine der beiden Methoden berücksichtigt jedoch den Einfluss alternativer Versorgungsangebote. Dies kann auch anhand der Szenarien in Grafik G 3.2 illustriert werden. In beiden Szenarien betrachten wir ein Versorgungssystem mit lediglich einer Population i . Im Szenario A existiert ebenfalls nur ein Versorgungsangebot (a). Im Szenario B kommen zwei weitere Versorgungsangebote hinzu (b, c). Berechnet man nun das Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j für das Angebot a gemäss E2SFCA (Schritt 1 gemäss Formel F 2), resultiert sowohl im Szenario A als auch im Szenario B ein Wert von 0.017. Wenn aber R_j das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage beschreiben soll, erscheint es nicht plausibel, dass das Ausmass der Nachfrage, die von i auf a ausgeht ($P_i * W_r = 100 * 0.6$) in beiden Szenarien identisch ist, wenn im Szenario B gleichzeitig ein wesentlicher Anteil der Nachfrage von Population i auf die Angebote b und c entfällt (vgl. dazu die Berechnung von R_b und R_c in Szenario B). Dadurch, dass die Verfügbarkeit alternativer Angebote (Angebotskonkurrenz) unberücksichtigt bleibt, wird die Nachfrage von i auf a im 2SFCA und im E2SFCA überschätzt (vgl. auch Wan et al., 2012).

Um die Angebotskonkurrenz in ihrem Zugänglichkeitsindex zu integrieren, ergänzen Wan et al. (2012) den E2SFCA um einen dritten Schritt, daher auch der Name 3SFCA. Der zusätzliche Berechnungsschritt wird vorangestellt und berechnet die Wahrscheinlichkeit der Population i bei Angebot j Leistungen in Anspruch zu nehmen. Diese Wahrscheinlichkeit G_{ij} wird im 3SFCA «Selektionsgewicht» genannt und ist einzig abhängig von der Distanz zwischen i und j sowie von der Distanz von i zu allen anderen Versorgungsangeboten. Namentlich wird das Distanzgewicht W_r , wel-

G 3.2 Überschätzung der Nachfrage im E2SFCA

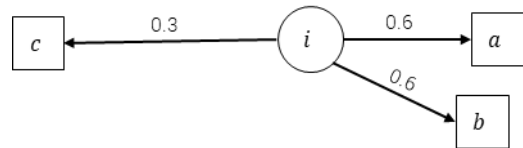
Szenario A



Berechnung R_j für $j = a$ gemäss E2SFCA:

$$R_a = \frac{S_a}{\sum_{i \in \{d_{ia} \leq d_r\}} P_i W_r} = \frac{1}{100 * 0.6} = \frac{1}{60} = 0.017$$

Szenario B



Berechnung R_j für $j = a, b, c$ gemäss E2SFCA:

$$R_a = \frac{S_a}{\sum_{i \in \{d_{ia} \leq d_r\}} P_i W_r} = \frac{1}{100 * 0.6} = \frac{1}{60} = 0.017$$

$$R_b = \frac{S_b}{\sum_{i \in \{d_{ib} \leq d_r\}} P_i W_r} = \frac{1}{100 * 0.6} = \frac{1}{60} = 0.017$$

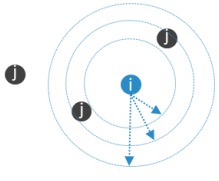
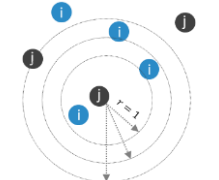
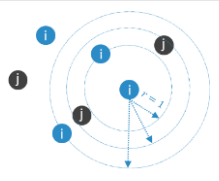
$$R_c = \frac{S_c}{\sum_{i \in \{d_{ic} \leq d_r\}} P_i W_r} = \frac{1}{100 * 0.3} = \frac{1}{30} = 0.033$$

Bemerkung: Dargestellt sind unterschiedliche Versorgungsszenarien. Im Szenario A ist lediglich ein Versorgungsangebot (a) erreichbar für die Population i . Im Szenario B liegen mehrere Angebote (a, b und c) innerhalb des maximalen Radius von Population i . Die Zahlen über den Pfeilen repräsentieren die Distanzgewichte (W_r): Je grösser die Distanz, desto kleiner das Gewicht. Für beide Szenarien gilt: $P_i = 100$ (Einwohner/innen), $S_a = S_b = S_c = 1$ (S_j = Kapazität Versorgungsangebot)

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Wan et al. (2012)

© Obsan 2019

F 3 3SFCA – Berechnungsformel

Schritt 1	$G_{ij} = \frac{W_r}{\sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} W_r}$ 
Schritt 2	$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} G_{ij} P_i W_r}$ 
Schritt 3	$SPAI_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} G_{ij} R_j W_r$ 

G_{ij} = Selektionsgewicht / Wahrscheinlichkeit, dass Population i Angebot j auswählt
 R_j = Angebots-Nachfrage-Verhältnis
 S_j = Versorgungskapazität von Angebot j
 P_i = Population am Standort i
 d_{ij} = Distanz zwischen i und j
 d_{max} = maximaler Radius/maximales Einzugsgebiet
 W_r = Distanzgewicht Subzone r ($r = 1-3$)
 $SPAI_i$ = Zugänglichkeitsindex am Populationsstandort i (Spatial Accessibility Index)

Quelle: Wan et al. (2012) © Obsan 2019

ches mit der Distanz zwischen i und j korrespondiert, ins Verhältnis gesetzt mit sämtlichen Distanzgewichten aller Versorgungsangebote, die innerhalb des maximalen Radius von i liegen (vgl. Schritt 1 in F 3). Mit anderen Worten ausgedrückt, heisst das: Je näher ein Versorgungsangebot j für die Population i im Vergleich zu allen anderen Versorgungsangeboten gelegen ist, desto höher der Anteil der Nachfrage von i bei j . Wenn zwei Angebote in derselben Distanz zu i liegen, verteilt sich auch die Nachfrage zu gleichen Anteilen auf diese Angebote.

Das Selektionsgewicht G_{ij} wird anschliessend im Schritt 2 des 3SFCA bei der Berechnung des Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j verwendet und sorgt dafür, dass die Nachfrage, die von Population i ausgeht, mit Rücksicht auf die Selektionswahrscheinlichkeit auf die verschiedenen Versorgungsangebote «verteilt» wird. Betrachten wir dazu die Berechnung von R_j für das Versorgungsangebot a gemäss 3SFCA für die Szenarien in Grafik G 3.2:

- Das Angebots-Nachfrage-Verhältnis gemäss 3SFCA im Szenario A ist identisch wie beim E2SFCA, da keine alternativen Angebote erreichbar sind und somit keine Angebotskonkurrenz wirksam ist. Wenn lediglich ein Versorgungsangebot vorhanden ist, resultiert eine Selektionswahrscheinlichkeit $G_{ia} = 1$, dass Population i Leistungen bei Angebot a beansprucht:

$$G_{ia} = \frac{W_r^{d_{ia}}}{\sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_r\}} W_r} = \frac{0.6}{0.6} = \frac{1}{1} = 1$$

$$R_a = \frac{S_a}{\sum_{i \in \{d_{ia} \leq d_r\}} G_{ij} P_i W_r} = \frac{1}{1 * 100 * 0.6} = \frac{1}{60} = 0.017$$

- Im Szenario B resultiert gemäss 3SFCA ein Selektionsgewicht von **0.4** für die Wahrscheinlichkeit, dass Population i das Angebot a beansprucht. Daraus ergibt sich schliesslich ein Angebots-Nachfrage-Verhältnis von **0.042** für das Versorgungsangebot a :

$$G_{ia} = \frac{W_r^{d_{ia}}}{\sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_r\}} W_r} = \frac{0.6}{0.6 + 0.6 + 0.3} = \frac{0.6}{1.5} = 0.4$$

$$R_a = \frac{S_a}{\sum_{i \in \{d_{ia} \leq d_r\}} G_{ij} P_i W_r} = \frac{1}{0.4 * 100 * 0.6} = \frac{1}{24} = 0.042$$

Durch die Berücksichtigung der Angebotskonkurrenz im 3SFCA erhält man also im Szenario B ein deutlich höheres Angebots-Nachfrage-Verhältnis für Versorgungsangebot a als in Szenario A. Dies liegt daran, dass nicht die gesamte Nachfrage von i auf a attribuiert wird, sondern über die Selektionsgewichte G_{ij} auf die verschiedenen, erreichbaren Angebote verteilt wird.

Im dritten Schritt des 3SFCA wird schliesslich der Zugänglichkeitsindex ($SPAI$) für jede Population i berechnet. Die Berechnung erfolgt analog wie beim E2SFCA, ausser dass auch in diesem Berechnungsschritt das Selektionsgewicht G_{ij} berücksichtigt und dadurch die relative Relevanz der Versorgungsangebote j aus Sicht der Population i abgebildet wird.

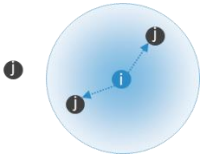
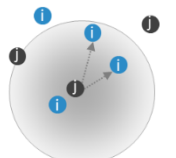
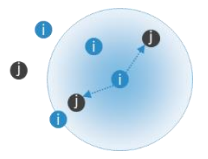
B 5 Zwischenfazit 3SFCA

Ausgehend vom E2SFCA integriert der 3SFCA ein Modell für die Nachfragewahrscheinlichkeit mit Rücksicht auf die Verfügbarkeit alternativer Versorgungsmöglichkeiten (Angebotskonkurrenz) in die Berechnung der räumlichen Zugänglichkeit. Dabei wird für sämtliche Kombinationen von Angebots- und Populationsstandorten ein Selektionsgewicht berechnet, welches die Wahrscheinlichkeit der Interaktion zwischen diesen Standorten ausdrückt. Das Selektionsgewicht führt dazu, dass die Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Versorgungsangebot zu beanspruchen, davon abhängig ist, wie viele alternative Versorgungsmöglichkeiten für eine Population erreichbar sind und wie gross die Distanz zu diesen Versorgungsmöglichkeiten ist. Dadurch begegnet der 3SFCA dem Problem der Nachfrageüberschätzung im 2SFCA und E2SFCA.

3.2.3 Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (E3SFCA)

Wie die 3SFCA-Methode zielt auch die E3SFCA-Methode (Luo, 2014; 2016) darauf ab, gegen das Problem der Nachfrageüberschätzung im E2SFCA anzukommen. Während beim 3SFCA dazu für jede Population i ein Selektionsgewicht G_{ij} ausgehend von allen erreichbaren Versorgungsangeboten j berechnet wird (vgl. F 3), stützt sich die E3SFCA-Methode auf das Huff-Modell (Huff, 1963;

F 4 E3SFCA – Berechnungsformel

Schritt 1	$Huff_{ij} = \frac{S_j W_{ij}}{\sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} S_j W_{ij}}$ 
Schritt 2	$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} P_i W_{ij}}$ 
Schritt 3	$SPA_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} R_j W_{ij}$ 
$Huff_{ij}$ = Interaktionswahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell, beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass Population i Angebot j auswählt R_j = Angebots-Nachfrage-Verhältnis S_j = Versorgungskapazität von Angebot j P_i = Population am Standort i d_{ij} = Distanz zwischen i und j d_{max} = maximaler Radius/maximales Einzugsgebiet W_{ij} = Distanzgewicht für die Distanz zwischen i und j SPA_i = Zugänglichkeitsindex am Populationsstandort i (Spatial Accessibility Index) Quelle: Luo (2014, 2016) © Obsan 2019	

1964), benannt nach dem amerikanischen Geografen David L. Huff. Das Huff-Modell ist ein etabliertes und weit verbreitetes, probabilistisches Interaktionsmodell im Zusammenhang mit der räumlichen Analyse von Konsumverhaltens und der Prognose von Marktanteilen. Im Huff-Modell wird von einer positiven Wirkung der Grösse (bzw. Attraktivität) eines Angebots und einer interaktionshemmenden Wirkung der Distanz ausgegangen. Beide erklärenden Größen werden in einer Nutzenfunktion zusammengefasst, wobei der Nutzen einer Alternative jeweils dem Nutzen aller anderen Alternativen gegenübergestellt wird (Wieland, 2018). Anhand des Huff-Modells wird im Schritt 1 des E3SFCA die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der die Population i Leistungen am Versorgungsstandort j in Anspruch nimmt (vgl. Schritt 1 in Formel F 4). Wie bereits erwähnt, wird dabei von folgenden Annahmen ausgegangen:

1. Die Interaktionswahrscheinlichkeit zwischen Population i und Standort j nimmt mit zunehmender Entfernung (d_{ij}) ab.
2. Die Interaktionswahrscheinlichkeit zwischen Population i und Standort j nimmt mit zunehmender Anzahl alternativer Versorgungsstandorte ab.
3. Die Interaktionswahrscheinlichkeit zwischen Population i und Standort j nimmt mit wachsender Grösse des Versorgungsangebots (S_j) zu.

Während die ersten beiden Punkte bereits im 3SFCA mitberücksichtigt sind, wurde die Grösse der Versorgungsstandorte bei Wan

et al. (2012) nicht erfasst. Je nach Untersuchungsgegenstand ist diese Ergänzung jedoch von wesentlicher Bedeutung. Denkt man zum Beispiel an die Analyse der Versorgungsdichte in Bezug auf die stationäre Versorgung, so müssen allfällige Veränderungen hinsichtlich der Kapazitäten der einzelnen Versorgungsstandorte (z.B. anhand der Bettenzahl) zwingend einbezogen werden, wenn man die Versorgungsdichte im Zeitverlauf analysieren möchte.

Eine weitere Neuerung des E3SFCA gegenüber den zuvor diskutierten Methoden liegt in der Operationalisierung der Distanz. Sowohl im E2SFCA als auch beim 3SFCA wird die Distanz zwischen Nachfrage und Angebot anhand von vorab definierten Subzonen (z.B. $r = 1, 2, 3$ bzw. 0-10, 10-20, 20-30 Minuten) gemessen und anschliessend je nach Subzone ein Distanzgewicht W_r zugeordnet. Demgegenüber bezieht sich Luo (2014, 2016) in seiner Spezifikation der E3SFCA-Methode explizit auf kontinuierliche Distanzen. Dabei wird jede Distanz zwischen einem Angebot j und einer Population i exakt bestimmt, insofern diese den maximalen Radius d_{max} nicht überschreitet. Anschliessend wird den ermittelten Distanzen je ein Distanzgewicht W_{ij} anhand einer kontinuierlichen Gewichtungsfunktion zugeordnet. Luo (2016) schlägt dazu für den E3SFCA eine Gaussssche Gewichtungsfunktion (vgl. auch Infobox B 4) mit der folgenden Form vor:

$$W_{ij} = f(d) = e^{-\frac{d_{ij}^2}{\beta}}$$

Auch im Huff-Modell in Schritt 1 des E3SFCA wird die Distanz anhand von Distanzgewichten operationalisiert. Luo (2016) verwendet auch hier Gaussssche Distanzgewichte, obschon in anderen Applikationen des Huff-Modells in der Regel eine negative Potenzfunktion als Gewichtungsfunktion verwendet wird. Luo (2016) begründet diese Entscheidung dadurch, dass sich Gaussssche Gewichtungsfunktionen in früheren Studien zur Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsangeboten (Wang, 2007; Alford et al. 2008; Luo & Qi, 2009; Wan et al., 2012) als besser geeignet erwiesen haben, um die Distanzeffekte bei der Wahl eines bestimmten Versorgungsangebots zu modellieren.

Die weiteren Berechnungsschritte des E3SFCA sind identisch wie beim 3SFCA. In Schritt 2 wird pro Versorgungsangebot j ein Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j berechnet, wobei die Interaktionswahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell verwendet wird, um die Verteilung der Nachfrage der verschiedenen Populationen i auf die Standorte j zu schätzen. In Schritt 3 wird schliesslich die räumliche Zugänglichkeit (SPA_i) für jede Population i berechnet, indem die Angebots-Nachfrage-Verhältnisse R_j aller erreichbaren Standorte j multipliziert mit dem Distanzgewicht W_{ij} und gewichtet mit der Interaktionswahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$, aufsummiert werden.

B 6 Zwischenfazit E3SFCA

Anstelle des Selektionsgewichts (3SFCA), wird die Nachfragewahrscheinlichkeit im E3SFCA anhand des Huff-Modells geschätzt. Im Gegensatz zum 3SFCA werden dadurch im E3SFCA zusätzlich die Kapazitäten der einzelnen Versorgungsangebote bei der Berechnung der Nachfragewahrscheinlichkeit berücksichtigt.

3.2.4 Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (M2SFCA)

Basierend auf seiner Kritik am E2SFCA und am 3SFCA formulierte Delamater (2013) die *Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Methode* (M2SFCA). Delamaters Kritik hinsichtlich des E2SFCA und des 3SFCA (bzw. des E3SFCA) betrifft insbesondere zwei Aspekte, die nachfolgend separat dargestellt werden.

Zum einen bemängelt Delamater in Bezug auf sämtliche vorangehend diskutierten FCA-Methoden, dass die Distanzen zwischen Populations- und Angebotsstandorten lediglich in relativer Weise berücksichtigt werden. Weder der E2SFCA noch der 3SFCA erlauben somit eine absolute Aussage über das Versorgungssystem als Ganzes. Gemäss Delamater (2013, S.31) gehen diese Methoden fälschlicherweise von einer optimalen Konfiguration des jeweils betrachteten Gesamtsystems aus. Er illustriert diesen Umstand anhand von simulierten Versorgungssystemen, unter anderem anhand der Systeme 1a-1c gemäss Grafik G 3.3.

In den Systemen 1a-1c gemäss Grafik G 3.3 wird jeweils von drei Populationsstandorten (x, y, z) mit je 1 000 Einwohnerinnen bzw. Einwohnern sowie einem Spital (a) mit 20 Betten ausgegangen. Die Distanzen zwischen den Populationsstandorten und dem Spital sind anhand der Distanzgewichte dargestellt: je geringer die Distanz, desto höher das Gewicht. Sowohl in System 1a als auch in System 1c weisen alle Populationsstandorte dieselbe Distanz zum Spital a auf. Im Gegensatz zu System 1c sind im System 1a

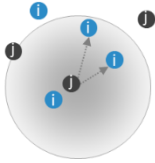
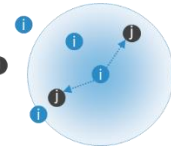
alle Populationsstandorte vergleichsweise nahe beim Spital a gelegen, was sich in einem deutlich höheren Distanzgewicht ausdrückt (**0.8** in System 1a vs. **0.1** in System 1c).

Tabelle T 3.3 enthält die Zugänglichkeitsindizes je nach FCA-Methode für die Systeme 1a bis 1c. Der Vollständigkeit halber ist in Tabelle T 3.3 und den nachfolgenden ebenso der *SPAI* gemäss E3SFCA enthalten, auch wenn dieser in der Studie von Delamater (2013) nicht behandelt wurde. Die Kritikpunkte von Delamater in Bezug auf die 3SFCA-Methode sind auf die E3SFCA-Methode übertragbar.⁵

Aus Tabelle T 3.3 geht hervor, dass der *SPAI* gemäss E2SFCA, 3SFCA und E3SFCA in den Systemen 1a und 1c für alle Populationen identisch ist (**0.067**). Dies scheint kontraintuitiv, da die Versorgungssituation für die Populationen x, y und z gemäss System 1c bedeutend schlechter ist, berücksichtigt man die deutlich grössere Distanz zu Spital a . Anhand von System 1b wird deutlich, dass gemäss den erwähnten Methoden zwar innerhalb eines Systems je nach Distanz unterschiedliche Zugänglichkeitsindizes resultieren, verschiedene Systeme können allerdings anhand dieser Methoden nicht verglichen werden. Mit anderen Worten: Der E2SFCA, 3SFCA und E3SFCA sind sensitiv auf relative Unterschiede in den Distanzen innerhalb eines Systems (vgl. System 1b), erlauben aber keine absolute Aussage über die Konfiguration von Versorgungsangeboten in einem System als Ganzes (vgl. System 1a vs. System 1c). Delamater (2013) schlägt deshalb die M2SFCA-Methode vor, welche die Distanzen zwischen Populations- und Angebotsstandorten nicht nur relativ, sondern auch absolut berücksichtigt (vgl. Formel F 5).

Die Berechnung des M2SFCA ist weitgehend identisch wie beim E2SFCA, ausser dass im ersten Schritt zusätzlich die Distanz zwischen der Population i und dem Angebot j anhand des korrespondierenden Distanzgewichts im Zähler berücksichtigt wird. Somit wird für jede Kombination von Populations- und Angebotsstandorten ein separates Angebots-Nachfrage-Verhältnis berechnet (deshalb R_{ij} anstelle von R_j). Durch dieses zusätzliche Distanzgewicht im Zähler wird erreicht, dass das Angebots-Nachfrage-Verhältnis jeweils anhand der absoluten Distanz zwischen der Population i und Angebot j gewichtet wird.⁶ Die Auswirkungen dieser geringfügigen Modifikation sind in Tabelle T 3.3 ersichtlich. Sowohl im System 1a als auch im System 1c weisen die Populationen x, y und z auch nach M2SFCA-Methode jeweils einen identischen *SPAI* auf. Vergleicht man aber die Systeme 1a und 1c miteinander, zeigt sich ein deutlicher Unterschied hinsichtlich des *SPAI* gemäss M2SFCA. In System 1a beläuft sich der *SPAI* jeweils auf **0.053** währenddessen im System 1c ein *SPAI* von **0.007** resultiert. Der M2SFCA berücksichtigt, dass die absoluten Distanzen im System 1c für sämtliche Populationen wesentlich grösser sind, als dies im System 1a der Fall ist, was sich demgemäss in einem

F 5 M2SFCA – Berechnungsformel

Schritt 1	$R_{ij} = \frac{S_j W_{ij}}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} P_i W_{ij}}$ 
Schritt 2	$SPAI_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} R_j W_{ij}$ 

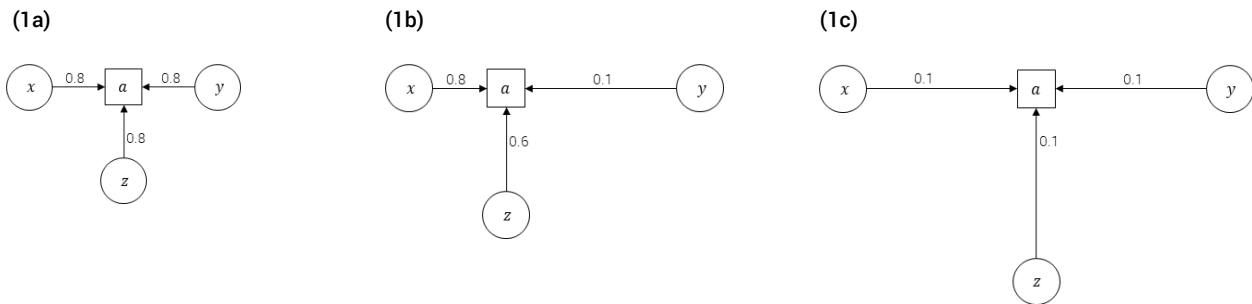
R_j = Angebots-Nachfrage-Verhältnis
 S_j = Versorgungskapazität von Angebot j
 P_i = Population am Standort i
 d_{ij} = Distanz zwischen i und j
 d_{max} = maximaler Radius/maximales Einzugsgebiet
 W_{ij} = Distanzgewicht für die Distanz zwischen i und j
 $SPAI_i$ = Zugänglichkeitsindex am Populationsstandort i (Spatial Accessibility Index)

Quelle: Luo & Qi (2009) © Obsan 2019

⁵ Dies begründet sich durch die Tatsache, dass die betreffenden Studien von Luo (2014, 2016) zum E3SFCA zum Zeitpunkt von Delamaters Artikel (2013) noch gar nicht publiziert waren. Weil sich die 3SFCA- und die E3SFCA-Methode so ähnlich sind und weil die Kritikpunkte Delamaters bzgl. 3SFCA auf den E3SFCA übertragbar sind, wurde der E3SFCA im vorliegenden Bericht vor dem M2SFCA eingeführt.

⁶ Ohne das zusätzliche Gewicht W_{ij} im Zähler des ersten Berechnungsschritts des M2SFCA (vgl. Formel F 5), heben sich die Distanzgewichte der beiden Berechnungsschritte im Total auf. Das führt dazu, dass die Distanzen lediglich relativ, d.h. in Relation zu den übrigen Distanzen in die Berechnung einfließen (für eine ausführlichere Diskussion vgl. auch Kapitel 3.3).

G 3.3 Systeme 1a-1c



T 3.3 Zugänglichkeitsindex (Spatial Accessibility Index, SPAI) für die Systeme 1a-1c nach FCA-Methode

System	E2SFCA				3SFCA				E3SFCA				M2SFCA			
	x	y	z	Total	x	y	z	Total	x	y	z	Total	x	y	z	Total
System 1a	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.053	0.053	0.053	16.0
System 1b	0.107	0.013	0.080	20.0	0.107	0.013	0.080	20.0	0.107	0.013	0.080	20.0	0.085	0.001	0.048	13.5
System 1c	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.007	0.007	0.007	2.0

Bemerkungen: Die Populationsstandorte x, y, z umfassen eine Bevölkerung von je 100 Einwohner/innen ($P_x = P_y = P_z = 100$). Das Spital a hat 20 Betten ($S_a = 20$). Die Distanzen sind anhand der Distanzgewichte dargestellt: je geringer die Distanz, desto höher das Gewicht. Die Spalte «Total» entspricht der räumlichen Zugänglichkeit des gesamten Systems und berechnet sich aus der Summe der *SPAI* jeweils multipliziert mit der Einwohnerzahl. Die Systeme 1a-1c entsprechen den Systemen #6-#8 gemäss Delamater (2013, S.35).

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Delamater (2013).

© Obsan 2019

niedrigeren *SPAI* in System 1c bei sämtlichen Populationen x, y und z ausdrückt. Gemäss Delamater (2013) korrigiert der M2SFCA so für die suboptimale Konfiguration des Gesamtsystems, während die übrigen Methoden implizit stets von einer optimalen Konfiguration des Systems ausgehen.

Deutlich wird dies auch, wenn man die räumliche Zugänglichkeit des Gesamtsystems betrachtet (Delamater, 2013; S.35). Letztere wird berechnet, indem man den Zugänglichkeitsindex jeweils mit dem Bevölkerungsvolumen pro Populationsstandort multipliziert und anschliessend aufsummiert. Gemäss E2SFCA, 3SFCA und E3SFCA resultiert in Bezug auf die Systeme 1a-1c ein Index für die Zugänglichkeit des Gesamtsystems von 20 (vgl. Spalte «Total» in Tabelle T 3.3). Nicht so beim M2SFCA: Die Zugänglichkeit des Gesamtsystems nimmt kontinuierlich ab und reflektiert somit die zunehmenden Distanzen von System 1a zu System 1c.

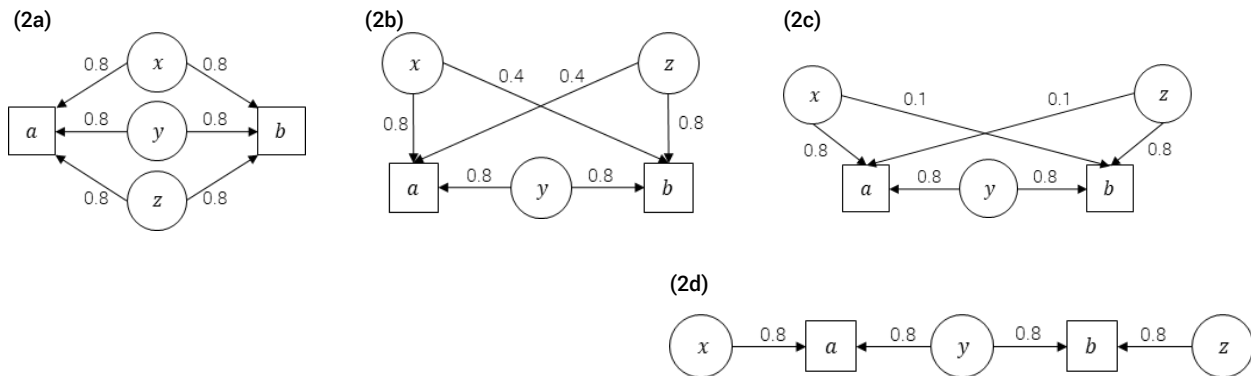
Der zweite Kritikpunkt von Delamater (2013) betrifft den 3SFCA und dementsprechend auch den E3SFCA, nicht aber den E2SFCA. Konkret geht es um die Angebotskonkurrenz, welche im 3SFCA über das Selektionsgewicht G_{ij} und im E3SFCA über die Nachfragewahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell $Huff_{ij}$ abgebildet ist. Delamater (2013, S.33) illustriert seine Argumentation anhand der simulierten Versorgungssysteme 2a bis 2d wie in Grafik G 3.5 dargestellt. Die Systeme 2a bis 2d gehen jeweils von zwei Spitälern mit je zehn Betten und drei Populationen mit einer Bevölkerung von je 100 Einwohnerinnen und Einwohnern aus. Im System 2a erreichen sämtliche Populationen beide Spitälern und die Distanzen sind überall identisch. In den Systemen 2b bis 2d werden die Populationen x und z sukzessive vom Zentrum entfernt, so dass sich die Distanz zum sekundären Versorgungsangebot zuerst erhöht (Systeme 2b und 2c), bis letzteres schliesslich nicht

mehr innerhalb des maximalen Versorgungsradius liegt (System 2d). Gemäss 3SFCA und E3SFCA ist der *SPAI* für die Populationen x, y und z in den Systemen 2a und 2d identisch, währenddessen der E2SFCA und der M2SFCA im System 2d für die Population y einen doppelt so hohen *SPAI* ausweisen wie für die Populationen x und z . Letzteres ist gemäss Delamater (2013) sinnvoll, da die Population y zwei Angebote erreicht, während die Populationen x und z lediglich ein Spital erreichen, wobei die Distanzen jeweils identisch sind. Wieso also ist der *SPAI* für die Population x respektive z gemäss 3SFCA und E3SFCA im System 2d gleich hoch wie in System 2a?

Betrachten wir dazu Population x etwas genauer: In System 2a erreichen die 100 Einwohnerinnen und Einwohner der Population x zwar beide Spitälern a und b , allerdings gilt das auch für die Populationen y und z . Beide Spitälern sind also für 300 Einwohnerinnen und Einwohner erreichbar. Etwas plakativ ausgedrückt, kann man also sagen, dass sich jeweils 300 Personen um die Angebote a und b «streiten». Im System 2d liegt zwar lediglich das Spital a innerhalb des maximalen Radius von Population x , allerdings erreichen auch nur 200 Personen dieses Angebot, weil das Spital a nicht innerhalb des maximalen Radius von Population z liegt. Mit anderen Worten ausgedrückt: In System 2d ist zwar die Erreichbarkeit für Population x niedriger (nur ein Angebot ist erreichbar), allerdings wird dies kompensiert durch die bessere Verfügbarkeit dieses Angebots (die Nachfragekonkurrenz durch andere Populationen ist geringer).

Analog präsentiert sich die Situation für Population y : Im System 2a sowie im System 2d erreicht y jeweils die Spitälern a und b , wobei die Distanzen in beiden Systemen identisch sind. Im System 2d «teilt» sich y das Angebot a lediglich mit Population x und

G 3.5 Systeme 2a-2d



T 3.5 Zugänglichkeitsindex (Spatial Accessibility Index, SPAI) für die Systeme 2a-2d nach FCA-Methode

System	E2SFCA				3SFCA				E3SFCA				M2SFCA			
	x	y	z	Total	x	y	z	Total	x	y	z	Total	x	y	z	Total
System 2a	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.053	0.053	0.053	16.0
System 2b	0.060	0.080	0.060	20.0	0.063	0.075	0.063	20.0	0.063	0.075	0.063	20.0	0.040	0.064	0.040	14.4
System 2c	0.053	0.094	0.053	20.0	0.064	0.071	0.064	20.0	0.064	0.071	0.064	20.0	0.038	0.075	0.038	15.2
System 2d	0.050	0.100	0.050	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.040	0.080	0.040	16.0

Bemerkungen: Die Populationsstandorte x, y, z umfassen eine Bevölkerung von je 100 Einwohner/innen ($P_x = P_y = P_z = 100$). Die Spitäler a und b verfügen über je 10 Betten ($S_a = S_b = 10$). Die Distanzen sind anhand der Distanzgewichte dargestellt: je geringer die Distanz, desto höher das Gewicht. Die Spalte «Total» entspricht der räumlichen Zugänglichkeit des gesamten Systems und berechnet sich aus der Summe der SPAI jeweils multipliziert mit der Einwohnerzahl. Die Systeme 2a-2d entsprechen den Systemen #1-#4 gemäss Delamater (2013, S.35).

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Delamater (2013).

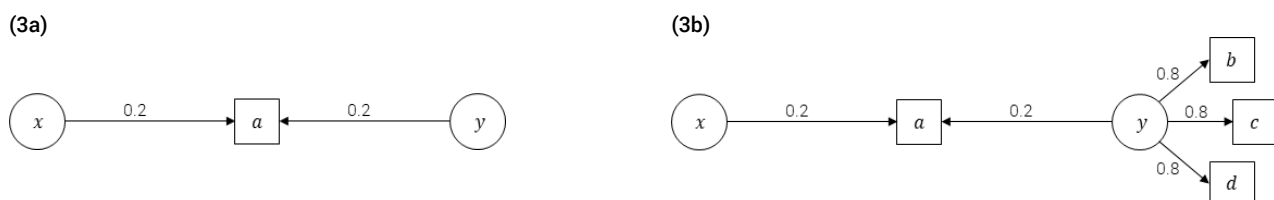
© Obsan 2019

das Angebot b nur mit Population z , wohingegen in System 2a sowohl x als auch z jeweils beide Spitäler erreichen. Im 3SFCA und im E3SFCA führt das im System 2d dazu, dass die Nachfrage von x auf a respektive z auf b steigt. Für y bedeutet dies, dass der SPAI unverändert bleibt, auch wenn sie sich das Angebot a lediglich mit der Population x «teilen» muss. Das wird jedoch kompensiert, weil die Nachfragekonkurrenz steigt, die von der Population x in Bezug

auf die Kapazitäten des Spitals a ausgeht. Analog gilt dies für das Spital b mit Bezug auf die Population z .

Der M2SFCA – wie auch der 2SFCA und der E2SFCA – ignoriert die Angebotskonkurrenz. Gemäss Delamater (2013, S.34) geht es ja darum, den potenziellen Zugang – und nicht den realisierten Zugang zu messen. Es soll also nur analysiert werden, wo

G 3.4 Systeme 3a und 3b



T 3.4 Zugänglichkeitsindex (Spatial Accessibility Index, SPAI) für die Systeme 3a und 3b nach FCA-Methode

System	E2SFCA			3SFCA			E3SFCA			M2SFCA		
	x	y	Total	x	y	Total	x	y	Total	x	y	Total
System 3a	0.050	0.050	10.0	0.050	0.050	10.0	0.050	0.050	10.0	0.010	0.010	2.0
System 3b	0.050	0.350	40.0	0.093	0.307	40.0	0.093	0.307	40.0	0.010	0.250	26.0

Bemerkungen: Die Populationsstandorte x und y umfassen eine Bevölkerung von je 100 Einwohner/innen ($P_x = P_y = 100$). Die Spitäler a, b, c und d verfügen über je 10 Betten ($S_a = S_b = S_c = S_d = 10$). Die Distanzen sind anhand der Distanzgewichte dargestellt: je geringer die Distanz, desto höher das Gewicht. Die Spalte «Total» entspricht der räumlichen Zugänglichkeit des gesamten Systems und berechnet sich aus der Summe der SPAI jeweils multipliziert mit der Einwohnerzahl.

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

sich die Populationen versorgen könnten, und nicht wo sie tatsächlich Leistungen beziehen (vgl. dazu auch Kapitel 2.1). Dem ist allerdings gegenüberzustellen, dass auch beim potenziellen Zugang nicht nur die Erreichbarkeit, sondern ebenso die Verfügbarkeit der Versorgungsangebote zu berücksichtigen ist. Dazu benötigt man zwingend ein Modell, anhand dessen die wahrscheinlichen Patientenströme eruiert werden können. Ansonsten wird die Nachfrage von Populationen, die viele Angebote erreichen, massiv überschätzt, was gleichzeitig bedeutet, dass die verfügbaren Kapazitäten für andere Populationen unterschätzt werden.

Betrachten wir dazu die Versorgungssysteme 3a und 3b gemäss Grafik G 3.4: Die Konfiguration der Populationen x und y sowie des Spitals a ist in beiden Systemen identisch. Der Unterschied von System 3b gegenüber System 3a ist, dass für die Population y drei zusätzliche Spitäler (b , c und d) erreichbar sind. Dies hat zur Folge, dass bei allen Methoden der $SPAI$ für die Population y steigt. Je nach Methode unterschiedlich zeigt sich aber der Vergleich der Zugänglichkeit für die Population x . Beim 3SFCA wie auch beim E3SFCA steigt der $SPAI$ für die Population x geringfügig von 0.05 im System 3a auf 0.09 im System 3b. Dies begründet sich dadurch, dass die Population y im System 3b drei zusätzliche Versorgungsangebote erreichen kann, die näher gelegen sind als das Spital a . Deshalb sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass y bei a Leistungen nachfragt, deutlich. Das führt wiederum dazu, dass im Spital a Kapazitäten für die Population x frei werden, wodurch schliesslich der $SPAI$ der Population x geringfügig steigt. Beim E2SFCA wie auch beim M2SFCA bleibt der $SPAI$ für die Population x im System 3b unverändert bei 0.05 bzw. 0.01. Beide Methoden gehen von einer unveränderten Nachfrage durch Population y bei Spital a aus, auch wenn im System 3b zusätzliche, näherliegende Versorgungsmöglichkeiten existieren. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass dem M2SFCA und E2SFCA eine andere Annahme in Bezug auf die Elastizität der Nachfrage in Abhängigkeit der Anzahl erreichbaren Angebote zugrunde liegt, als dies im 3SFCA und E3SFCA der Fall ist. Mit Bezug auf die Systeme 3a und 3b lassen sich die unterschiedlichen Logiken der Methoden wie folgt zusammenfassen:

- E2SFCA und M2SFCA: Die Nachfrage, die von Population y auf Spital a ausgeht, ist unabhängig von der Anzahl und Nähe alternativer Versorgungsangebote. Infolge vergrössert sich die Gesamtnachfrage von y , je mehr Versorgungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.
- 3SFCA und E3SFCA: Die Nachfrage, die von Population y auf Spital a ausgeht, ist abhängig von der Anzahl und Nähe alternativer Versorgungsangebote. Wenn alternative Versorgungsangebote zur Verfügung stehen (b , c und d), reduziert sich die Nachfrage, die von Population y auf Spital a ausgeht ist, insbesondere wenn die alternativen Angebote näher liegen.

Auch wenn beide Annahmen grundsätzlich vertretbar sind, erscheint es intuitiv logischer davon auszugehen, dass die Wahrscheinlichkeit geringer wird, ein Spital in einer Entfernung von 30 Minuten aufzusuchen, wenn ein anderes Spital mit einer Entfernung von 10 Minuten zur Verfügung steht. Das würde dafürsprechen, dass die Angebotskonkurrenz zwingend zu berücksichtigen

ist, wie dies im 3SFCA (über das Selektionsgewicht) und im E3SFCA (anhand der Interaktionswahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell) vorgesehen ist. Eine abschliessende Bewertung der unterschiedlichen Annahmen folgt im nächsten Kapitel in Relation zum MH3SFCA.

B 7 Zwischenfazit M2SFCA

Der M2SFCA basiert auf dem E2SFCA und integriert ein zusätzliches Distanzgewicht in die Berechnung. Das zusätzliche Distanzgewicht sorgt dafür, dass die Distanzen zwischen Versorgungsangeboten und Populationsstandorten nicht nur relativ, sondern auch in absoluter Hinsicht berücksichtigt werden. Dadurch erlaubt der M2SFCA mitunter eine Aussage über die räumliche Zugänglichkeit des Gesamtsystems.

Auf eine Korrektur der Nachfragewahrscheinlichkeiten aufgrund der Angebotskonkurrenz, wie dies beim 3SFCA (über das Selektionsgewicht) und im E3SFCA (über das Huff-Modell) geschieht, wird im M2SFCA verzichtet.

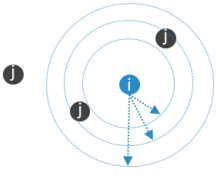
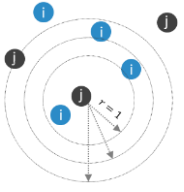
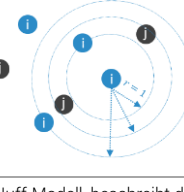
3.3 Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area-Methode (MH3SFCA)

In den vorangehenden Abschnitten wurden unterschiedliche Methoden zur Analyse der räumlichen Zugänglichkeit aus der aktuellen versorgungsgeografischen Forschung eingeführt und diskutiert. Nachfolgend wird eine Methode vorgeschlagen, welche insbesondere auf dem E3SFCA und dem M2SFCA aufbaut und die Stärken dieser Methoden in einem Ansatz integriert. Der daraus resultierende Index wird nachfolgend als *Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area (MH3SFCA)* und die zugrundeliegende Methode als MH3SFCA-Methode bezeichnet.

3.3.1 Angebotskonkurrenz

Analog zum E3SFCA berücksichtigt der MH3SFCA die Angebotskonkurrenz über die Nachfragewahrscheinlichkeit, berechnet gemäss Huff-Modell. Die Schritte 1 und 3 der Berechnung des MH3SFCA (vgl. Formel F 6) sind deshalb identisch wie beim E3SFCA. In Schritt 1 wird die Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$ für jede Kombination von Populations- und Angebotsstandorten nach dem Huff-Modell berechnet. Diese Nachfragewahrscheinlichkeit wird in den weiteren Berechnungsschritten verwendet, um die Wahrscheinlichkeit bzw. den Anteil der Nachfrage einer Population i bei einem Angebot j abzubilden. In Schritt 3 wird schliesslich der Index für die räumliche Zugänglichkeit ($SPAI$) pro Populationsstandort i berechnet, indem die Summe der Angebots-Nachfrage-Verhältnisse R_j aller für i erreichbaren Angebote – gewichtet anhand der Distanz (W_r) und der Nachfragewahrscheinlichkeit ($Huff_{ij}$) – gebildet wird.

F 6 MH3SFCA – Berechnungsformel

Schritt 1	$Huff_{ij} = \frac{S_j W_r}{\sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} S_j W_r}$	
Schritt 2	$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} P_i}$	
Schritt 3	$SPAI_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{max}\}} Huff_{ij} R_j W_r$	

$Huff_{ij}$ = Interaktionswahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell, beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass Population i Angebot j auswählt
 R_j = Angebots-Nachfrage-Verhältnis
 S_j = Versorgungskapazität von Angebot j
 P_i = Population am Standort i
 d_{ij} = Distanz zwischen i und j
 d_{max} = maximaler Radius/maximales Einzugsgebiet
 W_r = Distanzgewicht Subzone r ($r = 1, \dots, r_{d_{max}}$)
 $SPAI_i$ = Zugänglichkeitsindex am Populationsstandort i (Spatial Accessibility Index)

Quelle: Eigene Darstellung © Obsan 2019

3.3.2 Absolute vs. relative Distanzen

Die entscheidende Modifikation bei der MH3SFCA-Methode gegenüber dem E3SFCA bezieht sich auf den zweiten Berechnungsschritt, in welchem das Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j berechnet wird. Hier orientiert sich der MH3SFCA am M2SFCA, allerdings mit einem gewichtigen Unterschied zum M2SFCA.

Im M2SFCA wird ein zusätzliches Distanzgewicht im Zähler ergänzt, um die absoluten Distanzen zu berücksichtigen. Im MH3SFCA wird dies bewerkstelligt, indem ein Distanzgewicht im Nenner entfernt wird. Der Effekt dieser Modifikation sei kurz anhand von Tabelle T 3.6 erläutert.

Die linke Spalte von Tabelle T 3.6 enthält die Formeln der betrachteten FCA-Methoden, wobei die Berechnungsschritte 1 und 2 des E2SFCA und des M2SFCA bzw. die Berechnungsschritte 2 und 3 der übrigen Methoden in einer Formel zusammengefasst sind. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden die Berechnungsformeln verallgemeinert, d.h. die Methoden sind in Tabelle T 3.6 unabhängig von der konkreten Distanzoperationalisierung dargestellt. Damit ist gemeint, dass die Formeln nicht die konkreten Gewichte W_r für Subzonen oder W_{ij} für kontinuierliche Distanzgewichte enthalten. Stattdessen werden die Distanzgewichte mit dem Term $f(d_{ij})$ repräsentiert, was so viel bedeutet wie: eine

Funktion abhängig von der Distanz. Mit anderen Worten ausgedrückt: Die Formeln beschreiben die unterschiedlichen FCA-Methoden, ohne dass bereits eine bestimmte Distanzgewichtungsfunktion $f(d_{ij})$, ein Distanz-Reibungskoeffizienten β oder ein maximaler Radius d_{max} definiert wurden. Wie bereits erwähnt, sind die Wahl der Distanzgewichtungsfunktion und der erwähnten Parameter grundsätzlich unabhängig von der konkreten Methode, zumindest gilt dies für die hier betrachteten FCA-Methoden.

Die rechte Spalte in Tabelle T 3.6 zeigt die Berechnung für ein fiktives System mit lediglich einer Population und einem Angebotsstandort. Das führt dazu, dass für alle Methoden die beiden Summen «verschwinden». Gemäss E2SFCA, 3SFCA und E3SFCA bleibt für die Berechnung des $SPAI$ folglich (vgl. auch Tabelle T 3.6):

$$SPAI_i = \frac{S_j}{P_i} * \frac{f(d_{ij})}{f(d_{ij})} = \frac{S_j}{P_i}$$

Die beiden Distanzfunktionen im Zähler und Nenner heben sich gegenseitig auf und der $SPAI$ entspricht schliesslich dem einfachen Angebots-Nachfrage-Verhältnis. Somit hat die effektive Distanz zwischen Angebot und Nachfrage im Fall mit einem einzigen Angebot und einer einzigen Population keinen Einfluss auf den $SPAI$ bzw. die räumliche Zugänglichkeit. Dadurch wird deutlich, dass der E2SFCA, der 3SFCA und der E3SFCA lediglich die relativen Unterschiede in den Distanzen abbilden, nicht aber die absoluten (vgl. Kapitel 3.2.4 bzw. Delamater 2013, S.35). Infolgedessen

T 3.6 FCA-Methoden - Verallgemeinerte Berechnung

	Verallgemeinerte Formel	System mit lediglich einem Angebot und einer Population
E2SFCA	$SPAI_i = \sum_j^n \frac{S_j * f(d_{ij})}{\sum_i^m P_i * f(d_{ij})}$	$SPAI_i = \frac{S_j}{P_i} * \frac{f(d_{ij})}{f(d_{ij})} = \frac{S_j}{P_i}$
3SFCA	$SPAI_i = \sum_j^n \frac{S_j * f(d_{ij}) * G_{ij}}{\sum_i^m P_i * f(d_{ij}) * G_{ij}}$	$SPAI_i = \frac{S_j}{P_i} * \frac{f(d_{ij})}{f(d_{ij})} = \frac{S_j}{P_i}$
E3SFCA	$SPAI_i = \sum_j^n \frac{S_j * f(d_{ij}) * Huff_{ij}}{\sum_i^m P_i * f(d_{ij}) * Huff_{ij}}$	$SPAI_i = \frac{S_j}{P_i} * \frac{f(d_{ij})}{f(d_{ij})} = \frac{S_j}{P_i}$
M2SFCA	$SPAI_i = \sum_j^n \frac{S_j * f(d_{ij}) * f(d_{ij})}{\sum_i^m P_i * f(d_{ij})}$	$SPAI_i = \frac{S_j}{P_i} * \frac{f(d_{ij}) * f(d_{ij})}{f(d_{ij})} = \frac{S_j}{P_i} * f(d_{ij})$
MH3SFCA	$SPAI_i = \sum_j^n \frac{S_j * f(d_{ij}) * Huff_{ij}}{\sum_i^m P_i * Huff_{ij}}$	$SPAI_i = \frac{S_j}{P_i} * f(d_{ij}) = \frac{S_j}{P_i} * f(d_{ij})$

$Huff_{ij}$ = Wahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell, dass Population i Angebot j auswählt
 G_{ij} = Selektionsgewicht / Wahrscheinlichkeit, dass Population i Angebot j auswählt
 S_j = Versorgungskapazität von Angebot j
 n = Total Angebotsstandorte
 P_i = Population am Standort i
 m = Total Populationsstandorte
 d_{ij} = Distanz zwischen i und j
 $f(d_{ij})$ = Distanzgewichtungsfunktion abhängig von der Distanz zwischen i und j
 $SPAI_i$ = Zugänglichkeitsindex am Populationsstandort i (Spatial Accessibility Index)

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

erlauben diese Methoden auch keine Aussage über die Zugänglichkeit des Gesamtsystems.

Im M2SFCA sorgt Delamater durch das zusätzliche Distanzgewicht im Zähler dafür, dass sich die Distanzgewichte nicht gegenseitig aufheben und somit die absoluten Distanzen berücksichtigt werden. Auch der MH3SFCA berücksichtigt die absoluten Distanzen zwischen Angebot und Nachfrage, was sich daran erkennen lässt, dass sich die Berechnungsformel gemäss MH3SFCA im Fall eines Systems mit nur einem Angebot und nur einer Population – analog dem M2SFCA – auflöst zu:

$$SPAI_i = \frac{S_j}{P_i} * f(d_{ij})$$

In einem System mit lediglich einer Population und einem Versorgungsangebot erreicht die MH3SFCA-Methode somit denselben Effekt wie die M2SFCA-Methode in Bezug auf die Berücksichtigung absoluter Distanzen. Der Weg dazu führt jedoch nicht über ein zusätzliches Gewicht im Zähler wie beim M2SFCA, sondern durch das Entfernen eines Gewichts im Nenner (vgl. Tabelle T 3.6 bzw. Schritt 2 in Formel F 6).

3.3.3 Konstante Gesamtnachfrage

Im vorangehenden Abschnitt wurde aufgezeigt, wie das Entfernen eines Distanzgewichts im Nenner des MH3SFCA dazu führt, dass die Distanzen zwischen Angebots- und Nachfragestandorten nicht nur relativ, sondern auch absolut in den Zugänglichkeitsindex (*SPAI*) einfließen. Das Weglassen des Gewichts im Nenner hat allerdings noch einen zweiten Effekt. Im Gegensatz zu den übrigen FCA-Methoden, ist die Gesamtnachfrage jeder Population *i* gemäss MH3SFCA konstant. Betrachten wir dazu nochmals den Schritt 2 im MH3SFCA, 3SFCA und E3SFCA bzw. den Schritt 1 des E2SFCA und des M2SFCA. In diesem Schritt wird das Angebots-Nachfrage-Verhältnis R_j berechnet. Wie der Name ja bereits sagt, beschreibt R_j das Verhältnis von Angebot und Nachfrage an einem bestimmten Angebotsstandort *j*. Dazu werden die Kapazitäten am Angebotsstandort *j* im Zähler und die Nachfrage, die an diesem Standort zu erwarten ist, im Nenner abgebildet.

In allen FCA-Methoden wird die Nachfrage einerseits in Abhängigkeit der Populationsgrösse bzw. der Wohnbevölkerung berechnet, was auch sinnvoll erscheint: je grösser die Wohnbevölkerung, desto grösser die zu erwartende Nachfrage. Im MH3SFCA wie auch im 3SFCA und im E3SFCA wird zusätzlich ein Gewicht integriert, welches die Nachfragewahrscheinlichkeit bzw. den Anteil der Nachfrage ausgehend von einer Population *i* auf ein Angebot *j* beschreibt. Entweder erfolgt dies über das Selektionsgewicht G_{ij} (3SFCA) oder das Huff-Modell $Huff_{ij}$ (E3SFCA, MH3SFCA). Durch dieses Gewicht wird die Erreichbarkeit alternativer Versorgungsangebote (Angebotskonkurrenz) berücksichtigt,

d.h.: je mehr andere Versorgungsmöglichkeiten für eine Population *i* erreichbar sind, desto geringer die Wahrscheinlichkeit, dass *i* am Standort *j* Leistungen nachfragt.

Mit Ausnahme des MH3SFCA verwenden alle betrachteten FCA-Methoden zusätzlich eine Funktion der Distanz zur Beschreibung der Nachfrage im Nenner des Angebots-Nachfrage-Verhältnisses R_j . Demnach ist die Nachfrage ausgehend von einer Population *i* auf Angebot *j* geringer, je grösser die Distanz ist. Dies führt allerdings nicht nur dazu, dass sich die Nachfrage einer Population *i* mit Bezug auf ein bestimmtes Angebot *j* mit zunehmender Distanz reduziert, sondern auch dazu, dass sich die Gesamtnachfrage⁷ einer Population *i* reduziert, je grösser die Summe aller Distanzen zwischen *i* und sämtlichen erreichbaren Angeboten *j* ist. Der MH3SFCA beinhaltet kein Distanzgewicht im Nenner des Angebots-Nachfrage-Verhältnisses R_j , wodurch die Gesamtnachfrage jeder Population *i* konstant bleibt bzw. unabhängig von der Summe der Distanzen zu den Angeboten ist.⁸

Das Weglassen der Distanzgewichte im Nenner im Schritt 2 des MH3SFCA bedeutet allerdings nicht, dass die Distanzen ignoriert werden. Die Distanzen werden bereits im Huff-Modell in Schritt 1 berücksichtigt und fließen somit über die Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$ auch im zweiten Berechnungsschritt des MH3SFCA ein. Mit anderen Worten: Im MH3SFCA reduziert sich die Nachfrage der Population *i* bei Angebot *j* nur dann mit zunehmender Distanz, wenn alternative Versorgungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Insgesamt bleibt die Nachfrage der Population *i* konstant. Dem MH3SFCA liegt somit eine grundlegend unterschiedliche Logik zugrunde, was die Gesamtnachfrage einer Population betrifft. Während diese in den übrigen Methoden von der Distanz zu den Angeboten sowie im M2SFCA und im E2SFCA zusätzlich von der Anzahl der verfügbaren Angebote abhängt, geht der MH3SFCA von einer konstanten Nachfrage aus.

Beide Logiken sind grundsätzlich vertretbar, es lässt sich also nicht pauschal sagen, welche überlegen ist. Vielmehr ist dies anhand des Untersuchungsgegenstands zu beurteilen. Würden wir beispielsweise die Versorgungssituation in Bezug auf Eisverkäufer betrachten, so wäre es durchaus plausibel davon auszugehen, dass die Gesamtnachfrage einer Population steigt, je mehr Angebote sich in der Nähe befinden. Etwas anders sieht es aus, wenn wir die Versorgungssituation in Bezug auf medizinische Leistungen analysieren, wie es in der vorliegenden Studie der Fall ist. Zwar existieren auch für die Nachfrage medizinischer Versorgungsleistungen Studien, die einen positiven Zusammenhang zwischen der räumlichen Verfügbarkeit und der Nutzung medizinischer Versorgungsleistungen nahelegen. Es sind dies insbesondere Studien, die sich mit dem Phänomen der angebotsinduzierten Nachfrage beschäftigen (vgl. dazu u.a. Guggisberg & Spycher, 2005). Da wir uns aber in der vorliegenden Studie explizit mit der potenziellen räumlichen Zugänglichkeit befassen, gilt es das effektive Patientenverhalten auszuklammern, dazu gehören auch Phänomene wie die eben genannte Angebotsinduzierung. Im Kontext der vorliegenden Studie interessiert die Versorgungssituation – genauer

⁷ Als Gesamtnachfrage wird die Summe der Nachfrage einer Population *i* an allen Standorten *j* bezeichnet.

⁸ Konstant ist hier im Zusammenhang mit der Distanz zu verstehen. Weiterhin gilt natürlich, dass die Gesamtnachfrage einer Population abhängig von deren Grösse ist.

T 3.7 Unterschiede FCA-Methoden

Methode	Einfluss der Distanzen	Angebotskonkurrenz	Die Nachfrage, die von Population i auf Spital j ausgeht, ist...	Die Gesamtnachfrage der Population i , ...
E2SFCA	nur relativ	wird nicht berücksichtigt	- abhängig von der Distanz zwischen i und j ,	- vergrößert sich je mehr Versorgungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen,
M2SFCA	absolut und relativ		- unabhängig von der Anzahl und Nähe alternativer Versorgungsangebote.	- vergrößert sich je näher die erreichbaren Angebote gelegen sind.
3SFCA	nur relativ	anhand des Selektionsgewichts G_{ij} berücksichtigt	- abhängig von der Distanz zwischen i und j ,	- vergrößert sich je näher die erreichbaren Angebote gelegen sind.
E3SFCA	nur relativ		- abhängig von der Anzahl und Nähe alternativer Versorgungsangebote.	
MH3SFCA	absolut und relativ	anhand des Huff-Modells über die Nachfragewahrscheinlichkeit $Huff_{ij}$ berücksichtigt	- abhängig von der Anzahl alternativer Versorgungsangebote. - indirekt abhängig von der Distanz zwischen i und j : je grösser die Distanz, desto geringer die Nachfragewahrscheinlichkeit (insofern Alternativen existieren)	- ist konstant bzw. nur abhängig vom geschätzten Bedarf der Population.

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

gesagt die räumliche Zugänglichkeit – ausgehend vom gegebenen Versorgungsangebot und dem Bedarf der Bevölkerung. Anders ausgedrückt: Bei der Analyse der potenziellen räumlichen Zugänglichkeit wollen wir in der Regel regionale Unterschiede vor dem Hintergrund der Versorgungsgerechtigkeit untersuchen. In diesem Zusammenhang erscheint es nicht wünschenswert, einer Population einen grösseren oder niedrigeren Bedarf zuzuschreiben, nur aufgrund ihrer geografischen Lokalisation bzw. der Nähe zu den existierenden Versorgungsstrukturen. Es wäre demnach auch nicht sinnvoll, davon auszugehen, dass der Bedarf einer Bevölkerung sich verändert, wenn mehr Angebote zur Verfügung stehen oder sich ihr Bedarf reduziert, wenn die Distanz zu den Versorgungsangeboten zunimmt. Infolgedessen erscheint die Konzeptualisierung der Gesamtnachfrage im MH3SFCA – unabhängig von der Anzahl erreichbarer Angebote und der Distanz zu diesen Angeboten – überzeugender als in den anderen Methoden, zumindest gilt dies für den Kontext der potenziellen Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungsleistungen. In Tabelle T 3.7 sind die zentralen Unterschiede der diskutierten FCA-Methoden nochmals zusammengefasst.

3.3.4 Validierung

Wie im vorangehenden Kapitel wird die Funktionsweise des MH3SFCA nachfolgend anhand von simulierten Versorgungssystemen dargestellt und mit den übrigen Methoden verglichen. Die Systeme 1a bis 3b sind dieselben wie im vorangehenden Kapitel. Zusätzlich wurden die Systeme 3c bis 4b ergänzt. Alle Systeme sind in Grafik G 3.6 (nochmals) abgebildet. Die *SPAI* für alle Methoden sind in Tabelle T 3.8 enthalten.

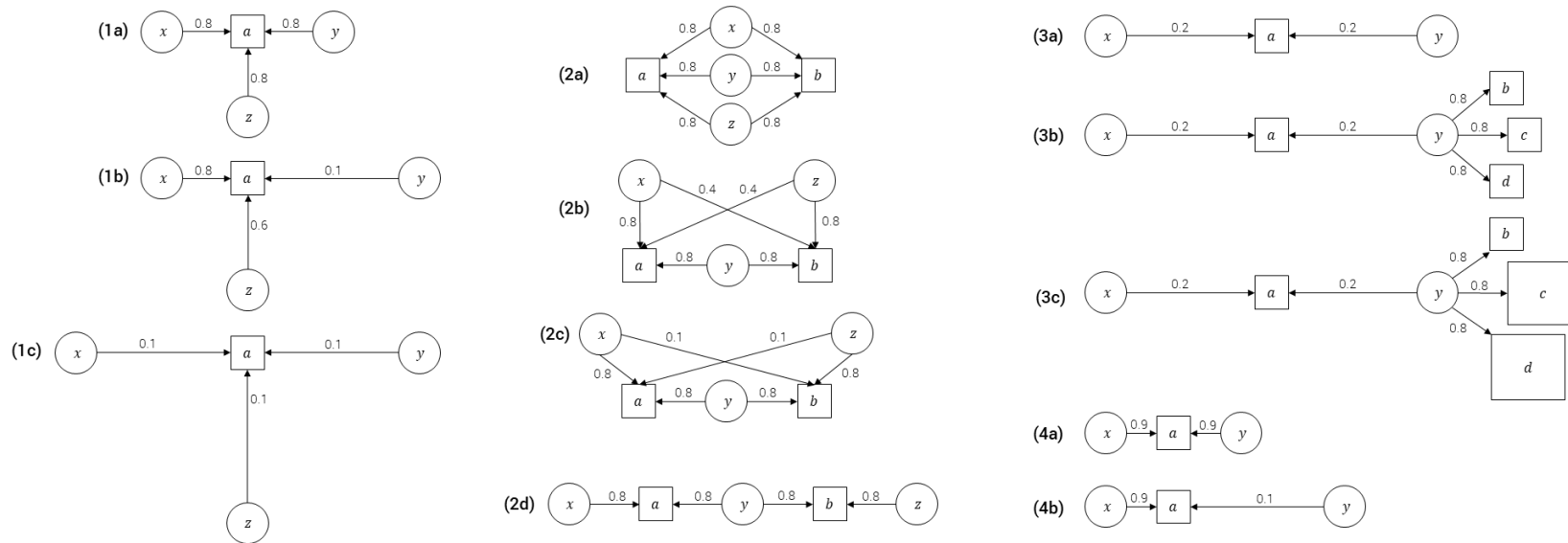
In den Systemen 1a-1c wird jeweils von drei Populationsstandorten (x, y, z) mit je 100 Einwohnerinnen bzw. Einwohnern und einem Spital (a) mit 20 Betten ausgegangen. Bereits in Kapitel 3.2.4 wurde aufgezeigt, dass der E2SFCA, 3SFCA und E3SFCA in

System 1a und System 1c dieselben *SPAI*-Werte für die Populationen x, y und z ausweisen, obschon die Distanzen deutlich variieren (Distanzgewicht **0.8** in System 1a vs. **0.1** in System 1c). Dies liegt daran, dass die erwähnten Methoden lediglich relative Unterschiede in den Distanzen abbilden, wie dies zum Beispiel in System 1b der Fall ist. In System 1a und 1c sind die Distanzen zu Spital a für alle Populationen identisch, weshalb auch der *SPAI* identisch ist. Im Gegensatz dazu erweist sich der MH3SFCA – wie auch der M2SFCA – als sensitiv für Unterschiede in den absoluten Distanzen, weshalb im System 1c ein deutlich geringerer *SPAI* für die Populationen x, y und z resultiert als im System 1a. Das drückt sich ebenfalls in der Spalte «Total» aus, welche als Indikator für die räumliche Zugänglichkeit des Gesamtsystems interpretiert werden kann. Sowohl der M2SFCA als auch der MH3SFCA weisen für das System 1b eine geringere Gesamtzugänglichkeit aus als für das System 1a. Noch geringer fällt die Gesamtzugänglichkeit für das System 1c aus, was mit der grösseren Distanz zwischen den Populationen und dem Versorgungsangebot a im System 1c korrespondiert.

Auch in den Systemen 2a bis 2d wird die Sensitivität des MH3SFCA in Bezug auf die Gesamtkonfiguration des Systems ersichtlich (vgl. Spalte «Total»). Gleichzeitig zeigen die Systeme 2a bis 2d allerdings auf, dass der MH3SFCA im Gegensatz zum M2SFCA auch die Angebotskonkurrenz berücksichtigt. Diesbezüglich baut der MH3SFCA auf dem 3SFCA und dem E3SFCA auf und weist folglich in den Systemen 2a und 2d denselben *SPAI* für die Populationen x, y und z aus.

Die Eigenschaften des MH3SFCA aufgrund der Integration des Huff-Modells zur Schätzung der Nachfragewahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Angebotskonkurrenz wird noch deutlicher anhand der Systeme 3a bis 3c. Im System 3a erreichen beide Populationen x und y lediglich ein Versorgungsangebot, folglich ist der berechnete *SPAI* für die Populationen x und y in allen Methoden jeweils identisch. Im System 3b kommen für die Population y zusätzlich die Angebote b, c und d hinzu, die sogar näherliegen als das Angebot a .

G 3.6 Systeme 1a bis 4b



T 3.8 Zugänglichkeitsindex (Spatial Accessibility Index, SPAI) für die Systeme 1a bis 4b nach FCA-Methode

System					Spatial Accessibility Index (SPAI)																											
	Angebotskapazität S_j				Population P_i			E2SFCA				3SFCA				E3SFCA				M2SFCA				MH3SFCA								
System	a	b	c	d	x	y	z	x	y	z	Total	x	y	z	Total	x	y	z	Total	x	y	z	Total	x	y	z	Total					
System 1a	20				100	100	100	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.053	0.053	0.053	16.0	0.053	0.053	0.053	16.0					
System 1b	20				100	100	100	0.107	0.013	0.080	20.0	0.107	0.013	0.080	20.0	0.107	0.013	0.080	20.0	0.085	0.001	0.048	13.5	0.053	0.007	0.040	10.0					
System 1c	20				100	100	100	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.007	0.007	0.007	2.0	0.007	0.007	0.007	2.0					
System 2a	10	10			100	100	100	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.053	0.053	0.053	16.0	0.053	0.053	0.053	16.0					
System 2b	10	10			100	100	100	0.060	0.080	0.060	20.0	0.063	0.075	0.063	20.0	0.063	0.075	0.063	20.0	0.040	0.064	0.040	14.4	0.044	0.053	0.044	14.2					
System 2c	10	10			100	100	100	0.053	0.094	0.053	20.0	0.064	0.071	0.064	20.0	0.064	0.071	0.064	20.0	0.038	0.075	0.038	15.2	0.048	0.053	0.048	15.0					
System 2d	10	10			100	100	100	0.050	0.100	0.050	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.067	0.067	0.067	20.0	0.040	0.080	0.040	16.0	0.053	0.053	0.053	16.0					
System 3a	10				100	100		0.050	0.050		10.0	0.050	0.050		10.0	0.050	0.050		10.0	0.010	0.010		2.0	0.010	0.010		2.0					
System 3b	10	10	10	10	100	100		0.050	0.350		40.0	0.093	0.307		40.0	0.093	0.307		40.0	0.010	0.250		26.0	0.019	0.241		26.0					
System 3c	10	10	50	50	100	100		0.050	1.150		120.0	0.093	1.107		120.0	0.098	1.102		120.0	0.010	0.890		90.0	0.020	0.880		90.0					
System 4a	20				100	100		0.100	0.100		20.0	0.100	0.100		20.0	0.100	0.100		20.0	0.090	0.090		18.0	0.090	0.090		18.0					
System 4b	20				100	100		0.180	0.020		20.0	0.180	0.020		20.0	0.180	0.020		20.0	0.162	0.002		16.4	0.090	0.010		10.0					

Bemerkungen: Die Distanzen sind anhand der Distanzgewichte dargestellt: je geringer die Distanz (Pfeile), desto höher das Gewicht. Die Angebotskapazität S_j bezieht die Anzahl Spitalbetten pro Angebotsstandort (a , b , c und d). Die Population P_i bezeichnet die Anzahl Einwohnerinnen und Einwohner pro Populationsstandort (x , y und z). Für jede Methode (E2SFCA, 3SFCA, E3SFCA, M2SFCA, MH3SFCA) ist jeweils der Zugänglichkeitsindex (SPAI) pro Population ausgewiesen. Die Spalte «Total» entspricht der räumlichen Zugänglichkeit des gesamten Systems und berechnet sich aus der Summe der SPAI jeweils multipliziert mit der Einwohnerzahl P_i .

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

Im E2SFCA und M2SFCA verbessert sich dadurch nur der *SPAI* der Population *y*. In den übrigen Methoden erfährt auch der *SPAI* der Population *x* einen geringfügigen Anstieg. Das kommt daher, dass sich die Wahrscheinlichkeit, dass die Population *y* das Angebot *a* aufsucht, reduziert und so Kapazitäten für die Versorgung der Population *x* freierwerden. Nicht so im M2SFCA und E2SFCA, diese gehen von der Annahme aus, dass sich durch die neuen Angebote *b*, *c* und *d* die Nachfrage von *y* mehr als verzehnfacht. Tabelle T 3.9 zeigt die Berechnung der Gesamtnachfrage für Population *y* für die Systeme 3a und 3b gemäss den unterschiedlichen Methoden. Wie bereits erläutert, ist die Gesamtnachfrage im E2SFCA wie auch im M2SFCA abhängig von der Anzahl Versorgungsangebote und der Distanz zu den erreichbaren Angeboten. Die Gesamtnachfrage im 3SFCA und E3SFCA ist zwar unabhängig von alternativen Versorgungsangeboten, aber abhängig von der Distanz zu den erreichbaren Angeboten. Deshalb resultiert auch für diese Methoden eine wesentlich unterschiedliche Nachfrage in den Systemen 3a und 3b (20 vs. 75.4, vgl. Tabelle T 3.9). Gemäss MH3SFCA wird sowohl im System 3a als auch im System 3b von einer Gesamtnachfrage der Population *y* von 100 ausgegangen, was der Populationsgrösse entspricht, die ja als Proxy für den Bedarf der Bevölkerung verwendet wird.

Der Vergleich zwischen den Systemen 3b und 3c zeigt den Einfluss des Huff-Modells (E3SFCA und MH3SFCA) gegenüber dem Selektionsgewicht (3SFCA). Im System 3c werden gegenüber dem System 3b lediglich die Kapazitäten der Angebote *c* und *d* vergrössert. Weil im Selektionsgewicht die Kapazität der Angebote keinen Einfluss auf die Nachfragewahrscheinlichkeit ausübt, verbessert sich im System 3c gemäss 3SFCA lediglich der *SPAI* der Population *y*. Dahingegen steigt gemäss E3SFCA und MH3SFCA auch der *SPAI* der Population *x* von System 3b zu System 3c. Die Logik ist dieselbe wie zuvor. Durch die Erhöhung der Kapazitäten in den Spitälern *c* und *d* steigt der Anteil der Nachfrage von *y* bei ebendiesen Spitälern *c* und *d*, so dass im Spital *a*

die Kapazitäten entlastet werden, wodurch sich die Versorgungssituation für Population *x* ebenfalls verbessert.

Anhand der Systeme 4a und 4b soll schliesslich noch aufgezeigt werden, dass der MH3SFCA auch den absoluten Einfluss der Distanzen angemessener abbildet als der M2SFCA. Beide Systeme gehen von einem Spital *a* und zwei Populationen aus. Der einzige Unterschied zwischen den Systemen ist, dass im System 4b die Distanz zwischen Spital *a* und Population *y* deutlich grösser ist. Das Distanzgewicht reduziert sich von 0.9 auf 0.1, also um einen Faktor von 9. Sowohl im M2SFCA als auch im MH3SFCA reduziert sich folglich der *SPAI* der Population *y*. Allerdings beläuft sich die Reduktion des *SPAI* auf -0.088, was einem Faktor von 45 entspricht. Gemäss MH3SFCA reduziert sich der *SPAI* um einen Faktor von 9, also proportional zur Veränderung des Distanzgewichts, was plausibel ist, da sich sonst nichts an der Versorgungssituation geändert hat.

3.3.5 Fazit

Ausgehend von den theoretischen Überlegungen im vorliegenden Kapitel sowie anhand der dargestellten Simulationssysteme erweisen sich die Eigenschaften des MH3SFCA gegenüber den übrigen FCA-Methoden als überlegen. Die Methode integriert die Stärken früherer Ansätze, insbesondere integriert sie die Angebotskonkurrenz gemäss E3SFCA sowie den Einfluss absoluter Distanzunterschiede gemäss M2SFCA. Ausserdem werden Veränderungen in den Distanzen beim MH3SFCA proportional zur Veränderung der Distanzgewichte abgebildet, wohingegen die räumliche Zugänglichkeit gemäss M2SFCA deutlich überproportional auf Veränderungen in den Distanzgewichten reagiert. Schliesslich erscheint die Annahme einer konstanten Gesamtnachfrage pro Population gemäss MH3SFCA – unabhängig von

T 3.9 Gesamtnachfrage in den Systemen 3a und 3b nach FCA-Methode

Methode	Nachfrage D_y der Population <i>y</i>	
	System 3a	System 3b
E2SFCA	$D_y = \sum_j^n P_y * f(d_{yj}) = 100 * 0.2 = 20$	$D_y = \sum_j^n P_y * f(d_{yj}) = 100 * 0.2 + 100 * 0.8 + 100 * 0.8 + 100 * 0.8 = 260$
M2SFCA	$D_y = \sum_j^n P_y * f(d_{yj}) = 100 * 0.2 = 20$	$D_y = \sum_j^n P_y * f(d_{yj}) = 100 * 0.2 + 100 * 0.8 + 100 * 0.8 + 100 * 0.8 = 260$
3SFCA	$D_y = \sum_j^n P_y * G_{yj} * f(d_{yj}) = 100 * 1 * 0.2 = 20$	$D_y = \sum_j^n P_y * G_{yj} * f(d_{yj})$ $= 100 * 0.077 * 0.2 + 100 * 0.308 * 0.8 + 100 * 0.308 * 0.8 + 100 * 0.308 * 0.8 = 75.4$
E3SFCA	$D_y = \sum_j^n P_y * Huff_{yj} * f(d_{yj}) = 100 * 1 * 0.2 = 20$	$D_y = \sum_j^n P_y * Huff_{yj} * f(d_{yj})$ $= 100 * 0.077 * 0.2 + 100 * 0.308 * 0.8 + 100 * 0.308 * 0.8 + 100 * 0.308 * 0.8 = 75.4$
MH3SFCA	$D_y = \sum_j^n P_y * Huff_{yj} = 100 * 1 = 100$	$D_y = \sum_j^n P_y * Huff_{yj} = 100 * 0.077 + 100 * 0.308 + 100 * 0.308 + 100 * 0.308 = 100$

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

der Anzahl erreichbarer Angebote und der Distanz zu diesen Angeboten – als angemessener im Kontext der potenziellen Zugänglichkeit medizinischer Versorgungsangebote.

Nichtsdestotrotz soll an dieser Stelle nicht unterschlagen werden, dass auch der MH3SFCA in bestimmten Konfigurationen kontraintuitive Ergebnisse liefert. Am deutlichsten wird dies anhand der Systeme 2a bis 2d gemäss Grafik G 3.6 bzw. Tabelle T 3.8. Es scheint nicht plausibel, dass die Zugänglichkeit der Population x in System 2c besser ist als in System 2b, wie dies der *SPAI* gemäss MH3SFCA suggeriert. Dies gilt analog auch für den Vergleich von System 2d mit System 2c. Der Grund dafür liegt in der Logik im Huff-Modell. Es ist nämlich so, dass gemäss Huff-Modell jedem Versorgungsangebot, welches innerhalb des maximalen Radius liegt, eine Nachfragewahrscheinlichkeit grösser Null und somit ein Anteil der Nachfrage grösser Null zugeordnet wird. In Bezug auf System 2c bedeutet dies, dass für Population x davon ausgegangen wird, dass ein geringfügiger Teil der Nachfrage auf Spital b entfällt, trotz der grossen Distanz bei gleichzeitig vergleichsweise hoher Nachfragekonkurrenz. Dies gilt auch dann, wenn sich dadurch die Zugänglichkeit für Population x reduziert. Diese Annahme ist nicht in jedem Fall irrational, namentlich wenn man davon ausgeht, dass der Bedarf der Population x nicht bereits durch das näher liegende Spital a gedeckt werden konnte. Wenn allerdings die Kapazitäten in Spital a ausreichen, um den Bedarf von Population x zu decken, wäre es aus Sicht der Population x nicht rational, einen Teil der Nachfrage dem Spital b zuzuordnen.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass im MH3SFCA das Risiko besteht, dass der Anteil der Nachfrage einer Population bei vergleichsweise weiter entfernten Angeboten überschätzt werden kann. Auf globaler Ebene kann dies zu einer Verzerrung zugunsten von kleinräumigen Zentren führen, in denen kaum Versorgungsangebote nahe des maximalen Radius existieren. Im Verhältnis zur Nachfrageüberschätzung ohne Berücksichtigung des Huff-Modells ist das Ausmass der Verzerrung im MH3SFCA allerdings gering. Eine Korrektur dieser Verzerrung ist schwierig, weil dazu für jede Population beurteilt werden müsste, inwiefern deren Bedarf bereits durch die näherliegenden Angebote abgedeckt ist. Auf Basis dieser Beurteilung könnte eine Korrektur der Nachfragewahrscheinlichkeiten bei weiter entfernt liegenden Angeboten erfolgen. Aufgrund der komplexen Abhängigkeiten zwischen den Regionen würde dadurch wiederum die Ausgangslage aller umliegenden Populationspunkte verändert. Optimierungsmethoden könnten ein nützliches Instrument darstellen, um diese Komplexität abzubilden (vgl. dazu u.a. Li et al., 2015). Voraussetzung wäre allerdings, dass die Kapazitäten des Angebots und der Bedarf der Bevölkerung auf derselben Skala messbar sind.

B 8 Zwischenfazit MH3SFCA

Der MH3SFCA basiert auf früheren FCA-Ansätzen und kombiniert verschiedene Aspekte dieser Methoden:

- Die Angebotskonkurrenz wird über die Nachfragewahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell berücksichtigt (analog E3SFCA). Dadurch wird die Nachfrageüberschätzung bei alternativen Versorgungsmöglichkeiten vermieden.
- Der Einfluss der Distanzen wird nicht nur relativ, sondern auch absolut berücksichtigt (analog M2SFCA). Dadurch lässt der MH3SFCA mitunter auch eine Bewertung des Gesamtsystems zu. Im Gegensatz zum M2SFCA bildet der MH3SFCA Veränderungen hinsichtlich der absoluten Distanzgewichte proportional ab.

Darüber hinaus geht der MH3SFCA gegenüber den früheren Ansätzen von einer konstanten Gesamtnachfrage jeder Population aus. Damit ist gemeint, dass die gesamte Nachfrage einer Population unabhängig ist von der Anzahl der erreichbaren Angebote und der Distanz zu diesen Angeboten. Zwar haben die Anzahl der erreichbaren Angebote und die Distanz zu diesen Angeboten einen Einfluss auf die Verteilung der Gesamtnachfrage einer Population. Im Gegensatz zu den früheren FCA-Ansätzen wird aber nicht angenommen, dass die Gesamtnachfrage einer Population grösser wird, wenn mehr Angebote zur Verfügung stehen. Vor dem Hintergrund, dass alle FCA-Methoden versuchen, die potenzielle räumliche Zugänglichkeit in Abhängigkeit des Bedarfs der Bevölkerung zu messen, erscheint die Annahme einer konstanten Gesamtnachfrage pro Population als angemessener.

Aufgrund dieser theoretischen Überlegungen und angesichts der Validierung der Methoden anhand von Simulationsmodellen erweist sich der MH3SFCA zur Operationalisierung der räumlichen Zugänglichkeit innerhalb von medizinischen Versorgungssystemen gegenüber den früheren FCA-Ansätzen als überlegen.

4 Fallstudie zur Zugänglichkeit in der ambulanten Grundversorgung

Im vorangehenden Kapitel wurden diverse FCA-Methoden vorgestellt und ausgehend davon die MH3SFCA-Methode hergeleitet. Anhand von Simulationssystemen konnte gezeigt werden, inwiefern der MH3SFCA die Eigenschaften früherer Ansätze kombiniert und erweitert. In Ergänzung zur Validierung anhand der Simulationssysteme, die naturgemäss die Komplexität in der Realität stark vereinfachen, soll nun im vorliegenden Kapitel ein Vergleich der Methoden an einem praktischen Beispiel im Sinne einer Fallstudie erfolgen.

Als Untersuchungsgegenstand dient die ambulante Versorgung in der Schweiz, genauer gesagt die ambulante Grundversorgung. Diese umfasst alle niedergelassenen, ambulant tätigen Grundversorger. Unter Grundversorger werden alle Ärztinnen und Ärzte mit Hauptfachgebiet Allgemeine Innere Medizin (AIM) und alle Praktischen Ärztinnen und Ärzte subsumiert.

Der für die Fallstudie gewählte Untersuchungsgegenstand ist in mehrerer Hinsicht von praktischer Relevanz. Aktuell befindet sich eine Revision des KVG betreffend die Zulassung ambulanter Leistungserbringer in der parlamentarischen Diskussion. Die Revision sieht insbesondere konkrete Kriterien für die kantonale Steuerung der Anzahl ambulanter Leistungserbringer nach Fachbereich vor (vgl. Bundesrat, 2018). Für eine angemessene Zulassungssteuerung braucht es zuverlässige Indikatoren zur Dichte und regionalen Verteilung der Leistungserbringer im Status Quo. Hier bietet die MH3SFCA-Methode ein wesentliches Potenzial, um die betreffenden Entscheidungsgrundlagen zu liefern.

Auch unabhängig von der erwähnten Revision ist die Analyse der räumlichen Zugänglichkeit in der ambulanten Grundversorgung von wesentlichem Interesse. Einerseits begründet sich dies durch die zunehmende Alterung der Ärzteschaft. Gemäss Zeller & Tschudi (2016) ist in der Schweiz ein stetiger Anstieg des Anteils der Hausärztinnen und Hausärzte nahe dem Pensionierungsalter zu beobachten. Alleine im Zeitraum zwischen 2005 und 2015 ist das Durchschnittsalter von Hausärztinnen und Hausärzten von 51 Jahren auf knapp über 55 Jahre gestiegen. Vor diesem Hintergrund stellt die Sicherstellung der ambulanten Grundversorgung im Speziellen und der ambulanten Versorgung im Allgemeinen in den kommenden Jahren eine wesentliche Herausforderung dar. Auch in diesem Zusammenhang kann der MH3SFCA als Instrument von grossem Nutzen sein, beispielsweise wenn es darum geht, Regionen zu identifizieren, die durch die demografische Alterung der Hausärzteschaft in den kommenden Jahren besonders betroffen sein werden.

Nebst der demografischen Struktur der Ärzteschaft ist auch die Kostenentwicklung aktuell ein viel diskutiertes Thema im schweizerischen Gesundheitswesen. Die Kosten für die Leistungen zulasten der obligatorischen Krankenpflegeversicherung (OKP) im ambulanten Bereich haben seit dem Inkrafttreten des KVG im Jahr 1996 ständig zugenommen, was wiederum massgeblich zum Anstieg der von den Versicherten bezahlten Prämien beigetragen hat. Diese Entwicklung hat erhebliche Auswirkungen auf das Budget der Privathaushalte und auf die Finanzen von Bund und Kantonen, die einen immer grösseren Betrag für die Prämienverbilligungen aufwenden müssen (vgl. Bundesrat, 2018). In diesem Kontext ist der Zusammenhang zwischen der ambulanten Versorgungsdichte und den OKP-Kosten für ambulante Leistungen sowie der Zusammenhang mit den Gesundheitskosten insgesamt ein viel und kontrovers diskutiertes Thema, sowohl in der Politik als auch in der Forschung (vgl. u.a. Roth & Sturny, 2017; Reichmeier & Meier, 2018; Guggisberg & Spycher, 2005). Auch für künftige Studien zum Zusammenhang zwischen Versorgungsstrukturen, Inanspruchnahme und Kosten kann der MH3SFCA von grossem Wert sein, namentlich als Methode zur Operationalisierung der Versorgungsdichte.

Nachfolgend sind zuerst die Datengrundlagen sowie das methodische Vorgehen im Rahmen der Fallstudie beschrieben, bevor schliesslich die Resultate präsentiert werden. Es ist zu erwähnen, dass der Fokus der Fallstudie auf dem Vergleich der Methoden im Allgemeinen und der Validierung der MH3SFCA-Methode im Speziellen liegt. Auch wenn zuvor die wesentliche praktische Relevanz des gewählten Untersuchungsgegenstands erläutert wurde, wird im Rahmen der Fallstudie auf eine ausführliche Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf deren praktische und politische Implikationen verzichtet.

4.1 Datengrundlagen

Zur Berechnung der Zugänglichkeitsindizes anhand der in Kapitel 3 präsentierten FCA-Methoden benötigt man Daten zum Angebot sowie zur Nachfrage innerhalb des untersuchten Versorgungsbezugs. Für die Fallstudie zur Zugänglichkeit in der ambulanten Grundversorgung sind die dazu genutzten Datenquellen nachfolgend kurz beschrieben.

4.1.1 Versorgungsangebote

Für eine Analyse der Versorgungsdichte bzw. der räumlichen Zugänglichkeit braucht man einerseits Daten zum Angebot, wobei für die räumlichen Analysen insbesondere auch Informationen zum geografischen Standort zwingend vorhanden sein müssen. Diesbezüglich wurden für die vorliegende Fallstudie vor allem die Daten 2016 der Ärztestatistik der FMH genutzt, welche mitunter auch die Adressangaben der Leistungserbringer beinhalten.

Die Ärztestatistik der FMH umfasst die aktiven Ärztinnen und Ärzte in der Schweiz. Die Daten stammen aus der Mitgliederstatistik der FMH, u.a. ergänzt mit den Mitgliederlisten des TARMED-Vertrages zwischen FMH und santésuisse. Dadurch sind alle ambulant abrechnenden Ärztinnen und Ärzte erfasst. Die Statistik enthält nebst soziodemografischen Merkmalen (Geschlecht, Alter) zahlreiche Informationen zur Aus- und Weiterbildung der Ärztinnen und Ärzte. Gemäss Schätzungen sind ca. 95% der Ärztinnen und Ärzte in der Schweiz in der Ärztestatistik erfasst. Es bestehen insbesondere Lücken bei den Assistenzärztinnen/-ärzten und bei den ausländischen Ärztinnen und Ärzten. So bestehen Hinweise, dass die Zahl der praktischen Ärztinnen und Ärzte unterschätzt wird, weil die ausländischen Ärztinnen und Ärzte hier einen nicht unerheblichen Anteil ausmachen. Ausserdem bestehen Unsicherheiten bezüglich der Aktualität der Angaben zu einzelnen Ärztinnen und Ärzten: So ist davon auszugehen, dass ein Teil der Ärztinnen und Ärzte zwar ihren Mitgliederstatus jährlich erneuern, bestimmte Angaben (z.B. zum Arbeitssektor) aber vom Vorjahr übernehmen.

Zwecks Einschränkung auf die ambulante Grundversorgung wurden lediglich die Ärztinnen und Ärzte Hauptberufstätigkeit «ambulant» sowie mit Hauptfachgebiet «Allgemeine Innere Medizin (AIM)» und alle «Praktischen Ärztinnen und Ärzte»⁹ extrahiert. Daraus resultiert eine Grundgesamtheit von 6 950 ambulanten Grundversorgern im Auswertungsdatensatz zum Angebot.

Mittels Fragebogen auf dem Mitgliederportal myFMH werden in einer gesonderten Erhebung (myFMH) Angaben zur Berufstätigkeit (Arbeitspensum, Praxisstruktur etc.) erhoben. Für die vorliegende Fallstudie wurde aus dieser Erhebung lediglich das Arbeitspensum verwendet. Zusätzlich zu den oben genannten Grenzen der FMH-Statistik allgemein, sind hinsichtlich der Daten aus myFMH folgende Einschränkungen zu beachten: Nur 28% der in der FMH-Ärzttestatistik erfassten Fachärztinnen und -ärzte haben 2016 in myFMH ein Arbeitspensum angegeben. Der Anteil unterscheidet sich nach Geschlecht und z.B. auch nach Fachgebiet. In Bezug auf ambulante Ärztinnen und Ärzte mit Hauptfachgebiet

AIM beläuft sich dieser Anteil auf 40% und in Bezug auf die praktischen Ärztinnen und Ärzte auf 24%. Die Angabe des Arbeitspensums erfolgt in myFMH in Halbtagen, was insofern ungenau ist, als dass ein Halbtage 4 bis 6 Stunden umfassen kann. Im Einklang mit der Praxis der FMH wurde davon ausgegangen, dass ein Arbeitspensum von 10 und mehr Halbtagen pro Woche einem Vollzeitpensum (100%, VZÄ=1) entspricht (vgl. Hostettler & Kraft, 2018). Für die Ärztinnen und Ärzte, für die kein Arbeitspensum erfasst ist, wurde dieses anhand des Alters, dem Geschlecht und dem Hauptfachgebiet aus den vorhandenen Daten geschätzt. Studien haben zwar gezeigt, dass die Daten von myFMH zum Beschäftigungsgrad im Allgemeinen von guter Qualität und weitgehend repräsentativ sind (Dutoit et al., 2014; Hostettler et al., 2013), gleichwohl gilt, dass die in der Fallstudie verwendeten Arbeitspensum sowie die darauf basierenden Vollzeitäquivalente (VZÄ) mit Unsicherheit behaftet sind.

4.1.2 Populationsdaten

Nebst den Daten zum Angebot benötigt man für die Analyse der Versorgungsdichte Daten zur Nachfrage. Als Grundlage dienten hierzu die Daten 2016 der Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP) des BFS. Der STATPOP-Datensatz beruht auf einer gesamtschweizerischen Registererhebung und ist Teil der Statistiken des neuen Volkszählungssystems des BFS.¹⁰ Konkret wurde der Geodatenatz von GEOSTAT zur STATPOP als Datengrundlage für die nachfolgenden Analysen verwendet (vgl. BFS, 2018). Darin sind die Populationsdaten pro Hektare (100m x 100m) aufgeschlüsselt, wobei jede Hektare durch die Koordinaten ihres südwestlichen Eckpunkts identifiziert ist.¹¹ Für die Analysen wurde der Bezugspunkt der Hektaren insofern angepasst, dass der Mittelpunkt der Hektare als Referenzpunkt für die Geolokalisierung verwendet wurde.

Im Standarddatensatz von GEOSTAT stehen 69 Personen- und acht Haushaltsmerkmale, nach Hektaren aggregiert, zur Verfügung. Für die nachfolgenden Analysen wurde – nebst den Koordinaten – die ständige Wohnbevölkerung pro Hektare extrahiert. Insgesamt sind im Auswertungsdatensatz zur Nachfrage 343 305 Datenpunkte, d.h. bewohnte Hektaren, enthalten. Aus Gründen der Erhebungspraxis und des Datenschutzes weist der STATPOP-Datensatz einige qualitative Limitierungen auf (z.B. Mindestangabe von 3 Personen pro Hektare und Verwendung einer «Sammelhektare» pro Gemeinde). Es gibt Lösungen, um diesen Limitierungen zu begegnen. Diese standen in der vorgenommenen Studie jedoch nicht im Zentrum und wurden daher nicht umgesetzt.

⁹ Inhaber des eidgenössischen Weiterbildungstitels «Praktischer Arzt / Praktische Ärztin» verfügen am Ende ihrer Weiterbildung über die Kompetenz, eigenverantwortlich im Bereich der medizinischen Grundversorgung tätig zu sein. Die geforderte dreijährige Weiterbildung stellt eine Minimalvorgabe dar, mit der noch keine fachärztliche Kompetenz erworben wird. In der Regel gilt der Titel «Praktischer Arzt / Praktische Ärztin» als Basisweiterbildung für den späteren Erwerb des Facharzttitels «Allgemein Innere Medizin».

¹⁰ Das BFS nutzt hierzu Verwaltungsdaten, konkret stützt sich das Volkszählungssystem auf die folgenden harmonisierten Personenregister ab: Einwohnerregister der Gemeinden und Kantone, Personenstandsregister (Infostar) des Bundesamtes für Justiz, zentrales Migrationsinformationssystem (ZEMIS) des Staatssekretariats für Migration sowie das Informationssystem ORDIPRO (Diplomaten und internationale Funktionäre) des Eidgenössischen Departements für auswärtige Angelegenheiten.

¹¹ Angabe in Schweizer Landeskoordinaten. Verwendet wurde jeweils der neue Bezugsrahmen LV95.

4.2 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen ist in Grafik G 4.1 schematisch dargestellt. Die einzelnen Analyseschritte werden nachfolgend erläutert. Für Erreichbarkeitsanalysen sowie für die kartografischen Visualisierungen wurde die ArcGIS Desktop Version 10.4 und ArcGIS Online von ESRI verwendet. Die Berechnung der FCA-Indizes und die weiteren statistischen Analysen erfolgten mithilfe der Statistiksoftwares SAS und R.

4.2.1 Geolokalisierung

In einem ersten Schritt galt es, die ambulanten Grundversorger räumlich zu lokalisieren. Dazu wurden diese anhand der Adressen gemäss Ärztestatistik der FMH mithilfe des «Geocoding Service» von ESRI geolokalisiert. Anhand einer Adresseingabe liefert dieser Service eine Punktgeometrie mit den entsprechenden Koordinaten zurück. Im Zuge der Geolokalisierung wurden ambulante Grundversorger mit demselben geografischen Standort (z.B. Gruppenpraxen oder Praxen im selben Gebäude) «fusioniert», wobei die VZÄ addiert wurden. Für die Anwendung der FCA-Methoden macht es kaum einen Unterschied, ob diese Angebote als zwei Leistungserbringer oder als ein Leistungserbringer mit aufsummierter Kapazität codiert sind.¹² Infolge der Fusion identischer Standorte reduzierte sich die Zahl der Angebotsstandorte im Auswertungsdatensatz auf 4 995.

Aus Datenschutzgründen werden nachfolgend keine Karten publiziert, auf denen die Grundversorger als Punkte dargestellt sind. Wenn Angebotsstandorte auf einer Karte visualisiert sind, handelt es sich stets um fiktive Daten, die zu Illustrationszwecken dienen.

4.2.2 Wahl der Analyseeinheiten

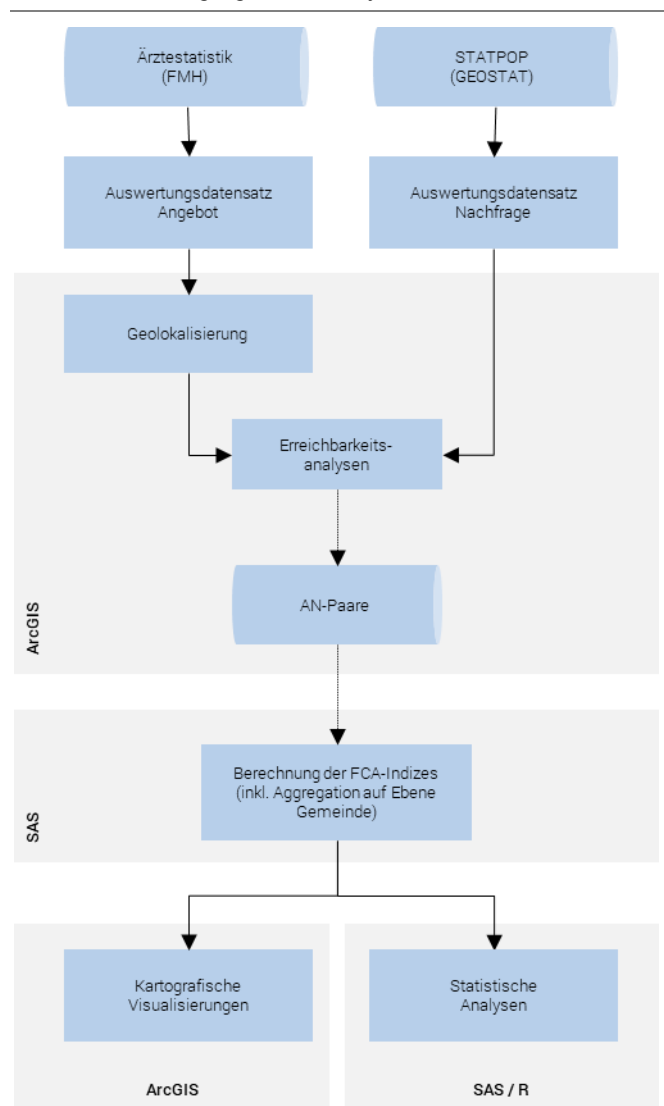
Wie bereits in Kapitel 3.1 kurz erwähnt, stützen sich die meisten Forschungsarbeiten zu Zugänglichkeitsanalysen hinsichtlich der Definition der Populationsstandorte auf Erhebungsregionen gemäss den jeweiligen nationalen Volkszählungen (sogenannte «census tracts»). Dabei werden für die Berechnung der Distanzen die Bevölkerungsmittelpunkte dieser *census tracts* ermittelt, d.h. das geografische Zentrum einer Region, wenn für die Bevölkerungsverteilung gewichtet wird (vgl. u.a. Polzin 2014, S.37-38).

Anders als in anderen Ländern, wie zum Beispiel den Vereinigten Staaten, existieren in der Schweiz keine solchen Erhebungsregionen (vgl. Mohler-Kuo et al. 2011). Eine Alternative wäre es, Gemeinden oder beispielsweise Postleitzahlregionen zu verwenden. Als Referenzpunkte für die Distanzmessung könnte man analog die Bevölkerungsmittelpunkte verwenden. Allerdings sind Gemeinden sowie die Postleitzahlregionen vergleichsweise gross

bzw. in ihrer Grösse sehr unterschiedlich. Somit wäre die Repräsentativität der Bevölkerungsmittelpunkte für die gesamte Gemeinde bzw. Postleitzahlregion fraglich.

In Bezug auf die Wahl der regionalen Einheiten kann grundsätzlich festgehalten werden: je kleinräumiger, desto besser. Da für die Berechnung einer Distanz stets ein Punkt definiert werden muss, sollte dieser Punkt möglichst repräsentativ für die räumliche Fläche sein. Je kleiner die Fläche dieser regionalen Einheit ist, desto grösser die Wahrscheinlichkeit, dass der ausgewählte Punkt im geografischen Sinne repräsentativ ist. Um die höchstmögliche Präzision zu erreichen, wurden für die vorliegende Studie deshalb die einzelnen Hektaren als Analyseeinheit definiert.

G 4.1 Schema Zugänglichkeitsanalyse



Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

¹² Einzig für die Berechnung des Selektionsgewichts gemäss 3SFCA hat die Konsolidierung der Kapazitäten bei identischer Geolokalisation eine Auswirkung.

Diese Präzision hinsichtlich der Populationsstandorte hat allerdings auch eine Kehrseite: Es ergeben sich daraus über eine Milliarde potenzielle Kombinationen von Angebots- und Populationsstandorten, sogenannte Angebots-Nachfrage-Paare bzw. AN-Paare (Berechnung: 4 995 Angebotsstandorte $\times$ 343 305 Hektaren = 1 714 808 475 potenzielle Kombinationen). Dies wäre aber nur der Fall, wenn alle Distanzen zwischen Angebots- und Populationsstandorten innerhalb des maximalen Radius liegen würden. Nichtsdestotrotz hat die Wahl der Hektaren als Analyseeinheiten Implikationen in Bezug auf die benötigte Rechenleistung und die Distanzmessung (kontinuierliche Distanzen vs. Subzonen, vgl. auch nachfolgenden Abschnitt).

4.2.3 Erreichbarkeitsanalysen

Um die Distanzen zwischen Angebots- und Populationsstandorten zu bestimmen, wurde für jeden Angebotsstandort eine Erreichbarkeitsanalyse durchgeführt. Dazu wurden in ArcGIS für jeden Angebotsstandort Einzugsgebiete anhand von vier vorab festgelegten Radien ermittelt. Für die Distanzmessung wurde die Fahrzeit mit dem motorisierten Privatverkehr gewählt, weil für die Schweiz anhand des motorisierten Privatverkehrs die höchste Validität zu erwarten ist (vgl. dazu Kapitel 2.4).

Für die vorliegende Studie wurde ein maximaler Radius d_{max} von 20 Minuten und eine Unterteilung in vier Subzonen (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 Minuten) gewählt. Dies stellt eine Abweichung gegenüber bisherigen Studien dar, welche in Bezug auf die ambulante Grundversorgung einen maximalen Radius von 30 (Luo & Wang 2003, Luo 2004; Luo & Whippo, 2009) oder 60 Minuten (Wan et al., 2012) vorschlagen. Dementsprechend unterscheidet sich auch die Definition in Subzonen gegenüber früheren Studien, welche eine Unterteilung in drei bis vier Subzonen mit einer Spannweite von mindestens zehn Minuten verwendeten (0-10, 10-20,

B 9 Parameter Erreichbarkeitsanalysen

Service	ESRI World Routing Service
Transportmodus	Motorisierter Privatverkehr
Radien	5, 10, 15, 20 Minuten
Standortinputs	Angebotsstandorte gemäss Geolokalisierung der ambulanten Grundversorger

Parameter / Annahmen

- Wo möglich werden Strassen höherer Hierarchie (Autobahnen, Kantonsstrassen) bevorzugt.
- Die Fahrtrichtung ist vom Wohnort zum Versorgungsangebot.
- Die Strassen werden mit einem Personenwagen (PW) befahren.
- Kehrtwendungen im Netzwerk sind nur an Kreuzungen und Strassenenden erlaubt.
- Es wird von einer guten Befahrbarkeit der Strassen und einer Geschwindigkeit gemäss den beschilderten Tempi ohne Beeinträchtigungen durch Staus (durchschnittliche Verkehrsbelastung) ausgegangen.

Quelle: Eigene Darstellung, ESRI World Routing Service

© Obsan 2019

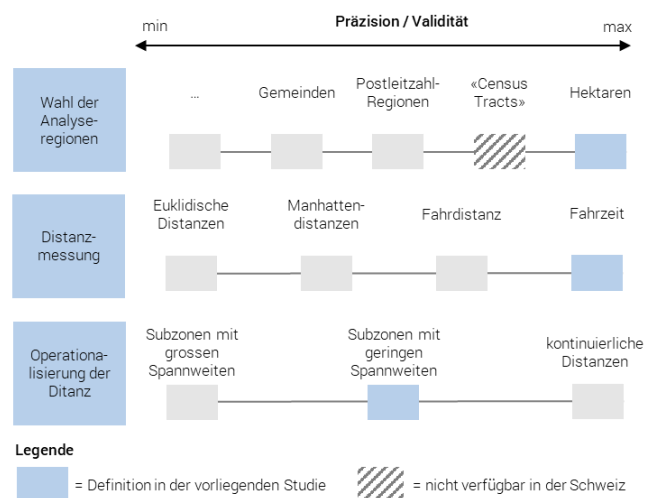
20-30 und z.T. 30-60 Minuten) oder innerhalb des maximalen Radius sämtliche Distanzen kontinuierlich gemessen haben (vgl. u.a. Delamater, 2013; Luo, 2016). Begründet wird die Wahl des maximalen Radius von 20 Minuten mit vier Subzonen à je 5 Minuten für die vorliegende Studie wie folgt:

Maximaler Radius: Aufgrund der kleinräumigen Struktur und des gut ausgebauten Verkehrsnetzes in der Schweiz erscheint die Wahl eines maximalen Radius von 20 Minuten für die Analyse in Bezug auf die ambulante Grundversorgung als angemessen. Dies zeigt sich auch anhand der Tatsache, dass mit einem maximalen Radius von 20 Minuten bereits 42 712 070 AN-Paare resultieren, d.h. im Schnitt werden von jeder Hektare 124 Versorgungsangebote erreicht. Ausserdem wurde bereits in Kapitel 3.3.5 das Risiko des Huff-Modells dargelegt, die Nachfrage bei vergleichsweise weiter entfernten Versorgungsangeboten zu überschätzen. Mit einem eher zurückhaltend definierten maximalen Radius lässt sich dieses Risiko einschränken.

Subzonen vs. kontinuierliche Distanzen: Für die Ermittlung der Fahrzeiten wird der «World Routing Service» von ESRI verwendet. Dieser Dienst ist kostenpflichtig, wobei sich der finanzielle Aufwand anhand der berechneten Fahrzeiten bemisst. Aufgrund der Beschränkung auf Subzonen konnten die Kosten für die Berechnung minimiert werden. Allerdings gilt es festzuhalten, dass der Entscheid für Subzonen gegenüber kontinuierlichen Distanzen, die Auswahl der anwendbaren FCA-Methoden einschränkt. So wurde bereits in Kapitel 3.2 erwähnt, dass Methoden, die auf variablen Einzugsgebieten beruhen, mit einer Distanzoperationalisierung anhand von Subzonen nicht sinnvoll umsetzbar sind.

Wahl der Subzonen: Anhand der vier Subzonen mit einer Spannweite von lediglich fünf Fahrminuten wird die Präzision gegenüber anderen Studien, welche lediglich drei Subzonen mit Spannweiten von zehn Minuten und mehr verwendet haben, deutlich verbessert. Somit ist auch der Präzisionsverlust gegenüber kontinuierlich gemessenen Distanzen kaum mehr relevant, zumal

G 4.2 Präzision und Validität der Distanzoperationalisierung

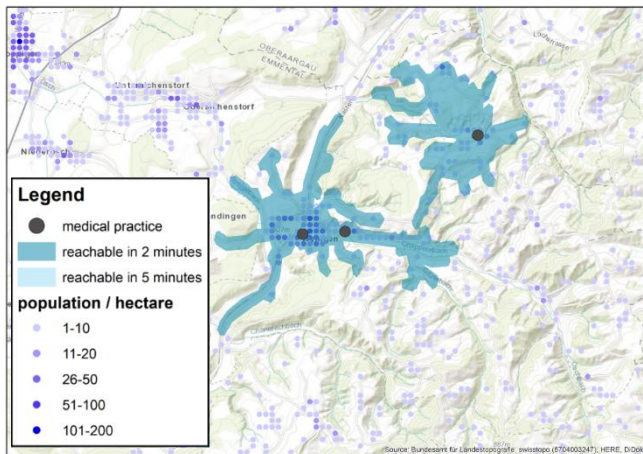


Quelle: Eigene Darstellung

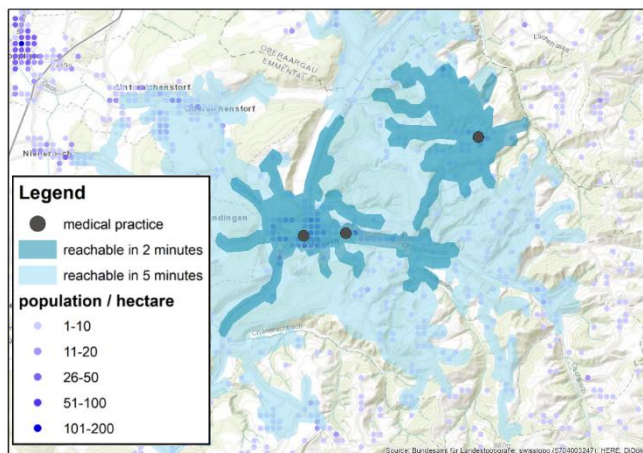
Obsan 2019

G 4.3 Illustration Erreichbarkeitsanalysen

Erreichbarkeitsanalyse 2 Minuten (fiktive Angebotsstandorte)



Erreichbarkeitsanalyse 5 Minuten (fiktive Angebotsstandorte)



Daten: BFS – STATPOP 2016, ESRI – World Routing Service, swisstopo – Hintergrundkarten

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

man durchaus argumentieren kann, dass Unterschiede von bis zu 5 Minuten kaum ein relevantes Auswahlkriterium für Patientinnen und Patienten bei der Wahl eines bestimmten Versorgungsangebots darstellen.

In Grafik G 4.2 sind die für die Präzision der Distanzoperationalisierung relevanten Entscheidungen zusammengefasst. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die gewählte Methodik in der vorliegenden Studie eine hohe Präzision und Validität in Bezug auf die Operationalisierung der Distanzen zwischen Angebots- und Populationsstandorten sicherstellt.

Wie bereits erwähnt, wurde für die Erreichbarkeitsanalysen der «World Routing Service» von ESRI mit den Parametern gemäss Infobox B 9 verwendet. Für jeden Angebotsstandort werden dazu die Einzugsgebiete anhand der definierten Radien berechnet (vgl. auch Illustration in Grafik G 4.3 mit fiktiven Daten). Für alle Kombinationen aus Angebots- und Populationsstandorten, für die gilt, dass die Population innerhalb eines bestimmten Fahrzeitraum erreichbar ist, wird die betreffende Fahrzeit in einer Tabelle

(AN-Paare) gespeichert. Dieser Output dient dann als Grundlage für die weiteren Berechnungen.

Aus der Erreichbarkeitsanalyse resultierten insgesamt 42 712 070 AN-Paare. Für 3 580 Hektaren (1%) konnte kein Angebot innerhalb einer Fahrzeit von 20 Minuten identifiziert werden. Dies kann insbesondere zwei Gründe haben. Zum einen kann es sein, dass vom Populationsstandort tatsächlich kein Angebot innerhalb von 20 Minuten erreichbar ist. In diesem Fall wäre es sinnvoll, diese Hektaren als Standorte mit einer räumlichen Zugänglichkeit von Null ($SPAI = 0$) zu behandeln. Zum andern ist es möglich, dass im Rahmen der Erreichbarkeitsanalyse und ausgehend vom zugrundeliegenden Strassennetzwerk fälschlicherweise keine Verbindung zwischen Population und Angebot gefunden wurde. Letzteres kann vorkommen, weil die Hektaren anhand ihres Mittelpunkts lokalisiert werden. Damit besteht eine Ungenauigkeit von 50 Metern in Bezug auf die Lokalisierung. Nun kann es sein, dass genau diese 50 Meter dazu führen, dass die Population in einem See oder einem Fluss lokalisiert wird, was wiederum dazu führt, dass anhand der Erreichbarkeitsanalyse keine Verbindung zum Populationspunkt gefunden wird. In diesem Fall erscheint es sinnvoll, diese Punkte als Missings zu behandeln. Eine Analyse der betroffenen Populationspunkte (vgl. auch Anhang 3) zeigt, dass diese mehrheitlich:

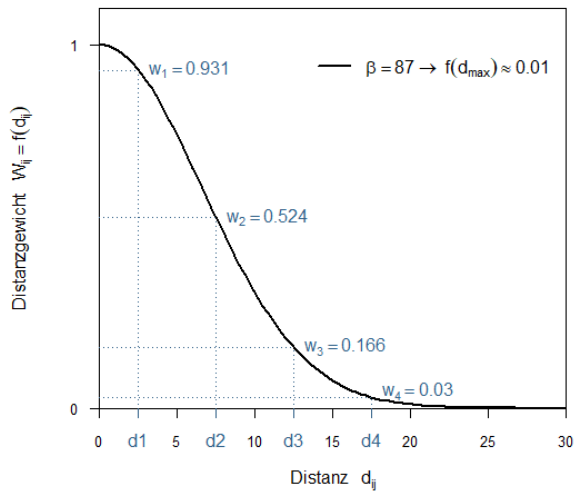
- (1) tatsächlich entweder an Gewässern liegen;
- (2) oder inmitten bzw. sehr nahe bei Hektaren liegen, die durchaus viele Angebote erreichen, weshalb die «Nicht-Erschliessung» der betroffenen Populationspunkte durch das Strassennetz bei einem maximalen Radius von 20 Fahrminuten nicht plausibel ist.

Infolgedessen liegt der Schluss nahe, dass der Grund für die fehlenden AN-Paare bei den betroffenen Punkten in der Ungenauigkeit der Erreichbarkeitsanalyse liegt, weshalb diese Hektaren für die nachfolgenden Analysen ausgeschlossen bzw. als Missings codiert wurden. Somit basieren die Auswertungen schliesslich auf $n = 339\,725$ Hektaren bzw. Populationspunkten.

4.2.4 Berechnung der FCA-Indizes

Die Berechnung der Indizes erfolgte mithilfe der Statistiksoftware SAS. Zuerst wurden dazu die Distanzgewichte für die definierten Subzonen (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 Minuten) ermittelt, die anhand einer Gaußschen Gewichtungsfunktion hergeleitet wurden (vgl. Grafik G 4.4 bzw. u.a. Luo et al., 2009; Wan et al., 2012). Der Distanzreibungskoeffizient wurde berechnet für die Bedingung $f(d_{max}) \approx 0.01$. Dieser Grenzwert wurde in verschiedenen Studien als kritischer Wert angegeben, wenn die Gaußsche Funktion gegen Null tendiert (vgl. Bauer & Groneberg, 2016; Wang, 2007; Kwan, 1998). Mit anderen Worten ausgedrückt: Es macht Sinn, dass das Distanzgewicht beim maximalen Radius nahe Null ist, da alle Angebotsstandorte ausserhalb des maximalen Radius als nicht erreichbar gelten und demgemäss de facto ein Distanzge-

G 4.4 Berechnung der Gaussischen Distanzgewichte



Bemerkung: Distanzgewichte anhand der mittleren Distanz pro Subzone und einer Gaussischen Gewichtungsfunktion. Berechnungsbeispiel für Subzone $r = 1$ (0-5 Minuten) $\rightarrow \varnothing d = 2.5 \rightarrow W_{r=1} = f(2.5) = e^{\frac{(-2.5)^2}{-87}} = 0.931$

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

wicht von Null haben. Aus der Bedingung $f(d_{max}) \cong 0.01$ bei einem maximalen Radius von $d_{max} = 20$ resultiert ein Distanzreibungskoeffizient von $\beta = 87$:

$$f(d_{max}) \cong 0.01 \rightarrow e^{\frac{-d_{max}^2}{\beta}} = 0.01 \rightarrow e^{\frac{-(20)^2}{\beta}} = 0.01 \rightarrow \beta = 87$$

Ausgehend vom Distanzreibungskoeffizienten wurden die Distanzgewichte ausgehend von den mittleren Distanzen der Subzonen hergeleitet (vgl. auch Grafik G 4.4). Daraus resultieren folgende Distanzgewichte: 0.931 (0-5 Minuten), 0.524 (5-10 Minuten), 0.166 (10-15 Minuten), 0.030 (15-20 Minuten).

Im Anschluss daran folgte die Berechnung des Index für die räumlichen Zugänglichkeit (*SPAI*). Dazu wurden sämtliche Methoden, die in der vorliegenden Studie diskutiert wurden, in SAS programmiert und berechnet. Für die konkreten Berechnungsformeln der einzelnen Indizes sei auf Kapitel 3 des vorliegenden Berichts verwiesen. Im nachfolgenden Kapitel 4.3 sind die Ergebnisse gemäss E2SFCA, 3SFCA, E3SFCA, M2SFCA und MH3SFCA ausgewiesen, wobei der Fokus natürlich letzterem gilt.¹³

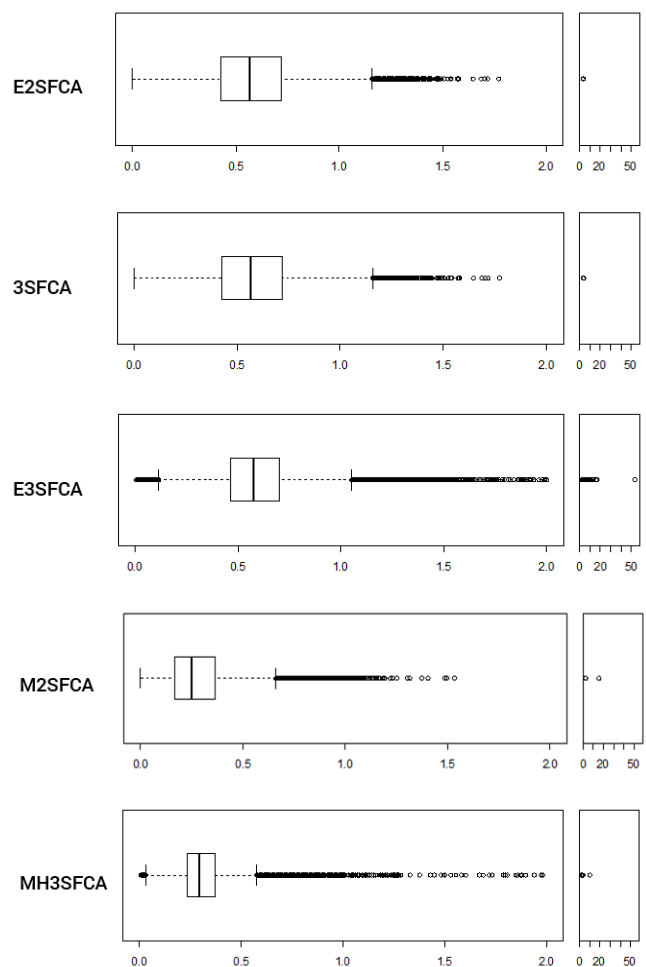
Für die kartografischen Visualisierungen wurden die ermittelten *SPAI*-Werte schliesslich – anhand ihrer Quintile – in fünf Gruppen klassifiziert. Durch Quintile (lateinisch für „Fünftelwerte“) wird die Menge der Werte einer Verteilung in fünf gleich grosse Teile zerlegt. Das bedeutet, es werden fünf gleich grosse Gruppen gebildet, wobei jede Gruppe 20% der analysierten Hektaren beinhaltet. Nachfolgend werden diese Gruppen als Q1 bis Q5 bezeichnet,

wobei Q1 diejenigen 20% der Hektaren mit dem niedrigsten *SPAI* umfasst und Q5 jene mit dem höchsten *SPAI* und somit der höchsten Zugänglichkeit.

4.2.5 Aggregation

Für die Analysen zur Zugänglichkeit nach Gemeinde wurden die Indizes pro Hektare zusätzlich auf Gemeindeebene aggregiert. Dazu wurde jede Hektare zuerst einer Gemeinde zugeordnet. Dies erfolgte anhand eines Verschnitts der Gemeindegrenzen und Hektardaten mithilfe von ArcGIS. 99,9% der Hektaren konnten so einer

G 4.5 Verteilung Zugänglichkeitsindizes (SPAI) betreffend die ambulante Grundversorgung 2016 nach FCA-Methode



n=339'725 (Hektaren) / Daten: FMH – Ärztstatistik 2016, BFS – STATPOP 2016, ESRI – World Routing Service

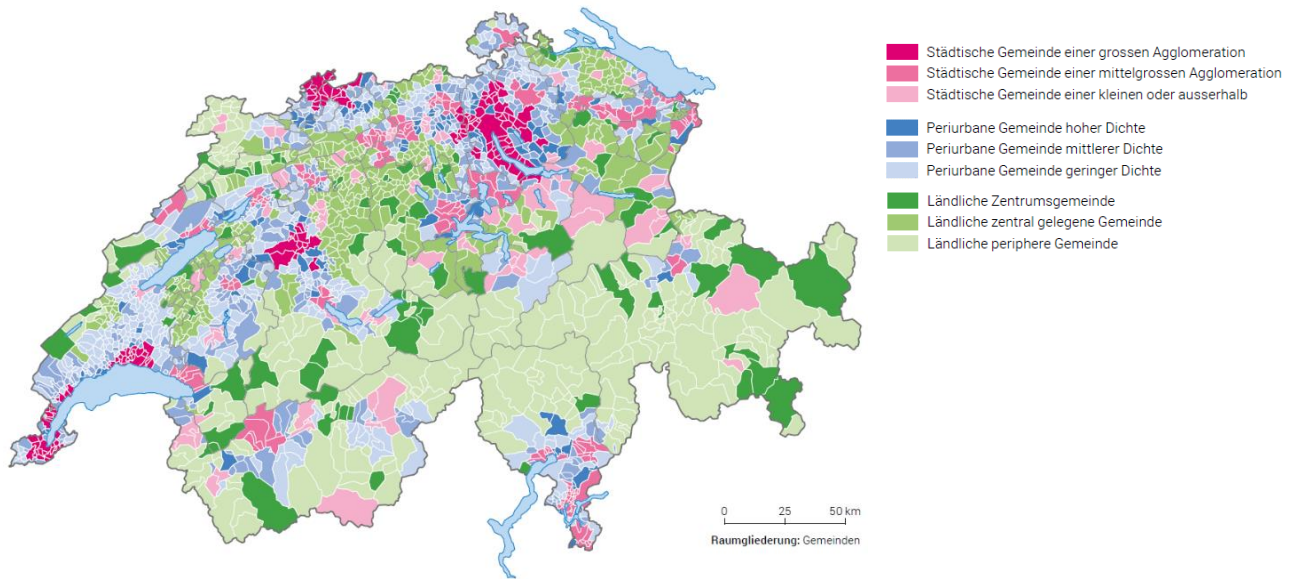
Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

¹³ Auf die Präsentation der Ergebnisse zum 2SFCA wird verzichtet. Als Ursprung der FCA-Methodenfamilie ist dieser zwar hinsichtlich der theoretischen Herleitung interessant, weshalb die Methode

auch in Kapitel 3.1 ausführlich beschrieben wurde. Aufgrund der binär-diskreten Distanzoperationalisierung weist der 2SFCA doch wesentliche Einschränkungen gegenüber den späteren Methoden auf.

K 4.1 Gemeindetypologie 2012 mit 9 Kategorien



Quelle: BFS – Raumgliederungen der Schweiz

© BFS 2017

Gemeinde zugeordnet werden. 339 Hektaren konnten in einem ersten Schritt nicht zugewiesen werden. Wiederum liegt der Grund dafür in der Unsicherheit von 50 Metern hinsichtlich der Referenzpunkte der Hektaren. Die nicht-zuordenbaren Hektaren liegen denn auch allesamt entweder nahe am Ausland oder an einem See und konnten deshalb aufgrund der erwähnten Ungenauigkeit von 50 Metern keiner Gemeinde zugewiesen werden. Die betroffenen Populationspunkte wurden in einem zweiten Schritt jenem Gemeindepolygon attribuiert, welchem sie am nächsten sind.¹⁴

Anhand der Boxplots in Grafik G 4.5 wird die rechtsschiefe Verteilung der FCA-Indizes ersichtlich, was angesichts der natürlichen Grenze bei Null – ein Index zur Zugänglichkeit kleiner Null ist nicht möglich – nicht weiter überraschend ist. Mit Bezug auf die Aggregation der Daten gilt es jedoch, die teilweise extremen Ausreisser gegen oben zu berücksichtigen. Damit einzelne Hektaren das Ergebnis bei der Aggregation auf Gemeindeebene nicht überproportional beeinflussen, wurden für die Aggregation nicht die *SPAI*-Werte, sondern die Klassifizierung anhand der Quintile *Q1* bis *Q5* verwendet. Zusätzlich erfolgt eine Gewichtung anhand des Bevölkerungsvolumens pro Hektar. Folglich berechnet sich der Zugänglichkeitsindex nach Gemeinde *h* wie folgt:

$$SPAI_h = \sum_{i \in h} Q_i P_i$$

Ausgehend vom aggregierten Index *SPAI_h* erfolgte für die kartografischen Visualisierungen anschliessend wiederum eine Klassifizierung anhand der Quintile in die Gruppen *Q1* bis *Q5*.

Für einzelne Analysen wurden die Gemeinden ausserdem gruppiert, als Grundlage wurde hierzu die Gemeindetypologie 2012 des BFS verwendet (vgl. Karte K 4.1 bzw. BFS, 2017).

Die Gemeindetypologie beruht auf dem gleichen Modell wie die Definition des BFS zum «Raum mit städtischem Charakter» 2012 (nachfolgend RSC genannt), welche sowohl morphologische (Dichte) wie auch funktionale Kriterien (Pendlerbewegungen) berücksichtigt. Anhand der RSC-Definition des BFS werden drei Obergruppen unterschieden, innerhalb derer wiederum je drei Gemeindetypen subsumiert werden:

Der **städtische Kernraum** umfasst die Kernstädte und Kerngemeinden der Agglomerationen sowie die Kerngemeinden ausserhalb der Agglomerationen. Der städtische Kernraum erfüllt bestimmte Dichte- und Grössekriterien hinsichtlich Einwohnerzahl, Arbeitsplätze und Äquivalente für Logiernächte. Für die Untergliederung des «städtischen Kernraums» ist die Grösse der Agglomeration massgebend, zu der die Gemeinden gehören. Konkret werden folgende Gemeindetypen unterschieden:

- Typ 11 – Städtische Gemeinde einer grossen Agglomeration
- Typ 12 – Städtische Gemeinde einer mittelgrossen Agglomeration
- Typ 13 – Städtische Gemeinde einer kleinen oder ausserhalb einer Agglomeration

¹⁴ Aufgrund der Ungenauigkeit der Referenzpunkte pro Hektare kommt es an den Gemeindegrenzen ebenfalls vor, dass eine Hektare einer falschen Gemeinde zugeordnet wird (vgl. auch BFS,

2018). Die diesbezüglichen Auswirkungen in Bezug auf die Aggregation der Zugänglichkeitsindizes auf Gemeindeebene sind zu vernachlässigen, zumal der Zugänglichkeitsindex der betreffenden Hektaren in der Regel (beinahe) identisch ist wie jene benachbarter Hektaren.

Das **Einflussgebiet städtischer Kerne** umfasst insbesondere die Agglomerationsgürtelgemeinden. Die Gemeinden dieser Kategorie weisen ein bestimmtes Mass an Pendlerbewegungen mit dem städtischen Kernraum auf. Das Einflussgebiet städtischer Kerne wird weiter differenziert anhand der Dichte hinsichtlich der Einwohnerzahl, der Anzahl Arbeitsplätze sowie der Äquivalente für Logiernächte. Daraus ergeben sich folgende Gemeindetypen:

- Typ 21 – Periurbane Gemeinde hoher Dichte
- Typ 22 – Periurbane Gemeinde mittlerer Dichte
- Typ 23 – Periurbane Gemeinde geringer Dichte

Die **Gebiete ausserhalb des Einflusses städtischer Kerne** umfassen die ländlichen Gemeinden ohne städtischen Charakter. Diese sind durch geringe Pendlerbewegungen in Richtung des städtischen Kernraums charakterisiert. Zur weiteren Differenzierung werden nebst der Dichte hinsichtlich Einwohnerzahl, Arbeitsplätze und Äquivalente für Logiernächte auch die Pendlerströme und die Erreichbarkeit der entsprechenden Gemeinden berücksichtigt. Das führt zur Unterscheidung folgender Typen:

- Typ 31 – Ländliche Zentrumsgemeinde
- Typ 32 – Ländliche zentral gelegene Gemeinde
- Typ 33 – Ländliche periphere Gemeinde

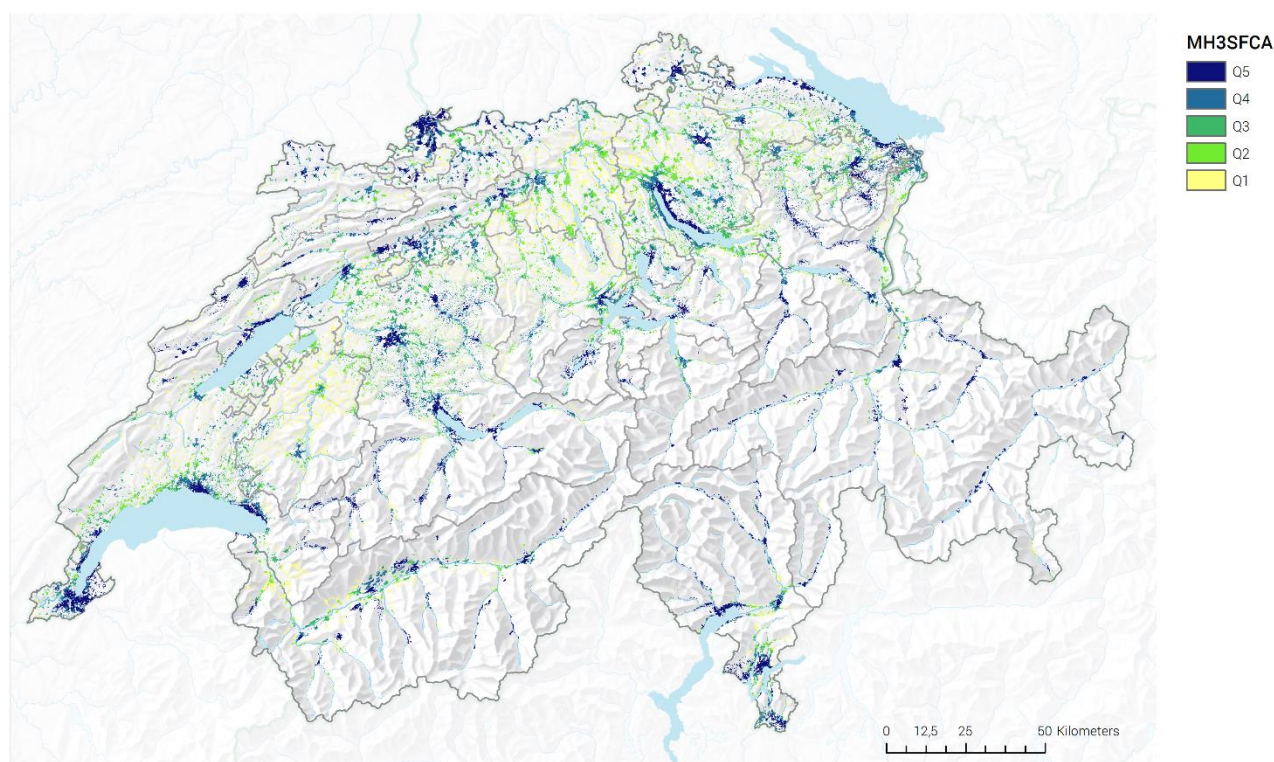
4.3 Resultate

In einem ersten Schritt werden die Ergebnisse auf Ebene Hektare dargestellt, wobei der Fokus auf dem Vergleich der verschiedenen FCA-Methoden liegt. In einem zweiten Schritt werden die Resultate gemäss MH3SFCA-Methode anhand des aggregierten Zugänglichkeitsindex auf Ebene Gemeinde betrachtet.

4.3.1 Vergleich der Zugänglichkeitsindizes pro Hektar

Karte K 4.2 zeigt die räumliche Zugänglichkeit gemäss MH3SFCA, wobei die Farbgebung auf der Klassifizierung der Hektaren gemäss den Quintilen beruht. Dunkelblau eingefärbt sind jene 20% der Hektaren mit dem höchsten Zugänglichkeitsindex.

K 4.2 MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016

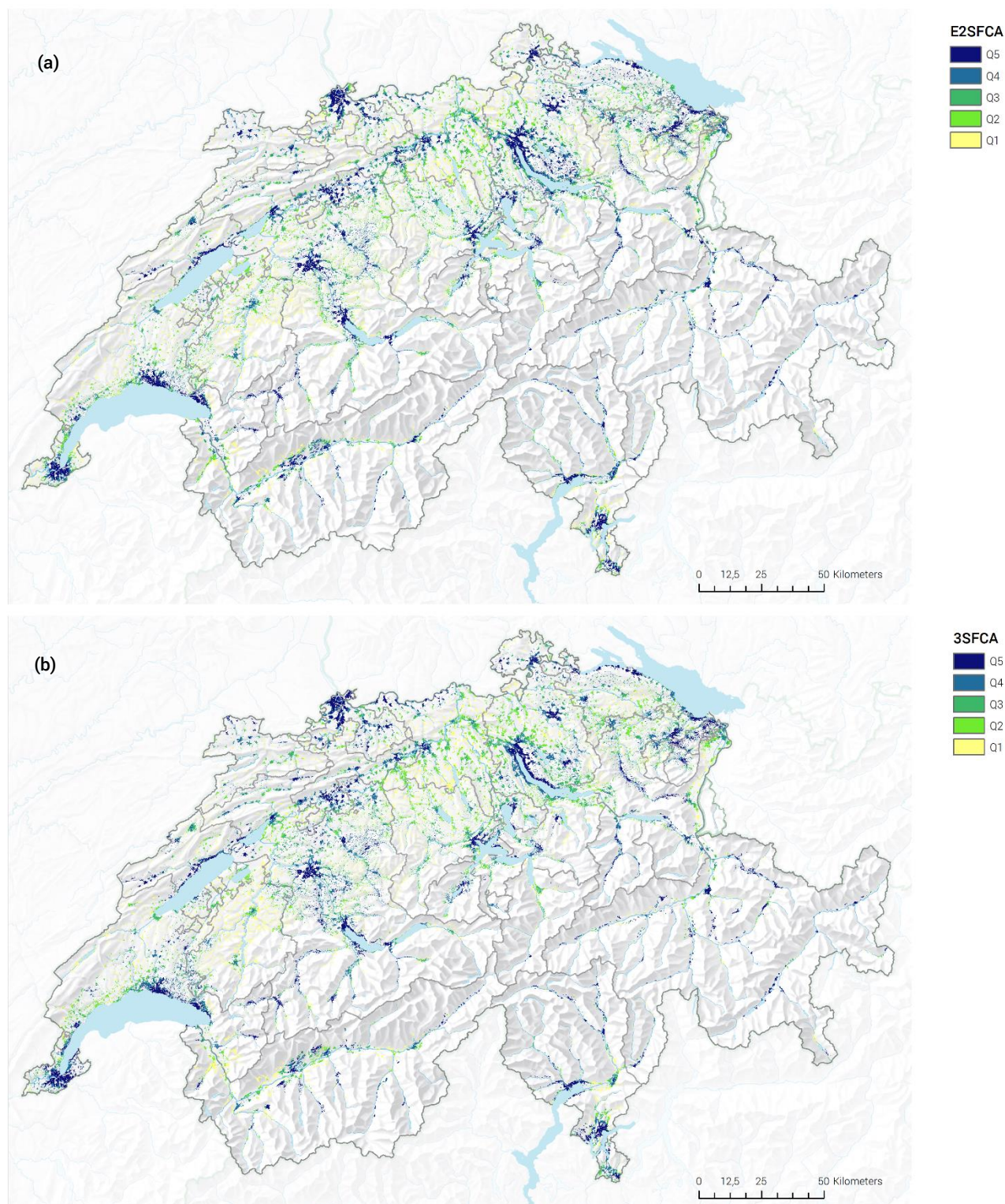


n=339'725 (Hektaren) / **MH3SFCA** = Zugänglichkeitsindex (SPAI, Spatial Accessibility Index) klassifiziert nach Quintilen in 5 Klassen (Q1-Q5) zu je 20%
Daten: FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; ESRI – World Routing Service; swisstopo – Hintergrundkarten

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

K 4.3 E2SFCA (a) und 3SFCA (b) – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016

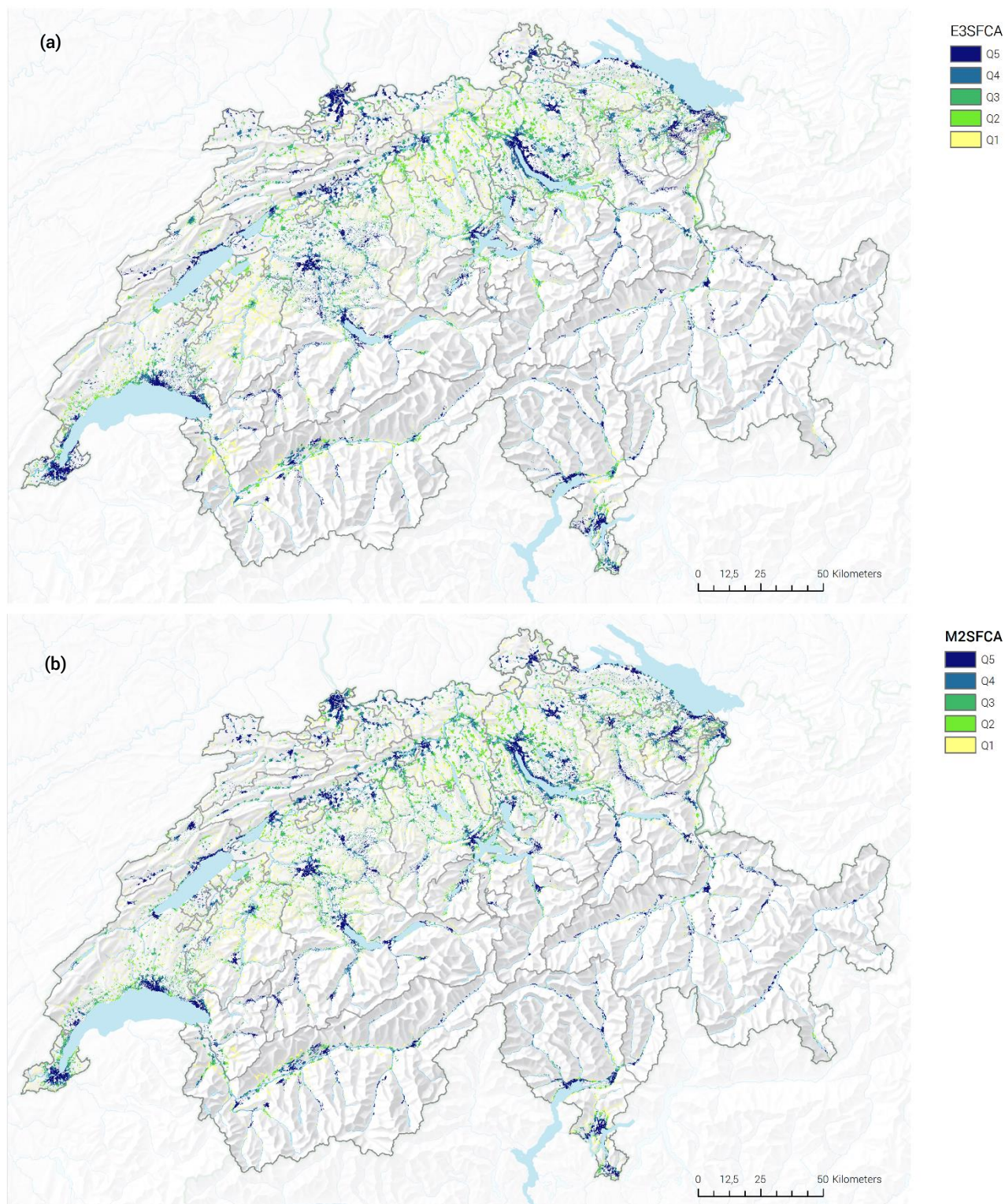


$n=339'725$ (Hektaren) / **E2SFCA/3SFCA** = Zugänglichkeitsindex (SPA, Spatial Accessibility Index) klassifiziert nach Quintilen in 5 Klassen (Q1-Q5) zu je 20%
Daten: FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; ESRI – World Routing Service; swissstopo – Hintergrundkarten

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

K 4.4 E3SFCA (a) und M2SFCA (b) – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016



n=339'725 (Hektaren) / **E3SFCA/M2SFCA** = Zugänglichkeitsindex (SPAI, Spatial Accessibility Index) klassifiziert nach Quintilen in 5 Klassen (Q1-Q5) zu je 20%
Daten: FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; ESRI – World Routing Service; swisstopo – Hintergrundkarten

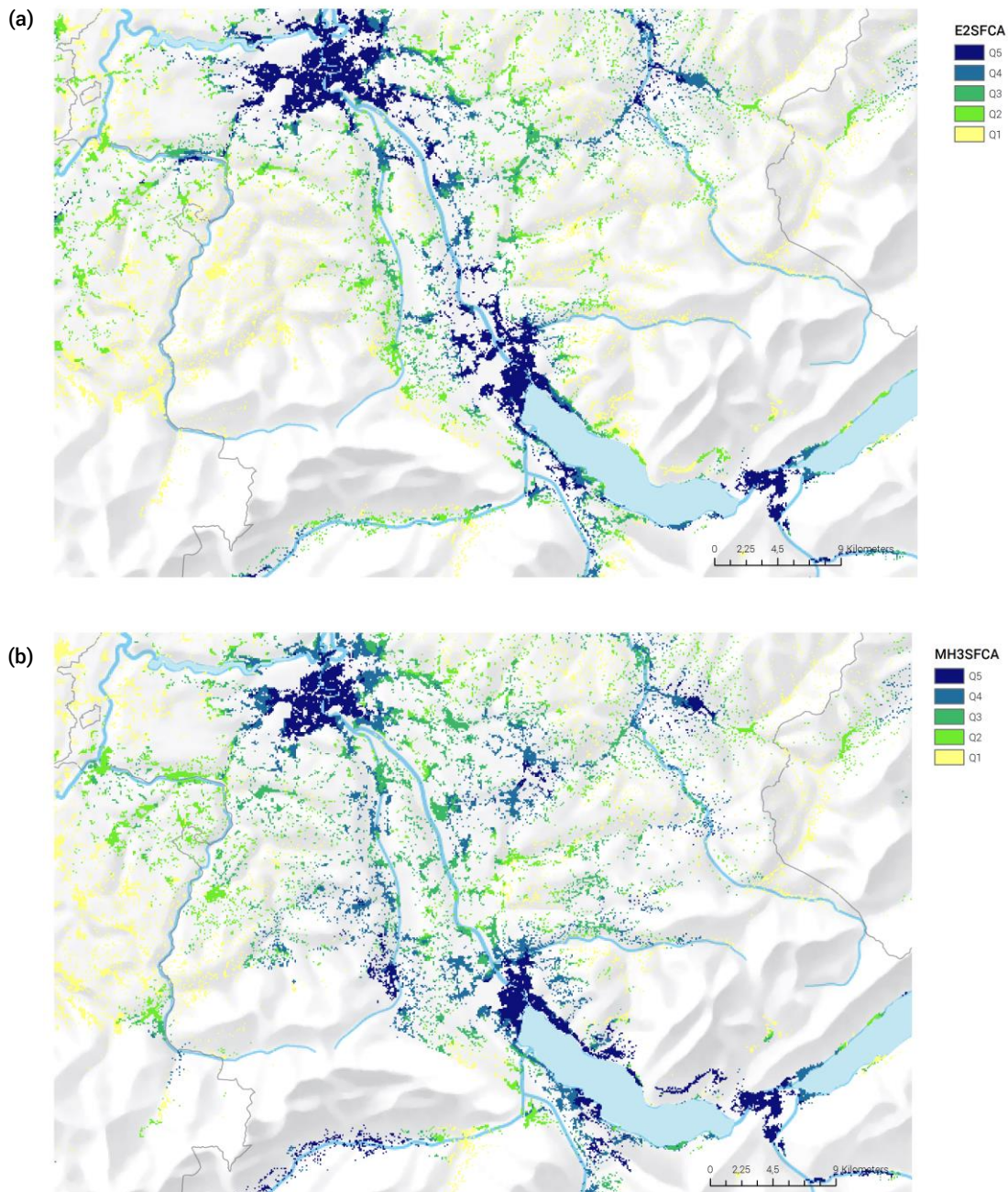
Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

Schnell ersichtlich wird, dass die Zentren der grossen Städte eine deutlich überdurchschnittliche Zugänglichkeit (Q5) aufweisen (vgl. u.a. Bern, Basel, Genf, Lausanne, Zürich etc.). Jedoch auch um die Zentren kleinerer Städte konzentrieren sich Hektaren mit einem hohen Zugänglichkeitsindex (vgl. u.a. Chur, Schaffhausen,

Grenchen). Schliesslich weisen durchaus auch die Regionen um die ländlichen Zentrumsgemeinden wie beispielsweise Scuol, Adelboden, Château-d'Oex hohe Zugänglichkeitsindizes auf. Eine deutlich unterdurchschnittliche Zugänglichkeit (Q1) findet sich

K 4.5 Zugänglichkeit der ambulanten Grundversorgung 2016 – Vergleich E2SFCA (a) und MH3SFCA (b)



$n=339'725$ (Hektaren) / **E2SFCA/MH3SFCA** = Zugänglichkeitsindex (SPA, Spatial Accessibility Index) klassifiziert nach Quintilen in 5 Klassen (Q1-Q5) zu je 20%
Daten: FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; ESRI – World Routing Service; swissstopo – Hintergrundkarten

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

insbesondere in den ländlichen Regionen des Mittellands. Gemäss Gemeindetypologie 2012 des BFS (vgl. dazu Karte K 4.1 auf S.19) sind dies insbesondere die periurbanen Gemeinden mit geringer Dichte sowie die ländlichen zentral gelegenen Gemeinden. Diese Ergebnisse erscheinen grundsätzlich plausibel. Etwas überraschen mögen die weitgehend hohen Zugänglichkeitsindizes in den meisten Alpentälern. Eine mögliche Erklärung dafür liegt im Tourismus. Es sind dies die Regionen, die im Verhältnis zur Wohnbevölkerung den grössten Anteil Logiernächte bzw. Hotelbetten aufweisen (vgl. dazu auch Anhang 3). Demnach ist davon auszugehen, dass die ambulanten Grundversorgungsstrukturen zu einem wesentlichen Teil auch durch Touristen beansprucht werden. Da für die Berechnung der Zugänglichkeitsindizes lediglich die Wohnbevölkerung für die Schätzung der Nachfrage verwendet wurde, wird die Nachfrage in diesen Regionen demnach tendenziell unterschätzt.

In den Karten K 4.3 sind die Ergebnisse gemäss E2SFCA (a) und 3SFCA (b) bzw. in Karte K 4.4 die Ergebnisse gemäss E3SFCA (a) und M2SFCA (b) dargestellt. Zunächst fällt mal auf, dass es auf den ersten Blick schwierig ist, die Unterschiede zwischen den Methoden auszumachen. Bei sämtlichen Methoden erkennt man Cluster hoher Zugänglichkeit rund um die Zentren und eine unterdurchschnittliche Zugänglichkeit insbesondere in den ländlichen Regionen im Mittelland. Beim genauen Betrachten lassen sich aber durchaus Unterschiede zwischen den Methoden ausmachen.

Wir betrachten dazu nachfolgend einen Kartenausschnitt etwas genauer. Die Karte K 4.5 zeigt die Region zwischen Bern und Thun. Verglichen werden die Methoden E2SFCA (K 4.5a) und MH3SFCA (K 4.5b). Die hauptsächlichen Verkehrsachsen des motorisierten Privatverkehrs zwischen den beiden Agglomerationen – namentlich die Autobahn und die Hauptstrasse – verlaufen ziemlich exakt entlang der Aare, welche auf den Karten K 4.5a und K 4.5b gut ersichtlich ist und dementsprechend als Orientierungspunkt dienen kann.

Versorgungsangebote in unmittelbarer Nähe dieser Hauptverkehrsachse werden innerhalb einer Fahrzeit von 20 Minuten entweder von einem Grossteil der Bevölkerung der Stadt Bern oder von einem Grossteil der Bevölkerung der Stadt Thun erreicht (ausgehend von einer mittleren Verkehrsbelastung ohne Stau und Fahrgeschwindigkeit gemäss den ausgeschilderten Tempi). Anhand der oberen Karte wird ersichtlich, dass gemäss E2SFCA Zugänglichkeitsindizes der höchsten Klasse (Q5) fast ausschliesslich entlang der Hauptverkehrsachse auszumachen sind. Dies liegt vor allem daran, dass die E2SFCA-Methode nicht berücksichtigt, wie unwahrscheinlich es ist, dass eine Stadtbernerin bzw. ein Stadtberner z.B. einen Hausarzt in der Region Konolfingen-Münsingen aufsucht, ausgehend von der grossen Anzahl an Versorgungsangeboten, die nähergelegen sind. Somit wird der Anteil der Nachfrage ausgehend von der Stadt Bern auf die Angebote entlang der erwähnten Hauptverkehrsachse im E2SFCA überschätzt. Der MH3SFCA hingegen berücksichtigt die Nachfrage-

wahrscheinlichkeit zwischen jedem Populations- und Angebotsstandort anhand des Huff-Modells. Die Wahrscheinlichkeit bzw. der Anteil der Nachfrage reduziert sich dabei in Abhängigkeit der verfügbaren Alternativen, insbesondere aufgrund der Angebotsstandorte, die nähergelegen sind. Dadurch wird verhindert, dass z.B. die Nachfrage aus der Stadt Bern in Konolfingen und Münsingen überschätzt wird. So werden die Kapazitäten der Angebote in diesen Regionen¹⁵ jenen Populationen zugeordnet, die diese auch mit hoher Wahrscheinlichkeit nutzen. Das führt schliesslich dazu, dass auch Populationspunkte, die nicht unmittelbar an der Hauptverkehrsachse ansässig sind, einen Zugänglichkeitsindex im Bereich von Q5 aufweisen.

4.3.2 Korrelationsanalyse

Um die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der verschiedenen FCA-Methoden auf globaler Ebene untersuchen zu können, sind in der Korrelationsanalyse gemäss Abbildung G 4.6 Streudiagramme (als Smooth-Plots) sowie die Korrelationskoeffizienten dargestellt. Daraus kann der Grad des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Indizes abgelesen werden. Zunächst fällt auf, dass sämtliche Korrelationskoeffizienten auf dem 1%-Niveau signifikant sind, was allerdings nicht weiter überrascht. Einerseits sind die Fallzahlen extrem gross und andererseits versuchen die Indizes ja grundsätzlich dasselbe zu messen – namentlich die räumliche Zugänglichkeit.

Der stärkste lineare Zusammenhang ist zwischen dem 3SFCA und dem E3SFCA auszumachen ($r = 0.995$). Auch das ist nicht weiter überraschend, beide Methoden basieren auf dem E2SFCA und ergänzen diesen mit einem Gewicht, welches die Nachfragewahrscheinlichkeit ausgehend von den erreichbaren Alternativen abbildet. Der einzige Unterschied zwischen den Methoden ist, dass der E3SFCA zusätzlich die Kapazitäten der Angebotsstandorte innerhalb der Nachfragewahrscheinlichkeit einbezieht. In Bezug auf die ambulante Grundversorgung variieren die Kapazitäten (kumulierte Arbeitspensen) pro Angebotsstandort nicht wesentlich, weshalb sich auch kaum Unterschiede hinsichtlich der jeweiligen Indizes ergeben.

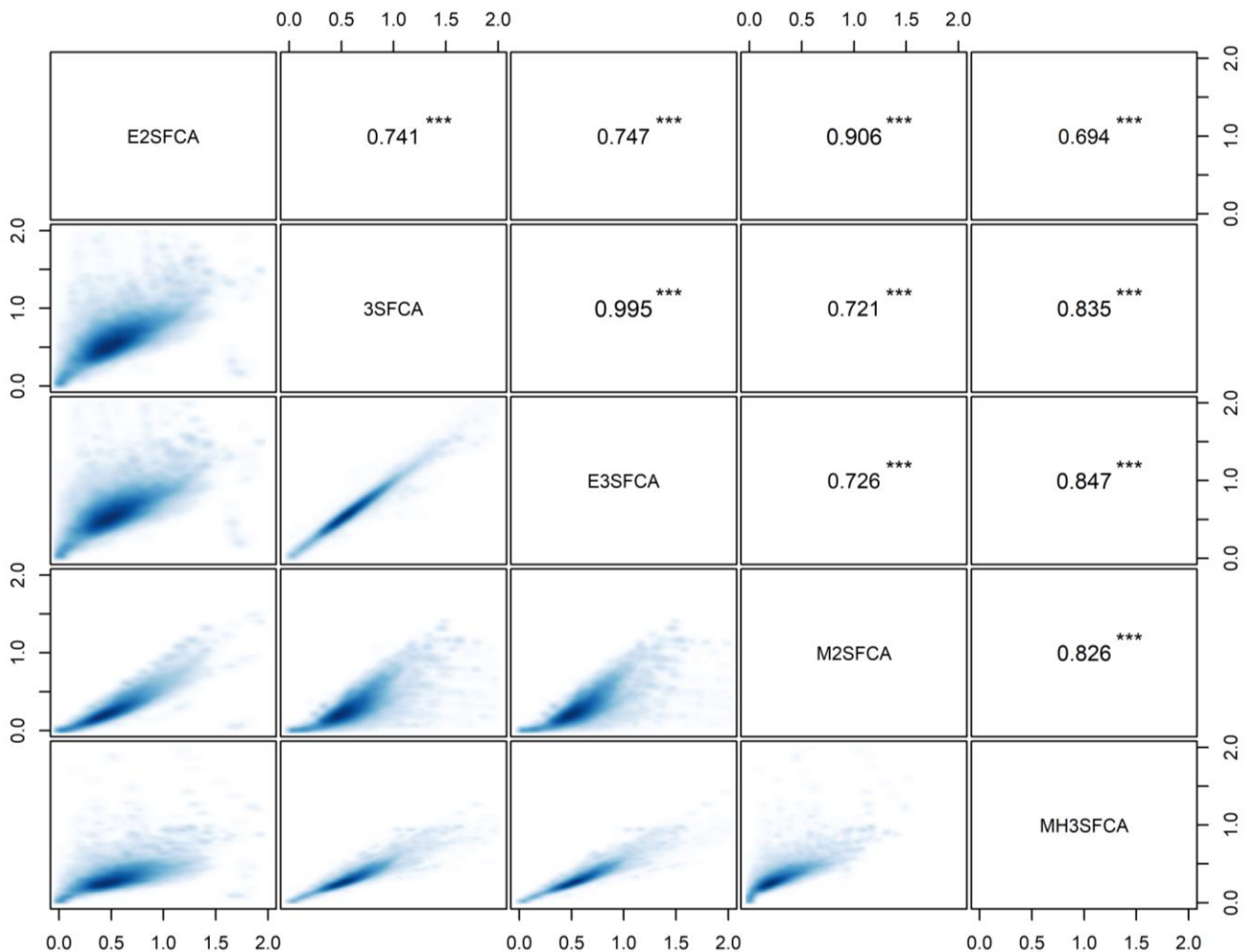
Ebenfalls ein äusserst starker linearer Zusammenhang ist zwischen der E2SFCA- und der M2SFCA-Methode auszumachen ($r = 0.906$). Auch hier gilt, dass sich diese beiden Methoden äusserst ähnlich sind. In Ergänzung zum E2SFCA berücksichtigt der M2SFCA lediglich ein zusätzliches Distanzgewicht, was dazu führt, dass Distanzunterschiede nicht nur relativ, sondern auch absolut berücksichtigt werden.

Letzteres wird auch deutlich, wenn man die Streudiagramme des M2SFCA mit den vorangehenden FCA-Ansätzen vergleicht. Die *SPAI*-Werte gemäss M2SFCA liegen entweder auf der Diagonalen oder unterhalb davon. Das bedeutet, dass gemäss M2SFCA tendenziell geringere Zugänglichkeitsergebnisse resultieren als im

¹⁵ Aus Datenschutzgründen werden die Angebotsstandorte auf der Karte nicht dargestellt. Es sei aber gesagt, dass zwischen Bern und

Thun diverse Angebotsstandorte existieren, und zwar nicht nur gerade in unmittelbarer Nähe der Hauptverkehrsachsen.

G 4.6 Zugänglichkeitsindizes ambulante Grundversorgung 2016 – Korrelationsanalyse FCA-Methoden



n=339'725 (Hektaren) / Daten: FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; ESRI – World Routing Service

Streudiagramme / Smooth-Plot: Die X- und Y-Achse der Streudiagramme sind auf den Bereich [0;2] begrenzt, so dass extreme Ausreißer gegen oben nicht sichtbar sind. Aufgrund der Anzahl Hektaren sind diese nicht als einzelne Punkte sondern als Smooth-Plot dargestellt: je dunkler die Fläche, desto mehr Punkte befinden sich in diesem Bereich.

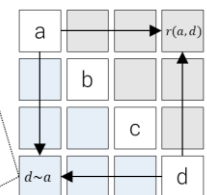
Korrelation: Korrelationskoeffizienten r nach Pearson, Grad des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen.

Signifikanz:

- * p-Wert von $\leq 5\%$
- ** p-Wert von $\leq 1\%$
- *** p-Wert von $\leq 0,1\%$

Lesehilfe

Streudiagramm



- a - d = Variablen a-d
- = Streudiagramme
- = Korrelationskoeffizient r inkl. Signifikanz

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

E2SFCA, 3SFCA oder E3SFCA, was mit Rücksicht auf die Konzeptualisierung des M2SFCA auch logisch ist. Durch das zusätzliche Distanzgewicht wird die Summe der Distanzen zwischen Angebot und Nachfrage (suboptimale Konfiguration des Gesamtsystems) zusätzlich «abgestraft», wobei dieser zusätzliche «Penalty-Faktor» stets einen Wert < 1 annimmt (vgl. auch Delamater, 2013).

Vergleichsweise geringe Zusammenhänge ergeben sich zwischen dem E2SFCA bzw. M2SFCA und dem 3SFCA bzw. E3SFCA ($0.721 \leq r \leq 0.747$). Der massgebliche Unterschied zwischen diesen Methodenpaaren liegt in der Operationalisierung der Angebotskonkurrenz. Während die Verfügbarkeit alternativer Versorgungsmöglichkeiten im E2SFCA und M2SFCA keinen Einfluss auf

das Ausmass der Nachfrage an einem bestimmten Angebotsstandort hat, wird die Angebotskonkurrenz im 3SFCA und E3SFCA über die Nachfragewahrscheinlichkeit berücksichtigt. Dieser konzeptionelle Unterschied führt zu vergleichsweise grossen Unterschieden zwischen den Methodengruppen.

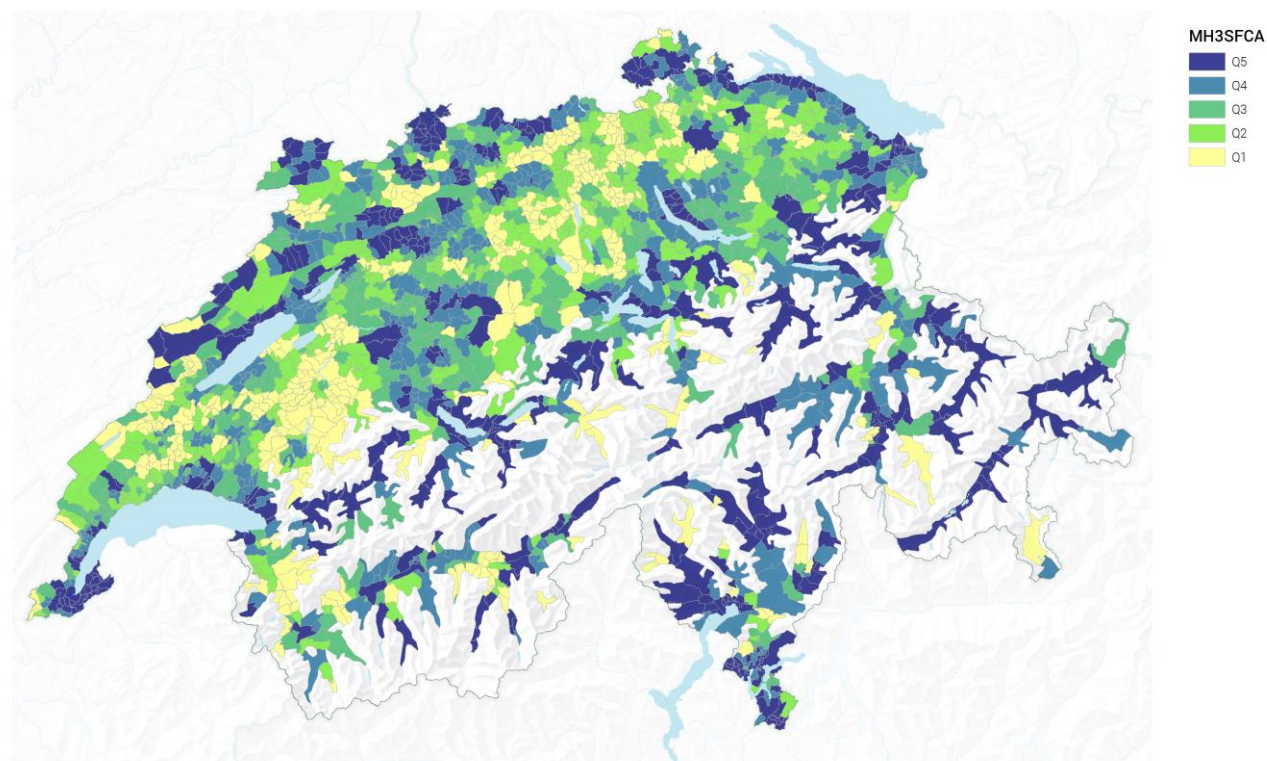
Wie bereits erwähnt, war die Kombination der Stärken bisheriger FCA-Methoden eine der Zielsetzung bei der Herleitung des MH3SFCA. Als Ausgangspunkt dienten insbesondere der E3SFCA und der M2SFCA, um so die Angebotskonkurrenz über die Nachfragewahrscheinlichkeiten gemäss Huff-Modell (E3SFCA) mit der absoluten Diskreditierung suboptimaler Systemkonfigurationen (M2SFCA) zusammenzubringen. Die Korrelationsanalyse gemäss Abbildung G 4.6 zeigt, dass der MH3SFCA diese Aspekte auch im praktischen Anwendungskontext der Fallstudie erfolgreich zu kombinieren vermag. Einerseits weist der MH3SFCA eine stärkere Korrelation mit dem E3SFCA (und 3SFCA) auf als der M2SFCA, da der MH3SFCA analog zum E3SFCA die Angebotskonkurrenz anhand des Huff-Modells berücksichtigt. Umgekehrt weist er auch eine stärkere Korrelation mit dem M2SFCA auf als der E3SFCA (und 3SFCA), da der Einfluss der Distanzen zu den Versorgungsangeboten im MH3SFCA nicht nur relativ, sondern auch absolut

einbezogen wird. Somit kann auch anhand der Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung aufgezeigt werden, wie der MH3SFCA Aspekte früherer FCA-Methoden integriert. Konkret ist damit die Modellierung der Angebotskonkurrenz anhand des Huff-Modells gemäss E3SFCA-Methode sowie die Berücksichtigung suboptimaler Konfigurationen des Gesamtsystems mit Rücksicht auf die Summe der absoluten Distanzen zwischen allen Angebots- und Populationsstandorten wie beim M2SFCA gemeint.

4.3.3 Zugänglichkeit gemäss MH3SFCA pro Gemeinde

In Kapitel 4.2.2 wurde dargelegt, dass kleinräumige Analyseeinheiten für die Präzision und Validität der Ergebnisse massgebliche Vorteile bringen. Infolgedessen wurden in der vorliegenden Studie Hektaren als räumliche Einheit für die Populationspunkte gewählt. Nun ist es aber oftmals der Fall, dass am Ende eine Aussage anhand von aggregierten Regionen gewünscht ist. Nur weil als Analyseeinheit Hektaren gewählt wurden, heisst das allerdings nicht, dass die Ergebnisse lediglich auf Ebene Hektaren interpretierbar sind. Ganz im Gegenteil: Die Zugänglichkeitsindizes pro Hektare

K 4.6 MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Gemeinde für die ambulante Grundversorgung 2016



$n_1=2\,217$ (Gemeinden) ausgehend von $n_2=339\,725$ (Hektaren) / **Missings:** Samnau, Sonogno, Zwischbergen, Finhaut, Zermatt

MH3SFCA = Aggregierter Zugänglichkeitsindex (SPA, Spatial Accessibility Index) klassifiziert nach Quintilen in 5 Klassen (Q1-Q5) zu je 20% / **Aggregation:** Mittelwert der Quintile pro Hektar gewichtet nach Populationsvolumen / **Daten:** FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016, BFS – Arealstatistik; ESRI – World Routing Service; swissstopo – Hintergrundkarten, Gemeindegrenzen (Stand: 1.1.2018) / **Bemerkung:** Dargestellt sind lediglich die produktiven Flächen der Gemeinden gemäss Arealstatistik des BFS.

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

T 4.1 Zugänglichkeit ambulante Grundversorgung – Kennzahlen und Klassifizierung gemäss MH3SFCA

Gemeindetyp	Gemeinden	Bevölkerung	Vollzeit-äquivalente	Rohe Ärztedichte	Anz. AN-Paare	Realisierte Distanz	Klassifizierung nach Zugänglichkeit (SPAI) gemäss MH3SFCA				
	N	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
11 – Städtische Gemeinde einer grossen Agglomeration	160	16'013	14.27	0.67	308	11.3	8%	17%	15%	26%	35%
12 – Städtische Gemeinde einer mittelgrossen Agglomeration	198	9'494	8.11	0.68	123	10.2	3%	9%	17%	31%	40%
13 – Städtische Gemeinde einer kleinen oder ausserhalb einer Agglomeration	123	7'059	5.81	0.67	87	10.0	2%	17%	24%	27%	30%
21 – Periurbane Gemeinde hoher Dichte	107	4'935	3.78	0.66	171	11.4	15%	26%	21%	19%	20%
22 – Periurbane Gemeinde mittlerer Dichte	381	2'343	1.83	0.67	138	11.9	20%	24%	24%	20%	11%
23 – Periurbane Gemeinde geringer Dichte	494	877	1.15	0.88	99	12.7	34%	24%	22%	15%	4%
31 – Ländliche Zentrumsgemeinde	87	4'347	3.62	0.78	47	9.9	10%	3%	16%	26%	44%
32 – Ländliche zentral gelegene Gemeinde	404	1'650	1.81	0.71	76	11.9	21%	29%	22%	18%	10%
33 – Ländliche periphere Gemeinde	263	1'029	1.55	1.09	18	11.8	26%	7%	11%	14%	42%
Total	2'217	3'825	4.79	0.74	110	11.7	20%	20%	20%	20%	20%

n₁=2'217 (Gemeinden) ausgehend von **n**₂=339'725 (Hektaren) / **Missings**: Samnaun, Sonogno, Zwischbergen, Finhaut, Zermatt / **Daten**: FMH – Ärzttestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; BFS – Gemeindetypologie 2012; ESRI – World Routing Service; swisstopo – Gemeindegrenzen (Stand: 1.1.2018) / **Bemerkungen**: Ø = Mittelwert / Realisierte Distanz = Geschätzte zurückgelegte Distanz gemäss Huff-Modell

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

können grundsätzlich auf jeder übergeordneten regionalen Einheit aggregiert werden, je nachdem, was für die jeweilige Fragestellung zweckmässig ist (Polzin, 2014; Love & Lindquist, 1995). Karte K 4.6 zeigt demgemäss die aggregierten Indexwerte gemäss MH3SFCA nach Gemeinde. Für die Aggregation wurde der Mittelwert der Quintile pro Hektare, gewichtet mit der Wohnbevölkerung pro Hektare, berechnet (vgl. auch Abschnitt 4.2.5).¹⁶ Auch wenn hier der Zugänglichkeitsindex pro Gemeinde dargestellt ist, basieren die zugrundeliegenden Berechnungen noch immer auf den Hektardaten, die ihrerseits unabhängig sind von administrativen Grenzen. Die regionale Ebene der Gemeinden dient hier lediglich für die Visualisierung der Ergebnisse.

Die Zugänglichkeitsindizes gemäss MH3SFCA pro Gemeinde in Karte K 4.6 bestätigen die Schlussfolgerungen ausgehend von den Ergebnissen auf Ebene der Hektaren in den vorangehenden Abschnitten. Eine überdurchschnittliche Zugänglichkeit ist insbesondere um die urbanen Zentren sowie teilweise in den Alpentälern auszumachen. Eine unterdurchschnittliche Zugänglichkeit ist vor allem in den ländlichen Gemeinden im Mittelland festzustellen.

Tabelle T 4.1 enthält zusätzlich einige Kennzahlen nach Gemeindetyp gemäss Gemeindetypologie 2012 des BFS. Die Spalten rechts enthalten die Klassifizierung der Gemeinden anhand der

räumlichen Zugänglichkeit, wobei jeweils die Anteile der Gemeinden pro Gemeindetyp und Klasse (Quintile) in Prozent ausgewiesen ist. Die Spalten links davon zeigen diverse Kennzahlen, wobei jeweils der Mittelwert der Gemeinden innerhalb eines Gemeindetyps ausgewiesen sind. Aus Tabelle T 4.1 wird beispielsweise ersichtlich, dass die Gruppe der städtischen Gemeinden einer grossen Agglomeration (Typ 11) insgesamt 160 Gemeinden umfasst. Durchschnittlich weisen diese Gemeinden eine Wohnbevölkerung von 16 013 Einwohnerinnen und Einwohner auf. Die durchschnittliche Summe der Arbeitspensen der dort ansässigen ambulanten Grundversorger beläuft sich auf 14,27 VZÄ. Die durchschnittliche Ärztedichte beträgt 0,67 VZÄ pro 1 000 Einwohnerinnen und Einwohner. Im Schnitt erreichen die Populationsstandorte innerhalb dieser Gemeinden 308 Angebotsstandorte innerhalb einer Fahrzeit von maximal 20 Minuten. Entsprechend den Nachfragewahrscheinlichkeiten gemäss Huff-Modell beträgt die geschätzte, durchschnittlich zurückgelegte Distanz zu einem Versorgungsangebot pro Populationspunkt 11,3 Minuten. Gemäss Klassifikation nach Quintilen weisen 35% der städtischen Gemeinden einer grossen Agglomeration einen deutlich überdurchschnittlichen *SPAI* auf (Q5). Bei lediglich 8% dieser Gemeinden liegt der *SPAI* deutlich unter dem Durchschnitt (Q1).

¹⁶ Anhand der Aggregation wurde für 2 217 Gemeinden (99,8%) ein Zugänglichkeitsindex ermittelt. Für insgesamt fünf Gemeinden (Samnaun, Sonogno, Zwischbergen, Finhaut, Zermatt) konnte für keine der Hektaren innerhalb des Gemeindegebiets eine Fahrzeit ermittelt werden. Dies gilt mitunter für Zermatt als autofreie Gemeinde und Samnaun als Gemeinde, deren Zufahrtswege übers

Ausland führen (für die Berechnungen wurde einzig das Verkehrsnetz in der Schweiz berücksichtigt). Die genannten Gemeinden werden infolgedessen gesamthaft als Missings behandelt. Wenn lediglich einzelne Hektaren innerhalb einer Gemeinde betroffen sind, wurden diese als Missings behandelt und der Zugänglichkeitsindex auf Gemeindeebene unter Ausschluss dieser Hektaren ermittelt (vgl. auch Abschnitt 4.2.5).

Der Vergleich zwischen den Gemeindetypen gemäss Tabelle T 4.1 zeigt, dass Gemeinden des städtischen Kernraums (Typ 11, 12 und 13) tendenziell eine höhere Zugänglichkeit in Bezug auf die ambulante Grundversorgung aufweisen als die Gemeinden im Einflussgebiet städtischer Kerne (Typ 21, 22 und 23). Tabelle T 4.1 zeigt jedoch auch, dass auch innerhalb eines Gemeindetyps wesentliche Unterschiede zwischen den Gemeinden bestehen. Am extremsten sind diese Unterschiede bei den ländlichen Gemeinden. So sind innerhalb der ländlichen, peripheren Gemeinden (Typ 33) einerseits 26% der Gemeinde in der Gruppe mit der niedrigsten Zugänglichkeit ($Q1$) und andererseits 42% in der Gruppe mit der höchsten Zugänglichkeit ($Q5$). Diese vergleichsweise extremen Unterschiede erklären sich dadurch, dass dieser Gemeindetyp sehr viele Gemeinden mit einer äusserst geringen Wohnbevölkerung umfasst ($\emptyset = 1\,029$). Wenn nun in einer solchen Gemeinde ein ambulanter Grundversorger ansässig ist, äussert sich das sehr schnell in einer deutlich überdurchschnittlichen Zugänglichkeit für diese Bevölkerung. Gleichzeitig existieren in diversen Gemeinden dieses Typs keine ambulanten Grundversorgungsangebote vor Ort und die Bevölkerung muss mitunter weite Wege auf sich nehmen, da sich viele dieser Gemeinden in alpinen Regionen mit vergleichsweise grossen Distanzen zu den Nachbargemeinden befinden. Das führt dazu, dass dieser Typ auch eine wesentliche Anzahl an Gemeinden mit einer deutlich unterdurchschnittlichen Zugänglichkeit beinhaltet.

Wie in Kapitel 3.3.5 erläutert, besteht durch das Huff-Modell das Risiko einer Verzerrung zugunsten von kleinräumigen Zentren, in denen kaum Versorgungsangebote nahe des maximalen Radius zur Verfügung stehen. Tabelle T 4.1 legt nahe, dass dieses Verzerrungsrisiko hauptsächlich in Bezug auf die ländlichen Zentrumsgemeinden (Typ 31) einen relevanten Einfluss auf die Klassifizierung hat. Nur bei ländlichen Zentrumsgemeinden ist die geschätzte, durchschnittlich zurückgelegte Distanz gemäss Huff-Modell¹⁷ deutlich geringer als in den urbanen Zentren. Infolgedessen kann vermutet werden, dass die räumliche Zugänglichkeit gemäss MH3SFCA der ländlichen Zentrumsgemeinden in Relation zu den übrigen Gemeinden tendenziell geringfügig überschätzt wird.

¹⁷ Für eine Population i berechnet sich die durchschnittlich zurückgelegte Distanz als Summe aller Nachfragewahrscheinlichkeiten multipliziert mit den korrespondierenden Distanzen ($\sum_i Huff_{ij} * d_{ij}$).

5 Fazit, Limitationen und Ausblick

Die Zugänglichkeit ist ein wesentliches Kriterium einer bedarfsgerechten Versorgung. In den vergangenen 20 Jahren haben sich eine Vielzahl von wissenschaftlichen Studien mit der Messung der räumlichen Zugänglichkeit beschäftigt. Hinsichtlich der Operationalisierung von räumlicher Zugänglichkeit ist sowohl die Erreichbarkeit (Distanz) der Versorgungsangebote als auch deren Verfügbarkeit (mit Bezug auf das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage) zu berücksichtigen. Traditionelle Indikatoren zur Beschreibung von Versorgungsstrukturen sind jeweils auf eine dieser Dimensionen eingeschränkt.

Gestützt auf existierende Ansätze innerhalb der Methodenfamilie der FCA-Methoden wurde in der vorliegenden Studie der MH3SFCA als Index zur Beschreibung der räumlichen Zugänglichkeit hergeleitet. In Tabelle T 5.1 sind die Eigenschaften des

MH3SFCA im Vergleich zu den traditionellen Indikatoren sowie mit Bezug zu früheren FCA-Methoden nochmals zusammengefasst. Der MH3SFCA kombiniert und ergänzt Aspekte früherer FCA-Methoden. Sowohl die Angebotskonkurrenz als auch die suboptimale Konfiguration des Gesamtsystems mit Rücksicht auf die Summe der absoluten Distanzen zwischen allen Angebots- und Populationsstandort fließen in die Berechnung des MH3SFCA mit ein. Die Angebotskonkurrenz wird anhand der Nachfragewahrscheinlichkeit gemäss Huff-Modell analog wie im E3SFCA modelliert. In Bezug auf die Berücksichtigung der absoluten Distanzen orientiert sich der MH3SFCA am M2SFCA, stellt aber zusätzlich sicher, dass Veränderungen hinsichtlich der absoluten Distanzgewichte proportional im Zugänglichkeitsindex abgebildet werden. In Ergänzung dazu geht der MH3SFCA von einer konstanten

T 5.1 Überblick der Eigenschaften traditioneller Indikatoren und FCA-Methoden

Eigenschaften	Traditionelle Indikatoren			FCA-Methoden					
	Einfache Angebots-Einwohner-Relationen	Distanz zum nächstgelegenen Angebot	Anz. erreichbarer Angebote in max. Radius	2SFCA	E2SFCA	3SFCA	E3SFCA	M2SFCA	MH3SFCA
Berücksichtigung der Nachfragekonkurrenz	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ergebnisse sind unabhängig von Analyseeinheit (z.B. administrative Grenzen)	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Abhängigkeiten unter den Analyseregionen werden in den Ergebnissen widergegeben	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Berücksichtigung mehrerer Versorgungsmöglichkeiten	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Berücksichtigung relativer Distanzunterschiede (innerhalb des max. Radius)	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angebotskonkurrenz wird berücksichtigt	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja
Berücksichtigung relativer <u>und</u> absoluter Distanzen	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Konstante Gesamtnachfrage pro Population	Ja	-	-	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

Bemerkungen: (-) = nicht anwendbar / FCA-Methoden – 2SFCA: Two-Step-Floating-Catchment-Area (Luo & Wang, 2003; Luo 2004; Wang & Luo, 2005), E2SFCA: Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area (Luo & Qi, 2009), 3SFCA: Three-Step-Floating-Catchment-Area (Wan et al., 2012), E3SFCA: Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area (Luo, 2014), M2SFCA: Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area (Delamater, 2013), MH3SFCA: Modified-Huff-Model-Three-Step-Floating-Catchment-Area.

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

T 5.2 Limitationen und Optimierungspotenzial MH3SFCA

MH3SFCA	Limitationen	Optimierungspotenzial
Nachfrage-schätzung	Die Nachfrage pro Populationsstandort wird im MH3SFCA, wie in den meisten FCA-Methoden, anhand der Wohnbevölkerung pro Populationsstandort geschätzt.	Die Präzisierung des Bedarfs pro Populationsstandort anhand regional unterschiedlicher Altersstrukturen der Wohnbevölkerung würde die Validität der Nachfrageschätzung erhöhen (vgl. auch Ngui & Apparicio, 2011). Ausserdem erscheint eine Ergänzung mit Rücksicht auf Pendlerströme und den Tourismus von wesentlichem Nutzen für eine angemessene Schätzung der Nachfrage pro Populationsstandort. Existierende Ansätze zur Integration des Pendlerverhaltens (vgl. u.a. Polzin, 2014 und Fransen et al., 2015) können hier als Ausgangslage dienen. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang Bezugsgrösse EBL (Einwohner und Beschäftigten sowie Äquivalente für Logiernächte), welche das BFS auf Hektarebene im Kontext räumlicher Analysen ermittelt und verwendet (vgl. BFS, 2014).
Huff-Modell	Anhand der Simulationsmodelle wurde das Risiko im Huff-Modell aufgezeigt, dass der Zugänglichkeitindex zugunsten von kleinräumigen Zentren mit wenigen vergleichsweise weit entfernten Versorgungsangeboten verzerrt ist. Gegenüber den Einschränkungen früherer FCA-Methoden ist diese Verzerrung allerdings als gering einzuschätzen.	FCA-Ansätze mit variablen Einzugsgebieten (vgl. dazu Luo & Whippo, 2012; McGrail & Humphreys, 2014; Ni et al., 2015; Bauer & Groneberg, 2016) sowie Optimierungsmethoden (vgl. dazu Li et al., 2015) sind als Ausgangspunkt für eine angemessenere Schätzung der Unterschiede im Nachfrageverhalten je nach verfügbaren Versorgungsmöglichkeiten interessant.
Distanz-messung	Die Distanzmessung basiert auf Subzonen im Umfang von 5 Minuten Fahrzeit. Die Gewichtung der Distanzen erfolgt anhand einer Treppenfunktion, die auf einer Normalverteilung basiert.	Eine Präzisierung der Distanzmessung wäre möglich, indem die Distanzen zwischen allen Angebots- und Populationsstandorten auf einer kontinuierlichen Skala gemessen werden. Allerdings ist der Präzisionsgewinn gegenüber Subzonen à 5 Minuten marginal, somit scheint eine kontinuierliche Messung lediglich angezeigt, wenn variable Einzugsgebiete berechnet werden sollen.
Erreichbar-keitsanalyse	Nicht für alle bewohnten Hektaren konnte im Rahmen der Erreichbarkeitsanalyse eine Verbindung zu einem Angebotsstandort innerhalb des maximalen Radius gefunden werden. Zu einem wesentlichen Teil liegt das daran, dass die Hektaren anhand ihres Mittelpunkts lokalisiert werden, woraus eine Ungenauigkeit von 50 Metern resultiert. Diese kann dazu führen, dass die Population in einem See oder einem Fluss lokalisiert wird, wodurch über das Strassennetzwerk keine Verbindung zum Populationspunkt gefunden wird. Die betroffenen Hektaren wurden im Rahmen der Fallstudie als Missings behandelt.	Um diese Missings zu vermeiden, kann die, kann die Wegdistanz für diese Hektaren, beispielsweise ausgehend von den Wegdistanzen umliegender Punkte über eine räumliche Interpolation, geschätzt werden. In der Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung im vorliegenden Bericht machen diese Missings allerdings nur gerade 1% aus und sind hinsichtlich der Interpretation der Ergebnissedemnach vernachlässigbar.
Transport-modus	Die Distanzmessung im MH3SFCA basiert auf der Fahrzeit mit dem motorisierten Privatverkehr. Gemäss bestehenden Studien (Apparicio et al., 2017) gewährleistet die Fahrzeit mit dem motorisierten Privatverkehr die validesten Ergebnisse für die Schätzung des Distanzeffekts in Bezug auf die Erreichbarkeit medizinischer Versorgungsangebote in der Schweiz. Probleme ergeben sich daraus für autofreie Gemeinden und wenn die Transportwege übers Ausland führen.	Wenn Unterschiede im Transportverhalten abgebildet werden sollen, kann die Fahrzeit mit dem motorisierten Privatverkehr ergänzt werden um andere Transportmodi (z.B. öffentlicher Verkehr). Dabei müsste geklärt werden, in welchem Ausmass die unterschiedlichen Transportmodi die populationsspezifischen Zugänglichkeitsindizes beeinflussen sollen. Der «Multi-Transportation-Mode 2SFCA» von Mao & Nekorchuk (2013) kann hierbei als Grundlage dienen.
Fallstudie	Limitationen	Optimierungspotenzial
Eingrenzung Grund-gesamtheit	Die Eingrenzung der ambulanten Grundversorgung erfolgte in der vorliegenden Studie anhand der Hauptfachgebiete (Allgemeine Innere Medizin, Praktische Ärztinnen und Ärzte) und der Hauptberufstätigkeit (ambulant) gemäss Ärztestatistik der FMH. Es ist nicht ausgeschlossen, dass andere Leistungserbringer (z.B. Spezialisten oder hauptsächlich stationär tätige Ärztinnen und Ärzte) ebenfalls zu einem gewissen Anteil ambulante Grundversorgungsleistungen erbringen bzw. Grundversorger zum Teil auch spezialärztliche Leistungen erbringen (z.B. Ultraschall Gynäkologie). Es ist ausserdem zu berücksichtigen, dass die Kategorisierung Hauptberufstätigkeit «ambulant» gemäss Ärztestatistik der FMH ausschliesslich praxisambulante Leistungserbringer miteinschliesst.	Eine vollständigere Abgrenzung der ambulanten Leistungserbringer in der Grundversorgung bzw. des Umfangs, in welchem diese Grundversorgungsleistungen erbringen, könnte anhand von Abrechnungsdaten wahrscheinlich noch besser angenähert werden (vgl. auch Reichlmeier & Meier, 2018). Anhand der Abrechnungsdaten kann eruiert werden, welche Leistungen – genauer gesagt welche Tarifpositionen – ein Leistungserbringer tatsächlich verrechnet. Allerdings sind die entsprechenden Datenquellen (Datenpool bzw. Tarifpool der SASIS AG) nicht oder nur bedingt auf ausreichend geringem Aggregationsniveau verfügbar. Um die in der vorliegenden Studie diskutierten Methoden anwenden zu können, benötigt man die Angebotsstandorte idealerweise mit ihrer exakten Geolokalisierung (Adresse bzw. Koordinaten). Je nach Analysefokus bzw. konkreter Fragestellung ist ausserdem zu überlegen, inwiefern spitalambulante Angebote berücksichtigt werden sollen und wenn ja, welche Datengrundlagen dazu zweckmässig sind.
Daten-grundlagen	Die FMH-Ärzttestatistik bildet ca. 95% der berufstätigen Ärztinnen und Ärzte im ambulanten Sektor ab. Die soziodemographischen Informationen sowie die Daten zur Aus- und Weiterbildung liegen vollständig und aktuell vor. Bei den selbstdeklarierten Daten wie z.B. zum Arbeitspensum sind gewisse Einschränkungen bezüglich Vollständigkeit und Aktualität vorhanden.	Es existieren alternative Datenquellen mit Angaben zum Arbeitspensum bzw. mit denen sich die Arbeitspensum anhand der Abrechnungsdaten schätzen liessen (Datenpool bzw. Tarifpool der SASIS AG, Strukturdaten Arztpraxen und ambulante Zentren (MAS) des BFS). Allerdings bestehen hinsichtlich der betreffenden Datenquellen (noch) Einschränkungen in Bezug auf die Vollständigkeit oder in Bezug auf die Zugänglichkeit auf ausreichend kleinräumigen Aggregationsniveau (siehe oben).
Maximaler Radius	Aufgrund der kleinräumigen Struktur der Schweiz und des ausgebauten Verkehrsnetzes wurde in der vorliegenden Studie ein maximaler Radius von einer Fahrzeit von 20 Minuten gewählt.	Frühere Studien haben gezeigt, dass die Wahl des maximalen Radius die Ergebnisse von FCA-Methoden beeinflussen kann (vgl. auch Bauer & Groneberg, 2016). Eine Validierung der Analysen in der vorliegenden Studie mit unterschiedlichen Parametereinstellungen in Bezug auf den maximalen Radius ist noch ausstehend.

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

Gesamtnachfrage jeder Population aus. Konstant bedeutet hierbei, dass die Gesamtnachfrage einer Population an einem bestimmten Standort unabhängig von der Anzahl der erreichbaren Angebote und der Distanz zu diesen Angeboten ist. Im Gegensatz dazu nimmt die Gesamtnachfrage einer Population in den früheren FCA-Ansätzen zu, wenn mehr Versorgungsangebote erreichbar sind bzw. wenn diese Angebote nähergelegen sind. Vor dem Hintergrund, dass die potenzielle räumliche Zugänglichkeit in Abhängigkeit des Bedarfs der Bevölkerung gemessen werden soll, ist die Annahme einer konstanten Gesamtnachfrage pro Population allerdings plausibler.

Die genannten Stärken der MH3SFCA-Methode wurden im vorliegenden Bericht einerseits theoretisch argumentiert und andererseits an simulierten Versorgungssystemen demonstriert. Zusätzlich zeigt die Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung gemäss Kapitel 4 der vorliegenden Studie an einem praktischen Anwendungsbeispiel, wie der MH3SFCA die Stärken früherer FCA-Ansätze kombiniert.

Trotz aller Vorteile des MH3SFCA besteht zweifellos auch noch Optimierungspotenzial. In Tabelle T 5.2 sind die Limitationen sowie mögliche Lösungsansätze zusammengefasst, wobei unterschieden wird zwischen Aspekten, welche die Methode im Allgemeinen betreffen, und Aspekten, die sich auf die Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung gemäss Kapitel 4 beziehen. Hervorzuheben sind dabei insbesondere folgende Punkte:

- Durch den Einbezug von Pendlerströmen und Logiernächten sowie der Unterschiede im Bedarf ausgehend von der Altersstruktur kann die Schätzung der regionalen Unterschiede in der Nachfrage präzisiert werden. Bestehende FCA-Ansätze, welche Pendlerströme berücksichtigen (vgl. u.a. Polzin, 2014 und Fransen et al., 2015) bzw. die Nachfrage in Abhängigkeit von mehreren Altersgruppen schätzen (vgl. auch Ngui & Apparicio, 2011), können hierbei als Grundlage dienen.
- Gemäss Huff-Modell wird jedem Versorgungsangebot innerhalb des maximalen Radius einer Population ein Anteil von deren Nachfrage zugeordnet. Anhand der Simulationsmodelle wurde illustriert, inwiefern dies zu einer Verzerrung des Zugänglichkeitsindex zugunsten von kleinräumigen Zentren mit nur wenigen Versorgungsangeboten nahe am maximalen Radius führen kann. Abhilfe könnten hier einerseits FCA-Methoden schaffen, die variable Einzugsgebiete verwenden (vgl. dazu Luo & Whippo, 2012; McGrail & Humphreys, 2014; Ni et al., 2015; Bauer & Groneberg, 2016). Andererseits können auch bestehende Optimierungsansätze (vgl. dazu Li et al., 2015) als Ausgangspunkt für eine angemessenere Schätzung des Nachfrageverhaltens mit Rücksicht auf die vorhandenen Versorgungsangebote dienen.
- In Bezug auf die Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung in der Schweiz sind insbesondere die Vorbehalte hinsichtlich der Arbeitspensen der Leistungserbringer zu erwähnen. Aufgrund fehlender Angaben musste ein Grossteil der Kapazitäten der Leistungserbringer geschätzt werden. Aktuell stehen allerdings keine zuverlässigeren Daten zum Arbeitspensum niedergelassener Ärztinnen und Ärzte zur Verfügung.

Abschliessend kann auch unter Berücksichtigung der genannten Limitationen festgehalten werden, dass der MH3SFCA ein geeignetes Basismodell für die Analyse der räumlichen Zugänglichkeit von medizinischen Versorgungssystemen in der Schweiz darstellt. Das methodische Vorgehen, wie es im Zusammenhang mit der Fallstudie zur ambulanten Grundversorgung dargelegt wurde, kann dabei als Vorlage für andere Anwendungskontexte dienen.

Die möglichen Anwendungsbereiche für diese Methode sind vielseitig. Einerseits können mit dem MH3SFCA regionale Unterschiede in der räumlichen Zugänglichkeit gemessen und so, Regionen mit über- bzw. unterdurchschnittlicher Versorgungsdichte identifiziert werden.

Andererseits können mithilfe des MH3SFCA Szenarien entwickelt und analysiert werden. Ein naheliegendes Beispiel betrifft die Standortoptimierung für spezifische Versorgungsangebote. Mit dem MH3SFCA können die Auswirkungen auf die räumliche Zugänglichkeit untersucht werden, wenn man die Zahl sowie die Standorte von Versorgungsangeboten variiert. Dadurch können räumlich optimale Systemkonfigurationen ermittelt werden. Ein weiteres Anwendungsbeispiel für das Potenzial des MH3SFCA im Zusammenhang mit der Analyse möglicher Entwicklungsszenarien in der ambulanten Versorgung betrifft die Identifikation potenzieller Risikoregionen mit Rücksicht auf die Altersstruktur der Ärzteschaft. Ausgehend von der demografischen Struktur innerhalb spezifischer Facharztgruppen im Status Quo können die Auswirkungen durch Pensionierungen und aufgrund der Reduktion der Arbeitspensen auf die räumliche Zugänglichkeit geschätzt werden. So kann eruiert werden, welche Regionen durch die zunehmende Alterung der Ärzteschaft potenziell am stärksten betroffen sein werden.

Schliesslich, als letztes Beispiel konkreter Anwendungsmöglichkeiten der MH3SFCA-Methode, sei auf deren Potenzial für die Modellierung des Einflusses struktureller Rahmenbedingungen auf die Inanspruchnahme medizinischer Leistungen hingewiesen. So kann anhand des MH3SFCA beispielsweise die Versorgungsdichte mit Bezug auf die regional verfügbaren ambulanten Psychiatrieangebote operationalisiert werden. Diese Versorgungsdichte wiederum kann verwendet werden, um das Ausmass der Inanspruchnahme stationärer Leistungen und so den möglichen Zusammenhang zwischen ambulanten und stationären Versorgungsstrukturen zu untersuchen. Mit dem MH3SFCA können dabei Unterschiede hinsichtlich der räumlichen Zugänglichkeit spezifischer Versorgungsstrukturen auf kleinräumiger Ebene berücksichtigt werden.

Aus den genannten Anwendungsbeispielen wird deutlich, welchen Nutzen die MH3SFCA-Methode für die Versorgungsplanung haben kann. Gerade im ambulanten Bereich ist die regionale Verteilung der Versorgungsangebote von wesentlicher Bedeutung. Sollte die aktuell im Parlament diskutierte Vorlage zur Revision des KVG betreffend die Zulassung von ambulanten Leistungserbringern in Kraft treten, wären die Kantone gefordert, eine aktivere Rolle bei der Steuerung des ambulanten Angebots wahrzunehmen. Die MH3SFCA-Methode liefert hierbei die Grundlage, um auch die räumlichen Aspekte bei der Planung der ambulanten Ver-

sorgung mitzubedenken. Denn nur durch eine optimale Abstimmung des Versorgungsangebots mit Rücksicht auf die räumliche Verteilung des Bedarfs kann der Zugang der Bevölkerung zur Versorgung optimal gestaltet werden.

Literaturverzeichnis

- Abler, R. F., Marcus, G. M. & Olsen, J. M. (1992). *Geography's inner worlds, Pervasive Themes in Contemporary American Geography*. New Jersey.
- Alford, T.J., Shi, X., Onega, T., Wang, D. & Zou, J. (2008). *Assess Potential Demand for Major Cancer Care Facilities in the US*. Paper read at the Association of American Geographers Annual Conference, Boston, MA.
- Bauer, J. & Groneberg, DA. (2016). *Measuring Spatial Accessibility of Health Care Providers – Introduction of a Variable Distance Decay Function within the Floating Catchment Area (FCA) Method*. PLoS ONE 11(7): e0159148. doi:10.1371/journal.pone.0159148.
- Bauer, J. & Groneberg, DA. *Zugang zu gynäkologischen Praxen in Deutschland – Eine Analyse der räumlichen Zugänglichkeit*. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in Deutschland (Zi). Versorgungsatlas-Bericht Nr. 17/01. Berlin 2017. DOI: 10.20364/VA-17.01. Link: <http://www.versorgungsatlas.de>
- Berlin, C., Busato, A., Rosemann, T., Djalali, S. & Maessen, M. *Avoidable hospitalizations in Switzerland: a small area analysis on regional variation, density of physicians, hospital supply and rurality*. BMC Health Services Research 2014;14:289.
- BFS (2014). *Raum mit städtischem Charakter 2012: Erläuterungsbericht*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel. Link: <https://www.bfs.admin.ch>
- BFS (2017). *Raumgliederungen der Schweiz: Gemeindetypologie und Stadt/Land-Typologie 2012*. Bundesamt für Statistik BFS. Link: <https://www.bfs.admin.ch>
- BFS (2018). *Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STAT-POP) ab 2010: GEOSTAT-Datenbeschreibung*. Bundesamt für Statistik BFS, Abteilung Raum und Umwelt. Link: <https://www.bfs.admin.ch>
- Bundesrat (2018). *Botschaft zur Änderung des Bundesgesetzes über die Krankenversicherung (Zulassung von Leistungserbringern) vom 9. Mai 2018*. <https://www.bag.admin.ch>
- Bunnell, J.E., Karlsen, A.W., Finkelman, R.B. & Shields, T.M. (2005). *Geographic information systems (GIS) in human health studies*. In: Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R. B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P. (eds.). *Essentials of Medical Geology*. Amsterdam, Elsevier, 633-644.
- Cinnamon, J., Schuurman, N. & Crooks, VA. (2009). *Assessing the suitability of host communities for secondary palliative care hubs: A location analysis model*. Health & Place, 15(3), 792-800.
- Cromley, EK. & McLafferty, SL. (2012). *GIS and public health*. USA: The Guilford Press, 2nd ed.
- Dai, D. & Wang, F. (2011). *Geographic Disparities in Accessibility to Food Stores in Southwest Mississippi*. Environment and Planning-Part B (38:4), p. 659.
- Delamater, P.L. (2013). *Spatial Accessibility in Suboptimally Configured Health Care Systems: A Modified Two-Step Floating Catchment Area (M2sfca) Metric*. Health & place (24), pp. 30-43.
- Dutoit, L., Gardiol, L. & Künzi, K. (2014). *Établissement du recensement des médecins actifs en Suisse* (Obsan Dossier 28). Neuchâtel: Observatoire suisse de la santé.
- Fransen, K., Neutens, T., De Maeyer, P. & Deruyter, G. (2015). *A Commuter-Based Two-Step Floating Catchment Area Method for Measuring Spatial Accessibility of Daycare Centers*. Health & place (32), pp. 65-73.
- Gordon-Larsen, P., Nelson, MC., Page, P. & Popkin BM. *Inequality in the Built Environment Underlies Key Health Disparities in Physical Activity and Obesity*. Pediatrics 2006, 117:417-424.
- Guagliardo, M. F. (2004). *Spatial accessibility of primary care: Concept, methods and challenges*. International Journal of Health Geographics 3: 1–13.
- Guggisberg, J. & Spycher, S. (2005). *Nachfrage, Inanspruchnahme, Bedarf und Angebotsinduzierung in der ambulanten medizinischen Versorgung* (Obsan Forschungsprotokoll 3). Neuchâtel: Schweizerisches Gesundheitsobservatorium.
- Haynes, R., Jones, A., Sauerzapf, V. & Zhao, H. (2006). *Validation of travel times to hospital estimated by GIS*. International Journal of Health Geographics 2006, 5:40 doi:10.1186/1476-072X-5-40
- Hostettler, S. & Kraft, E. (2017). *FMH-Ärztstatistik 2016: 36 175 berufstätige Ärztinnen und Ärzte*. Schweiz Ärztztg. 2017; 98(13):394–400. DOI: <https://doi.org/10.4414/saez.2017.05522>
- Hostettler, S. & Kraft, E. (2018). *FMH-Ärztstatistik 2017 – aktuelle Zahlen*. Schweiz Ärztztg, 2018; 99(13–14):408–413.
- Hostettler, S., Laffranchi, R. & Kraft, E. (2013). *Ärztenschaft in der Schweiz – Fokus Arbeitspensum*. Schweizerische Ärztezeitung, 95(50): 1891–1895.

- Huerta Munoz, U. & Källestal, C. (2012). *Geographical accessibility and spatial coverage modeling of the primary health care network in the Western Province of Rwanda*. International Journal of Health Geographics 2012, 11:40 <http://www.ij-healthgeographics.com>
- Huff, D. L. (1963). *A probabilistic analysis of shopping-center trade areas*. LandEcon. 39, 81–90. <http://dx.doi.org/10.2307/3144521>
- Huff, D. L. (1964). *Defining and estimating a trading area*. J. Mark. 28, 34–38. <http://dx.doi.org/10.2307/1249154>.
- Jörg, R., Ettlin, R., Rufin, R., Dvorak, A. & Megert M. (2015). *Monitoring der regionalen und überregionalen Patientenströme für die Region Nordwestschweiz: Schlussbericht*. socialdesign ag. Im Auftrag der Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt und Solothurn. Webdokument: www.socialdesign.ch (letzter Zugriff: 18.1.2016).
- Jörg, R., Lenz, N. (2018). *A GIS based model to detect regional differences in health care supply structures*. Wennberg International Collaborative Spring Policy Meeting: Zürich. URL: <http://www.wennberg-zurich.org> (letzter Zugriff: 18.1.2019).
- Klauss, G., Staub, L., Widmer, M. & Busato, A. *Hospital service areas -- a new tool for health care planning in Switzerland*. BMC Health Serv Res. 2005 May 9;5:33
- Kwan, M. (1998). *Space-time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a Point-based framework*. Geogr Anal. 1998; 30: 191–216.
- Levesque, J-F., Harris, M. & Russell, G. (2013). *Patient-centred access to health care: Conceptualising access at the interface of health systems and populations*. International journal for equity in health. 12. 18. 10.1186/1475-9276-12-18.
- Li, Z., Serban, N. & Swann, J. L. (2015). *An optimization framework for measuring spatial access over healthcare networks*. BMC Health Services Research 2015; 15:273. doi: 10.1186/s12913-015-0919-8
- Liebe, U. (2007). *Zahlungsbereitschaft für kollektive Umweltgüter: Soziologische und ökonomische Analysen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-531-90464-1
- Love, D. & Lindquist, P. (1995). *The geographical accessibility of hospitals to the aged: a geographic information systems analysis within Illinois*. Health Services Research, 29 (6), 629-651.
- Luo, W. (2004). *Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians*. Health Place 2004, 10:1–11.
- Luo, J. (2014). *Integrating the Huff Model and Floating Catchment Area Methods to Analyze Spatial Access to Healthcare Services*. Transactions in GIS (18:3), pp. 436-448.
- Luo, J. (2016). *Analyzing Potential Spatial Access to Primary Care Services with an Enhanced Floating Catchment Area Method*. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization (51:1), pp. 12–24.
- Luo, W. & Qi, Y. (2009). *An Enhanced Two-Step Floating Catchment Area (E2sfca) Method for Measuring Spatial Accessibility to Primary Care Physicians*. Health & place (15:4), pp. 1100-1107.
- Luo, W. & Wang, F. (2003). *Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a Gis Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region*. Environment and Planning B Planning and Design:30, pp. 865-884.
- Luo, W. & Whippo, T. (2012). *Variable Catchment Sizes for the Two-Step Floating Catchment Area (2sfca) Method*. Health & place (18:4), pp. 789-795.
- Mao, L. & Nekorchuk, D. (2013). *Measuring Spatial Accessibility to Healthcare for Populations with Multiple Transportation Modes*. Health & place (24), pp. 115-122.
- McGrail, M.R. & Humphreys, J.S. (2014). *Measuring Spatial Accessibility to Primary Health Care Services: Utilising Dynamic Catchment Sizes*. Applied Geography (54), pp. 182-188.
- Mohler-Kuo, M., Jann, B., Dey, M. et al. (2011). *A recruitment method to obtain community samples of children for survey research in Switzerland*. Int J Public Health 56: 353. <https://doi.org/10.1007/s00038-011-0250-z>
- Murray, E.J., Marais, B.J., Mans, G., Beyers, N., Ayles, H., Godfrey-Faussett, P., Wallman, S. & Bond V. (2009). *A multidisciplinary method to map potential tuberculosis transmission 'hot spots' in high-burden communities*. International Journal of Tuberculosis & Lung Disease, 13(6), 767-774.
- Ngui, A.N. & Apparicio, P. (2011). *Optimizing the Two-Step Floating Catchment Area Method for Measuring Spatial Accessibility to Medical Clinics in Montreal*. BMC health services research (11:1), p. 166.
- Ni, J., Wang, J., Rui, Y., Qian, T. & Wang, J. (2015). *An Enhanced Variable Two-Step Floating Catchment Area Method for Measuring Spatial Accessibility to Residential Care Facilities in Nanjing*. International journal of environmental research and public health. 12. 14490-14504. 10.3390/ijerph121114490.
- Ong, ME. Ng. FS., Overton, J., Yap, S., Andresen, D., Yong, DK., Lim, SH. & Anantharaman, V. (2009). *Geographic-time distribution of ambulance calls in Singapore: Utility of geographic information system in ambulance deployment (CARE 3)*. Annals of the Academy of Medicine, Singapore, 38(3), 184-191.
- Panczak, R., Luta, X., Maessen, M., Stuck, AE., Berlin, C., Schmidlin, K., Reich, O., von Wyl, V., Goodman, DC., Egger, M., Zwahlen, M. & Clough-Gorr, KM. (2016). *Regional Variation of Cost of Care in the Last 12 Months of Life in Switzerland: Small-Area Analysis Using Insurance Claims Data*. Med Care.
- Patel, A. & Waters, N. (2012). *Using Geographic Information Systems for Health Research*. 10.5772/47941.
- Patel, A., Waters, N. & Ghali, W. (2007). *Determining geographic areas and populations with timely access to cardiac catheterization facilities for acute myocardial infarction care in Alberta, Canada*. International Journal of Health Geographics 2007, 6:47 doi:10.1186/1476-072X-6-47.

- Peleg, K. & Pliskin, JS. (2004). *A geographic information system simulation model of EMS: Reducing ambulance response time*. American Journal of Emergency Medicine, 22(3), 164-170.
- Penchansky, R. & Thomas WJ. *The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction*. Med Care 1981, 19: 127-140.
- Polzin, P. (2014). *Integration of the assessments of access to health care and of competition between providers into a new method to identify target geographic markets*. Dissertation, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. URL: <http://hdl.handle.net/10216/79105>
- Polzin, P., Borges, J., and Coelho, A. (2014). *An Extended Kernel Density Two-Step Floating Catchment Area Method to Analyze Access to Health Care*. Environment and Planning B: Planning and Design (41:4), pp. 717-735.
- Reichlmeier, A. & Meier, C. (2018). *Ambulante Versorgungsstruktur und Bedarfsanalyse Schweiz: Ergebnisse santesuisse*, Stand 9. Februar 2018. Link: <https://www.santesuisse.ch>
- Roth, S. & Sturny, I. (2017). *Zulassungsstopp für Ärztinnen und Ärzte in Praxen – Entwicklung des Ärztebestands und der Kosten* (Obsan Bulletin 4/2017). Neuchâtel: Schweizerisches Gesundheitsobservatorium.
- Salze, P., Bano, S. A., Oppert, J. M., Charreire, H., Casey, R., Simon, C., Chaix, B., Badarotti, D. & Weber, C. *Estimating spatial accessibility to facilities on the regional scale: an extended commuting-based interaction potential model*. International Journal of Health Geographics 2011 10:2.
- Schuurman, N., Bell, N., Hameed, MS. & Simon, R. (2008). *A model for identifying and ranking need for trauma service in nonmetropolitan regions based on injury risk and access to services*. Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care, 65(1), 54-62.
- Senf, C., Ruffin, P., Tagay, S., Lakes, T. & Senf, W. (2011). *Medizinische Versorgungsforschung im Essener Stadtraum aus einer räumlichen Perspektive*. In: Strobl, J., Blaschke, T. and Griesbner, G. (Eds.): Angewandte Geoinformatik 2011, Beiträge zum 23. Agit Symposium Salzburg, Wiechmann Verlag, Berlin.
- Shah, T. I., Bell, S. & Wilson, K. (2016). *Spatial Accessibility to Health Care Services: Identifying under-Serviced Neighbourhoods in Canadian Urban Areas*. PLoS ONE 11(12): e0168208. doi:10.1371/journal.pone.0168208
- Srivastava, A., Nagpal, B. N., Joshi, P. L., Paliwal, J. C. & Dash, A. P. (2009). *Identification of malaria hot spots for focused intervention in tribal state of India: A GIS based approach*. International Journal of Health Geographics, 8:30.
- Tao, Z. & Cheng, Y. (2018). *Modelling the spatial accessibility of the elderly to healthcare services in Beijing, China*. Environment & Planning B. January 2018. DOI: 10.1177/2399808318755145.
- UNO (1948). *Allgemeine Erklärung der Menschenrechte (AEMR)*. Resolution 217 A (III) der Generalversammlung vom 10. Dezember 1948. New York.
- Vo, A., Plachkinova, M. & Bhaskar, R. (2015). *Assessing healthcare accessibility algorithms: A comprehensive investigation of twostep floating catchment methodologies family*.
- Wan, N., Zhan, F. B., Zou, B. & Chow, S. (2012). *A relative spatial access assessment approach for analyzing potential spatial access to colorectal cancer services in Texas*. Applied Geography, 32, 291–299.
- Wan, N., Zou, B. & Sternberg, T. (2012). *A Three-Step Floating Catchment Area Method for Analyzing Spatial Access to Health Services*. International Journal of Geographical Information Science (26:6), pp. 1073-1089.
- Wang, L. (2007). *Immigration, Ethnicity, and Accessibility to Culturally Diverse Family Physicians*. Health & Place 13 (3): 656–671. <http://dx.doi.org/10.1016/j.health-place.2006.10.001>. Medline:17174590
- Wang, F. & Luo, W. (2005). *Assessing spatial and nonspatial factors for healthcare access: towards an integrated approach to defining health professional shortage areas*. Health Place 2005, 11:131–146.
- Weibull, J. (1976). *An axiomatic approach to the measurement of accessibility*, Regional Science and Urban Economics, Volume 6, Issue 4, Pages 357-379, ISSN 0166-0462, [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(76\)90031-4](https://doi.org/10.1016/0166-0462(76)90031-4).
- Weinhold, I. & Wende, D. (2018). *Instrumente und Herausforderungen der Bedarfs- und Verteilungsplanung in Gesundheitsregionen*. In: Pfannstiel, M., Focke, A., Mehlich, H. (Ed). Management von Gesundheitsregionen IV: Bedarfsplanung und ganzheitliche regionale Versorgung und Zusammenarbeit.
- Widmer, M., Matter, P., Staub, L., Schoeni-Affolter, F. & Busato, A. *Regional variation in orthopedic surgery in Switzerland*. Health Place. 2009 Sep;15(3):761-8.
- Wieland, T. (2018). *Teil 2: Modellgestützte Verfahren und „big (spatial) data“ in der regionalen Versorgungsforschung*, in: Monitor Versorgungsforschung (03/18), S. 59-64, doi: 10.24945/MVF.0318.1866-0533.2083.
- Zeller, A. & Tschudi, P. (2015): *Anamnese und Status bei Schweizer Hausärzten*. Primary und Hospital Care, 2016;16(15):277-280

Abkürzungsverzeichnis

2SFCA	Two Step Floating Catchment Area	OKP	Obligatorischen Krankenpflegeversicherung
3SFCA	Three Step Floating Catchment Area	RSC	Raum mit städtischem Charakter
AEMR	Allgemeine Erklärung der Menschenrechte	SPAI	Index zur räumlichen Zugänglichkeit (Spatial Aecessibility Index)
AIM	Allgemeine Innere Medizin	STATPOP	Statistik der Bevölkerung und der Haushalte
BFS	Bundesamt für Statistik	UNO	Vereinte Nationen
CB2SFCA	Commuter Based Two Step Floating Catchment Area	V2SFCA	Variable Two Step Floating Catchment Area
E2SFCA	Enhanced Two Step Floating Catchment Area	VZÄ	Vollzeitäquivalent
E3SFCA	Enhanced Three Step Floating Catchment Area		
EKD2SFCA	Extended Kernel Density Two Step Floating Catchment Area		
EKD4SFCA	Extended Kernel Density Four Step Floating Catchment Area		
ESRI	Environmental Systems Research Institute		
EV2SFCA	Enhanced Variable Two Step Floating Catchment Area		
FCA	Floating Catchment Area		
FMH	Verbindung der Schweizer Ärztinnen und Ärzte		
GIS	Geografische Informationssysteme		
iFCA	Integrated Floating Catchment Area		
KD2SFCA	Kernel Density Two Step Floating Catchment Area		
KVG	Bundesgesetz über die Krankenversicherung		
KVV	Verordnung über die Krankenversicherung		
M2SFCA	Modified Two Step Floating Catchment Area		
MAUP	Modifiable Areal Unit Problem		

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellen

T 0.1	Überblick der Eigenschaften traditioneller Indikatoren und FCA-Methoden.....	5
T 0.2	Zugänglichkeit ambulante Grundversorgung 2016 - Korrelationskoeffizienten nach FCA-Methode.....	6
T 0.3	Vue d'ensemble des caractéristiques des indicateurs traditionnels et des méthodes FCA.....	11
T 0.4	Accessibilité des soins ambulatoires de premier recours, 2016 – Coefficients de corrélation des méthodes FCA.....	12
T 1.1	Potenzial des MH3SFCA anhand konkreter Fragestellungen	15
T 2.1	Probleme klassischer Indikatoren zur Zugänglichkeit	20
T 3.1	Übersicht Weiterentwicklungen 2SFC	27
T 3.2	Verwendete Distanzgewichtungsfunktionen	29
T 3.3	Zugänglichkeitsindex für die Systeme 1a-1c nach FCA-Methode.....	34
T 3.4	Zugänglichkeitsindex für die Systeme 2a-2d nach FCA-Methode.....	35
T 3.5	Zugänglichkeitsindex für die Systeme 3a und 3b nach FCA-Methode.....	35
T 3.6	FCA-Methoden - Verallgemeinerte Berechnung	37
T 3.7	Unterschiede FCA-Methoden	39
T 3.8	Zugänglichkeitsindex für die Systeme 1a bis 4b nach FCA-Methode.....	40
T 3.9	Gesamtnachfrage in den Systemen 3a und 3b nach FCA-Methode.....	41
T 4.1	Zugänglichkeit ambulante Grundversorgung –Kennzahlen und Klassifizierung gemäss MH3SFCA	57
T 5.1	Überblick der Eigenschaften traditioneller Indikatoren und FCA-Methoden.....	59
T 5.2	Limitationen und Optimierungspotenzial MH3SFCA...	60

Abbildungen

G 2.1	Anzahl Journal-Artikel zu geografischer Zugänglichkeit.....	17
G 2.2	Zugänglichkeit von Versorgungsangeboten, Phasen und Dimensionen	18
G 2.3	Konzeptualisierung von GIS	21
G 2.4	Unterschiedliche Arten der Distanzmessung.....	22
G 3.1	Arten der Distanzmessung und korrespondierende Distanzgewichtungsfunktionen.....	29
G 3.2	Überschätzung der Nachfrage im E2SFCA	30
G 3.3	Systeme 1a-1c.....	34
G 3.4	Systeme 2a-2d	35
G 3.5	Systeme 3a und 3b.....	35
G 3.6	Systeme 1a bis 4b	40
G 4.1	Schema Zugänglichkeitsanalyse.....	45
G 4.2	Präzision und Validität der Distanzoperationalisierung.....	46
G 4.3	Illustration Erreichbarkeitsanalysen	47
G 4.4	Berechnung der Gaussischen Distanzgewichte.....	48
G 4.5	Verteilung Zugänglichkeitsindizes (SPAI) betreffend die ambulante Grundversorgung 2016 nach FCA-Methode	48
G 4.6	Zugänglichkeitsindizes ambulante Grundversorgung 2016 – Korrelationsanalyse FCA-Methoden	55

Karten

K 0.1	MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016	6
K 0.2	MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Gemeinde für die ambulante Grundversorgung 2016	7
K 0.3	MH3SFCA – Indice d’accessibilité par hectare pour les soins ambulatoires de premier recours, 2016.....	12
K 0.4	MH3SFCA – Indice d’accessibilité par commune pour les soins ambulatoires de premier recours, 2016.....	13
K 2.1	Dichte der Generalisten pro Gemeinde 2015	19
K 4.1	Gemeindetypologie 2012 mit 9 Kategorien	49
K 4.2	MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016	50
K 4.3	E2SFCA und 3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016.....	51
K 4.4	E3SFCA und M2SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Hektare für die ambulante Grundversorgung 2016.....	52
K 4.5	Zugänglichkeit der ambulanten Grundversorgung 2016 – Vergleich E2SFCA und MH3SFCA.....	53
K 4.6	MH3SFCA – Zugänglichkeitsindex pro Gemeinde für die ambulante Grundversorgung 2016.....	56

Infoboxen

B 1	Zwischenfazit pro Unterkapitel	25
B 2	Zwischenfazit 2SFCA.....	27
B 3	Zwischenfazit E2SFCA.....	28
B 4	Distanzgewichtungsfunktionen	29
B 5	Zwischenfazit 3SFCA.....	31
B 6	Zwischenfazit E3SFCA.....	32
B 7	Zwischenfazit M2SFCA	36
B 8	Zwischenfazit MH3SFCA	42
B 9	Parameter Erreichbarkeitsanalysen	46

Formeln

F 1	2SFCA - Berechnungsformel	26
F 2	E2SFCA – Berechnungsformel	28
F 3	3SFCA – Berechnungsformel.....	31
F 4	E3SFCA – Berechnungsformel	32
F 5	M2SFCA – Berechnungsformel.....	33
F 6	MH3SFCA – Berechnungsformel.....	37

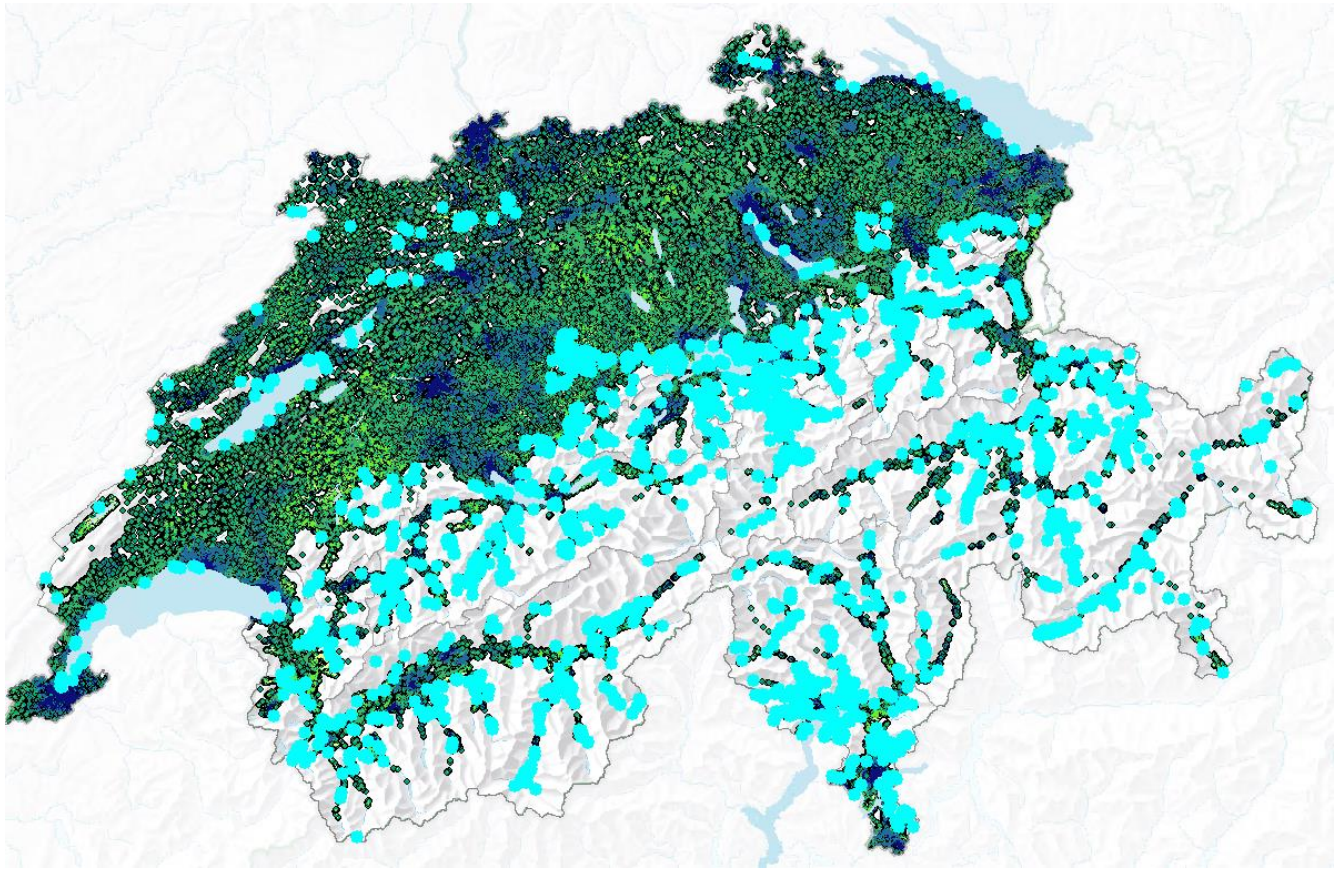
Anhang

Anhang 1 Übersicht FCA-Methoden

Bezeichnung	Quelle	Beschreibung
E2SFCA – Enhanced-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Luo & Qi (2009)	vgl. Kapitel 3.2.1
Optimized 2SFCA	Ngui & Apparicio (2011)	Anstelle des reinen Populationsvolumens wird im optimierten 2SFCA die Nachfrage mit Rücksicht auf die Altersverteilung einer bestimmten Population modelliert. Dazu wird jede Altersgruppe mit ihrem Anteil „medical users“ multipliziert.
KD2SFCA – Kernel-Density-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Dai & Wang (2011)	Unterschiede der Distanzen innerhalb des Versorgungsradius anhand einer Kerndichteschätzung (mit Epanechnikov-Kern) modelliert. Dadurch wird der Einfluss der Distanz mit einer kontinuierlichen Funktion modelliert, was intuitiv plausibler ist.
3SFCA - Three-Step Floating-Catchment-Area-Method	Wan et al. (2012)	vgl. Kapitel 3.2.1
V2SFCA – Variable-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Luo & Whippo (2012), McGrail & Humphreys (2014)	In einem vorgelagerten Berechnungsschritt wird zuerst die Grösse des maximalen Versorgungsradius („catchment size“) für jedes Angebot und jeden Nachfragepunkt separat berechnet. Die Grösse des Radius ist dabei abhängig von einer a priori bestimmten Populationsgrösse (für die Radien der Angebote) bzw. eines a priori definierten Arzt-Einwohner-Verhältnisses (für die Populationspunkte).
EKD2SFCA – Extended-Kernel-Density-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Polzin et al. (2014)	Die EKD2SFCA stützt sich auf die KD2SFCA-Methode, ergänzt sie allerdings um (a) einen Index zum Versorgungsbedarf, (b) einen Index zum Mobilitäts- bzw. Pendlerverhalten und (c) benutzt anstelle eines Epanechnikov- einen Quartic-Kern. Die beiden Indizes zum Versorgungsbedarf und zum Mobilitätsverhalten werden anhand mehrerer Variablen und mittels Principal Component Analysis (PCA) operationalisiert.
EKD4SFCA – Extended-Kernel-Density-Four-Step-Floating-Catchment-Area Method	Polzin (2014)	In Ergänzung zur EKD2SFCA-Methode beinhaltet die EKD4SFCA-Methode zwei weitere Berechnungsschritte, anhand welcher die Wettbewerbssituation (Schritt 3) und die Marktdominanz (Schritt 4) operationalisiert werden. Das Modell eignet sich insbesondere für Standort- und Markteintrittsentscheidungen.
EV2SFCA – Enhanced-Variable-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Ni et al. (2015)	Analog zur V2SFCA-Methode werden auch bei der EV2SFCA-Methode zuerst die Grösse des Versorgungsradius („catchment size“) für jedes Angebot und jeden Nachfragepunkt berechnet. Ausgehend von einem vordefinierten Startwert wird der Radius solange vergrößert, bis ein bestimmter Grenzwert (FPR, „facility-to-population ratio threshold“) erreicht ist. Gegenüber der V2SFCA-Methode werden bei der EV2SFCA-Methode in den nachfolgenden Berechnungsschritten nur Angebots- bzw. Nachfragepunkte berücksichtigt, die sich gegenseitig einschliessen.
Multi-Transportation-Mode 2SFCA	Mao & Nekorchuk (2013)	In dieser Variante werden unterschiedliche Transportmittel berücksichtigt, um Unterschiede im Mobilitätsverhalten abzubilden (vgl. auch Kapitel 2.4)
M2SFCA - Modified-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Delamater (2013)	vgl. Kapitel 3.2.4
E3SFCA – Enhanced-Three-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Luo (2014, 2016)	vgl. Kapitel 3.2.3.
CB2SFCA – Commuter-Based-Two-Step-Floating-Catchment-Area-Method	Fransen et al. (2015)	Der CB2SFCA ergänzt den 2SFCA um das Pendlerverhalten und versucht so, das Mobilitätsverhalten in die Analyse der Zugänglichkeit zu integrieren.
iFCA – integrated Floating-Catchment-Area-Method	Bauer & Groneberg (2016), Bauer et al. (2017)	Der iFCA integriert diverse Weiterentwicklung in einer Methode. Dazu gehören die Berücksichtigung der Angebotskonkurrenz gemäss Huff-Modell und variable Einzugsgebiete. Letztere werden erreicht, indem für jeden Populationspunkt eine separate Distanzgewichtungsfunktion berechnet wird, wobei die Parameter anhand des Median und der Standardabweichung (SD) der populationspezifischen Distanzen zu den Angebotspunkten empirisch geschätzt wird. Dazu nutzen Bauer und Groneberg (2016) die Eigenschaften der logistischen Verteilungsfunktion. So besteht keine Notwendigkeit mehr, den Distanzreibungparameter β a priori definieren zu müssen, sondern dieser kann aus der Verteilung der Daten geschätzt werden. In ihrer Applikation der Methode auf die Versorgung betreffend die stationäre Geburtshilfe (Bauer et al. 2017), leiten die Autoren den Median und die SD lediglich von den 5 bzw. 10 jeweils kürzesten Distanzen ab.

Quelle: Eigene Darstellung ausgehend von Vo et al. (2015)

© Obsan 2019

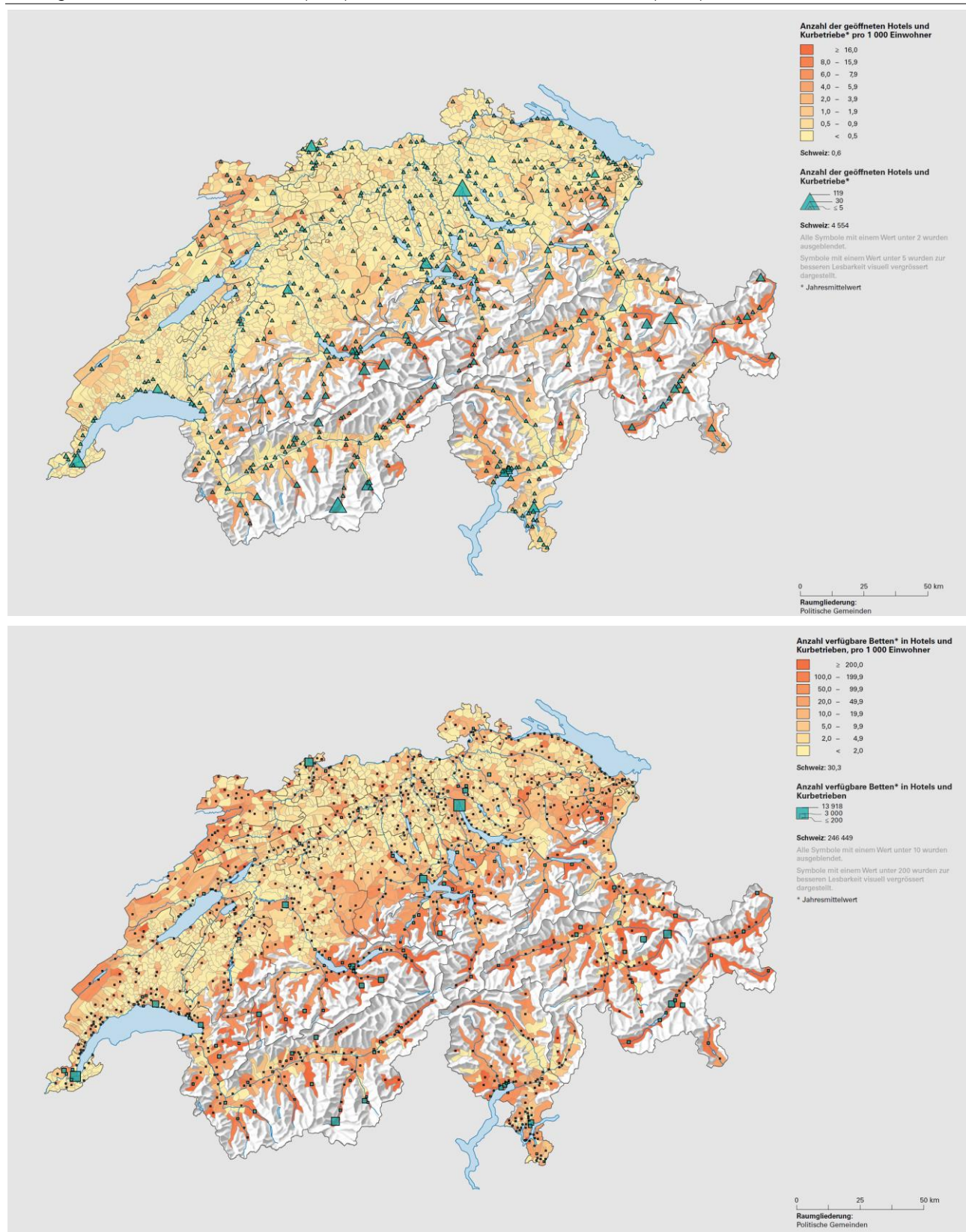
Anhang 2 Analyse der Populationspunkte ohne Angebot innerhalb des maximalen Radius (20 Minuten)

n=343 305 (Hektaren) / Daten: FMH – Ärztestatistik 2016; BFS – STATPOP 2016; ESRI – World Routing Service; swisstopo / **Bemerkung:** Blau hervorgehoben sind jene Punkte, für welche anhand der Erreichbarkeitsanalyse keine Fahrzeit ermittelt werden konnte. Die betreffenden Hektaren wurden als Missings behandelt und dementsprechend für die weiteren Analysen ausgeschlossen.

Quelle: Eigene Darstellung

© Obsan 2019

Anhang 3 Hotels und Kurbetriebe (oben) und Betten in Hotels und Kurbetrieben (unten) nach Gemeinde, 2014



Link (Karte oben): <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/karten.assetdetail.476284.html>

Link (Karte unten): <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/karten.assetdetail.476452.html>

Quelle: BFS – Beherbergungsstatistik (HESTA)

© BFS – ThemaKart, Neuchâtel 2009-2016



GDK Schweizerische Konferenz der kantonalen Gesundheitsdirektorinnen und -direktoren
CDS Conférence suisse des directrices et directeurs cantonaux de la santé
CDS Conferenza svizzera delle direttrici e dei direttori cantonali della sanità



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Dipartimento federale dell'interno DFI



Das Schweizerische Gesundheitsobservatorium (Obsan) ist eine gemeinsame Institution von Bund und Kantonen.
L'Observatoire suisse de la santé (Obsan) est une institution commune de la Confédération et des cantons.
L'Osservatorio svizzero della salute (Obsan) è un'istituzione comune della Confederazione e dei Cantoni.