

Ueberschär, Nicole (2013): GIS-Methoden zur Schätzung von Einzugsgebieten für Gesundheitszentren in Ruanda. In: Strobl, J., Blaschke, T. & G. Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2013. Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann, 338–343.

GIS-Methoden zur Schätzung von Einzugsgebieten für Gesundheitszentren in Ruanda

Nicole UEBERSCHÄR

Beuth Hochschule für Technik Berlin · nicueber@gmail.com

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag stellt bewährte GIS-Methoden im Zusammenhang mit der Schätzung von Einzugsgebieten und Erreichbarkeitsanalysen vor und wendet diese auf die Problematik im ländlichen Raum Ruandas an. Vergleichend werden Ergebnisse eigener Erhebungen präsentiert.

1 Einleitung

Der Zugang zu Gesundheitsversorgung wird insbesondere in Entwicklungsländern als entscheidender Faktor für die Verbesserung des Gesundheitsstatus der Bevölkerung angesehen (BLACK et al. 2004). Im Gesundheitsinformationssystem Ruandas werden die Daten auf Ebene der Gesundheitszentren gespeichert. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Einzugsgebiet überwiegend mit der administrativen Einheit der Sektoren übereinstimmt. Erfasst wird bisher lediglich, ob Patienten aus dem vorgesehenen Sektor, einem anderen Sektor oder aus einem anderen Distrikt kommen. So wurde für das Untersuchungsgebiet, dem Huye Distrikt in der Südprovinz Ruandas, für das Jahr 2010 ermittelt, dass je nach Gesundheitszentrum bis zu 50 % der Patienten aus einem anderen Sektor und bis zu 25 % der Patienten aus anderen Distrikten kommen. Die eigene Datenerhebung ergab, dass bis zu knapp 40 % der Patienten aus anderen Distrikten und bis zu fast 60 % aus anderen Sektoren kommen (n=26770). Das Gesundheitsministerium Ruandas hat sich die geographische Erreichbarkeit der Gesundheitsversorgung für die gesamte Bevölkerung Ruandas zum Ziel gesetzt. Dabei ist ein wesentlicher Indikator der Anteil der Bevölkerung, der in einer fußläufigen Entfernung von maximal einer Stunde zur nächsten Gesundheitseinrichtung lebt. 2008 lag dieser Indikator gerade mal bei 40 % (MOH 2009). Die eigene Datenerhebung im Jahr 2010 ergab, dass ein Viertel der Patienten (n=513) mehr als eine Stunde brauchten, um zum Gesundheitszentrum zu gelangen. Da etwa 85 % der Befragten angaben, zu Fuß gekommen zu sein, werden sich die nachfolgenden Analysen auf die fußläufige Erreichbarkeit beschränken. Für die Ermittlung des Indikators wird davon ausgegangen, dass das nächstgelegene Gesundheitszentrum aufgesucht wird, seitens der Verwaltung bzw. der gesetzlichen Krankenversicherung geben die administrativen Grenzen vor, welchem Gesundheitszentrum ein Dorf zugeordnet wird. Inwieweit geographische, strukturelle und persönliche Einflüsse diesen Vorannahmen entgegenwirken, ist Bestandteil der Studie, dem dieser Beitrag zuzuordnen ist.

Für die Studie lagen die administrativen Grenzen auf Ebene der Dörfer (*Imidugudu*) mit den Zensusdaten von 2012 vor sowie die Koordinaten und administrativen Grenzen der Gesundheitszentren.

2 GIS-Methoden für die Schätzung von Einzugsgebieten

Die Schätzung von Einzugsgebieten war bereits Forschungsgegenstand zahlreicher Untersuchungen in verschiedenen Ländern auch Subsahara-Afrikas. Problematisch ist in vielen Gebieten der Mangel an Informationen über die Inanspruchnahme von Gesundheitseinrichtungen, auch wenn häufig Daten über deren Lage und Typ vorhanden sind. Geoinformationssysteme liefern zahlreiche Methoden, Einzugsgebiete zu modellieren (HIGGS 2009, SCHUURMAN 2006). In diesem Zusammenhang liegt der Schwerpunkt meist in der Berechnung der Bevölkerung, die entweder in einer bestimmten Zeit oder einer gewissen Entfernung Zugang zu Gesundheitseinrichtungen hat. Sehr einfache Methoden sind hierbei die Bildung von *Buffern* oder Thiessen-Polygonen (TWIGG 1990, NOOR et al. 2004). Beide Methoden berücksichtigen euklidische Distanzen und können lediglich für erste Visualisierungen oder grobe Schätzungen der Bevölkerung dienen. Genauere Modellierungen sind mit Netzwerkanalysen möglich. Hierbei wird auf ein Straßennetz zurückgegriffen, wobei auch Durchschnittsgeschwindigkeiten berücksichtigt werden können. Außerdem können hier verschiedene Formen von Hindernissen (Barrieren) in die Analyse mit einbezogen werden. Daneben gibt es auch rasterbasierte Methoden, in denen verschiedene Datenebenen zu sogenannten *Cost Layern* kombiniert werden können. So können beispielsweise sowohl das Straßennetz als auch Wasserflächen und Flüsse als Hindernisse oder das Gelände als Höhenmodell einbezogen werden. Hier besteht die Schwierigkeit in der richtigen Zuweisung relativer Gewichtungen. Anwendungsbeispiele ausgewählter Methoden werden nachfolgend erläutert.

2.1 Anwendungsbeispiele verschiedener Methoden

TANSER et al. (2006) verwenden einen *Cost Layer* unter Einbeziehung des Straßennetzes (sowohl Lage als auch Qualität), natürlicher Barrieren sowie dem prozentualen Anteil der Bevölkerung, der den öffentlichen Nahverkehr nutzt. Dabei wird sowohl ein Modell für die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs als auch eines für den Anteil der Bevölkerung entwickelt, der die Gesundheitseinrichtungen zu Fuß aufsucht.

HUERTA MUNOZ & KÄLLESTÅL (2012) beschäftigen sich ebenfalls mit der Gesundheitsversorgung in Ruanda, allerdings in der Westprovinz. Für Analysen mittels der Extension *AccessMod* für ArcGIS 9.3.1 werden Landnutzungsdaten reklassifiziert, mit den entsprechenden Reisegeschwindigkeiten ausgewiesen (nach EUROPEAN COMMISSION 2010) und mit Straßen und Flüssen verschnitten. Darauf aufbauend werden *least-cost path* Analysen anhand verschiedener Szenarien durchgeführt, bei denen jeweils zunächst Reisezeiten ermittelt werden. Zusätzlich werden Landnutzungsdaten entsprechend der vermuteten Bevölkerungsdichte in vier Klassen modelliert, auf dessen Grundlage eine dasymerische Bevölkerungsdichtekarte erstellt wird (nach SLEETER & GOULD 2007). Diese liefert die Daten für die Berechnung der Bevölkerung, die innerhalb einer Stunde das nächstgelegene Gesundheitszentrum (*Health Center*) oder eine Gesundheitsstation (*Health Post*) erreichen kann.

SCHUURMAN et al. (2006) und DELAMATER et al. (2012) nutzen Netzwerkanalysen, um Reisezeiten zu Gesundheitseinrichtungen zu ermitteln. Daraus resultierend berechnen SCHUURMAN et al. (2006) beispielsweise den Anteil der Bevölkerung, der innerhalb einer Stunde Reisezeit das nächste Krankenhaus erreichen kann.

2.2 Anwendung der Methoden auf das Untersuchungsgebiet

Nach TANSER et al. (2006) wird ein *Cost Layer* entwickelt, der für Wege und Straßen eine Reisegeschwindigkeit von 3 bzw. 4 km/h und die dazwischenliegenden Flächen 2 km/h annimmt. Flüsse werden als unüberwindbare Barrieren mit dem Wert -1 belegt. Alle Daten werden als Raster mit einer Auflösung von 30 m × 30 m vorgehalten. Um die „Kosten“ besser zu repräsentieren, werden die Geschwindigkeiten in Minuten pro Kilometer umgerechnet und den Gewässern der Wert NoData zugewiesen. Bei der *Path Distance* Analyse (*Spatial Analyst Extension* in ArcGIS) wird zum einen die Zuordnung von jeder Rasterzelle zu einem Gesundheitszentrum, zum anderen eine Oberfläche mit den berechneten „Kosten“ pro Rasterzelle ausgegeben. Auf Grundlage der Zuordnungen wird anhand einer dasymetrischen Bevölkerungsverteilungskarte die Bevölkerung im Einzugsgebiet der einzelnen Gesundheitszentren berechnet.

Für die Ausführung der *Extension AccessMod* (WHO 2013), die auch bei HUERTA MUNOZ & KÄLLESTÅL (2013) Verwendung findet, werden Landbedeckungsdaten nach EUROPEAN COMMISSION (2010) bzw. HUERTA MUNOZ & KÄLLESTÅL (2013) reklassifiziert und mit den entsprechenden Durchschnittsreisegeschwindigkeiten ausgestattet. Dabei werden jeweils Gehgeschwindigkeiten angenommen, die auf den Straßen im flachen Gelände bei durchschnittlich 5 km/h (TOBLER 1992) und je nach Flächennutzung zwischen 1 und 5 km/h liegen. Mit *AccessMod* werden die Landnutzungsdaten mit Straßendaten und Flüssen verschnitten. Den daraus resultierenden Rasterzellen werden über eine „*Travel Scenario*“-Tabelle Reisegeschwindigkeiten zugewiesen. Im nächsten Schritt werden Reisezeiten ausgehend von den angegebenen Gesundheitszentren zu jeder Rasterzelle berechnet, wobei das digitale Geländemodell in einer Auflösung von 90 m berücksichtigt wird. Die Ergebnisse visualisieren recht anschaulich, in welchen Gebieten die Bevölkerung innerhalb einer Stunde voraussichtlich das nächste Gesundheitszentrum erreichen kann. Bei der „*Existing Facility Network Analysis*“ wird ebenfalls anhand der dasymetrischen Bevölkerungsverteilung die Bevölkerung berechnet, die in einer vorgegebenen Zeit (hier 60 Minuten) das jeweilige *Health Center* erreichen kann.

Auf Grundlage der vom *National Institute of Statistics Rwanda* erhaltenen Straßendaten und zusätzlich anhand von Luftbildern digitalisierter Fußwege wird ein Netzwerk in ArcGIS erstellt. Mit der *Closest Facility* Analyse werden jeweils den Dorfzentroiden das Gesundheitszentrum zugeordnet, das über das Straßennetz am nächsten liegt. Die Bevölkerung der einem Gesundheitszentrum zugeordneten Dörfer wird jeweils summiert. Über eine *Service Area* Analyse werden Bereiche um jedes Gesundheitszentrum definiert, die über das Straßennetz innerhalb einer Stunde (bei einer angenommenen Reisegeschwindigkeit von 5 km/h) erreichbar sind. Anhand der dasymetrischen Bevölkerungsverteilung wird die Bevölkerung berechnet, die innerhalb dieser Entfernung zum nächsten Gesundheitszentrum lebt.

3 Vergleich der Ergebnisse

Auch wenn für die Gesundheitssektoren jeweils die zu versorgende Bevölkerungszahl vom Gesundheitsministerium mitgeteilt wurde, wurde die Bevölkerung jeweils anhand der dasymetrischen Bevölkerungsverteilung berechnet, da diese auf neueren und genaueren Daten beruhen. Diese Werte wurden als Vergleichswerte herangezogen.

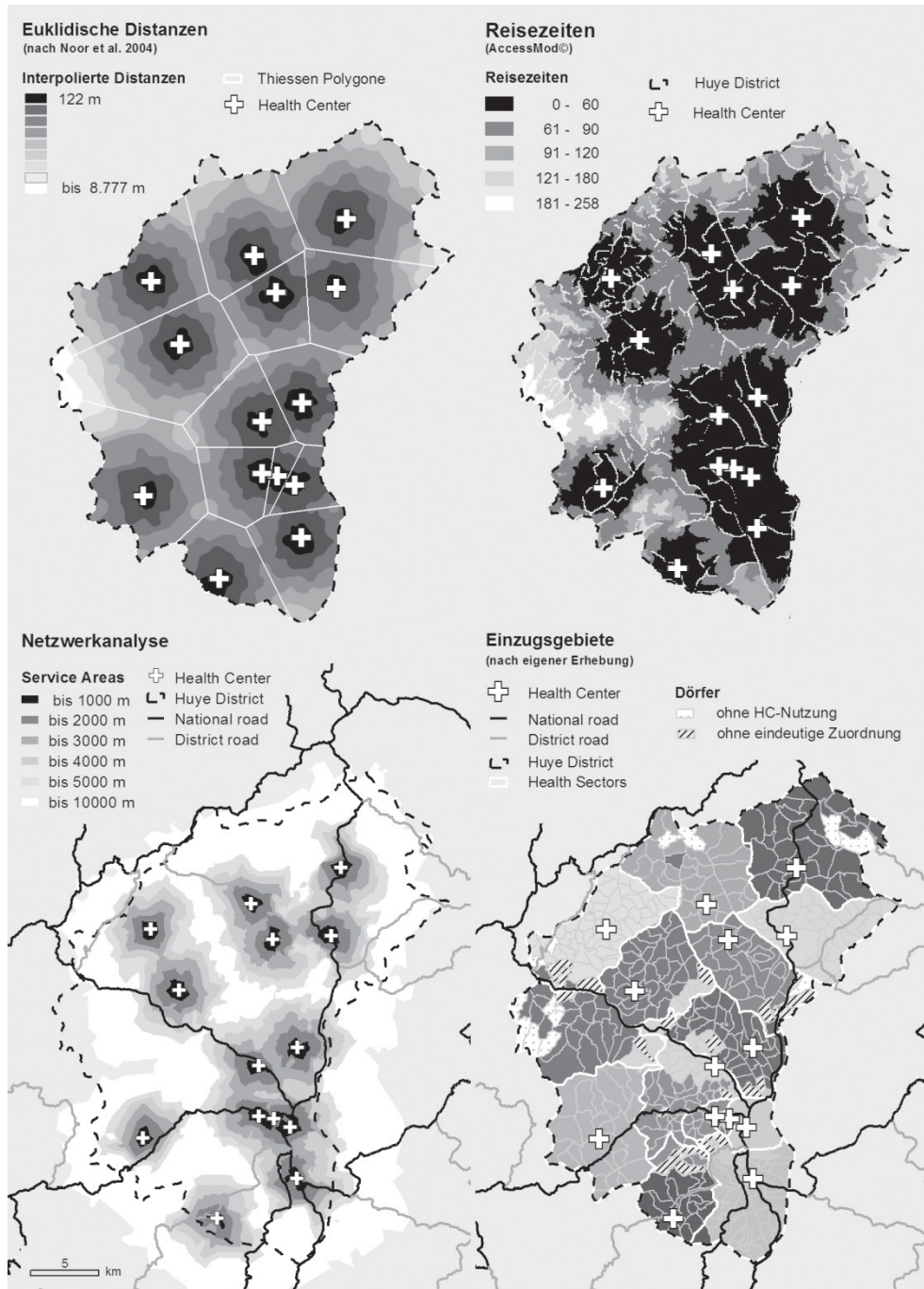


Abb. 1: Ergebnisse der verschiedenen Analysemethoden für das Untersuchungsgebiet Huye Distrikt in der Südprovinz Ruandas

Die verschiedenen Analysen ergeben recht ähnliche Einzugsgebiete, deren Unterschiede überwiegend im Detail liegen. Die *Path Distance* Analyse nach TANSER et al. (2006) ergibt für zwei der vierzehn Gesundheitszentren eine 97 %-ige Übereinstimmung der administrativ vorgesehenen zu versorgenden Bevölkerung, gleichzeitig wird aber die Bevölkerung für zwei weitere Einrichtungen erheblich überschätzt (doppelt bzw. dreifach). Weitere Analysen mit verschiedenen *Cost Layern* – unter Berücksichtigung bzw. Vernachlässigung der Flüsse und des Geländemodells sowie verschiedenen Auflösungen – ergeben sehr ähnliche Resultate.

Die Berechnung mit *AccessMod* zeigt, dass etwa ein Drittel der Bevölkerung innerhalb von 60 Minuten das nächste Gesundheitszentrum erreichen kann. Im Vergleich dazu ergeben die Netzwerkanalysen *Service Area* sowie *Closest Facility* eine gute Versorgung von gut zwei Dritteln der Bevölkerung. Die *Service Area* Analyse ergibt außerdem, dass im Einzugsgebiet einzelner Gesundheitszentren wesentlich mehr Patienten bis zu einer Entfernung von 5 km leben, als bisher vom Gesundheitsministerium berücksichtigt wird. Dies ist insbesondere in urbanen Gebieten der Fall.

Am ungenauesten sind die Ergebnisse erwartungsgemäß bei der Verwendung euklidischer Distanzen. Hierbei werden basierend auf den Dorfzentroiden knapp 90 % der Bevölkerung in einer Entfernung von bis zu 5 km einem Gesundheitszentrum zugeordnet.

Die Auswertung von über 250.000 Datensätzen, die Auskunft über den Wohnort der Patienten geben, ergibt für neun Gesundheitszentren eine nahezu hundertprozentige Übereinstimmung des vorgesehenen Einzugsgebiet mit der tatsächlichen Nutzung, durchschnittlich liegt der Wert bei 80 %. Gleichzeitig kommen in zwei Gesundheitszentren über die Hälfte der Patienten aus anderen Regionen. Dabei ist offensichtlich, dass die Anzahl der Patienten mit zunehmender Entfernung abnimmt.

4 Diskussion und Fazit

Path Distance Analysen anhand von *Cost Layern* eignen sich, um unter Berücksichtigung verschiedener Daten Einzugsgebiete zu modellieren, lassen sich aber nicht so einfach für weitere Analysen bzgl. dem Zugang zu Gesundheitsversorgung verwenden. Im Vergleich dazu erweisen sich Netzwerkanalysen oder gemischte Methoden wie bei *AccessMod* als hilfreicher, zumal sich die Analysen schnell mit verschiedenen Parametern wiederholen lassen. Netzwerkanalysen haben allerdings den Nachteil, auf das Straßen- und Wegenetz beschränkt zu sein, während sowohl bei den *Path Distance* Analysen als auch bei *AccessMod* auch die Flächen dazwischen berücksichtigt werden können. Insbesondere im Kontext des ländlichen Raums Ruandas, in dem die meisten Wege zu Fuß zurückgelegt werden, dürften Abkürzungen durchaus auch eine Rolle spielen.

Keine der automatisierten Methoden lieferte bisher ein Ergebnis, das mit der Auswertung der reellen Daten übereinstimmt. Auch wenn für zwei Drittel der Gesundheitszentren offenbar die administrative Grenze als geographische Barriere für die Bevölkerung anzusehen ist, so wird diese in den verbleibenden Fällen scheinbar zum Teil durch die geringere Entfernung überwunden. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf, wie diese Besonderheiten in ein automatisiertes Verfahren eingebunden werden können.

Danksagung

Ich danke dem Hypatia Programm zur Förderung von Nachwuchswissenschaftlerinnen an der Beuth Hochschule für Technik Berlin für die finanzielle Unterstützung meines Dissertationsvorhabens.

Literatur

- BLACK, M., EBENER, S., NAJERA AGUILAR, P., VIDAURRE, M. & EL MORJANI, Z. (2004), Using GIS to Measure Physical Accessibility to Health Care. http://www.who.int/kms/initiatives/Ebener_et_al_2004a.pdf (12.04.2013).
- DELAMATER, P. L., MESSINA, J. P., SHORTRIDGE, A. M. & GRADY, S. C. (2012), Measuring geographic access to health care: raster and network-based methods. *International journal of health geographics*, 11 (1), 15.
- EUROPEAN COMMISSION (2010), Travel time to major cities: A global map of Accessibility. Joint Research Center, Land Resource Management Unit. <http://bioval.jrc.ec.europa.eu/products/gam/sources.htm> (15.04.2013).
- HIGGS, G. (2009), The role of GIS for health utilization studies: literature review. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 9 (2), 84-99.
- HUERTA MUNOZ, U. & KÄLLESTÅL, 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*, 11, 40.
- MINISTRY OF HEALTH (MOH) [Rwanda] (2009), Health Sector Strategic Plan. July 2009 – June 2012.
- NOOR, A. M., GIKANDI, P. W., HAY, S. I., MUGA, R. O. & SNOW, R. W. (2004), Creating spatially defined databases for equitable health service planning in low-income countries: the example of Kenya. *Acta Trop*, 91 (3), 239-251.
- SCHUURMAN, N., FIEDLER, R. S., GRZYBOWSKI, S. C. & GRUND, D. (2006), Defining rational hospital catchments for non-urban areas based on travel-time. *Int J Health Geogr*, 3 (5).
- SLEETER, R. & GOULD, M. (2007), Geographic Information System Software to Remodel Population Data Using Dasymetric Mapping Methods. <http://pubs. u.sgs.gov/tm/tm11c2/> (10.04.2013).
- TANSER, F., GIJSBERTSEN, B. & HERBST, K. (2006), Modelling and understanding primary health care accessibility and utilization in rural South Africa: an exploration using a geographical information system. *Social Science & Medicine*, 63 (3), 691-705.
- TOBLER, W. (1993), Three presentations on geographical analysis and modeling. Technical Report 93-1.
- TWIGG, L. (1990), Health based geographical information systems: Their potential examined in the light of existing data sources. *Special Issue Medical Geography – Recent Case Studies and Concerns*, 30 (1), 143-155.
- WHO (2013), Modeling Physical Accessibility to Health Care and Geographic Coverage (AccessMod[©]), <http://www.who.int/kms/initiatives/accessmod/en/index.html> (10.04.2013).