

Entwicklung eines geographischen Ansatzes zur Malaria-Überwachung in Ruanda

Nicole UEBERSCHÄR und Laurent IYIKIRENGA

Zusammenfassung

Um in Ruanda die Überwachung von Malaria zu verbessern, wurde ein GIS in die Malaria-Kontrolle integriert. In einer Datenbank wurden Daten zu Umweltfaktoren, Infrastruktur, Bevölkerung, Klima und Epidemiologie zusammengefasst. Nachdem die Einzugsgebiete der öffentlichen Gesundheitseinrichtungen mithilfe einer *Cost allocation* Analyse geschätzt wurden, konnten sie für die Berechnung von Bevölkerungszahlen und Korrelationen von Malaria-Inzidenzen mit verschiedenen Faktoren wie Landnutzung oder Niederschlägen verwendet werden. Dieser Aufsatz gibt Einblick in die Zwischenergebnisse nach der ersten Phase eines Projekts in der Malaria Unit im Gesundheitsministeriums Ruandas.

1 Hintergrund

Malaria stellt immer noch ein großes Gesundheitsproblem in großen Teilen der Welt dar, insbesondere im südlich der Sahara gelegenen Afrika. In Ruanda sind in den vergangenen Jahren immer wieder Epidemien aufgetreten; eine angemessene Reaktion war jedoch erschwert oder nur verspätet möglich, weil diese nicht früh genug erkannt wurden.

Malaria wird durch einen Vektor, die weibliche Anopheles Mücke (*A. gambiae* und *A. funestus*) verbreitet. Ihre Entwicklung und Verteilung hängt von einem spezifischen geographischen Umfeld sowie begünstigenden Umweltfaktoren ab. Für Ruanda vorgeschlagene Verteilungsmodelle für Malaria integrieren gewöhnlich Höhe, Klima, Landnutzung und Bevölkerungswanderungen (LOEVINSOHN 1994, MANGA 1997). Damit eine Epidemie auftritt, müssen mehrere dieser Faktoren zusammentreffen, von denen einer oder mehrere in Jahren ohne Epidemien bzw. mit „normalen“ Inzidenzen fehlen.

Ein GIS erlaubt das Einbinden dieser verschiedenen Umweltfaktoren und eine Verschneidung mit den epidemiologischen Daten. Mit seinen Fähigkeiten, räumliche Daten zu verwalten und komplexe Daten in einer intuitiven Weise darzustellen, stellt ein GIS einen ausgezeichneten Rahmen für die Entwicklung eines Malaria-Überwachungssystems dar (BOOMAN et al. 2000, NOBRE et al. 1997). Es ermöglicht eine (kleinräumige) Gliederung der Malaria und kann deshalb zu einer verbesserten Definition von Zielbereichen für Interventionen beitragen. In diesem Zusammenhang hat die TRACplus Malaria Unit im Gesundheitsministerium Ruandas in Kooperation mit dem GIS and Remote Sensing Centre der National University of Rwanda (CGIS-NUR) angestrebt, diesen geographischen Ansatz in die Kontrollstrategien Ruandas zu integrieren.

2 Ausgangssituation

Ruanda ist mit 26.338 km² das kleinste Land südlich der Sahara. Zur Ostafrikanischen Gemeinschaft gehörend, ist es umgeben von Uganda, Tansania, Burundi und der Demokratischen Republik Kongo. Mit Höhen zwischen 800 und 4500 m, überwiegend zwischen 1500 und 2500 m, relativ trockenen Gebieten im Osten und feuchteren Gebieten im Westen weist das epidemiologische Profil Ruandas räumlich sehr hohe Schwankungen auf.

Das Gesundheitssystem (HIS) des Gesundheitsministeriums übermittelt monatlich Daten von angenommenen und bestätigten Malariafällen sowie behandelte und Todesfälle für 418 öffentliche Gesundheitseinrichtungen. Zusätzlich wurden die geographischen Koordinaten von 433 Gesundheitseinrichtungen (*Health Centres, Dispensaries, Prison Hospitals* und *District Hospitals*) von Management Sciences for Health¹ (MSH) zur Verfügung gestellt. In diesen beiden Datensätzen konnten 377 übereinstimmende Gesundheitseinrichtungen identifiziert werden. Die Koordinaten für zehn weitere Einrichtungen konnten im Rahmen einer zusätzlichen Datenerhebung gewonnen werden (Stand: Januar 2009).

3 Fragestellung

Obwohl der größte Teil des Landes in relativ großer Höhe liegt, ist Malaria eines der größten Gesundheitsprobleme Ruandas. Während für andere Länder das Auftreten von Malaria bereits ab Höhen von über 2.000 m ausgeschlossen wird (BABU et al. 2004), werden in Ruanda selbst in Höhen um 2.500 m Malariafälle berichtet. Aus diesem Grund wurden jene Umweltfaktoren gesucht, die die Verbreitung der Malaria begünstigen. Dabei wurde die Landnutzung, bei der Reisplantagen eine große Bedeutung zugeschrieben wird (vgl. JACOB et al. 2007), aber auch die Entfernung zu Flüssen, die Höhe und der Niederschlag untersucht. Geschätzte Niederschläge (RFE) wurden in einem starken Zusammenhang mit Malariaepidemien in semi-ariden Gebieten (z. B. im Nordosten Kenias) beobachtet (THOMSON & CONNER 2001; THOMSON et al. 1997). Werden Unregelmäßigkeiten bei Niederschlägen erfasst, ist es möglich, bevorstehende Epidemien im Voraus für bestimmte Gebiete vorherzusagen (CONNOR et al. 2006). Außerdem haben sich in Gambia, Niger und Kenia die zeitlichen Unterschiede des Vegetationsindex (NDVI) bereits als gute Indikatoren für Malaria erwiesen. Durch eine Korrelation dieser Faktoren mit den Malariainzidenzen sollten bestimmte Gebiete und Zeitabschnitte mit einem höheren Malariarisiko gefunden werden.

Darüber hinaus sind die übermittelten Krankheitsdaten nur auf Ebene der Gesundheitseinrichtungen (*Health Centres, Dispensaries, Prison Hospitals*) verfügbar. Wo aber die Patienten leben und arbeiten, spielt eine große und wichtige Rolle, um zu wissen, welchen Umwelteinflüssen sie ausgesetzt sind. Da Patientendaten nicht detaillierter zur Verfügung stehen und die Einzugsgebiete für die Gesundheitseinrichtungen nicht vorhanden sind, mussten diese Gebiete geschätzt werden, um einen Eindruck zu gewinnen, wo die Patienten wohnen und arbeiten könnten.

¹ MSH HIV/PBF Projekt, Kigali, Ruanda.

4 Methoden

Aufgrund des schon erwähnten Mangels an Informationen über die Einzugsgebiete der Gesundheitseinrichtungen wurden diese mithilfe einer *Cost allocation* Analyse geschätzt. Eine einfachere Methode ist die Bildung von *Thiessen Polygonen*. *Thiessen Polygone* haben die einmalige Eigenschaft, dass jedes Polygon nur jeweils einen Zielpunkt (in diesem Fall die Gesundheitseinrichtungen) beinhaltet. Dabei liegt jeder Ort innerhalb eines Polygons näher an dem dazugehörigen Zielpunkt als an dem Zielpunkt jedes anderen Polygons (ESRI 2006). Da an jedem Krankenhausstandort auch ein *Health Centre* zu finden ist und *Prison Hospitals* nur die Häftlinge sowie das Personal und evtl. noch deren Familien versorgen, wurden beide aus der Analyse ausgeschlossen.

Thiessen Polygone haben den Vorteil, dass sie einen schnellen Überblick über größere und kleinere Gebiete geben, die jeweils den Gesundheitseinrichtungen zugeordnet werden können. Sie berücksichtigen nicht die naturlandschaftlichen Gegebenheiten, in der die Einrichtungen liegen. Auf Grundlage der Straßen, Flüsse, Wasserflächen, überfluteten Gebiete, Seen und dem Digitalen Geländemodell (DGM) wurde ein *Cost layer* entwickelt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Patienten eher die Straße benutzen als über ein Feld zu gehen und Gewässer nicht ohne eine Straße überwunden werden können. In einem *Cost layer* kann für jede Rasterzelle definiert werden, wie hoch der (normalerweise finanzielle) „Aufwand“ ist, über diese Zelle zu einem bestimmten Ziel zu gelangen. Dabei werden bsp. Wasserflächen die höchsten Kosten zugewiesen, während Straßen den geringsten Aufwand erfordern. In der durchgeführten *Cost allocation* Analyse wurden die Positionen der 387 Gesundheitseinrichtungen als Zielpunkte definiert und so für jeden beliebigen Ausgangspunkt in Ruanda eben jene Einrichtung ermittelt, die mit dem geringsten Aufwand erreicht werden kann. Auch wenn die Ergebnisse nur vorläufig sind und in Zusammenarbeit mit den regionalen Verwaltungen und den entsprechenden Gesundheitseinrichtungen verifiziert werden sollten, können die Ergebnisse der *Cost allocation* als wahrscheinlicher angenommen werden als jene mithilfe der *Thiessen Polygone* (vgl. Abb. 1).

Auf Basis der geschätzten Einzugsgebiete wurden bestätigte Malariafälle pro 100.000 Einwohner in Karten dargestellt, um einen Überblick über Gebiete mit höheren oder niedrigeren Inzidenzraten zu bekommen. Ebenfalls anhand der geschätzten Einzugsgebiete und mithilfe der Bevölkerungsdaten für die Zellen (*Cells*, kleinste graphisch erfasste administrative Einheit Ruandas) wurden die Bevölkerungsdaten pro Einzugsgebiet berechnet, um sie mit den Daten zu vergleichen, die von den Einrichtungen gemeldet wurden.

Die geschätzten Einzugsgebiete wurden außerdem für räumliche Analysen genutzt. Für jedes Einzugsgebiet wurden die prozentualen Anteile verschiedener Landnutzungstypen, der Fläche innerhalb einer Entfernung von 1.000 m zu Flüssen, verschiedener Bodentypen sowie der Mittelwert der geschätzten Niederschlagswerte berechnet und anschließend mit den Malaria-Inzidenzraten für das entsprechende Gebiet korreliert.

Meteorologische Daten verschiedener Quellen wurden auf deren Verwendbarkeit untersucht. Einfacher herunterzuladen und in einer höheren Auflösung vorliegend als beispielsweise die Daten von der Malaria Early Warning System (MEWS) Webseite (vgl. IRI 2009) sind die Daten vom Africa Data Dissemination Service (ADDS) (FEWSNET 2008). Der ADDS stellt geschätzte Regenfälle in einer räumlichen Auflösung von 8 km für den Zeitraum von 1995 bis heute kostenlos zur Verfügung. Da die Daten in Form von Rasterdaten

für jeweils eine Dekade bereitgestellt werden, können sie leicht in ein GIS integriert und weiter bearbeitet werden. Nach der Berechnung monatlicher Summen wurden die Ergebnisse mit den Daten verglichen, die von einigen Wetterstationen des Landes vorliegen, und schließlich für die Korrelation mit den Malariafällen verwendet.

Allocation of areas to health facilities

- Health facilities (without hospitals)
- Thiessen Polygons
- Allocation with cost layer
- ▨ Lakes

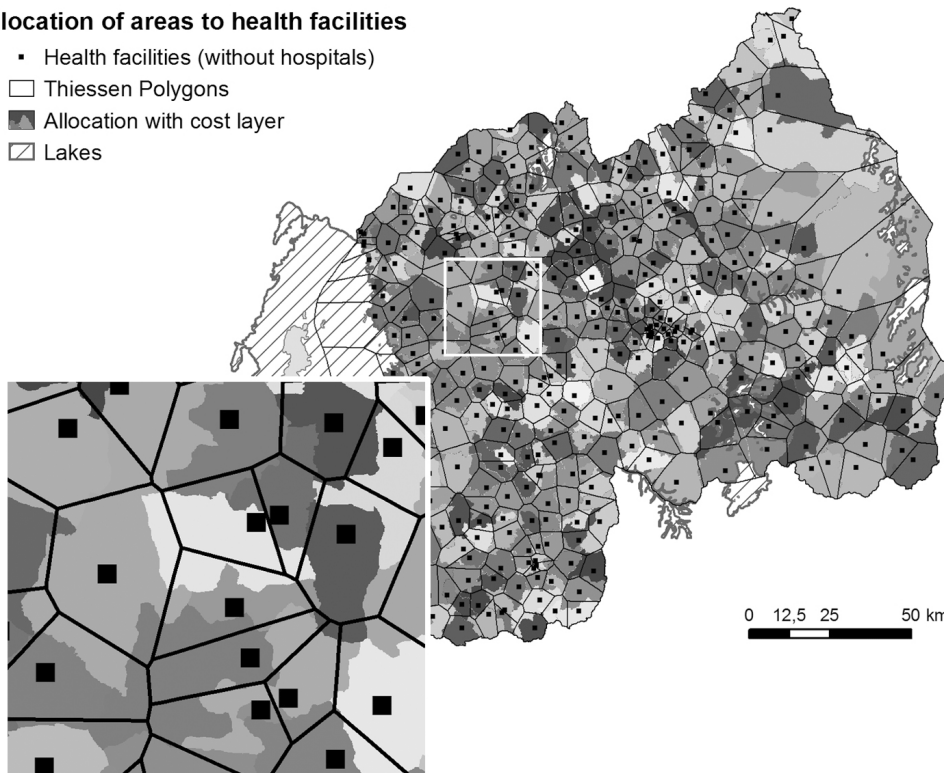


Abb. 1: Schätzung von Einzugsgebieten (*Hospitals* wurden ausgeschlossen) (Quellen: MSH HIV/PBF Projekt, Kigali, Ruanda, und eigene Erhebungen; Gebiete: eigene Berechnungen)

5 Ergebnisse

Monatliche Karten mit Inzidenzraten auf Basis der geschätzten Einzugsgebiete zeigen im Allgemeinen ein Ost-West-Gefälle mit höheren Werten im Osten und niedrigeren Werten im Westen. Darüber hinaus können Gebiete und Perioden mit ausgesprochen hohen Inzidenzraten beobachtet werden. Während die räumliche Verteilung der Malariaerkrankungen über das Jahr relativ konstant bleibt, variieren die jeweils monatlich höchsten Inzidenzraten zwischen etwa 8300 (Februar 2007) (siehe Abb. 2) und etwa 3300 Erkrankungen je 100.000 Einwohner (August 2007). Während für die meisten Monate die höchsten Raten in der Ost-Provinz ermittelt wurden, wurde im November das Gesundheitszentrum mit der höchsten Rate in der Süd-Provinz gemeldet.

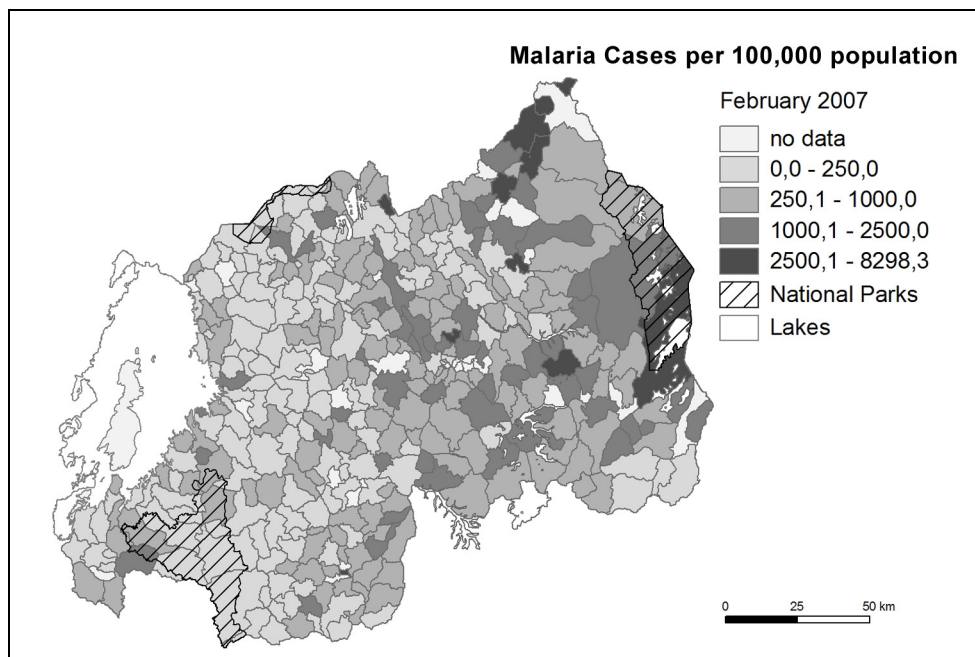


Abb. 2: Malaria Inzidenzraten auf Basis geschätzter Einzugsgebiete (für Februar 2007)

Auf den ersten Blick zeigen die Korrelationen mit Landnutzungsdaten weitestgehend keine signifikanten Zusammenhänge zwischen einer höheren Inzidenzrate und einem höheren Anteil einer bestimmten Landnutzungsart an der Gesamtfläche. Nur für drei von neun ausgesuchten Landnutzungstypen ist eine signifikante Aussage möglich. Dabei zeigen die höchste Korrelation mit $-0,3$ die städtischen Gebiete. Da die Anopheles Mücken eine Reichweite von mehreren Kilometern haben, wäre auch nur in einem Gesamtgebiet mit sehr niedriger Einwohnerdichte eine positive Korrelation zu erwarten. Mit einer hohen Sensibilität der Mückenlarven auf Umweltverschmutzungen ist Malaria eher eine ländliche Krankheit. Für die anderen beiden Landnutzungstypen, für die eine signifikante Aussage getroffen werden konnte, waren die Korrelationen schwach negativ, wo sie im höchsten Maße positiv erwartet wurden: Reisfelder mit $-0,102$ und offenes Buschland auf zeitweise mit Frischwasser überschwemmten Gebieten mit $-0,160$.

6 Fazit und Ausblick

Die Malaria Geodatabase, eines der Hauptziele des Projektes, enthält bereits die bisher erhältlichen Daten bezüglich administrativer Grenzen, Umwelt, Gesundheitseinrichtungen und Infrastruktur, sollte noch erweitert werden. Daten zu bestätigten Malariafällen wurden für die Darstellung in Karten und weitere Analysen aufbereitet. Da die räumlichen Daten bezüglich der Gesundheitseinrichtungen bis zum Ende der ersten Projektphase nicht vollständig waren, müssen die Ergebnisse der Schätzungen der Einzugsgebiete und die darauf basierenden Berechnungen als vorläufig angesehen werden und mit aktualisierten Daten

wiederholt werden. Die epidemiologischen Daten müssen entsprechend neu aufbereitet werden. Aufgrund dessen sind die angestrebten Schätzungen von Gebieten, Zeiträumen und Bevölkerung mit erhöhtem Risiko einer Malariaerkrankung noch durchzuführen.

Für weitere Analysen muss darüber hinaus ein zeitlicher Versatz von ein bis zwei Monaten für die Klimadaten in Korrelation mit den Malariafällen berücksichtigt werden und die Trocken- und Regenzeiten sind einzubeziehen. Beobachtungen bzgl. Abweichungen zu langjährigen Mittelwerten von Niederschlägen, entomologische sowie parasitologische Daten, Ergebnisse anderer Untersuchungen und durchgeführte Interventionen, sollten das GIS vervollständigen.

Literatur

- BABU, C. J., NAIR, A. S. & DAVID, B. V. (2004): Handbook of Malaria. Disease, its Vectors and Management. Chennai.
- BOOMAN, M., DURRHEIM, D. N., LA GRANGE, K., MARTIN, C., MABUZA, A.M., ZITHA, A., MBOKAZI, F. M., FRASER, C. & SHARP, B. L. (2000): Using a geographical information system to plan a malaria control programme in South Africa. In: Bulletin of the World Health Organization, 12, S. 7.
- ESRI (2006): ArcGIS Desktop Help.
- FEWSNET (2009): Africa Data Dissemination Service/FEWS – famine early warning system (ADDS). <http://earlywarning.usgs.gov/adds/> (23.01.2009).
- IRI – THE INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR CLIMATE AND SOCIETY (2009): Malaria Early Warning System. <http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Health/Regional/.Africa/.Malaria/.MEWS/> (23.01.2009).
- JACOB, B. G., MUTURI, E., HALBIG, P., MWANGANGI, J., WANJOGU, R. K., MPANGA, E., FUNES, J., SHILILU, J., GITHURE, J. & REGENS, J. L. (2007): Environmental Abundance of Anopheles (Diptera: Culicidae) Larval Habitats on Land Cover Change Sites in Karima Village, Mwea Rice Scheme, Kenya. In: American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1, S. 73-80.
- LOEVINSOHN, M. E. (1994): Climatic warming and increasing malaria incidence in Rwanda. In: The Lancet, 8899, S. 714-718.
- MANGA, L. (1997): Mise en oeuvre accélérée de la lutte contre le paludisme en Afrique en 1997. Mission d'appui au programme national de lutte contre le paludisme du Rwanda (effectuée du 8 septembre au 7 novembre 1997). Rapport final.
- NOBRE, F., BRAGA, A., PINHEIRO, R. & LOPES, J. (1997): GISEpi: a simple geographical information system to support public health surveillance and epidemiological investigations. In: Computer methods and programs in biomedicine, 1, S. 33-45.
- THOMSON, M. C. & CONNOR, S. J. (2001): The development of Malaria Early Warning Systems for Africa. In: Trends in Parasitology, 9, S. 438-445.
- THOMSON, M. C., CONNOR, S. J., MILLIGAN, P. & FLASSE, S. P. (1997): Mapping malaria risk in Africa: What can satellite data contribute? In: Parasitology Today, 8, S. 313-318.