



# **KLIMAWANDEL & GESUNDHEIT: VERBESSERUNG DER GESUND- HEITSVORSORGE VULNERABLER BEVÖLKERUNG IN AFRIKA DURCH RÄUMLICH HOCHAUFGELÖSTES MONITORING DER NATÜRLICHEN UND ANTHROPOGENEN UMWELT**

*Fellowbericht*

**Till Bärnighausen**

DOI: 10.11588/fmk.2022.2.92711

**MARSILIUS-  
KOLLEG**

2021 / 2022



# KLIMAWANDEL & GESUNDHEIT

## Verbesserung der Gesundheitsvorsorge vulnerabler Bevölkerung in Afrika durch räumlich hochaufgelöstes Monitoring der natürlichen und anthropogenen Umwelt

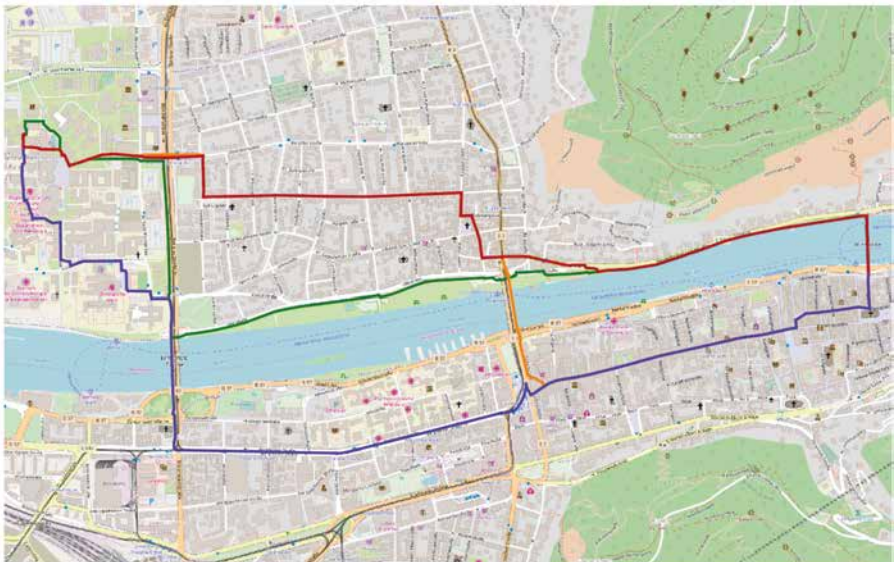
Im Rahmen unserer gemeinsamen Marsilius-Fellowships haben Alexander Zipf und ich uns aufgemacht, Kollaborationsmöglichkeiten im Forschungsbereich Klimawandel und Gesundheit auszuloten, in denen sich geographische und geoinformatische Ansätze mit *Public Health*-Forschung zur Bevölkerungsgesundheit verbinden lassen. Aufbauend auf den Erkenntnissen und dem Datenmaterial früherer gemeinsamer Projekte legten wir unseren geographischen Ausgangs- und Schwerpunkt dabei zunächst auf Afrika, wo die größten klimawandelbedingten Gesundheitsbelastungen auftreten und wo Maßnahmen zur Unterstützung der Menschen beim Umgang mit dem Klimawandel am dringendsten benötigt werden.<sup>1</sup> Im Laufe unserer Zusammenarbeit als Marsilius-Fellows stellten wir jedoch fest, dass sich viele unserer neuen und wichtigsten wissenschaftlichen Erkenntnisse gar nicht auf die Verbindung von Klima- und Gesundheitsforschung beschränken, sondern auch für viele andere Forschungsfragen aus dem Bereich der Bevölkerungsgesundheit von Bedeutung sind. Während Alexander Zipf in seinem Bericht ausführlich auf unser primäres Forschungsprojekt eingeht, stellen meine Ausführungen deshalb auch eher eine weiterführende Ergänzung dar, die diese festgestellten Erweiterungspotenziale beleuchten soll.

### INTERVENTIONEN & STRATEGIEN

Das *Heidelberger Institut für Global Health (HIGH)* und das *Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT)* stehen an der Spitze der Interventionsforschung,

deren wissenschaftlicher Schwerpunkt weniger auf dem Verstehen von Phänomenen liegt, als vielmehr auf der Veränderung unserer Welt. Mit dieser Positionierung einher gehen wissenschaftliche Aktivitäten, die solche Interventionen und Strategien „entdecken“, entwerfen, verbessern und überprüfen, die erwartungsgemäß einen großen Einfluss auf die Gesundheit unseres Planeten und seiner Bevölkerung haben:

1. Navigations-Apps konzentrieren sich derzeit hauptsächlich darauf, die Routen von A nach B zu ermitteln, die die Entfernung oder die Reisezeit minimieren. Zur Verbesserung der körperlichen und psychischen Gesundheit könnten jedoch auch andere Kriterien herangezogen werden, wie z. B. die Verringerung der Belastung durch extreme Hitze (i), Luftverschmutzung (ii) oder Lärm (iii), bzw. die Erhöhung der körperlichen Bewegung (iv), des Aufenthalts in der Nähe von Grün- oder Wasserflächen (v) oder von sozialen Kontakten und kulturellen Erlebnissen (vi). Ein erstes Projekt, das HIGH und HeiGIT gestartet haben, zielt deshalb darauf ab, die Nutzbarkeit und Attraktivität einer Navigations-App zu ermitteln, die von HeiGIT entwickelt wurde, um Informationen über diejenigen Routen zwischen zwei Orten zu liefern, die den verschiedenen Kriterien am besten entsprechen (siehe Graphik der AG Zipf).<sup>2</sup>



Bildunterschrift: Routen, die verschiedene Ziele bei der Bewegung vom alten zum neuen Campus der Universität Heidelberg jeweils am besten verfolgen (rot - kürzeste Route, blau - soziale Route, orange - ruhige Route und grün – Grünflächenroute)

2. Aufbauend auf Theorien aus der Umweltpsychologie<sup>3</sup> haben wir überlegt, wie Sozialräume besser mit Signalen und Hinweisen ausgestattet werden können, die für gesundheitsförderliche Einstellungen und Verhaltensweisen werben. Entsprechende Signale oder Hinweise können physisch vorhanden sein, was eine Umgestaltung der räumlichen Umgebung erfordert; sie können aber auch virtueller Art sein – wir haben beispielsweise Ansätze in Erwägung gezogen, die *Augmented Reality (AR)* nutzen, um uns zu gesundheitsbewussteren Verhaltensweisen zu animieren, indem digitale Signale und Hinweise an den physischen sozialen Raum gekoppelt werden. Der Vorteil: Solche AR-basierten Interventionen wären nicht nur hoch innovativ, sondern auch günstiger, anpassbarer und wartungsärmer als strukturelle Veränderungen der räumlichen Umgebung.
  
3. Zur Verbesserung unserer Interventionen bemühen wir uns um *“Tailoring and Targeting“*: Maßnahmen maßzuschneidern dürfte die Wirksamkeit der Interventionen erhöhen, da diese sich an den örtlichen Bedürfnissen orientieren, und gezielte Interventionen sind aller Wahrscheinlichkeit nach effizienter, da sie auf die Gebiete mit dem größten Bedarf konzentriert werden können. Im Laufe unserer Marsilius-Fellowships haben wir uns mit mehreren innovativen Messmethoden für diesen Bereich unseres Projekts beschäftigt: (a) Satellitenbilder (z. B. zur Erhebung der geographischen Verteilung von Malariafällen, Umweltverschmutzung, beengten Wohnverhältnissen oder Ernteaussfällen), (b) *Crowd-Sourced Data* (z. B. zur Ermittlung von Orten mit Kliniken der medizinischen Grundversorgung, die unterbesetzt oder während der normalen Betriebszeiten geschlossen sind, bzw. von Orten, an denen ein humanitärer Gesundheitsbedarf besteht), und (c) Standortdaten von Mobiltelefonen (z. B. zur Erhebung des Gesundheitsversorgungsbedarfs in Gegenden mit hoher innerer und äußerer Migration oder *crowded mobility*). Unser Ziel ist es, auf Basis dieser Grundlage ein Forschungsprojekt zu entwickeln, das sich mit *Tailoring and Targeting*-Maßnahmen für die wichtigsten globalen Krankheitslasten beschäftigt. Ein konkreter nächster Schritt soll dabei darin bestehen, möglichst viele Informationen, die für die Empfehlung gezielter Interventionen von Relevanz sind, aus bereits vorhandenen Datenquellen zu gewinnen – *crowd-sourced data* von *OpenStreetMap* und örtlich spezifische, bevölkerungsrepräsentativ erhobene Daten zur gesundheitlichen Konstitution (z.B. *Demographic and Health Surveys [DHS]* oder *Population-based HIV Impact Assessment [PHIA]*) eingeschlossen.

4. In unserer früheren Zusammenarbeit gehörten Alexander Zipf und ich zu den ersten, die es populär gemacht haben, sich der *Regressions-Diskontinuitäts-Analyse (RDD)* zu bedienen, um zu kausalen Annahmen im Bereich der bevölkerungsorientierten Gesundheitsforschung zu gelangen.<sup>4</sup> Ein interessanter Ansatz aus diesem Feld, der sich mit bevölkerungsgesundheitlich relevanten Umbrüchen an geographischen Grenzen beschäftigt,<sup>5</sup> wurde bislang kaum genutzt, was wahrscheinlich auf bestimmte methodische Besonderheiten und Unterscheidungsmerkmale der geographischen Regressionsdiskontinuität zurückzuführen ist, die einer flächendeckenden Anwendung im Wege stehen. Durch unsere eigenen Überlegungen zu möglichen Anwendungsbereichen, in denen die Effekte von bevölkerungsgesundheitlichen Interventionen und Strategien mithilfe von geographischem RDD kausal eingeschätzt werden können, sind wir jedoch zu der Vermutung gelangt, dass im geographischen RDD trotz seiner Eigenheiten ein enormes Potenzial für neuartige Erkenntnisse steckt, mit denen sich möglicherweise sogar einige der grundlegendsten Fragen in der Gesundheitssystemforschung beantworten lassen. Geographisches RDD ist deshalb ein Thema, das wir in unserer künftigen Zusammenarbeit weiter ausbauen werden.

5. Die *Instrumentvariablen*schätzung stellt eine weitere wichtige Methode innerhalb der Kausalschlussansätze dar.<sup>6</sup> Mithilfe einer kürzlich von Sangmin Oh (*University of Chicago*) vorgelegten systematischen Auflistung hochwertiger (wahrscheinlich exogener) Instrumentvariablen<sup>7</sup> haben wir systematisch überprüft, welche geographischen Instrumentvariablen für die Einschätzung der Effekte von Interventionen auf die Bevölkerungsgesundheit geeignet sind. So stellten wir unter anderem fest, dass es insbesondere im Kontext von Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen plausibler ist, sich zur Schätzung von Behandlungseffekten die unterschiedliche Entfernung zwischen Gesundheitseinrichtungen desselben Typs anzuschauen, als die unterschiedliche Entfernung zwischen dem nächstgelegenen Krankenhaus, das eine bestimmte Art von Leistung anbietet, und dem nächstgelegenen Krankenhaus irgendeines Typs zu betrachten, wie es seit den frühen 1990er Jahren wiederholt vorgeschlagen wurde.<sup>8</sup> In einem zukünftigen Forschungsvorhaben zur Einschätzung der gesundheitlichen, sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen zentraler globaler Gesundheitsbehandlungen (Impfungen im Kindesalter, vorgeburtliche Versorgung, Tuberkulose- und HIV-Behandlung, etc.) wollen wir dieses abgewandelte Kriterium der Entfernungsdifferenz von jeweils nächstgelegenen Gesundheitseinrichtungen mithilfe

der *OpenStreetMap*-Ressource aus unseren vorherigen Zusammenarbeiten gezielt weiterentwickeln.

6. Eine letzte Form von Kausalanalyse, die durch den Einbezug geographischer Ansätze erleichtert werden kann, ist die sog. *Fixed Effects*-Analyse. Die hauptsächliche Aufgabe dieser Analyse besteht darin, möglichst viele festgestellte und unbeobachtete Störfaktoren in einem Szenario statistisch auszuschließen. Eine exakte Standortbestimmung kann sich hierbei als großer Vorteil erweisen, denn je präziser ein *fixed effect* ist (z. B. je kleiner das untersuchte geographische Gebiet), desto wahrscheinlicher ist es, dass dieser Effekt eine große Anzahl an Störfaktoren abfängt. Im Zusammenhang mehrerer unserer bevölkerungsgesundheitlichen Forschungsfragen (z. B. nach dem Effekt, den die männliche Beschneidung auf die Verbreitung von HIV hat, oder der Wirkung von COVID-19-Interventionen) spielt die Suche nach eben solchen geographischen und bidirektionalen *fixed effects* deshalb momentan auch eine wichtige Rolle.

## ERGEBNISSE UND PRODUKTE

Meine Arbeit mit Alexander Zipf hat zu zwei Resultaten geführt, die in einem direkten Zusammenhang mit unserem gemeinsamen Lernen stehen:

Zum einen haben wir beim *Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)* einen Förderantrag gestellt, mit dem die Evaluation der von HeiGIT entwickelten Navigations-App für „*Healthy Routing*“ in der Rhein-Neckar-Region finanziert werden soll. Außerdem beabsichtigen wir, diesen Forschungszweig mit Anträgen an das *Horizon Europe*-Programm der *Europäischen Union* und einem ergänzenden BMBF-Antrag zur verbesserten Gestaltung und Evaluation von Gesundheits-Apps weiterzuverfolgen. Zum anderen haben wir einige Komponenten eines Forschungsschwerpunkts entworfen, der sich im Rahmen eines großen Verbundprojekts der Universität Heidelberg mit dem Thema Gesundheit an alltäglichen Orten beschäftigen soll und auf unseren gemeinsamen Erfahrungen mit dem Einbezug geographischer Methoden in die Forschung zur Bevölkerungsgesundheit aufbaut.

Auf der Grundlage unserer Interaktionen mit den anderen Marsilius-Fellows unserer Klasse haben wir darüber hinaus zwei weitere, zunächst unbeabsichtigte Forschungsrichtungen eingeschlagen:

1. Durch die Zusammenarbeit mit Ullrich Köthe (IWR) sind wir nun in der Lage, Cluster von sich überschneidenden Risikofaktoren und komorbiden Krankheitsbildern besser zu identifizieren. Dabei haben wir vor allem bessere Methoden kennengelernt, mit denen sich eine ordnungsunabhängige Stabilität von Clustern sowohl im zeitlichen Verlauf als auch über verschiedene Formen der identifizierenden Clusteranalyse hinweg gewährleisten lässt.
2. Angeregt durch eine transdisziplinäre Diskussion über Fieber, die medizinisch-biologische, physikalische und historische Perspektiven vereinte, haben wir eine Ethnographie zur Wahrnehmung und die sozialen Bedeutungen von Fieber im ländlichen Burkina Faso begonnen. Der wichtigste „Wert“ des Fiebers liegt möglicherweise nicht in seinen direkten biologischen Effekten, die hochgradig unspezifisch und vergleichsweise unwirksam sind, sondern in seiner Signalfunktion an andere Menschen. Fieber könnte beispielsweise ein sozialer Hinweis darauf sein, dass eine Person besondere Pflege und Unterstützung braucht, dass sie sich ausruhen oder schlafen darf, von (körperlicher) Arbeit befreit wird und mehr Flüssigkeit oder andere Nahrungsmittel erhält als in den fieberfreien Phasen ihres Lebens. In unserer Studie in Burkina Faso streben wir an, zu „*thick descriptions*“<sup>9</sup> sozialer Interaktionen zu gelangen, die durch das Auftreten von Fieber im Kontext ländlicher Gemeinschaften in Burkina Faso ausgelöst werden. Wir erwarten, dass uns diese Beschreibungen zu neuen Erkenntnissen verhelfen und uns verstehen lassen, warum Fieber im Laufe der Evolution überdauert hat und welche Rolle es heute in ressourcenarmen Gemeinschaften spielt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mich mein insgesamt zweites Jahr als Marsilius-Fellow zu weiteren Forschungsaktivitäten und Plänen für künftige Arbeiten geführt hat, die einen Nutzen aus der Verbindung von geographischen Ansätzen und bevölkerungsgesundheitsbezogener Forschung zur Gewinnung neuer Interventions- und Analysemöglichkeiten ziehen. Das Marsilius-Kolleg hat Alexander Zipf und mir für diese innovativen und ambitionierten Vorhaben den optimalen Rahmen geliefert und uns einen regelmäßigen Austausch mit den anderen Fellows ermöglicht, von dem wir sehr profitiert haben. Ich bedanke mich für diese erneute Gelegenheit zu intensiver transdisziplinärer Zusammenarbeit und blicke erwartungsvoll auf die Möglichkeiten und Projekte, die sich hieraus in den kommenden Jahren ergeben werden.



- <sup>1</sup> Pascal Geldsetzer/Marcel Reinmuth et al.: *Mapping physical access to health care for older adults in sub-Saharan Africa and implications for the COVID-19 response. A cross-sectional analysis*, in: *Lancet Healthy Longevity* 1/1 (2020), S.32-42.
- <sup>2</sup> Tessio Novack, Zhiyong Wang, Alexander Zipf: *A system for generating customized pleasant pedestrian routes based on OpenStreetMap data*, in: *Sensors* 18/11 (2018).
- <sup>3</sup> Vgl. Bibb Latané & James H. Liu: *The intersubjective geometry of social space*, in: *Journal of Communication* 46/4 (2006), S.26-34.; James H. Liu & Charles G. Sibley: *Attitudes and behavior in social space. Public good interventions based on shared representations and environmental influences*, in: *Journal of Environmental Psychology* 24/3 (2004), S.373-84.
- <sup>4</sup> Vgl. exemplarisch: Jacob Bor et al.: *Regression discontinuity designs in epidemiology. Causal inference without randomized trials*, in: *Epidemiology* 25/5 (2014); 25(5): 729-37. ; Ders. et al.: *Treatment eligibility and retention in clinical HIV care. A regression discontinuity study in South Africa*, in: *PLoS Med* 14/11 (2017).; Xintong Zhao et al.: *The impact of retirement on inpatient healthcare utilization in Guangzhou, China. A regression discontinuity analysis of 189,031 health insurance claims*, in: *BMC Geriatr* 22 (2022), Art. 380.
- <sup>5</sup> Luke J. Keele & Rocío Titiunik: *Geographic boundaries as regression discontinuities*, in: *Political Analysis* 23/1 (2015), S.127-55.
- <sup>6</sup> Till Bärnighausen et al.: *Quasi-experimental study designs series-paper 7. Assessing the assumptions*, in: *JCE* 89 (2017), S.53-66.
- <sup>7</sup> Zu finden unter: [www.notion.so/1a897b8106ca44eeaf31dcd5ae5a61b1?v=ff7dc75862c6427eb4243e91836e077e](https://www.notion.so/1a897b8106ca44eeaf31dcd5ae5a61b1?v=ff7dc75862c6427eb4243e91836e077e) [Stand: 24. November 2022]
- <sup>8</sup> Vgl. exemplarisch: Mark McClellan M, Barbara J. McNeil & Joseph P. Newhouse: *Does more intensive treatment of acute myocardial infarction in the elderly reduce mortality?. Analysis using instrumental variables*, in: *JAMA* 272/11 (1994), S. 859-66.
- <sup>9</sup> Clifford Geertz (1973): *The Interpretation of Cultures*, 3. Auflage, New York (NY), 2017.