

Förderkennzeichen: 01LG2082C

Zuwendungsempfänger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil I: Kurzbericht

entsprechend NKBF 2017

WASCAL WRAP 2.0 – Verbundprojekt: MIGRAWARE –
Teilprojekt 3: Integration von Erdbeobachtungs- und
sozialen Netzwerkdaten zur Erfassung von
Migrationswegen

Laufzeit des Vorhabens: 1. Juni 2021 – 31. Mai 2024

Berichtszeitraum: 1. Juni 2021 – 31. Mai 2024

Berichtersteller: Dr. Marta Sapena-Moll, Dr. Hannes Taubenböck,
Dr. Elisabeth Schöpfer

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LG2082C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen / den Autoren.

1 Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand

Die Untersuchung der durch den Klimawandel verursachten Migration gewinnt zunehmend an Bedeutung (McAuliffe und Triandafyllidou, 2022; Beyer et al., 2023). Die bisherige Forschung hat sich auf die Treiber und klimatischen Ursachen der Land-Stadt- und grenzüberschreitenden Migration in Afrika konzentriert (z.B. Parnell und Walawege, 2011; Seto, 2011). Der Mangel an umfassenden Daten erschwert jedoch die Analyse der Faktoren, die die Migration in stark betroffenen Regionen antreiben. Das DLR-Vorhaben MIGRAWARE nimmt sich dieser Thematik an, indem es Methoden zur Ableitung von Umwelt- und Klimaindikatoren unter Verwendung von Fernerkundungsdaten entwickelt. Im Rahmen des Teilprojektes wurde u.a. eine Datenbank mit relevanten Daten aus über zwanzig Jahren erstellt, die eine kombinierte räumlich-zeitliche Analyse kritischer Migrationsfaktoren ermöglicht. Eine physische Manifestation der massiven Land-Stadt-Migration ist die Ausdehnung städtischer Gebiete oder die Entwicklung neuer Siedlungen. Multi-temporale und multi-sensorale Fernerkundungsdaten und -techniken haben sich bei der Kartierung der räumlichen Wachstumsdynamik von Städten (Taubenböck et al., 2012) und der Beschreibung der morphologischen Erscheinungsformen von informellen Siedlungen, die von der Migration betroffen sind (Taubenböck et al., 2018a), oder von Flüchtlingslagern (Aravena Pelizari et al., 2018) bewährt. Bestehende Kartierungsprodukte können den dynamischen Charakter dieser Siedlungsareale nicht in adäquater zeitlicher und räumlicher Auflösung erfassen, was den Bedarf an aktuellen und genauen Karten unterstreicht.

Um diesen Bedarf zu decken, hat das DLR-Vorhaben ein neues Online-Tool entwickelt, mit dem Nutzer die Entwicklung städtischer Gebiete selbstständig kartieren können (Sapena et al., in Review). Diese Geoinformation dient als Indikator für die Migration in Zielgebiete. Das Tool nutzt Verfahren des maschinellen Lernens sowie Sentinel-Satellitenbilder, wobei die Expertise des DLR zum Tragen kommt. Darüber hinaus hat die Kombination von Fernerkundungsdaten mit Daten aus sozialen Medien, wie z. B. Geotweets, großes Potenzial für geografische Analysen gezeigt (z. B. Li und Goodchild, 2013; Taubenböck et al., 2018b). Im DLR-Teilprojekt wurde die Analyse durch Informationen aus sozialen Medien ergänzt, wo die Mobilität und die Interessen der Nutzer zusätzliche Einblicke in die Migrationsmuster lieferten (Mast et al., 2022). Im Rahmen des Vorhabens wurde ein Workflow entwickelt, der es ermöglicht mobile Nutzer in sozialen Medien zu identifizieren und geäußerten Interessen zu extrahieren. Dabei kommen KI-Technologien wie die vom DLR entwickelten Methoden zur Verarbeitung natürlicher Sprache zum Einsatz. Dieser Ansatz hat gezeigt, dass Proxy-Informationen zur Migration, die auf frei zugänglichen Fernerkundungs- und Textdaten basieren, die Untersuchung der Binnenmigration und die frühzeitige Identifizierung von Migrations-Hotspots ermöglichen. Mit diesen Daten kann die Entwicklung von Migrationsstrategien unterstützt werden. Dies kommt insbesondere dort zum Tragen, wo durch seltene Volkszählungen, wenig oder veraltete demographische Informationen vorliegen.

Die Abteilung "Georisiken und zivile Sicherheit" des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) am DLR verfügt über eine langjährige Expertise in der Entwicklung von thematischen Fernerkundungsprozessoren und Monitoringsystemen, der Vulnerabilitäts- und Risikomodellierung sowie der Konzeption und Entwicklung von Kriseninformations- und Frühwarnsystemen. Die zentrale Projektarbeit umfasste das Monitoring der Entwicklung neuer Siedlungen als Proxyinformationen der Migration, die räumlich-zeitliche Analyse verschiedener Umwelt- und Klimafaktoren, die aus

Erdbeobachtungsdaten abgeleitet wurden, sowie die Nutzung von Daten aus sozialen Medien, um zusätzliche Informationen über die Migration zu gewinnen.

Referenzen:

- Aravena Pelizari, P., Spröhnle, K., Geiß, C., Schoepfer, E., Plank, S. & Taubenböck, H. (2018): Multi-sensor feature fusion for very high spatial resolution built-up area extraction in temporary settlements. *Remote Sensing of Environment*. 209, 793-807.
- Beyer, R. M., Schewe, J., Abel, G. J. (2023). Modeling climate migration: dead ends and new avenues. *Frontiers in Climate*, 5, 1212649.
- Li, L., Goodchild, M.F. & Xu, B. (2013): Spatial, temporal, and socioeconomic patterns in the use of Twitter and Flickr. *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.* 2013, 40, 61–77.
- Mast, J., Sapena, M., Mühlbauer, M., Biewer, C., Taubenböck, H., (2023): The migrant perspective: Measuring migrants' movements and interests using geolocated tweets. *Population, Space and Place*. Doi: 10.1002/psp.2732
- McAuliffe, M., and Triandafyllidou, A. (2021). *World migration report 2022*. International Organization For Migration (IOM), Geneva.
- Parnell, S. & Walawege, R. (2011): Sub-Saharan African urbanisation and global environmental change. *Global Environmental Change*, 21, S12-S20.
- Sapena, M., Mast, J., Schoepfer, E., Taubenböck, H. (in review, pre-print) Do-it-yourself built-up mapping tool: A practical cloud-based solution using Sentinel imagery for mapping urban expansion in Africa, at *Remote Sensing of Environment*. Available at SSRN: or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4762416>
- Seto, K. C. (2011): Exploring the dynamics of migration to mega-delta cities in Asia and Africa: Contemporary drivers and future scenarios. *Global Environmental Change*, 21, 94-107.
- Taubenböck, H., Esch, T., Felbier, A., Wiesner, M., Roth, A. & Dech, S. (2012): Monitoring of mega cities from space. In: *Remote Sensing of Environment*, vol. 117, 162-176.
- Taubenböck, H., Kraff, N. & Wurm, M. (2018a): The Morphology of the Arrival City – A global categorization based on literature surveys and remotely sensed data. *Applied Geography* 92, 150-167.
- Taubenböck, H., Staab, J., Zhu, XX., Geiß, C., Dech, S. & Wurm, M. (2018b): Are the poor digitally left behind? Analyzing urban divides using remote sensing and twitter data. *ISPRS Internatl. Journal of Geo-Information*. vol. 7(8), 304, 1-18.

2 Ablauf des Vorhabens

Die Umsetzung des MIGRAWARE Verbundprojektes erfolgte sich in sechs Arbeitspaketen (Work Packages = WP): WP1 - Treiber und Faktoren; WP2 - Mobilitätsanalyse mit großen Datenansätzen; WP3 - Governance; WP4 - Wissensintegration- und modellierung; WP5 - Outreach und Kommunikation; WP6 - Koordination und Management.

Das DLR leitete das Arbeitspaket WP2 und war zudem in den Arbeitspaketen WP1, WP5 und WP6 beteiligt. DLR nahm an allen übergeordneten Verbundtreffen aktiv mit Beiträgen zum aktuellen Stand der laufenden Aktivitäten teil. Darüber hinaus fanden mehrere bilaterale Treffen mit Verbundpartnern, zum Beispiel mit UCC und FUT MINNA zur Koordinierung und Zusammenarbeit zu Forschungsaktivitäten, statt. Als Koordinator des WP2 organisierte DLR mehrere Treffen, um relevante Themen zu besprechen und Aufgaben mit den beteiligten Partnern abzustimmen.

Außerdem nahm DLR an der vom Projektkoordinator organisierten Projektreise nach Ghana (Accra und Cape Coast) im Juni 2023 teil. Neben unserer Teilnahme an den Treffen mit Projektpartnern, begleiteten wir die „Validation Exercise“ mit Experten des Ministeriums und des statistischen Dienstes im WASCAL Conference Center in Accra, wo die Projektergebnisse vorgestellt und diskutiert wurden.

3 Wesentliche Ergebnisse und Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen

Wesentliche Ergebnisse (siehe Teil II) wurden in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht, auf Fachkonferenzen präsentiert und Entwicklungen soweit als möglich als Open-Source-Code im Internet bereitgestellt.

Das DLR arbeite mit den im MIGRAWARE-Projekt beteiligten Verbundpartnern zusammen. Insbesondere mit dem Team der Universität Halle und der Universität Würzburg wurde eine Kooperation etabliert, welche sich auch z.T. in gemeinsamen Publikationen widerspiegelt. Mit Partnern aus Afrika wurden insbesondere Kontakte zur Federal University of Technology Minna in Nigeria etabliert sowie zur University of Cape Coast in Ghana, was sich ebenso in gemeinsamen Publikationen zeigt.



Förderkennzeichen: 01LG2082C

Zuwendungsempfänger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil II: Eingehende Darstellung

entsprechend NKBF 2017

WASCAL WRAP 2.0 – Verbundprojekt: MIGRAWARE –
Teilprojekt 3: Integration von Erdbeobachtungs- und
sozialen Netzwerkdaten zur Erfassung von
Migrationswegen

Laufzeit des Vorhabens: 1. Juni 2021 – 31. Mai 2024

Berichtszeitraum: 1. Juni 2021 – 31. Mai 2024

Berichtersteller: Dr. Marta Sapena-Moll, Dr. Hannes Taubenböck,
Dr. Elisabeth Schöpfer

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LG2082C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen / den Autoren.

1 Verwendung der Zuwendung, erzielt es Ergebnis und Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die Ziele des Teilprojekts konzentrierten sich auf die Entwicklung von Methoden zur Generierung neuer und qualitativ hochwertiger Geoinformationen unter Verwendung von Erdbeobachtungs- und Social-Media-Daten. Ziel war es dabei, ein besseres Verständnis der klimabedingten Migration in Westafrika zu erlangen. Da Migration als Prozess nicht direkt aus Fernerkundungsdaten abgeleitet werden kann, wurde der Schwerpunkt auf die Gewinnung von Proxy-Informationen gelegt. Die Entstehung neuer Siedlungen in den letzten Jahren gilt dabei als ein mögliches Migrationsziel. Auch Geodaten aus sozialen Medien wurden als zusätzliche und neuartige Informationsquelle genutzt. Dies ermöglichte eine kombinierte Analyse von Fernerkundungs- und Social-Media-Daten, um die räumlich-zeitliche Identifikation von Bewegungen und potenziellen Migrationsströmen besser zu verstehen. Die durchgeführten Arbeiten werden im Folgenden detailliert beschrieben.

Treiber und Faktoren (AP 1)

Es wurde eine Datensammlung von Multisensor-Fernerkundungsdaten, EO-abgeleiteten Produkten, räumlichen und nicht-räumlichen Daten durchgeführt. Als Ergebnis wurde eine Datenbank erstellt, die im Rahmen des Projekts verwendet wurde. Die Datenbank deckt ein breites Themenspektrum ab. Wir haben Datensätze zu Landnutzung/Bodenbedeckung, bebauten Gebieten, Bevölkerung, Nachtlicht-Satellitenbildern, Verwaltungsgrenzen, thematischer Kartographie, Topographie, demographischen Variablen, Umweltfaktoren, Klimafaktoren, Standorten von Flüchtlings- und Binnenvertriebenenlagern usw. gesammelt. Diese Daten bildeten die Grundlage für die explorative raum-zeitliche Analyse zur Identifizierung von Hotspots der Migration in Burkina Faso, Ghana und Nigeria. In Anlehnung an Schürmann et al. (2022)¹ wurde die Datenbank auf der Grundlage von Push- und Pull-Faktoren der Migration in sechs Hauptthemen untergliedert. Diese Themen sind Umwelt, Wirtschaft, Politik, Soziales, Demographie und Ernährungssicherheit (Tabelle 1).

Tabelle 1. Datenerfassung innerhalb von MIGRAWARE, klassifiziert nach ökologischen, wirtschaftlichen, politischen, sozialen, demographischen und Ernährungssicherheitsfaktoren (in Englisch).

Factor	Indicator	Dataset (source - timestamp - resolution)
Environmental		
Climatic conditions	Droughts Shrinking water bodies Inadequate rainfall	<u>Precipitation:</u> CHIRPS – (1981-2021) – 0.05° <u>Water bodies:</u> Global Surface Water Explorer (JRC) – (1985-2021) – 30m
	Temperature increase	<u>Temperature:</u> ERA5 – (1940-2020) - 31 km Land Surface Temperature (MODIS) – (2000-2023) – 1km

¹ Schuermann, A., Kleemann, J., Teucher, M., Fürst, C. and Conrad, C. (2022) Migration in West Africa: A Visual Analysis of Motivation, Causes, and Routes. Ecology and Society, 27, art16. <https://doi.org/10.5751/ES-13489-270316>.

	Flooding	<u>Floods:</u> GFM ESA – (2021-2023) – 10m DLR flood event in Nigeria – (2022) – 10 m <u>Flood susceptibility:</u> DLR flood susceptibility modelling Nigeria – 30 m <u>Disaster displacements:</u> Internal Displacement Monitoring Centre (IDMC) – (2014-2023)
Land degradation	Soil quality	<u>Vegetation indices:</u> MODIS NDVI - (2000-2022) –250 m
	Bush fires Soil erosion	<u>Active fires:</u> MODIS/VIIRS - (2000/2015-2022) - 1km/375m <u>Burned areas:</u> ESA CCI - (2010-2020) – 250m
Economic		
Poverty	Economic deprivation	<u>Nighttime lights imagery:</u> VIIRS Nighttime Light – (2012-2022) – 500m
Political		
Infrastructure	level of infrastructure (road network, health, education facilities, etc.)	<u>Hospitals, schools, universities, roads:</u> OpenStreetMaps – 2022 - vector GRID3 – 2022 - vector
Conflicts	Armed conflicts Safety	<u>Conflicts & displacements:</u> IDMC – (2014- 2023) - locations
Social		
Social situation	Education	<u>Schools, universities:</u> OpenStreetMaps – 2022 - vector GRID3 – 2022 - vector
Demographic		
Demographic situation	Urban growth Population growth	<u>Urban areas:</u> WSF Evo – (1985-2015) – 30m DLR – (2016-2023) – 10m Dynamic World (2016-2023) – 10m GHSL (2000-2020) – 100m <u>Population:</u> Worldpop – (2000-2020) – 100m GHSL (2000-2020) – 100m
Food security		
Food (in)security	Agricultural productivity Food shortage Crop failure	<u>Soil maps:</u> Africa Groundwater Atlas - vector AfSoilGrids250m – 250m Soil Atlas of Africa - vector <u>NDVI:</u> MODIS NDVI - (2000-2023) –250 m

Diese Datenbank wurde genutzt, um Näherungswerte für Umwelt- und Klimafaktoren abzuleiten und die Bevölkerungsbewegungen zu beobachten. Zunächst haben wir die Urbanisierungsprozesse zwischen den Jahren 2000 und 2020 analysiert, indem wir die Siedlungsentwicklung mit der Bevölkerungsdynamik kombiniert haben, was uns einen ersten Überblick über die Herkunfts- und Zielgebiete der Wanderungen als Schwerpunkte für eine genauere Analyse der Wanderungstrends

gegeben hat (Abbildung 1).

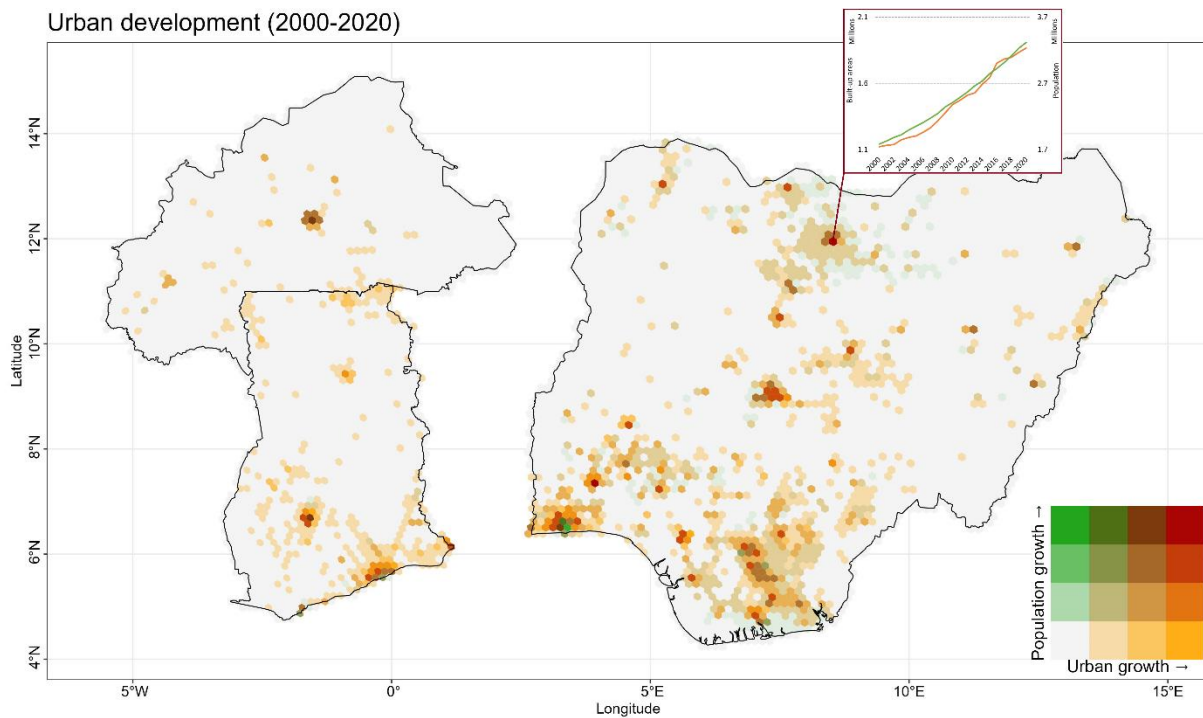


Abbildung 1. Städtische Entwicklung zwischen 2000 und 2020 anhand des linearen Regressionstrends der bebauten Flächen im Laufe der Zeit (in orange) und der Bevölkerungsdichte (in grün). Graue Bereiche zeigen weniger dynamische Gebiete, während rote Bereiche die Hotspots zeigen, in denen beide Variablen erheblich zugenommen haben.

Darüber hinaus haben wir raum-zeitliche Analysen für verschiedene Faktoren durchgeführt, um kritische Umwelt- und Klimafaktoren zu kartieren. Einige Beispiele: Wir haben die Entwicklung der Landoberflächentemperatur (LST) aus MODIS ausgewertet und Extremereignisse (d.h. extrem hohe Temperaturen sowohl tagsüber als auch nachts, basierend auf historischen Temperaturdaten der letzten 23 Jahre) sowie die Anzahl der Tage/Nächte mit diesen Extremereignissen bestimmt. Darüber hinaus haben wir den Standard-Niederschlagsindex (SPI) abgeleitet, der von der Weltorganisation für Meteorologie zur Charakterisierung von Dürren empfohlen wird. Wir haben Niederschlagsanomalien aus CHIRPS v2.0 Daten gemessen, die auf einem Vergleich des beobachteten Niederschlags für eine Akkumulationsperiode mit langfristigen historischen Niederschlagsaufzeichnungen für diese Periode basieren. Wir haben die SPIs für verschiedene Akkumulationszeiträume berechnet, da diese potenziell unterschiedliche Auswirkungen von meteorologischen Dürren zeigen (Abbildung 2).

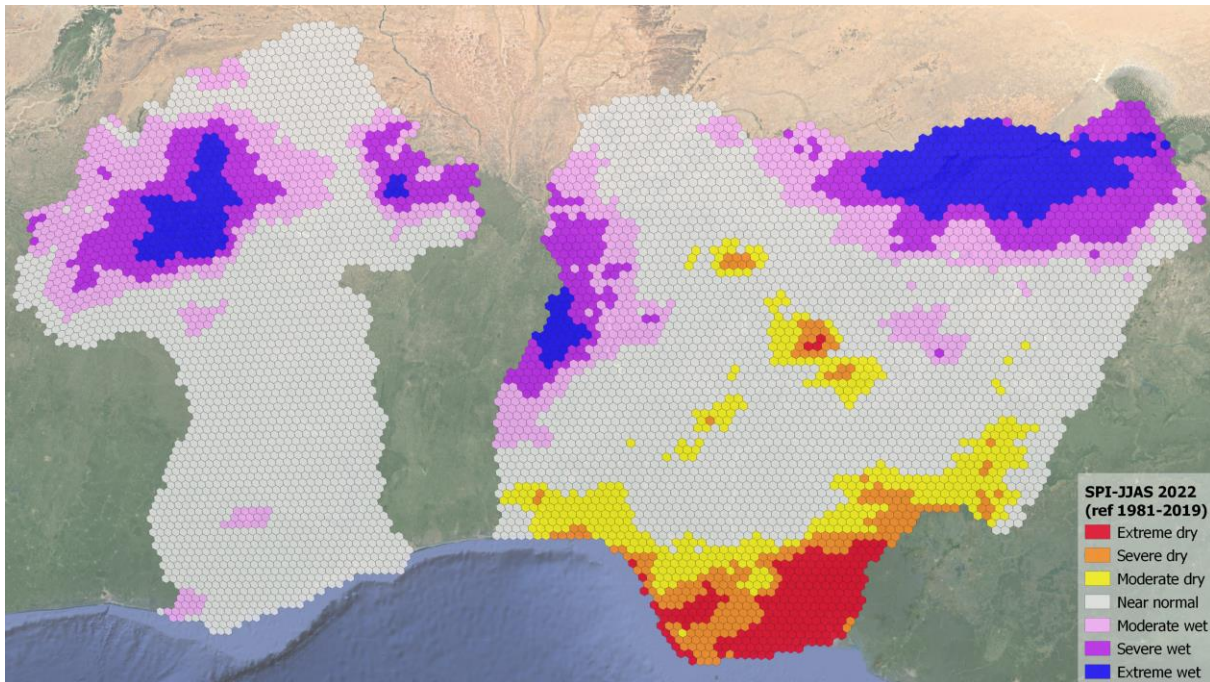


Abbildung 2. SPI-JJAS, saisonaler SPI für die regenreichsten Monate (Juni, Juli, August, September) für 2022 (mit einem Referenzzeitraum von 38 Jahren). Die Karte zeigt, dass die tropischen und feuchten Regionen trockener werden, während in den semiariden Regionen in diesen Monaten mehr Niederschlag fällt. Dies ist ein Indikator für verringerte Flussläufe und Stauseen.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der die Migration beeinflusst, sind Naturkatastrophen, wie zum Beispiel Überschwemmungen. Während des Projektzeitraums gab es mehrere Hochwasserereignisse in Westafrika, das damit zu den am stärksten betroffenen Regionen der Welt gehört. Vor allem Nigeria ist im Vergleich zu den anderen Ländern Westafrikas von häufigen Überschwemmungen betroffen. Daher fokussierten sich unsere Arbeiten auf Nigeria, um die Auswirkungen von Hochwasser auf die Bevölkerung, die einem Hochwasserereignis ausgesetzt ist, zu analysieren. Diese Bevölkerung ist potenziell auch von Vertreibungen betroffen, wie aktuelle Vorfälle in Nairobi in Kenia zeigen. Zu diesem Zweck haben wir die Anfälligkeit für Überschwemmungen modelliert (d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass ein Gebiet überflutet wird). Wir haben verschiedene Methoden und Datensätze verwendet, um zu testen, welche sich davon in Nigeria am besten eignen. Als Ergebnis haben wir die beste Kombination von Datensätzen und Methoden ausgewählt und das leistungsfähigste Modell für die Kartierung hochwassergefährdeter Gebiete in Nigeria vorgeschlagen (Abbildung 3). Wir nutzten den DLR-Wasserprozessor unter Verwendung von Sentinel-1-Daten, um Überschwemmungsgebiete mit einer räumlichen Auflösung von 10 m zwischen Juli und Oktober 2022 zu kartieren, und wir haben dies als Validierung der erstellten Karte der Hochwasseranfälligkeit verwendet [7].

Anhand der Karte der Hochwasseranfälligkeit und der Bevölkerungsschätzungen für das Jahr 2020 sowie der Projektionen des [GSHL](#) für 2025 und 2030 haben wir die Anzahl der gefährdeten Menschen quantifiziert. Im Jahr 2020 waren 5,2 Millionen Menschen (2,57% der Gesamtbevölkerung) dem Hochwasserrisiko ausgesetzt. Diese Zahl wird voraussichtlich auf 6,1 Millionen im Jahr 2025 und 7 Millionen im Jahr 2030 ansteigen, was 2,68% bzw. 2,75% der Gesamtbevölkerung in diesen Jahren entspricht. Der Großteil der gefährdeten Bevölkerung konzentriert sich auf einige wenige Regionen:

Anambra, die Tschadsee-Region, Bayelsa, Delta, Kogi, Lagos, Ondo und Rivers. In diesen Regionen leben 4 Millionen Menschen, das sind 75,81% der gesamten gefährdeten Bevölkerung.

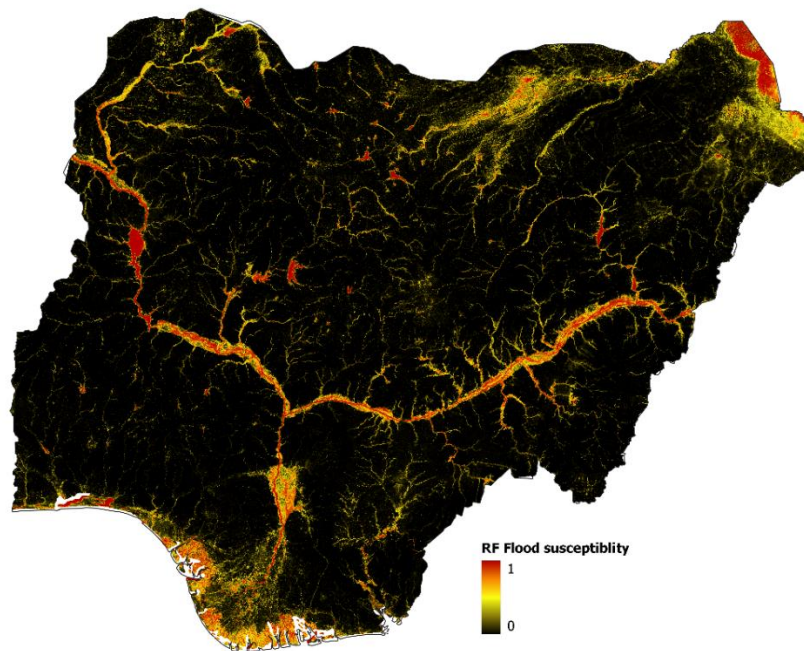


Abbildung 3. Überschwemmungsanfälligkeit in Nigeria (d.h. Überschwemmungswahrscheinlichkeit von 0 bis 1, wobei 1 eine Wahrscheinlichkeit von 100% bedeutet), berechnet durch eine datengesteuerte maschinelle Lernmethode unter Verwendung von Fernerkundungs- und Geodaten.

Mobilitätsanalyse mit Big Data Ansätzen (AP 2)

Für die Mobilitätsanalyse nutzten wir die Projektdatenbank (Tabelle 1), um Migrationsbewegungen, Migrationsraten und ihre Beziehungen zu den sozioökonomischen, ökologischen und klimatischen Faktoren zu untersuchen. Wir haben verschiedene Ansätze zur Analyse der Migration mit Hilfe von Fernerkundungs-, sozialen Medien- und Geodaten durchgeführt.

- **Kartierung der lokalen Bebauung mit Hilfe von Satellitenbildern**

Zur Kartierung der bebauten Ausdehnung in afrikanischen Städten entwickelten wir ein Tool [4]. Die Ziele waren dabei: (1) standortspezifische und aktuelle Geoinformationen über die Verstädterung in Afrika zu erstellen und (2) Interessenvertretern und Entscheidungsträgern ein einfaches, jederzeit einsatzbereites Online-Tool an die Hand zu geben, mit dem sie Geoinformationen hinsichtlich der Entwicklung städtischer Gebiete als Proxyinformation für die Land-Stadt-Migration und des natürlichen Bevölkerungswachstums erstellen können.

Das Tool erstellt hochauflösende (10 Meter) jährliche Kartenprodukte von bebauten Gebieten in Afrika unter Verwendung von Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten aus dem gesamten Sentinel-Archiv. Es wurde als Cloud-basierter Dienst in Google Earth Engine (GEE) entwickelt und erfordert daher weder das Herunterladen von Satellitenbildern noch spezielle Software oder Rechenkapazität und kann online ausgeführt werden, was seine Nutzung erleichtert.

Das Tool wurde an 100 Teststandorten in ganz Afrika mit unterschiedlichen städtischen Umgebungen und agroökologischen Zonen getestet. Damit sollte sichergestellt werden, dass die Genauigkeit und

Qualität der Karten nicht von der geografischen Lage und den Strukturen oder der Größe der Stadt abhängt. Die Ergebnisse wurden mit bestehenden globalen Datensätzen verglichen und die von unserem Tool erstellten Karten erzielen im Allgemeinen bessere Ergebnisse als andere bestehende globale multitemporale Produkte (Abbildung 4).

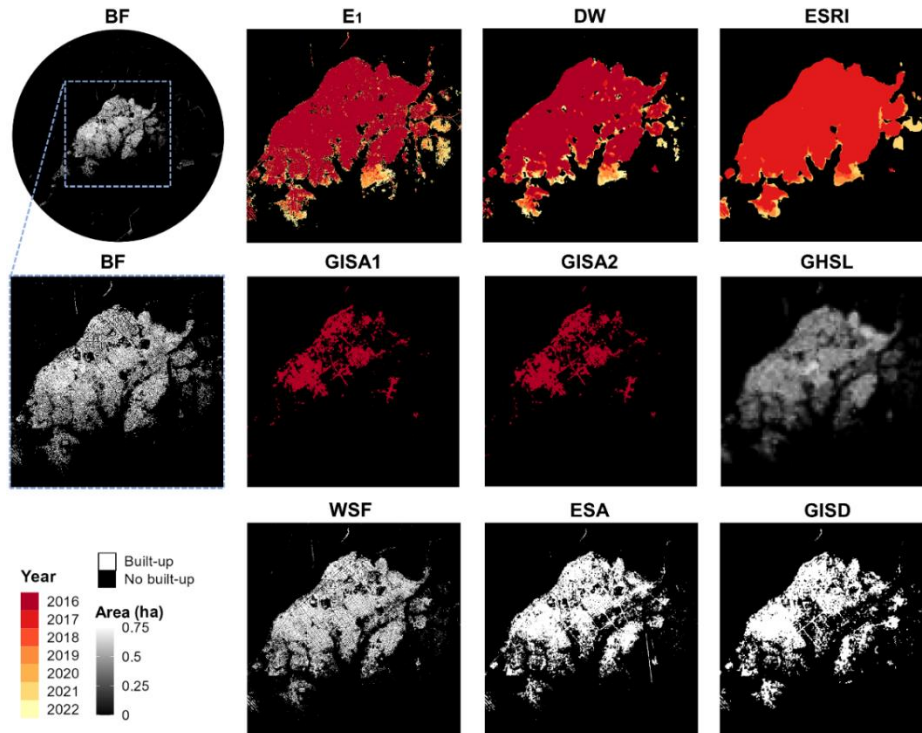


Abbildung 4. Vergleich der Bebauungskarten für Mbandaka, Demokratische Republik Kongo. Oben links: Referenz-Gebäudegrundrisse (BF) von Google, wobei der gezoomte Bereich blau hervorgehoben ist. Rechts: multitemporale Klassifizierung mit dem entwickelten Tool, sowie die Produkte DW, ESRI, GISA1 und GISA2 und die neuesten Einzelzeit- oder 5-Jahres-Intervallprodukte. Quelle: Sapena et al. (pre-print, in review) ist lizenziert unter CC BY 4.0.

Das Tool wurde in mehreren Studien im Rahmen des Projekts verwendet [2][5][8][10] und auf Konferenzen, Workshops und Webinaren wie dem **WASCAL Science Symposium**, **JURSE 2023**, **FPCUP**, **EARSeL**, und **EO4Africa** [11][12] präsentiert. In [10] haben wir offene Daten aus verschiedenen Quellen (d.h. WSF Evo, von uns entwickelte Karten und nächtliche Satellitendaten) integriert, um die Muster der Stadtentwicklung in 41 Städten in Burkina Faso, Ghana und Nigeria zwischen 2012 und 2021 zu analysieren. Wir haben die Entwicklung innerhalb der Städte in 16 Gruppen eingeteilt, d.h. basierend auf den möglichen Kombinationen von vier Stufen pro Variable. Auf diese Weise konnten wir Gebiete identifizieren, in denen eine hohe Dynamik der Bebauung mit einem starken Anstieg der Lichtemissionen einherging. Die untersuchten Städte aus verschiedenen Ländern wiesen unterschiedliche Muster der urbanen und wirtschaftlichen Entwicklung auf, was auf ausgeprägte Migrationsprozesse hindeutet. In ähnlicher Weise wurde ein Teil der im Tool entwickelten Methoden, d.h. Datenerfassung, Vorverarbeitung und Modellierung, verwendet, um urbane Grünflächen in fünf Städten in Benin für ein bestimmtes Jahr zu klassifizieren (Tohoun et al., 2023). Dies sind nur einige Beispiele für das Potenzial des Tools, das der wissenschaftlichen Community kostenlos zur Verfügung gestellt wird, da es nicht nur für die das Thema der Migration, sondern mit wenigen Änderungen auch für andere Anwendungen genutzt werden kann.

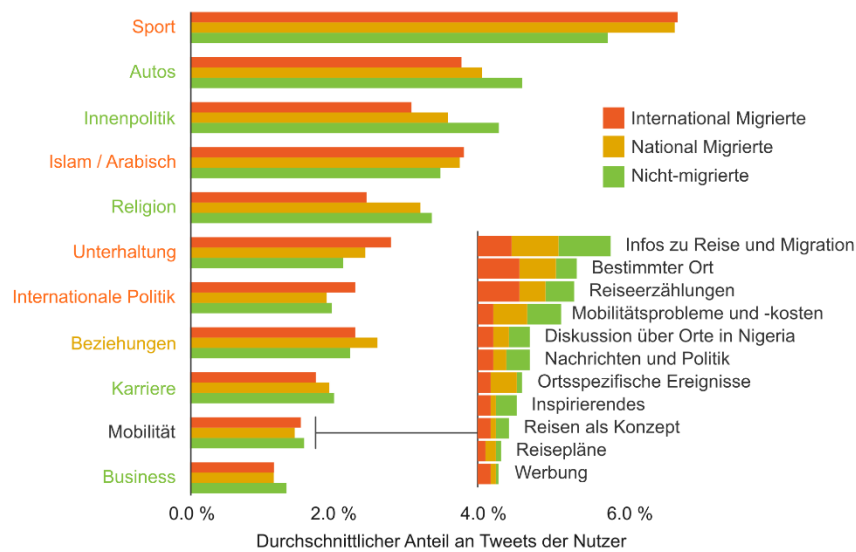
- **Analyse der Interessen von Migranten aus Nigeria mittels Daten aus sozialen Medien**

Individuelle Interessen von Migranten können einen wichtigen sozioökonomischen Migrationsfaktor darstellen. Um diese empirisch messbar machen zu können, entwickelten wir einen Ansatz, der auf der automatisierten Auswertung von Daten sozialer Medien beruht. Als Datenquelle wählten wir die Plattform Twitter (heute: X). Als Untersuchungsregion entschieden wir uns aufgrund der hohen Bevölkerungsmenge und der hohen Anzahl verfügbarer Tweets für Nigeria. Die gesamte Menge an georeferenzierten Tweets für Nigeria aus dem Zeitraum 2015-2019 wurde mittels der Twitter API bezogen: 9,301 von 325,061 der dazu beitragenden Twitter Nutzer wurden aufgrund ihrer Mobilitätsmuster als Stellvertreter verschiedener Mobilitätstypen (internationale Migranten, nationale Migranten, stationäre Nutzer) ausgewählt. Die von diesen Nutzenden geschriebenen öffentlichen 2,629,812 Tweets wurden durch ein LLM-basiertes Modell zu thematischen Gruppen zugewiesen, die mittels einem ML-basierten domain adaptation Ansatz aus einem nigerianischen Webforum abgeleitet wurden. Auf diese Weise konnten sowohl die Inhalte als auch ihre Strukturierung durch die Nigerianische Webcommunity definiert werden, was eine unvoreingenommene Alternative zur expertenbasierten Bewertung von Migrationsfaktoren darstellt.

Der Vergleich der Themengruppen nach Mobilitätsgrad zeigt, dass internationale Mobilität mit überproportionalen Beiträgen zu internationaler Politik, Unterhaltung und arabischsprachigen und islamspezifischen Inhalten einhergeht. Nutzerinnen und Nutzer, die sich im Untersuchungszeitraum in Nigeria aufhielten, beteiligten sich hingegen überproportional an Diskussionen zu lokaler Politik, Religion und Wirtschaft. Die Ergebnisse zeigen zudem ein hohes Interesse an Sport über alle Mobilitätstypen hinweg, welches insbesondere bei internationalen Migranten ausgeprägt ist. Insbesondere die Diskussion über europäische Fußball-Ligen macht einen großen Teil des Tweet-Volumens aus. Überraschenderweise fanden wir keinen Zusammenhang zwischen dem Thema Mobilität und dem Mobilitätstyp der Nutzer, obwohl eine detaillierte Analyse zeigte, dass der Online-Diskurs über Mobilität in vielen verschiedenen Formen auftritt, von lokalen Verkehrsproblemen (Staus, Schlaglöcher) bis hin zu internationalen Reisen und Migration. (Abbildung 5).

Die Methodik und die Ergebnisse dieser Studie wurden als Forschungsartikel veröffentlicht **[2]** und als Poster auf dem **ESA LPS 2022** vorgestellt. Die in dem Projekt genutzte Mobilitätsanalysen bauen auf dem segment-basierten Ansatz von Chi et al. (2021) auf. Im Rahmen des Projektes wurde dieser erweitert und in einem frei zugänglichen R Paket veröffentlicht **[16]**.

Thematische Präferenzen nach Mobilitätstyp der Nutzer



Verbreitung von Nigerian Pidgin English nach Mobilitätstyp der Nutzer

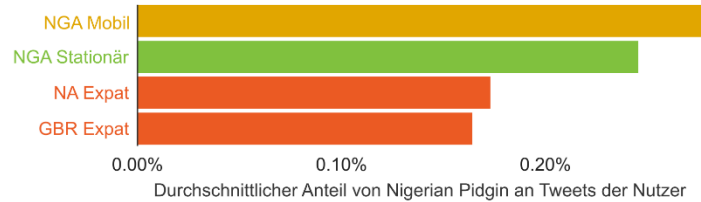


Abbildung 5: Oben: Thematische Präferenzen nach Mobilitätstyp der Nutzer. Die Themen wurden aus dem Nigerianischen Onlineforum Nairaland.com abgeleitet. Unten: Verbreitung der Kontaktsprache Nigerian Pidgin English nach Mobilitätstyp der Nutzer. Quelle: Mast et al. (2023) ist lizenziert unter CC BY 4.0

- **Analyse der Kontaktsprache Nigerianisches Pidgin-Englisch für Migranten und Nicht-Migranten**

Ein ähnlicher Ansatz wurde genutzt, um den Zusammenhang zwischen Mobilität und der Kontaktsprache *Nigerian Pidgin English* zu untersuchen. Diese seit Jahrhunderten bestehende Kontaktsprache wird genutzt, um in der multikulturellen Region über ethnische und sprachliche Grenzen hinweg zu kommunizieren. Wir konnten einen Zusammenhang zwischen dieser Sprache und Mobilität nachweisen, indem wir ein Lexikon der häufigsten Worte und Ausdrücke dieser Sprache erstellten, und ihre Häufigkeit in den Texten der Twitter-Nutzer nach Mobilitätsgrad unterschieden. Unsere Ergebnisse bestätigen, dass die Sprache hauptsächlich von Menschen genutzt wird, die innerhalb Nigerias mobil sind. Menschen mit internationaler Mobilität (z.B. Expats) oder stationäre Nigerianer benutzen sie weniger häufig (siehe Abbildung unten). Diese Ergebnisse legen nahe, dass Mobilität und Sprache in einem Zusammenhang stehen, der sich auch auf den digitalen Raum erstreckt. Die entwickelte Methodik und die Ergebnisse sind Teil eines Buchkapitels in einem noch nicht veröffentlichten Sammelband [17].

- **Zusammenhang zwischen Flächenausmaß von Flutereignissen und Aufmerksamkeit auf Twitter**

Naturkatastrophen wie Überschwemmungen haben ein hohes Potenzial als Treiber von Migration. Um

zu verstehen, ob die Aufmerksamkeit, die bestimmte Regionen im Fall von Naturkatastrophen erfahren, im Zusammenhang mit der Schwere des Flutereignisses steht, untersuchten wir die Rezeption der Überschwemmungen, welche 2022 Nigeria betrafen, auf dem sozialen Netzwerk Twitter. Über eine Abfrage von Schlüsselbegriffen z.B. “#NigeriaFlood”, “Flooding” wurden Tweets, die sich auf dieses Ereignis bezogen, identifiziert. Diese Tweets wurden auf Basis ihres Textinhaltes räumlich verortet, wenn sie konkrete Ortsnamen enthielten. Auf Ebene der Bundesstaaten Nigerias verglichen wir die Anzahl dieser verortbaren Flut-Tweets mit der von der Überschwemmung betroffenen Bevölkerung, welche wir aus Fernerkundungsprodukten ableiteten. Das Ergebnis zeigt, dass alle von den Überschwemmungen betroffenen Bundesstaaten im Online Diskurs eine Rolle spielten, die Anzahl der Erwähnungen jedoch in keinem Zusammenhang mit der von der Flut betroffenen Fläche steht. Diese Analyse wurde im Rahmen des **JURSE 2023** als Poster vorgestellt [9].

- **Die Digitale Ungleichheit in Afrikas Wachsenden Siedlungen**

Das starke Wachstum afrikanischer Städte führt zum Entstehen von großen und strukturell heterogenen neuen Siedlungsflächen, deren sozioökonomische Strukturen und Funktionen für die Migrationsforschung von erheblicher Relevanz sind. Vorherige Studien² identifizierten räumliche Manifestationen von digitalen Ungleichheiten (“Digital Divide”) innerhalb von Städten und den Zusammenhang mit Siedlungsstrukturen. Wir untersuchten die Existenz einer ‚Digital Divide‘ zwischen den älteren, etablierten Siedlungsteilen und den neueren Siedlungsteilen. Wir identifizierten 135 der am stärksten wachsenden urbanen Zonen (5 km Radien) auf dem afrikanischen Kontinent. Innerhalb dieser Zonen wurde das Flächenwachstum der Siedlungen zwischen 1985 und 2020 mittels des beschriebenen Tools kartiert [4]. Für denselben Zeitraum wurden alle verfügbaren georeferenzierten Tweets gesammelt.

In dem nächsten Analyseschritt wurde die räumliche Dichte der Tweets in Bezug zum baulichen Alter der Siedlungsfläche gesetzt, in welcher sie gepostet wurden (Abbildung 6). Ergebnisse zeigen, dass in einem Großteil der untersuchten Zonen eine Ungleichheit vorliegt, bei welcher die Dichte an verorteten digitalen Inhalten in den älteren Siedlungsflächen deutlich höher ist als in den neueren Siedlungsgebieten.

Diese Ungleichheit tritt in allen geografischen Regionen Afrikas auf, mit nur geringen Unterschieden zwischen den Regionen. Wir finden zudem einen Zusammenhang mit dem Planungsgrad³ der Siedlungen: Siedlungen mit einem höheren Grad an Planung weisen seltener und weniger starke Ungleichheiten auf, was darauf hindeutet, dass die dort entstandenen Siedlungen ihr digitales Potenzial schneller entfalten. Ein weiterer Zusammenhang besteht mit der Siedlungsstruktur, wobei die Kausalitäten in weiteren Studien untersucht werden können [8].

² Taubenböck, H., Staab, J., Zhu, X. X., Geiß, C., Dech, S., & Wurm, M. (2018). Are the poor digitally left behind? Indications of urban divides based on remote sensing and twitter data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8), 304.

³ Debray, H., Kraff, N. J., Zhu, X. X., & Taubenböck, H. (2023). Planned, unplanned, or in-between? A concept of the intensity of plannedness and its empirical relation to the built urban landscape across the globe. *Landscape and Urban Planning*, 233, 104711.

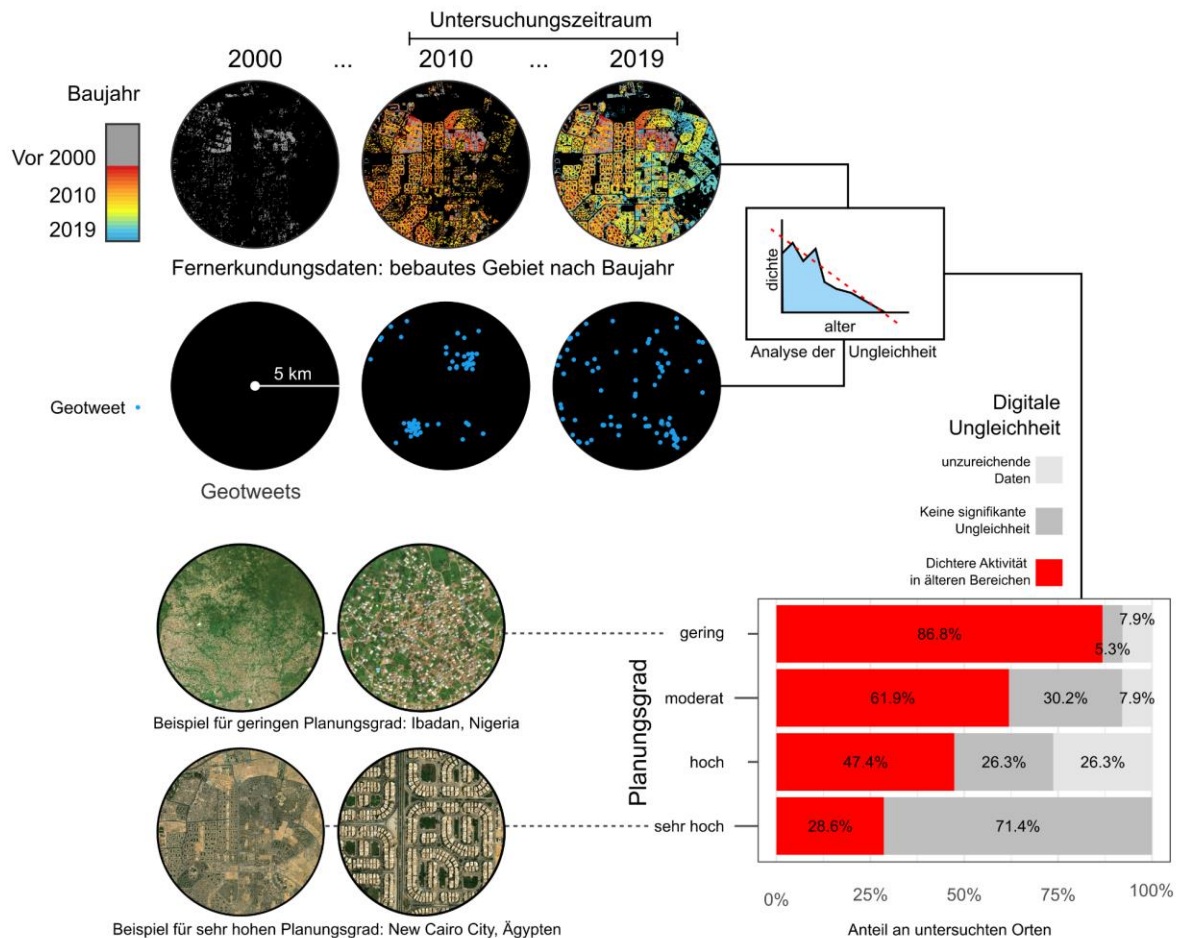


Abbildung 6: Schema der Analyse von Digitaler Ungleichheit. Oben: Die grundlegenden Datenquellen, Wachstumskarten und geografisch verorteten Tweets (Geotweets). Unten: Analyse der Ungleichheit nach Planungsgrad und Häufigkeit der Ungleichheit in verschiedenen Stufen des Planungsgrades.

• Ergänzung der Erdbeobachtung mit Geoinformationen aus Flüchtlingslagern

Flüchtlingslager sind eine Konsequenz von Flucht und Armut. Satellitenbilder und maschinelles Lernen (ML) werden zunehmend eingesetzt, um Flüchtlingslager zu kartieren. Es gibt jedoch kein standardisiertes Inventar, das die bebauten Strukturen dieser Lager systematisiert. Wir haben die Siedlungsmorphologie von Flüchtlings- und Binnenvertriebenenlagern anhand von Satellitenbildern konzeptualisiert und einen Strukturkatalog erstellt [1][15]. Dieser Katalog wurde dann verwendet, um Muster in den Lagerstrukturen und in der zeitlichen Dynamik zu systematisieren. Die Ergebnisse zeigten, dass die Siedlungsstrukturen in den verschiedenen Lagern sehr unterschiedlich waren. Dies zeigt, wie wichtig es ist, die morphologischen Unterschiede in den verschiedenen Lagern bei der Bildanalyse zu berücksichtigen, um ML-basierte automatische Erkennungs- und Überwachungssysteme zu entwickeln.

In diesem Zusammenhang wird der Strukturkatalog verwendet, um die Erstellung von automatisierten Kartierungsanwendungen in komplexen Siedlungsstrukturen wie Flüchtlings- und Binnenvertriebenenlagern auf der Grundlage von Sentinel-Daten zu unterstützen. Der Strukturkatalog [15] und die Ergebnisse dieser Analyse wurden veröffentlicht [1]. Der Strukturkatalog wird derzeit als

Trainingsdatensatz zur Identifizierung von Flüchtlingslagern mit ML unter Verwendung von Sentinel-Bildern verwendet.

Außerdem haben wir eine Analyse hinsichtlich der räumlichen Abdeckung der humanitären Krise in Westafrika, über die in den Medien berichtet wurde, und den mit diesen Orten verbundenen Themen auf der Grundlage eines veröffentlichten Datensatzes durchgeführt [3]. Damit wollten wir zusätzliche Informationen über die Flüchtlingskrise erhalten, wie z.B. die möglichen Gründe für die Migration und den Aufenthaltsort der betroffenen Personen. Wir fanden heraus, dass die Repräsentativität der Lager in der Berichterstattung nicht mit dem Vorhandensein von flüchtlingsbezogenen Orten gemäß den UNHCR-Daten korreliert. Diese Untersuchung birgt ein großes Potenzial, zusätzliche Informationen über die Flüchtlingskrise zu gewinnen, wie z.B. mögliche Gründe für die Migration. Darüber hinaus haben wir Umfragedaten der [IOM DTM](#), verwendet, die Informationen über die Anzahl der Einzelpersonen und Haushalte liefern, die in Flüchtlings- und Binnenvertriebenenlagern in Nigeria leben. Wir haben die Repräsentativität der globalen Bevölkerungsdaten an mehr als 200 Orten quantifiziert. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die globalen Bevölkerungsdaten die demografischen Merkmale dieser Orte nicht genau wiedergeben können, da im Durchschnitt nur 10 % der Gesamtbevölkerung erfasst werden. Damit muss man konstatieren, dass wohl ein großer Anteil an Migranten in offiziellen Daten nicht erfasst wird.

- **Validierungsansatz**

Die Datenbank, die mit Klima- und Umweltfaktoren und Proxies für Migration erstellt wurde, wurde während des gesamten Projekts ausgiebig genutzt, um unser Verständnis von Migrationsbewegungen und -motiven zu verbessern. Wir haben unsere Ergebnisse anhand von kürzlich veröffentlichten Volkszählungsdaten aus Ghana validiert. Ziel war es, die Relevanz der erhobenen Faktoren für die Untersuchung der Migration in Westafrika zu bestätigen. Unsere Bewertung konzentrierte sich auf die Eignung der identifizierten Migrationsursprünge, -routen und -ziele und ihre Bedeutung als Migrationsfaktoren durch eine datengestützte Analyse. Anhand der Zensusdaten berechneten wir zwei Migrationsindikatoren: den internen Migrationseffektivitätsindex (MEI), der die Fähigkeit misst, auf Migration anziehend zu wirken, Migration zu vermeiden oder auszugleichen, und einen Indikator, der Bilanz interner Migranten zwischen Bezirken quantifiziert (Abbildung 7, links).

Wir haben drei Millionen neue Binnenmigranten in Ghana identifiziert, was 10% der Bevölkerung entspricht. Wir berechneten auch die Gesamtwerte der Fernerkundungsdaten für die Distrikte. Eine Korrelationsanalyse zwischen dem MEI und den Faktoren ergab, dass höhere Tages- und Nachttemperaturen, aufeinanderfolgende trockene Tage, die Entfernung zur Küste und eine erhöhte Anzahl von Tagen mit starken Regenfällen mit Abwanderung verbunden sind. Umgekehrt werden höhere Niederschlagsmengen in der Trockenzeit, Grünflächen, eine höhere Anzahl von Regentagen, ein höherer Anteil an Ackerland und eine höhere Bebauungsdichte mit einer höheren Zuwanderung in Verbindung gebracht. Mithilfe eines multiplen linearen Regressionsmodells haben wir mehrere Faktoren kombiniert, um den MEI zu modellieren. Diese Faktoren konnten 46,1% der Varianz des MEI erklären, und bis zu 54,8%, wenn zusätzliche sozioökonomische Faktoren mit einbezogen wurden. Dies bestätigt, dass aus Fernerkundungsdaten abgeleitete Faktoren die Untersuchung der Binnenmigration unterstützen können und dass trotz einiger Einschränkungen allgemeine Trends der Binnenmigration effektiv modelliert werden können [13].

Was die Modellierung der Migrationsströme betrifft, so entwickeln wir ein Modell, das Fernerkundungsfaktoren nutzt, um die Migrationsströme zwischen den Bezirken zu schätzen (Abbildung 7, rechts). Dieses Modell wird den Einfluss der einzelnen Klima- und Umweltfaktoren auf die Bevölkerungsbewegungen sowohl einzeln als auch in Kombination quantifizieren. Mit anderen Worten: Wir werden bewerten, wie sich das Zusammenspiel mehrerer kritischer Faktoren auf die Migrationsmuster in Ghana auswirkt. Darüber hinaus planen wir, dieses Modell auf Nigeria anzuwenden und seine Wirksamkeit in Zusammenarbeit mit lokalen Partnern zu bewerten, um das Potenzial für die Übertragung eines solchen Modells auf andere Länder in Westafrika zu untersuchen.

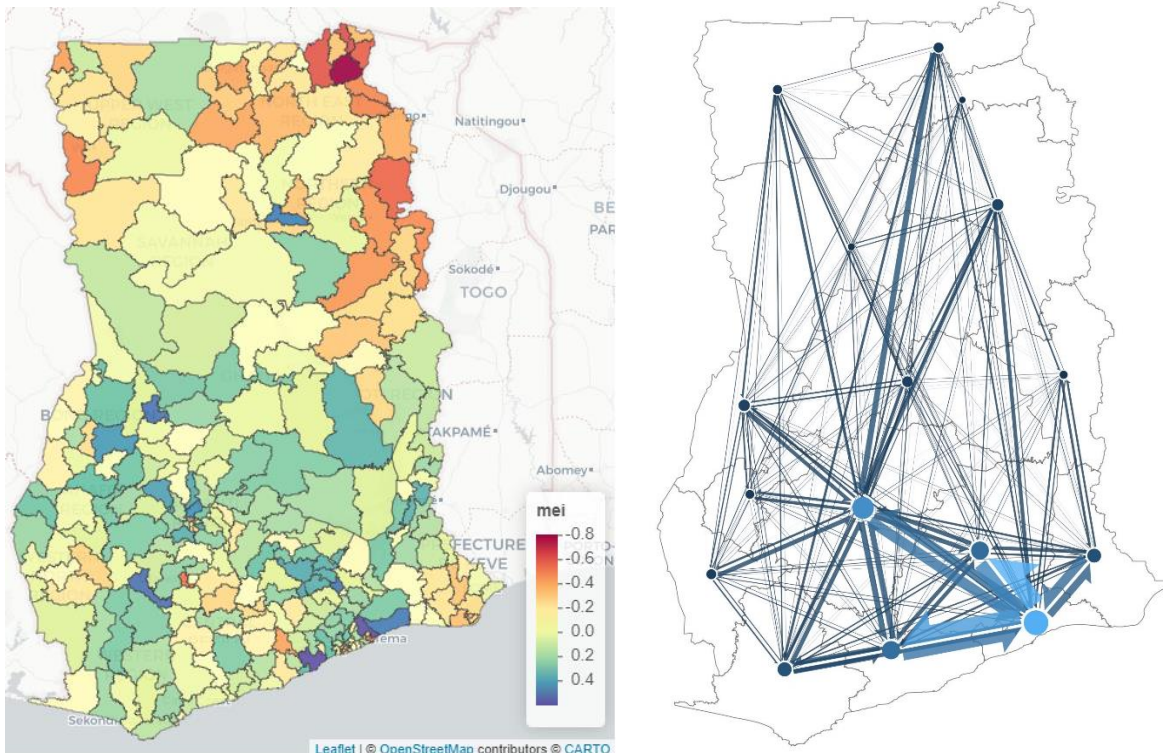


Abbildung 7: Links: Klassifizierung des Migrationseffektivitätsindex (MEI), der das Absorptionspotenzial quantifiziert, berechnet anhand der Mikrodaten der Volkszählung 2021 in Ghana. Bei Werten zwischen $[-0,51 \text{ bis } -1,00]$ handelt es sich um Gebiete mit starker Migrationsvermeidung, $[-0,30 \text{ bis } -0,50]$ um Gebiete mit mäßiger Migrationsvermeidung, $[-0,10 \text{ bis } -0,29]$ um Gebiete mit geringer Migrationsvermeidung, $[0,09 \text{ bis } -0,09]$ um Gebiete mit Migrationsrotation, $[0,10 \text{ bis } 0,29]$ um Gebiete mit geringer Migrationsaufnahme, $[0,30 \text{ bis } 0,50]$ um Gebiete mit mäßiger Migrationsaufnahme und $[0,51 \text{ bis } 1,00]$ um Gebiete mit starker Migrationsaufnahme. Auf der rechten Seite sind die Migrationsströme zwischen den Regionen dargestellt, wobei die Größe des Pfeils die Anzahl der Migranten angibt.

2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Rahmen der Durchführung des Vorhabens sind Ausgaben, insbesondere in Form von Personalkosten und Reisekosten Vorhabenkosten entstanden, deren Details dem zahlenmäßigen Nachweis zu entnehmen sind.

3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die aufgewendeten Personal- und Reisemittel waren notwendig und angemessen, um die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben zu erfüllen und die Meilensteine zu erreichen.

4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die wissenschaftliche Verwertung der Projektergebnisse wurde durch Veröffentlichungen in internationalen Fachzeitschriften und Vorträgen auf nationalen und internationalen Fachtagungen sichergestellt. Zudem können die genierten Ergebnisse nachhaltig nach Projektende genutzt werden. So wurde u.a. ein Tool zur Klassifizierung von Migranten anhand von Social-Media-Daten entwickelt [16]. Darüber hinaus wurde ein Katalog zur Kategorisierung von morphologisch-strukturellen Formen von Flüchtlingslagern auf der Grundlage ihrer Struktur bereitgestellt [15]. Ein weiteres Online-Tool zur Kartierung des Siedlungswachstums in afrikanischen Städten [4] wurde veröffentlicht. Zudem stellen wir die im Rahmen des Projekts erzeugte Datenbank mit allen Bevölkerungs-, Klima- und Umweltfaktoren in der [WADI Cloud platform](#) zur Verfügung, einem wissenschaftlichen Katalog, der im Rahmen von WASCAL für die Datenspeicherung und Zusammenarbeit entwickelt wurde.

Darüber hinaus förderte das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, in dem Master- und Promotionsarbeiten im Themenumfeld von MIGRAWARE vergeben und begleitet wurden. Zudem wurden Erkenntnisse aus dem Vorhaben in die Lehre an Universitäten und Hochschulen eingebracht.

5 Während der Durchführung bekannt gewordene Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Von dritter Seite sind keine direkten Ergebnisse bzw. Fortschritte bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind. Austausch und Diskussion zu den entwickelten Methoden erfolgten kontinuierlich im Rahmen von Konferenzen/Tagungen sowie durch die Studie aktueller Fachliteratur. Durch Veröffentlichungen von dritter Seite wurden die Ziele und der Verlauf des Vorhabens nicht berührt.

6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Veröffentlichungen in Fachzeitschriften

[1] Weigand, M., Worbis, S., Sapena, M., Taubenböck, H., (2023): A structural catalog of the settlement morphology in refugee and IDP camps. *International Journal of Geographical Information Science*. Doi:10.1080/13658816.2023.2189724.

[2] Mast, J., Sapena, M., Mühlbauer, M., Biewer, C., Taubenböck, H., (2023): The migrant perspective: Measuring migrants' movements and interests using geolocated tweets. *Population, Space and Place*. Doi: 10.1002/psp.2732

[3] Senaratne, H., Mühlbauer, M., Kiefl, R., Cardenas, A., Prathapan, L., Riedlinger, T., Biewer, C., Taubenböck, H., (2023): The Unseen - An Analysis of News Content and Spatial Coverage of the Refugee Crisis in West Africa. *International Journal of Geo-Information*. Doi: 10.3390/ijgi12040175

[4] Sapena, M., Mast, J., Schoepfer, E., Taubenböck, H. (in review, pre-print) Do-it-yourself built-up mapping tool: A practical cloud-based solution using Sentinel imagery for mapping urban expansion in Africa, at *Remote Sensing of Environment*. Available at SSRN: or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4762416>

[5] Abu, I.O., Thiel, M., Sapena, M., Liepa, A., Nyamekye, C., Asare, Y.M., Okhimamhe, A.A, Ibebuchi, C., Ullmann, T., Rauh, J., Taubenböck, H. (in review): Are rural industrial sites attracting migrants in West Africa? An exploratory analysis using remote sensing at *Population and Environment*

[6] Abu, I.O., Thiel, M., Nyamekye, C., Asare, Y.M., Agyapong, E., Agbemor, B., Boateng, E.N.K., Ibebuchi, C., Ullmann, T., Rauh, J., Taubenböck, H. (submitted): How do rural industrial sites impact migrant motives and the socio-economic conditions of local and migrant populations? *Environmental Science and Pollution Research*.

[7] Montién-Tique, F.W., Sapena, M., Weigand, M., Taubenböck, H. (in preparation). Flood susceptibility mapping in Nigeria using machine learning and statistical methods. *Earth System Science Data*.

[8] Mast, J., Sapena, M., Debray, H., Rodriguez, R.L., Inkoom, J.N., Geiß, C., Hotho, A., Taubenböck, H., (in preparation) Africa's digital urban frontier: measuring imbalances in social media activity between consolidated and new urbanized areas in Africa.

Konferenzbeiträge:

[9] Mast, J., Sapena, M., Geiß, C., Taubenböck, H. (2023): Linking remote sensing data and online engagement in flood events in Nigeria. 2023 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE), Heraklion, Greece, 2023, pp. 1-4, doi:10.1109/JURSE57346.2023.10144130.

[10] Sapena, M., Inkoom, J.N., Umaru, E.T., Mast, J., Okhimamhe, A.A., and Taubenböck, H. (2023): Integrating multi-source remote sensing data for monitoring urban development in West Africa. 2023 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE), Heraklion, Greece, 2023, pp. 1-4, doi:10.1109/JURSE57346.2023.10144165.

[11] Sapena, M., Mast, J., Geiß, C., Taubenböck, H. (2024) "Introduction to DIY-BU-Mapping Tool: Mapping Urban Expansion in Africa on the Cloud" at [43rd EARSeL Symposium](#), 17–20 June 2024.

[12] Sapena, M., Mast, J., Geiß, C., Taubenböck, H. (submitted) "Introduction to a cloud-based tool for on-demand mapping of urban expansion in Africa: the DIY-BU-Mapping tool" at [EO for Africa Symposium 2024](#), 23–26 September 2024.

[13] Sapena, M., Mast, J., Inkoom, J.N., Nyarko, B.K., Schürmann, A., Taubenböck, H (submitted) "Modelling internal migration balance in Ghana using remotely sensed drivers and census data" at [EO for Africa Symposium 2024](#), 23–26 September 2024.

[14] Mast, J., Lemoine-Rodríguez, R., Schulz, N., Taubenböck, H., Biewer, C. (accepted) "Geolinguistic Studies as a new research direction: Combining approaches from linguistics, remote sensing, and digital humanities to assess the complex interrelation of physical and social spaces" at [Spatial Humanities 2024](#), 25–27 September 2024.

Veröffentlichungen von Daten und Packages:

[15] Weigand, M., Worbis, S., Sapena, M., Taubenböck, H. (2023), "Dataset: A structural catalogue of the settlement morphology in refugee and IDP camps". Figshare Collection. doi:10.6084/m9.figshare.c.6207238.v1.

[16] Mast, J. (2023), "MigrationDetectR - a public R package for the segment-based detection of migration events in digital trace data". <https://github.com/dlr-eoc/ukis-migrationdetectr>.

Buchkapitel:

[17] Mast, J., Heps, D., Lehnen, L., Umaru, E. T, Sapena, M. (), “Geolocated Twitter data for understanding the relationships between language, topics and mobility” for publication as a book chapter at "Geolinguistic Studies on Urban Space: Global Identities and Local Connectedness" in the series [New Directions in World English Research](#) at Edinburgh University Press.

Präsentationen bei Konferenzen/Kongressen/Workshops

- „*Human Habitat: Capabilities of Earth Observation for monitoring in Africa*“ von M. Sapena, auf der [WASCAL Symposium for Research & Capacity Development in West Africa](#). Würzburg, Deutschland, 22-23 September 2021.
- „*Overview of current project research activities in Africa*“ von M. Sapena, und
- „*Earth Observation for urbanization and migration*“ durch H. Taubenböck, auf den Workshop [Urbanization and Migration: Capabilities of remote sensing for monitoring in Africa](#). 24 März 2021, Online.
- „*Enhancing Earth Observation of Migration with Insights from Social Media*“ von J. Mast, und
- „*Migrants: the pull effects of rural industrial sites as seen from space*“ von I.O. Abu, auf der [2022 Living Planet Symposium](#). Bonn, Deutschland, 23-27 Mai 2022.
- „*Migrants: the pull effect of rural industrial areas as seen from space*“ von I.O. Abu, auf dem [2022 Tropentag](#). Prag, Tschechische Republik, 14-16 September 2022.
- „*Multilingual topic modeling of geolocated tweets for assessing interests of migrants in West Africa*“ durch J. Mast, und
- „*Monitoring urban development using multi-temporal satellite data in West Africa*“ von M. Sapena, auf den [WASCAL Science Symposium](#). Ouagadougou, Burkina Faso (online), 6-9 Dezember 2022.
- Eingeladene Gastvortragsreihe an der [Federal University of Technology](#), Minna, Nigeria:
 - „*Global urbanization – capabilities of remote sensing*“ von H. Taubenböck (28.03.2022)
 - „*Urbanization in Western Africa*“ von M. Sapena (30.03.2022)
 - „*Migration – Remote sensing and other data sources for analysis*“ von J. Mast und M. Weigand (01.04.2022)
- Keynote “*Urban Science with Space Data – Dynamics, dimensions and forms of global urbanization*“ von H. Taubenböck auf der [Advanced Urban Remote Sensing Workshop](#). Hongkong, China, 03.12.2022 (online):
- Keynote “*Global Urban Transitions - Making change tangible with large data from space*“ von H. Taubenböck auf der [Urban Transitions Conference](#). Sitges, Spain, 08.11.2022:
- “*Dynamics of poor urban areas: Analyzing morphologic transformations across the globe using Earth observation data*“ auf der [World Urban Forum](#). Kattowice, Poland (online), 30.06.2022:
- “*Linking remote sensing data and online engagement in flood events in Nigeria*“ von J. Mast, und
- “*Integrating multi-source remote sensing data for monitoring urban development in West Africa*“ von M. Sapena auf der [Joint Urban Remote Sensing Event \(JURSE\) 2023](#). Heraklion, Kreta, Griechenland, 17-19 May 2022.
- “*Learning about the interests of West-African migrants using geolocated tweets*“ von J. Mast, und

- “The Unseen – An investigative analysis of thematic and spatial coverage of news on the ongoing refugee crisis in West Africa” von H. Taubenböck auf dem [Geolingual studies workshop - A New Research Direction](#). Würzburg, Deutschland, 26-28 September 2023.
- “Our urban world – Dynamics, dimensions and forms of global urbanization processes” von H. Taubenböck auf [Eratosthenes Centre of Excellence](#). Zypern, 2 Februar 2023 (online).
- „Do-it-yourself: mapping and monitoring human settlement expansion in Africa with Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery“ von M. Sapena auf dem [FPCUP Workshop](#). Bonn, Deutschland, 19 Apr 2023 - 20 Apr 2023.
- Präsentationen auf des [FPCUP](#) user uptake Workshop: Monitoring remote sensing-based indicators in fast growing African cities. 25 April 2023 (online).
„Copernicus Sentinel data for monitoring African cities: an application concept“ von M. Sapena.
„Complementing Earth Observation with social media for migration studies in Africa“ von J. Mast.
„Insights into recent remote sensing-based research in Africa“ von H. Taubenböck.
- „Mapping urban expansion in African cities“ von M. Sapena auf des [FPCUP Working Group Africa](#) – Training of Trainers. Webinar 3 Copernicus Services and Use Cases - Part II (CAMS and C3S). 27 May 2024 (online).

Masterarbeiten

Name	Titel	Universität	Jahr	Betreuer
Montin Tique, Wilmer Fabian	Flood susceptibility mapping using remote sensing and geospatial data in West Africa	Universität Würzburg	2024	M. Sapena H. Taubenböck
Prathapan, Lallu Nikerthil	Revealing inconsistencies in population datasets in refugee and IDP Camps	Universität Würzburg	2024	M. Sapena M. Weigand H. Taubenböck
Wernicke, Katrin Barbara	Deep Learning for Refugee Camps – Mapping Settlement Extents with Sentinel-2 Imagery and Semantic Segmentation	Universität Würzburg	2023	H. Taubenböck J. Schwalb-Willmann

Doktorarbeiten

Name	Arbeitstitel der Dissertation	Universität	Jahr	Betreuer
Mast, Johannes	Potenziale der Verknüpfung von öffentlichen Textdaten und Fernerkundung als Informationsquelle für die Migrationsforschung	Universität Würzburg	2021-ongoing	H. Taubenböck A. Hotho
Abu, Itohan-Osa	Migrants: the push-pull effects of industrial areas in rural West Africa utilizing Remote Sensing data	Universität Würzburg	2021-ongoing	H. Taubenböck J. Rauh

Newsmeldungen im Internet:

- <https://www.dlr.de/de/eoc/aktuelles/nachrichten/2021/workshop-zur-urbanisierung-in-afrika>

- <https://remote-sensing.org/department-of-remote-sensing-at-the-tropentag-2022-in-prague/>
- <https://remote-sensing.org/new-publication-on-the-development-of-a-structural-catalogue-of-the-settlement-morphology-in-refugee-and-idp-camps/>
- <http://migra-ware.com/2022/09/30/the-use-of-social-media-within-migraware/>
- <https://remote-sensing.org/contributions-to-the-joint-urban-remote-sensing-event-jurse-3/>
- <http://migra-ware.com/2023/06/20/migraware-at-the-joint-urban-remote-sensing-event-2023/>
- <https://remote-sensing.org/migraware-meet-with-migration-stakeholders-in-accra/>
- <https://remote-sensing.org/geolingual-studies-workshop-day-2-2/>
- <https://remote-sensing.org/new-publication-on-the-analysis-of-migrants-interests-using-social-media-data/>
- <http://migra-ware.com/2023/07/14/official-press-release-experts-call-on-the-government-to-examine-climate-change-as-a-cause-of-rural-urban-migration/>
- <https://wascal.org/experts-call-on-the-government-to-examine-climate-change-as-a-cause-of-rural-urban-migration/>
- <https://www.classfmonline.com/news/general/Experts-call-on-gov-t-to-examine-climate-change-as-a-cause-of-rural-urban-migration-43328>
- <https://remote-sensing.org/wilmer-fabian-montien-tique-defended-successfully-his-masters-thesis/>