

Fernerkundungsbasierte Informationsdienste für humanitäre Einsätze in Flüchtlingslagern

Stefan Lang¹, Petra Füreder¹, Lorenz Wendt¹, Edith Rogenhofer²

¹Interfakultärer Fachbereich Geoinformatik – Z_GIS, University of Salzburg · stefan.lang@sbg.ac.at

²Ärzte ohne Grenzen/Médecins Sans Frontières (MSF) – Austria

Zusammenfassung: Humanitäre Einsätze erfolgen häufig in schwer zugänglichen Krisenregionen, wo keine oder nur unzureichende Informationen über die betroffene Bevölkerung und die vorhandenen natürlichen Ressourcen vorliegen. Die Entwicklung fernerkundungsbasierter, operationeller Informationsdienste und maßgeschneiderter Produkte kann die Planung von humanitären Einsätzen entscheidend unterstützen. Der Blick aus dem All liefert Informationen über die Anzahl und räumliche Verteilung der betroffenen Bevölkerung in Flüchtlingslagern, wenn Registrierungssysteme vor Ort durch regen Zustrom an Flüchtlingen an ihre Grenzen stoßen. Fernerkundungsbasierte Auswertungen dienen auch dazu, potenzielle Grundwasserentnahmestellen auszuweisen oder die Auswirkungen von Flüchtlingslagern auf die Umwelt abzuschätzen. Diese Dienste werden seit einigen Jahren im Rahmen von Forschungsprojekten und operationellen Anwendungen laufend verbessert und erweitert.

Schlüsselwörter: Erdbeobachtung, humanitäre Hilfe, Bevölkerungsabschätzung, Grundwasserpotenzial, Umweltauswirkungen

Abstract: *Humanitarian assistances often operate in remote and insecure areas, with a deficit in recent and reliable information, with respect to affected population and natural resources such as drinking water, fuelwood, soil fertility, etc. Earth observation-based information services can support humanitarian operations effectively, as the experiences have shown over the last few years, since the humanitarian community has widely accepted and adopted these technologies. This contribution shows the potential of satellite-based information products, when being tailored to specific user needs. Those products are continuously developed through R&D and innovation projects.*

Keywords: *Earth observation, humanitarian operations, population estimation, groundwater potential, environmental impact*

1 Informationsbedarf in humanitären Krisen

Aufgrund von Naturkatastrophen, gewalttätigen Konflikten, Bevölkerungsdruck oder Umweltveränderungen sind heute weltweit ca. 59,5 Millionen Menschen (UNHCR 2015) auf der Flucht. Die Vertreibung von Menschen und deren Ansiedelung in Flüchtlingslagern stellt humanitäre Hilfsorganisationen oftmals vor große Herausforderungen. Gezielte und zuverlässige Informationen über Bevölkerungszahlen und -dichte, potenzielle Grundwasservorkommen, und den möglichen Einfluss der Lager auf die Umwelt sind daher für die tägliche Einsatzplanung und das Management von großer Relevanz. Diese Informationen können durch den Einsatz eines kombinierten und konsolidierten Methodensets aus (Satelliten-)Bildanalyse, Geoinformatik, und Web-Kartographie bereitgestellt werden (LANG et al. 2015).

Die Hilfsorganisation *Ärzte ohne Grenzen/Médecins Sans Frontières* (MSF) engagiert sich seit mehr als vier Jahrzehnten im Bereich der humanitären Hilfe für Flüchtlinge und Vertriebene, wie z. B. im Sudan, Südsudan, Kolumbien, der Demokratischen Republik Kongo, Kenia, Myanmar oder aktuell in Syrien und Nachbarländern sowie Europa. Die Helfer/innen von MSF kommen dann zum Einsatz, wenn aufgrund von Hungersnöten, Konflikten und

Kriegen, Naturkatastrophen oder Epidemien Gesundheitsstrukturen zusammengebrochen sind oder Bevölkerungsgruppen keinen Zugang zu medizinischer Versorgung haben. Durch medizinische Projekte, adäquate Wasserversorgung und sanitäre Einrichtungen soll das Überleben der Menschen vor Ort bestmöglich gesichert werden.

Seit 2008 wurde zwischen der österreichischen Sektion von *Ärzte ohne Grenzen* und dem Fachbereich Geoinformatik – Z_GIS der Universität Salzburg ein Rahmenabkommen für einen fernerkundungsbasierten Informationsdienst geschlossen. Die Bereitstellung des Dienstes läuft seit 2011 operationell im Sinne der ständigen Bereitstellung von nutzerorientierter Information, basierend auf einer nachhaltigen, Kontroll- und Feedbackmechanismen einschließenden Service-Struktur (s. Abb. 1). Die Hilfsorganisation ist Bedarfsträger: sie nutzt und evaluiert die Produkte, die im Rahmen des Informationsdienstes bereitgestellt und (weiter-)entwickelt werden. Der Service Provider verfügt über das technische Know-how, Zugang zu den Primärdaten (Satellitendaten) und entsprechenden Softwarelösungen in einem Non-profit-Umfeld. Eine Privatstiftung übernimmt die Finanzierung und ermöglicht damit eine nachhaltige Bereitstellung eines maßgeschneiderten Informationsdienstes, der damit als solches eine unabhängige Instanzierung eines Copernicus-Downstream-Services im humanitären Bereich darstellt.

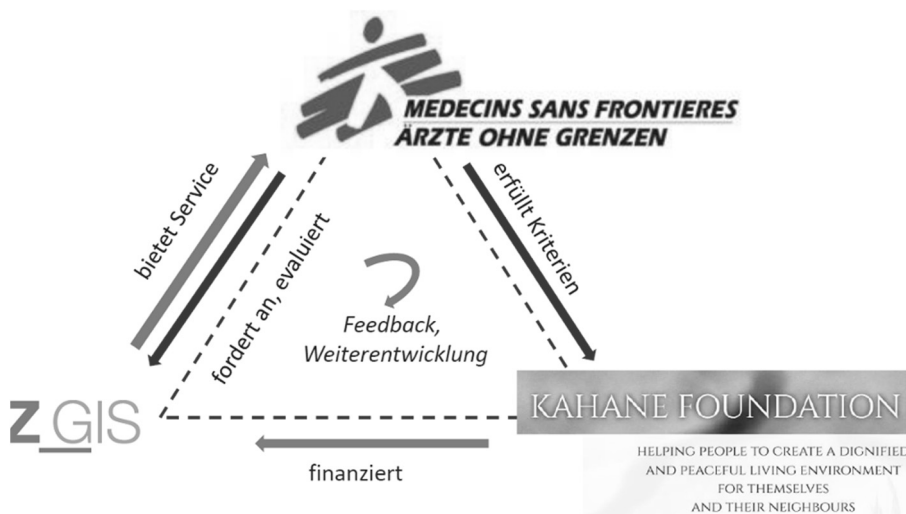


Abb. 1: Modell eines operationellen Services im humanitären Kontext

Das Projekt „EO4HumEn“ (*EO-based services to support humanitarian operations: monitoring population and natural resources in refugee/IDP camps*) begleitete und verbesserte diese operationellen Maßnahmen, indem es Forschungs- und Weiterentwicklungsarbeit forcierte. Das Projekt wurde im österreichischen Weltraumprogramm (*Austrian Space Applications Programme; ASAP*) von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) gefördert. Es zielte methodisch darauf ab, humanitäre Einsätze mithilfe von Satellitenbildern, automatisierten Auswerteverfahren, räumlichen Analysemethoden und innovativen Visualisierungstechniken effizienter und zielgerichteter zu gestalten. Für dieses Forschungsprojekt konnte die humanitäre Organisation MSF als Projektpartner gewonnen werden. Mitarbeiter

von MSF sind als direkte Nutzer mit dem Forscherteam in Kontakt. Die zielgerichtet erstellten Informationsprodukte wurden direkt an die Einsatzgruppen vor Ort weitergeleitet und teilweise direkt im Feld validiert.

2 Service-Entwicklung und operativer Rahmen

Die Kooperation mit *Ärzte ohne Grenzen*, unterstützt durch das Projekt EO4HumEn, hat in den vergangenen Jahren drei grundlegende operationelle (Teil-)Dienste hervorgebracht: (1) Bevölkerungsabschätzung (FÜREDER et al. 2015); (2) Grundwasserpotenzial (WENDT et al. 2015); (3) natürliche Ressourcen (HAGENLOCHER et al. 2015). Details dazu siehe Kapitel 3. Im Rahmen von EO4HumEn (2013-2016) wurden einerseits die wissenschaftlich-technischen Grundlagen weiter vertieft, um einer soliden technischen Validierung standzuhalten, andererseits wurden die Produkte an die Nutzeranforderungen derart angepasst, dass sie aus Nutzersicht positiv evaluiert werden konnten. Hinsichtlich technischer Machbarkeit, wissenschaftlicher Fundierung und der entsprechenden Bedarfsstrukturen ergibt sich ein Spannungsfeld, das in diesem Projekt optimiert wurde. Da bereits maßgeschneiderte Produkte vorlagen, die aus obiger Konstellation entstanden sind, fokussierte das Projekt insbesondere auf eine Weiterentwicklung von Informationsprodukten, die vor Projektbeginn noch experimentellen Charakter hatten.

Trotz der grob vorliegenden Nutzeranforderungen für existierende Produkte, wurden diese in einem umfangreich gestalteten Fragebogen und mittels Interviews nochmals detailliert erhoben und spezifiziert. Dieser Prozess lieferte wichtigen Input und Ideen für neue Produktentwicklungen. Vorbereitungen für ein Validierungsprotokoll für humanitäre Dienste, basierend auf Vorlagen aus den Copernicus-Validierungsaktivitäten laufen. Der Validierungsprozess wurde weiter vertieft, was einerseits technische Elemente einer Validierungsplattform und andererseits inhaltlich-konzeptionelle Aspekte betrifft. Die extrahierten Informationen werden anhand ausgewählter Felddaten validiert. Im Laufe des Projekts hat sich jedoch gezeigt, dass Referenzdaten vor Ort aufgrund der oftmals angespannten Sicherheitslage nur eingeschränkt erhoben werden können

Eine der wesentlichen Voraussetzung für den reibungslosen Ablauf von operativen Diensten ist die effiziente Datenbeschaffung. Im Wesentlichen gelangen folgende Mechanismen zur Datenbeschaffung zur Anwendung: (1) kommerzielles Tasking bzw. Beschaffung von optischen *very high resolution* (VHR) Daten, einschließlich Copernicus *3rd party missions*; (2) TerraSAR-X Science Service System zur Bereitstellung von TerraSAR-X-Daten zu wissenschaftlichen Zwecken im Rahmen des Projektes X-POD (da bei gewissen Bestellungen in sensiblen Gebieten – z. B. Kongo – ein Erlaubnisbescheid des deutschen BAFA benötigt wird, ist es zu gewissen Verzögerungen in der Datenbeschaffung gekommen); (3) *high resolution* (HR) Copernicus-Datensätze (z. B. Landsat, Sentinel-1/2-Mission). Ein stark technisch-methodischer Schwerpunkt wurde auf die Optimierung der Prozessierungskette gelegt, mit besonderem Fokus auf die Vorverarbeitungsschritte hinsichtlich atmosphärischer Korrektur und Vorklassifizierung, um einen hohen Automatisierungs- und Transfergrad zu gewährleisten.

3 Die Informationsdienste im Überblick

Die Bevölkerung in Flüchtlings- oder Vertriebenenlagern wird abgeschätzt, indem einzelne Unterkünfte semi-automatisch mittels objektbasierter Bildanalyse (OBIA) aus hoch aufgelösten Satellitenbildern (Auflösung bis zu 0,3/0,5 Meter) extrahiert und mit durchschnittlichen Belegungszahlen multipliziert werden. Hierzu werden Methoden bzw. Algorithmen eingesetzt, die auch teilweise schon in vorangegangenen Projekten entwickelt wurden (TIEDE et al. 2013) und eine differenzierte Analyse der (Be-)Siedlungsentwicklung in Flüchtlingslagern anhand von Satellitendaten unterstützt. Dabei werden verschiedene Typen von Unterkünften, wie etwa Zelte, Lehmhütten oder Unterkünfte mit Wellblechdächern, unterschieden, die z. B. neue Ansiedlungen oder Zeichen von Sesshaftigkeit erkennen lassen. Der Blick aus dem All unterstützt die Einsatz- und Versorgungsplanung, um in Krisensituationen Informationen über die Anzahl und räumliche Verteilung der betroffenen Bevölkerung zu liefern, wenn Registrierungssysteme vor Ort durch regen Zustrom an Flüchtlingen an ihre Grenzen stoßen. Bestimmte methodische Ansätze zur Verbesserung der bestehenden Algorithmen und Erweiterung des Portfolios wurden erstmals im (semi-)operationellen Umfeld getestet, wie z. B. *Template Matching* für verbesserte Extraktion der Unterkünfte sowie die Nutzung eines Oberflächenmodells zur Berücksichtigung mehrstöckiger Wohnbauten, oder der *Closest Spectral Fit* Ansatz zur Daten-Einrechnung in wolkenbedeckten Bildausschnitten mithilfe von SAR-Daten.

Die Informationen zu den einzelnen Unterkünften werden mittels räumlicher Analysemethoden weiter aufbereitet, um aggregierte Informationsprodukte zu liefern (z. B. Dichte der Unterkünfte, Aggregation auf administrative Einheiten wie Camp-Blöcke und -struktur anhand der Verteilung von Unterkunftstypen). Mittels multi-temporalen Analysen kann die Entwicklung der Flüchtlingslager analysiert und dokumentiert werden. Die Informationen werden anhand von PDF Karten, Google Earth KML-Karten und bei Bedarf auch in Form von Web-GIS-Lösungen zur Verfügung gestellt.

Bei der Exploration potenzieller Standorte für Wasserentnahme wird anhand von Fernerkundungsdaten eine erste Eingrenzung des Suchradius von potenziellen Grundwassergebieten vorgenommen, um in Folge detaillierte hydrogeologische und geophysikalische Untersuchungen und Testbohrungen vor Ort durchzuführen. Mit dem Ziel relevante geologische Informationen teilautomatisiert aus Fernerkundungsdaten zu extrahieren und so die anschließende Experteninterpretation zu unterstützen, arbeitet Z_GIS eng mit dem Fachbereich Geografie und Geologie der Universität Salzburg zusammen.

Im Gegensatz zur Bevölkerungsabschätzung und -dynamik befinden sich die Produkte dieses Teilservices noch in einem experimentellen Stadium. Um eine entsprechende Dokumentation und Übersicht über Möglichkeiten (und Grenzen) der Fernerkundung hinsichtlich der Grundwasserexploration zu erhalten, wurde ein umfangreiches Hydrogeologisches Fernerkundungsprotokoll erstellt, das verschiedene hydrogeologische Gegebenheiten und daraus ableitbare Informationsparameter berücksichtigt.

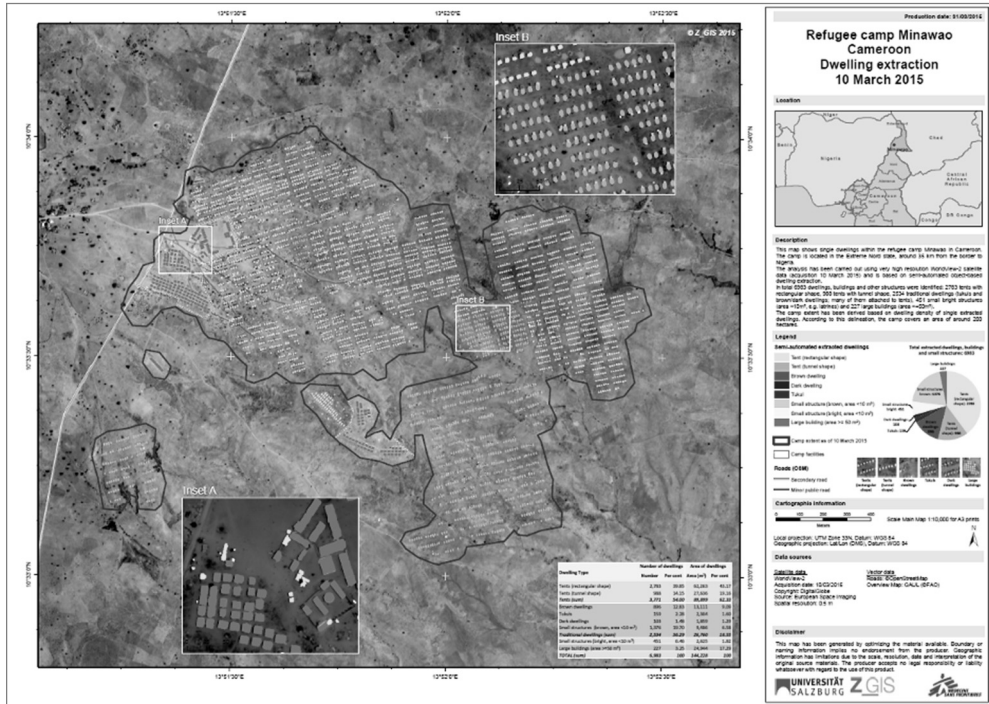


Abb. 2: Beispielkarte des humanitären Dienstes zur Bevölkerungsabschätzung. Die Karte beinhaltet Anzahl und Fläche von unterschiedlichen Unterkunftstypen und – je nach Verfügbarkeit – Daten zu Camp-Infrastruktur, administrative Grenzen innerhalb des Camps und Straßen.

Während Informationen über betroffene Bevölkerung und verfügbare Wasserressourcen den kurzfristigen Planungsbedarf von humanitären Einsätzen adressieren, spielt für die mittelfristige Planung in Flüchtlingslagern, die häufig über viele Jahre bestehen, die Abschätzung von Auswirkungen auf die Umwelt und die Ressourcennutzung sowie -planung ebenfalls eine wichtige Rolle. Studien (Kranz et al. 2015, UNEP 2006) haben gezeigt, dass Massenvertreibungen neben tragischen menschlichen Schicksalen auch negative Einflüsse auf die Umwelt haben, wie etwa vermehrte Abholzung, Wasserverschmutzung oder Ressourcendegradation in den Zielregionen. Mithilfe von multi-temporalen Satellitenbildern kann eruiert werden, wie sich die Umwelt in der unmittelbaren Umgebung von Flüchtlingslagern verändert, um Abholzung oder Ressourcendegradation und deren Auswirkung auf die Ernährungs- und Lebensgrundlagensicherung der Menschen vor Ort frühzeitig erkennen zu können. Aus diesen Informationen kann mitunter abgeleitet werden, ob sich die Menschen dort bereits sesshaft machen und in welchem Ausmaß sie von den natürlichen Ressourcen abhängig sind.

Wesentliches Ergebnis der wissenschaftlichen Komponente dieses Teilservices ist die Entwicklung eines 3-stufigen Workflows für die Ableitung und Aufbereitung umweltbezogener Informationen im unmittelbaren Wirkungsbereich von Flüchtlingslagern. Die Entwicklungen

setzen auf wissenschaftlichen Vorarbeiten von Z_GIS auf und konsolidieren diese hinsichtlich Anwendbarkeit, Übertragbarkeit etc. Basierend auf Zeitreihen wird in Stufe 1 zwischen Vegetations- und Nicht-Vegetationsflächen unterschieden sowie deren zeitliche Veränderung dokumentiert. In Stufe 2 werden die nutzerrelevanten Zielklassen explizit ausgewiesen und ebenso hinsichtlich ihrer Dynamik analysiert. Der in Stufe 3 generierte *Weighted Natural Resource Depletion* (NRDw) Index (HAGENLOCHER et al. 2012) liefert aggregierte Informationen zu möglichen Auswirkungen von Camps hinsichtlich der Integrität des lokalen Ökosystems. Letzterer wurde auch bereits auf Radardaten getestet (BRAUN et al. 2015).

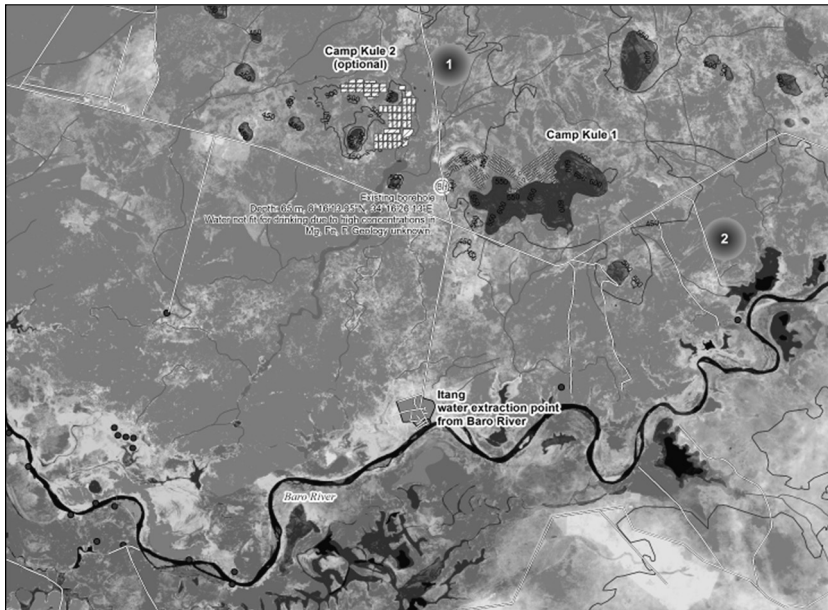


Abb. 3: Beispielkarte des humanitären Dienstes zur Exploration potenzieller Standorte für Wasserentnahme. Die Karte beinhaltet Informationen zur Geologie, Hydrologie (Flussläufe, Überflutungsflächen), Topographie und Straßen. Achtung: der hier reproduzierte Kartenausschnitt enthält aus Sensitivitätsgründen keine näheren Angaben zu Lage und Orientierung.

4 Ausblick

Künftige fortführende Projektaktivitäten sollen das Portfolio der beschriebenen Dienste noch erweitern und auf die Bedürfnisse von weiteren Nutzer(-gruppen) aus dem Umfeld humanitärer Hilfsorganisationen entsprechend anpassen. Hierfür wurden bereits Kooperationen mit dem *Internationalen Komitee vom Roten Kreuz* (ICRC), *SOS Kinderdörfer*, sowie *Hydrogeologen ohne Grenzen* (HwB) auf den Weg gebracht und entsprechende Fortsetzungsaktivitäten initiiert. Der Einsatz der zivilen Erdbeobachtung im ‚Spirit‘ des europäischen Copernicus Programms erfährt damit eine weitere Verbreitung und nachhaltige Wirkung.

Danksagung

Die vorgestellten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden von der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG im Rahmen des *Austrian Space Application Programme* (ASAP-9) innerhalb des Projektes EO4HumEn (*EO-based services to support humanitarian operations: monitoring population and natural resources in refugee/IDP camps*; Vertragsnummer: 840081) und der Karl-Kahane Foundation unterstützt.

Literatur

- BRAUN, A., LANG, S. & HOCHSCHILD, V. (2015), Impact of refugee camps on their environment. A case study using multi-temporal SAR data, *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 4 (2), 1-17. doi: 10.9734/JGEESI/2016/22392.
- D'OLEIRE-OLTMANN, S., RIEDLER, B., PERNKOPF, L., WEINKE, E. & LANG, S. (2015), Validation Strategy for User-specific Map Products for the European Copernicus Security Service. *GI_Forum – Journal for Geographic Information Science*, 1-2015, 438-444.
- FÜREDER, P., LANG, S., ROGENHOFER, E., TIEDE, D. & PAPP, A. (2015), Monitoring Displaced People in Crisis Situations Using Multi-temporal VHR Satellite Data During Humanitarian Operations in South Sudan. *GI_Forum – Journal for Geographic Information Science*, 1-2015, 391-401.
- HAGENLOCHER, M., LANG, S. & TIEDE, D. (2012), Integrated assessment of the environmental impact of an IDP camp in Sudan based on very high resolution multi-temporal satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 126, 27-3.
- HAGENLOCHER, M., TIEDE, D., WENDT, L., LANG, S. (2015), An Earth Observation-based Approach for the Assessment of the Environmental Impact of Refugee and IDP Camps. *GI_Forum – Journal for Geographic Information Science*, 1-2015, 420-423.
- KRANZ, O., SACHS, A. & LANG, S. (2015), Assessment of environmental changes induced by internally displaced person (IDP) camps in the Darfur region, Sudan, based on multi-temporal MODIS data. *International Journal of Remote Sensing*, 36 (1), 190-210.
- LANG, S., FÜREDER, P., KRANZ, O., CARD, B., ROBERTS, S. & PAPP, A. (2015), Humanitarian emergencies: causes, traits and impacts as observed by remote sensing. In: THENKABAIL, P. (Ed.), *Remote Sensing Handbook, Volume III: Water Resources, Disasters, and Urban*. CRC Press, Taylor & Francis, New York, 483-512.
- WENDT, L., HILBERG, S., ROBL, J., BRAUN, A., ROGENHOFER, E., DIRNBERGER, D., STRASSER, T., FÜREDER, P. & LANG, S. (2015), Using Remote Sensing and GIS to Support Drinking Water Supply in Refugee/IDP Camps. *GI_Forum – Journal for Geographic Information Science*, 1-2015, 49-458.
- TIEDE, D., FÜREDER, P., LANG, S., HÖLBLING, D. & ZEIL, P., (2013), Automated Analysis of Satellite Imagery to provide Information Products for Humanitarian Relief Operations in Refugee Camps – from Scientific Development towards Operational Services. *PFG – Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation*, 3/2013, 185-195.
- UNEP (2006), *Environmental considerations of human displacement in Liberia: A guide for decision-makers and practitioners*. Nairobi, Kenya.
- UN High Commissioner for Refugees (UNHCR) (2015), *UNHCR Global Trends 2014: World at War*. <http://www.refworld.org/docid/55829294.html> (01.02. 2016).