

Quantitative Fernerkundungsanalyse von Überschwemmungsflächen unter Einbeziehung von Landnutzungsdaten

Christian Jungnickl¹, Ralf Bill¹

¹Professur für Geodäsie und Geoinformatik, Universität Rostock · christian.jungnickl@uni-rostock.de

Zusammenfassung: Starkregenereignisse mit vorher nicht erreichten Intensitäten führten im Sommer 2011 zu ausgedehnten Überschwemmungen im Raum Rostock. Nachdem bereits die meteorologischen Ursachen und Folgen dieser Phänomene durch die zuständigen Fachleute analysiert wurden erfolgt nun im Rahmen des Projekts „KOGGE“ die Bewertung der Funktion und Leistungsfähigkeit kleiner Fließgewässer. Projektbegleitend konnten RapidEye-Satellitenaufnahmen von Zeitpunkten vor und während der Rekordniederschläge 2011 bezogen werden, welche eine rückblickende Analyse aus Fernerkundungsperspektive ermöglichen. Schwerpunkt der Untersuchungen ist die Identifikation von überfluteten Flächen auf Basis der RapidEye-Daten. Darüber hinaus lässt sich, in Verbindung mit einem DGM und Landnutzungsdaten, eine quantitative Beurteilung der Überflutungen erreichen.

Schlüsselwörter: Fernerkundung, GIS-Analyse, ATKIS, Digitales Geländemodell, Hochwasser

Abstract: *In the summer of 2011 extreme rain events with unprecedented high precipitation intensities led to extensive flooding and damages within the area of Rostock. While meteorological causes and consequences of these phenomena were discussed in the following period of time, the recent project “KOGGE” pursues the assessment of functionality and hydraulic capacity of small scale rivers. Within the project RapidEye satellite images were acquired prior to and during the precipitation events in 2011, which now serve for retrospect analysis from a remote sensing perspective. Focus is laid on identification of flooded areas based on RapidEye data. Furthermore a DEM and land use data is integrated in the survey, aiming at spatially quantitative evaluation of the flooding events.*

Keywords: *Remote sensing, GIS analysis, land use data (ATKIS), digital elevation model, flooding*

1 Einleitung

Ende Juli 2011 ereigneten sich in Mecklenburg-Vorpommern außergewöhnliche Niederschläge, welche insbesondere in der Umgebung der Hansestadt Rostock zu hohen Grundwasserständen, ausgedehnten Überschwemmungen und hohen Sachschäden führten. Nach einem relativ trockenen Frühjahr maßen die Wetterstationen im Juni, Juli und August überdurchschnittlich hohe Niederschlagswerte (MIEGEL 2011, 161 ff.; LUNG 2013, 6 f.). Die heftige Ausprägung dieser sommerlichen Sturzregen wird durch aufgezeichnete Niederschlagshöhen an der Warnemünder Wetterstation deutlich (vgl. Abb. 1). Dort wurde der bisherige Monatsrekord (189 mm im August 1946) beinahe um das doppelte übertroffen (343,9 mm) (MIEGEL 2011, 148; LUNG 2013, 6 f.). Die wirksamsten Niederschlagsereignisse lassen sich Tiefdruckzellen zuordnen, welche um den 22.7.2011 und um den 29.7.2011 über den Rostocker Raum hinwegzogen (LUNG 2013, 9).

Die meteorologischen Ursachen und Folgen der sommerlichen Überflutungen 2011 in Mecklenburg-Vorpommern wurden bereits durch die zuständigen Fachleute analysiert und aufbereitet (MIEGEL 2011; LUNG 2013). Mit dem Ziel der Anpassung von Entwässerungssysteme-

men an veränderte urbane und klimatologische Rahmenbedingungen wurden mit dem integrierten Entwässerungskonzept (INTEK) erste Maßnahmenpläne erarbeitet und umgesetzt (BIOTA 2013). Das BMBF-Projekt „KOGGE“ („*Kommunale Gewässer gemeinschaftlich entwickeln im urbanen Raum*“, FKZ 033W032A) widmet sich hauptsächlich dem Abflussverhalten kleiner Fließgewässer. Im Rahmen des Projekts konnten multitemporale Satellitenszenen beschafft werden, welche die detaillierte Betrachtung überfluteter Bereiche ermöglichen. Zusätzlich fließen zeitlich korrespondierende Landnutzungsdaten und ein Digitales Geländemodell (DGM) in die Untersuchung ein. Auf diese Weise soll die Erfassung tatsächlich überschwemmter Flächen (während der Starkregenereignisse im Juli 2011) und deren Charakterisierung anhand ihrer Nutzung erzielt werden. Für den Interessenszeitraum stehen keine Radaraufnahmen in hinreichender Auflösung zur Verfügung, weshalb die Studie allein mittels optischen Daten durchgeführt wird. Zudem wird die Verwendbarkeit von RapidEye-Daten hinsichtlich der Erfassung von kleinen Fließgewässern geprüft.

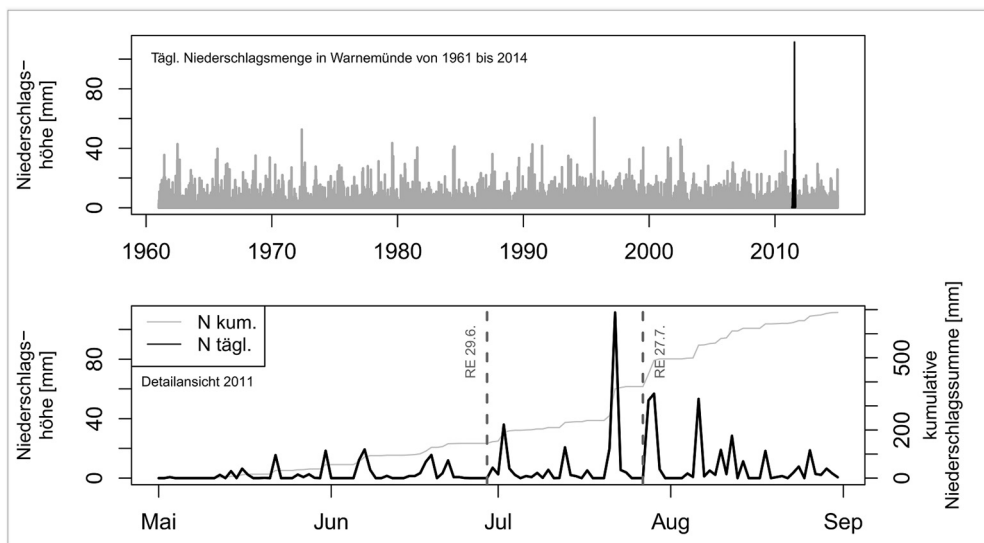


Abb. 1: Verlauf der Niederschlagshöhen an der Station Warnemünde, inkl. Aufnahmezeitpunkte der RapidEye-Daten (Quelle: eigene Abbildung auf Grundlage von DWD-Stationsdaten (DWD 2015))

Einen prägnanten Überblick für den Einsatz von Fernerkundungsdaten in Bezug auf Naturgefahren geben JOYCE et al. (2009). Für den Raum Dresden wurden durch MEINEL et al. (2003) in Folge des Elbe-Hochwassers 2002, mittels höchstauflösender IKONOS-Aufnahmen und einem Digitalen Geländemodell, Wasserspiegellagen zum Zeitpunkt des Hochwasserscheitels abgeleitet. Die Verwendung von RapidEye-Satellitenaufnahmen zur Identifikation von überschwemmten Gebieten führten KLEMENJAK et al. (2012) in West- und Südwestdeutschland durch. Eine Vulnerabilitätsanalyse auf Basis von IKONOS- und RapidEye-Daten erreichten TAUBENBÖCK et al. (2011) unter zusätzlichem Einbezug von einem DGM, 3D-Gebäudedaten und Landnutzungsinformationen. Auch im Rahmen von Studien bezüglich des Elbe-Hochwassers 2013 ermöglichten RapidEye-Aufnahmen, in Verbindung mit Radardaten, eine satellitengestützte Perspektive auf das Katastrophengebiet (DANZEGLOCKE 2014).

2 Untersuchungsgebiete

Die vorgestellte Arbeit beschränkt sich auf den Großraum Rostock. Innerhalb dieses Gebiets wurden kleinere Schwerpunktfächen als Untersuchungsgebiete ausgewählt, deren Lage in Abbildung 2 verzeichnet sind. Die Auswahl der Gebiete erfolgte nach visueller Prüfung des Wolkenbedeckungs- und Überschwemmungsgrades in den RapidEye-Szenen. Größtes Fließgewässer ist die Warnow, welche in die Ostsee entwässert (BIOTA 2011, 10). Verdichtet wurde das Gewässernetz später durch das künstliche Anlegen von kleinen Entwässerungsgräben um Feuchtgebiete wirtschaftlich nutzbar zu machen (LUNG 2005, 23).

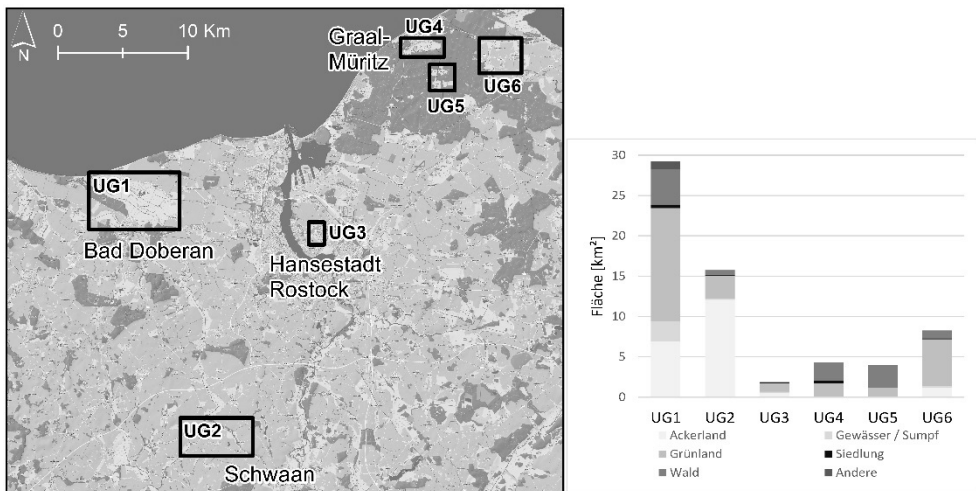


Abb. 2: Schwerpunktfächen mit grober Übersicht zu deren Flächennutzung (ATKIS)
(Quelle: eigene Abbildung, Hintergrund: WMS ORKA.MV.)

Derartig stark vernetzte Entwässerungsstrukturen können, in Folge meteorologischer Extremereignisse, anfällig für Überschwemmungen oder urbane Sturzfluten sein. Bereits 2007 führten Niederschläge in Bad Doberan und Ribnitz-Damgarten zu Überschwemmungen. Zudem deuten Studien auf eine Häufung extremer Niederschlagsereignisse im Norden Mitteleuropas hin. Neben den meteorologischen Rahmenbedingungen sind die Ursachen v. a. auf mangelnde hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen, natürlichen Vorflutern, künstlichen Gräben, Drainagen o. Ä. zurückzuführen (BIOTA 2011, 21 f.; IPCC 2014). Die ausgewählten Untersuchungsgebiete befinden sich außerhalb des urbanen Raums und werden von Ackerland und Grünland dominiert. Das Diagramm in Abbildung 2 bietet für jede der Schwerpunktfächen einen groben Überblick der Landnutzungsstruktur.

3 Daten und Methodik

Bei optischer Satellitenfernerkundung können Wolken oder Dunst ein großes Hindernis darstellen (MEINEL et al. 2003, 212; DANZEGLOCKE 2014, 51). Während des Sommerhochwassers 2011 boten sich aufgrund langanhaltender Niederschläge nur wenige Wolkenlücken. Die RapidEye-Aufnahmen (bereitgestellt im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie) mit einer räumlichen Auflösung von 5 m, die den Vergleich der Wasserflächen ermöglichen, stammen vom 29.6.2011 und 27.7.2011. Letztere bietet also gerade einen Einblick in den Zeitraum zwischen den beiden starken Niederschlagsphasen, während die Aufnahme im Juni eine Situation gewöhnlicher Abflussbedingungen darstellt. Die Satellitendaten besitzen das Prozessierungslevel 3A und sind radiometrisch und geometrisch korrigiert. Die Grauwerte wurden zuvor in Reflexionswerte umgerechnet (BLACKBRIDGE 2015). Für die unterschiedlichen Arbeitsschritte wurde auf ArcGIS 10.3, sowie R und Excel zurückgegriffen.

Für beide Szenen können durch Kombination von RapidEye-Kanälen, Reflexionseigenschaften der Erdoberfläche hervorgehoben werden, welche dann Rückschlüsse auf die räumliche Ausdehnung der Überschwemmungsbereiche zulassen. Der RE-NDWI („*Red Edge Normalized Difference Water Index*“, vgl. Formel (1)) bietet hier eine gute Möglichkeit Wasserflächen zu identifizieren, insbesondere, wenn sich das Untersuchungsgebiet in ländlich geprägten Räumen befindet (KLEMENJAK et al. 2012).

$$RE - NDWI = \frac{Green - RedEdge}{Green + RedEdge} \quad (1)$$

Nach Betrachtung der Werteverteilung im Histogramm des RE-NDWI-Rasters lässt sich der charakteristische Wertebereich überschwemmter Flächen enger eingrenzen und kann extrahiert werden. Anschließend erfolgt die Umwandlung in Polygone im Vektorformat. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf Hochwasserbereichen mit einer Ausdehnung > 100 m², weshalb Bereiche mit kleineren Wasserspiegelflächen aus dem Datensatz entfernt wurden. Zum Zweck der Validierung der ermittelten Wasserspiegelflächen befinden sich im Raum Rostock nur spärlich verteilte Messpegel. Daher ist nur an wenigen Stellen eine punktuelle, bzw. sehr kleinräumige Überprüfung der Wasserausdehnung aus RapidEye-Daten anhand von Pegelständen möglich.

Das vorliegende DGM 5 (AfGVK 2010) bildet die Grundlage für die Identifikation von Senken. Zunächst wurden alle Geländedepressionen (Hohlformen), über das ArcGIS-Werkzeug „fill sinks“, digital aufgefüllt. Aus der Subtraktion dieses modifizierten Höhenmodells vom ursprünglichen Höhenmodell, wird anschließend ein Senken-Raster einschließlich Tiefenwerten generiert.

Landnutzungsklassen entstammen dem digitalen Objektartenkatalog des Amtlichen Topographisch-kartographischen Informationssystem (ATKIS) (AFGVK 2011). Zunächst wurden per Flächenüberschneidung, überlagernde Polygone (bei Gebieten mit Multifunktion) ermittelt und von Überlappungen bereinigt. Durch anschließende Verschneidung mit den vektorisierten Überflutungsflächen können Informationen über die wasserbedeckten Areale generiert werden.

4 Ergebnisse

4.1 Ausdehnung und Lage der Überflutungsflächen

Während am 29.6.2011 gerade einmal 0,6 % von Wasser bedeckt waren (in Bezug auf die Summe aller Schwerpunktflächen), nimmt die Wasserfläche am 27.7.2011 8,79 % ein (vgl. Tabelle 1). Allerdings sind hier auch Teiche, Sölle, Sümpfe etc. eingeschlossen. Die effektive Überflutungsfläche außerhalb dieser hydrologisch geprägten Landnutzungsklassen beträgt 4,95 km², was einem prozentualen Anteil von 7,38 % an der gesamten Untersuchungsfläche entspricht. Die Ausdehnung der unbereinigten Wasserfläche aus den Satellitendaten und der effektiven Überflutungsfläche ist in den meisten Schwerpunktflächen ähnlich (bzw. identisch in UG 5). Folgende Ausführungen beziehen sich auf die effektive Überflutungsfläche (A_{UE}).

Die größten Zunahmen der identifizierten Wasserfläche sind in den drei nordöstlichen Schwerpunktgebieten festzustellen. Im UG 5, in welchem die Nutzungsklassen Wald und Grünland vorherrschen, beträgt der Anteil der Wasserfläche am 27.7.2011 24 % gegenüber 0,48 % am 29.6.2011. Ähnlich deutlich fällt der Unterschied im Gebiet 4 aus, wo nach der ersten Niederschlagsphase über 17 % überflutet sind, während es Ende Juni nur 0,05 % waren. Die Schwerpunktflächen 2 und 6 werden jeweils von Fließgewässern (UG2: Beke, UG6: Wallbach) durchflossen, entlang derer sich Überschwemmungsflächen ausdehnen. Auch dort sind fünf Tage nach dem schweren Starkregen am 22.7.2011 beträchtliche Areale überflutet.

Tabelle 1: Flächenstatistik aller wasserbedeckten Flächen in den einzelnen U-Gebieten. A_W : wasserbedeckte Fläche; A_{UE} : wasserbedeckte Fläche außerhalb hydrologisch geprägter Landnutzungsklassen (= effektive Überflutungsfläche).

U-Gebiete	A_W [m ²] 29.6.2011	A_W [m ²] 27.7.2011	A_{UE} [m ²] 27.7.2011	A_W [%] 29.6.2011	A_W [%] 27.7.2011	A_{UE} [%] 27.7.2011
UG1	332.646	2.505.984	1.616.023	1,08	8,16	5,26
UG2	53.125	639.870	626.232	0,32	3,89	3,81
UG3	6.200	268.645	261.330	0,3	13,15	12,79
UG4	2.501	884.883	855.098	0,05	18,21	17,6
UG5	19.050	959.442	959.442	0,48	24	24
UG6	3.000	633.040	629.034	0,03	7,05	7,01

4.2 Landnutzungsarten der überfluteten Gebiete

Der bei weitem größte Teil der zu beobachteten Überschwemmungen ist auf Grünlandflächen zu verzeichnen. In den sechs untersuchten Gebieten waren zum Zeitpunkt der Aufnahme am 27.07.2011 17 % der Grünlandflächen überschwemmt, was einer Fläche von 4,58 km² entspricht. Davon liegen etwa 1/3 der Grünlandflächen im UG 1. In den Schwerpunktgebieten 2 und 6 handelt es sich dabei vor allem um die Auen entlang der Fließgewässer. Die Landnutzungen „Ackerland“ und „Wald“ sind mit 0,15 km² bzw. 0,13 km² in etwa im gleichen Ausmaß betroffen. Bei optischer Fernerkundung ist hier zu berücksichtigen, dass Überschwemmungen bei dichter Bewaldung nicht vollständig erfasst werden können.

In allen Untersuchungsgebieten befinden sich insgesamt 1.916 m² überschwemmte Bereiche, die den Nutzungsklassen „Wohnbaufläche“ oder „Industrie und Gewerbe“ zugeordnet sind. Davon sind keine Gebäude, sondern Gärten oder mit Bäumen bestandene Areale betroffen. Weiterhin sind 2.263 m² einer Kleingartenanlage (ATKIS-Klasse „Fläche besonderer funktionaler Prägung“) südwestlich von Graal-Müritz (UG 4) überflutet. Zwei kleinere Wasserflächen (insgesamt 650 m²) wurden zudem auf einer Gartenanlage im Norden von Bad Doberan (UG 1) erfasst. In beiden Fällen verläuft ein kleines Fließgewässer (Breite < 3 m) in unmittelbarer Nähe.

4.3 Detailbetrachtung Schwerpunktfäche 2

Für das UG 2 werden im Folgenden hydrologische Unterschiede, zwischen beiden Aufnahmezeitpunkten der Satellitendaten, etwas präziser hervorgehoben (vgl. Abb. 3). Zum einen ist das UG 2 im Kontext von KOGGE von Bedeutung, da sich die Überschwemmungsbereiche entlang eines Fließgewässers befinden. Zum anderen ist an der Beke ein Messpegel installiert, der zumindest in unmittelbarer Umgebung eine visuelle Überprüfung der abgeleiteten Wasserspiegelfläche ermöglicht.

Zum Zeitpunkt der ersten vorliegenden Aufnahme im Juni (d. h. während normalen hydrologischen Bedingungen) sind im Gebiet 53.125 m² mit Wasser bedeckt. Hinter dieser Zahl verbergen sich zwei größere stehende Gewässer und mehrere Sölle oder wassergefüllte, abflusslose Senken. Am 27.7.2011 übersteigt die effektive Überflutungsfläche diesen Wert um das 12-fache. Die überschwemmten Flächen sind hier hauptsächlich entlang der Beke anzutreffen. 0,57 km² Überflutungsfläche (das entspricht ca. 90 % des A_{ÜE}-Wertes im UG 2) stehen mit dem Gerinne der Beke in Verbindung.

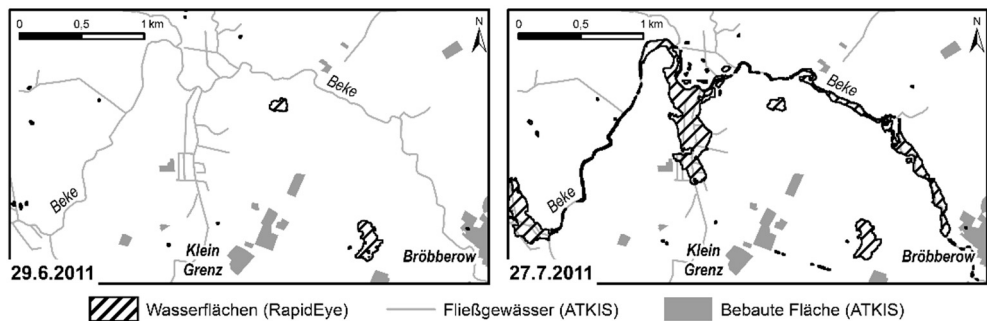


Abb. 3: Detailbetrachtung Schwerpunktfäche 2 (Quelle: eigene Abbildung mit ATKIS als Datengrundlage. Wasserspiegelflächen abgeleitet aus RapidEye-Aufnahmen).

In Abbildung 3 (27.7.2011) können im südwestlichen und zentralen Bildabschnitt ausgedehnte Wasserflächen erkannt werden. Sie befinden sich jeweils an den Mündungspunkten mehrerer kleiner Entwässerungsgräben in die Beke. Dagegen zeichnen sich im östlichen Bildabschnitt Überschwemmungen nur in den unmittelbar angrenzenden Auengebieten des Flusses ab. Die Fernerkundungsdaten weisen zudem darauf hin, dass die Wasserspiegelfläche der Beke auch in ihrem Gewässerbett eine größere Ausdehnung hatte. Denn zwischen den

ausgeprägten Überflutungsflächen war die Wasserfläche im Gerinne am 27.07.2011 ausreichend groß (im Vergleich zur Ausdehnung Ende Juni), um sie in den RapidEye-Aufnahmen identifizieren zu können.

Wie bereits in Abschnitt 4.2 festgestellt, entfällt auch im UG 2 die größte Überschwemmungsfläche auf die Landnutzungsklasse „Grünland“ (0,48 km²). Siedlungen, Kleingartenanlagen etc. sind nicht betroffen. Vor allem im südwestlichen Bildausschnitt sind Ackerflächen überflutet (0,14 km²). Waldflächen (0,07 km²) sind in geringerem Ausmaß beeinträchtigt. Des Weiteren befinden sich etwa 45 % der effektiven Überflutungsfläche in morphologischen Senken. Dies trifft zum Großteil auf die beiden ausgedehnten überschwemmten Bereiche sowie partiell auf das Gerinne der Beke zu. Dieser morphologische Faktor wird im folgenden Abschnitt näher beleuchtet.

4.4 DGM-Analyse

Überschwemmte Bereiche befinden sich vorrangig in Mulden, wobei sich die mittlere Tiefe dieser Senken, in den einzelnen Untersuchungsgebieten, zum Teil signifikant unterscheidet (vgl. Abb. 4). Fast 92 % der als Wasserflächen identifizierten Gebiete können morphologischen Depressionen zugeordnet werden. Dazu gehören auch einige Abschnitte der Auen entlang des Wallbachs und der Beke. Teilweise treten jedoch auch 5 Tage nach dem starken Regenereignis noch Überflutungserscheinungen außerhalb von Hohlformen auf (insbesondere im UG 2). Demgegenüber liegen im UG 3 nahezu 100 % der Überschwemmungsbereiche in Geländesenken, 90 % davon sogar unterhalb des Meeresspiegels. Diese Areale weisen daher eine besonders hohe Anfälligkeit gegenüber Hochwasser auf. Im UG 3 ist zudem die Standardabweichung der mittleren Senken-Tiefe am geringsten. Die tiefsten Hohlformen (im Mittel ca. 3,7 m) befinden sich im Schwerpunktgebiet 1, wo zugleich auch recht ausgedehnte Geländedepressionen vorkommen und als Wasserspeicher fungieren. Ein kurzer Abschnitt entlang des Wallbachs (UG 6) besitzt ebenfalls negative Höhenwerte. Das Untersuchungsgebiet 2, welches am weitesten von der Ostsee entfernt liegt, ist überwiegend durch flache Senken geprägt. Ähnlich flache, geflutete Hohlformen sind auch im Schwerpunktgebiet 5 festzustellen.

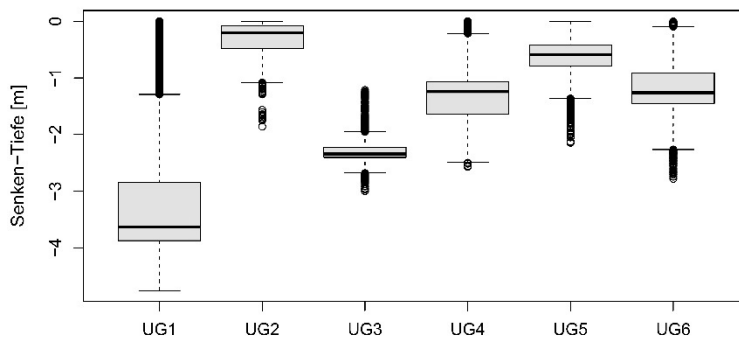


Abb. 4: Boxplot für Senken-Tiefen in den einzelnen U-Gebieten. Es werden nur Senken berücksichtigt, welche sich mit W_{UE} überlagern (Quelle: eigene Abbildung mit DGM5 als Datengrundlage).

5 Diskussion

Zunächst bleibt festzuhalten, dass fünf Tage nach den maximalen Niederschlagsintensitäten keine urbanen Hochwasser-Hotspots (z. B. Evershagen) mehr identifiziert werden können. Die großflächigen Überflutungen im Raum Rostock sind in ländlichen Geländedepressionen zu beobachten. Dies gilt auch für die überschwemmten Auen entlang von Beke und Wallbach, welche z. T. ebenfalls Hohlformen markieren und das Wasser am schnellen Abfluss hindern. Bereits die Hochwasserdokumentation des LUNG (2013, 16) vermerkt diesen lang anhaltenden Effekt der Muldenspeicherung (v. a. im UG 1, wo die Hohlformen am tiefsten sind), welcher mittels der Satellitenaufnahmen deutlich wird. In diesem Zusammenhang ist das UG 3 hervorzuheben, wo nahezu die gesamte Hochwasserfläche negative Höhenwerte aufweist. Im Geländemodell fällt auf, dass sich diese Zone in einem reliktschen Flussbett der Warnow befindet, was den dort vorkommenden tiefen Geländeerschnitt erklärt. Zudem tritt in diesen Gebieten unterhalb des Meeresspiegels (auch in UG 6) bereits bei hohen Grundwasserpegeln der Hochwasserfall ein.

Der Effekt der Muldenspeicherung ist im UG 2 weniger stark ausgeprägt. Da die Senken dort relativ flach sind und offensichtlich Abflusspfade zum Vorfluter fehlen, tritt das Wasser aus den Hohlformen aus und überflutet benachbarte Flächen. Auf den Schwerpunktflecken 4 und 5 fehlen natürliche Fließgewässer im Bereich der überschwemmten Flächen – jedoch ist dort ein z. T. dichtes Netz von Entwässerungsgräben vorhanden. Offensichtlich konnten diese Gräben nicht für einen mittelfristigen Abfluss sorgen, was möglicherweise auf Engstellen im Entwässerungssystem (Durchlässe, Rohrleitungen) hindeutet (LUNG 2013, 17). Da es sich bei diesen Flächen in erster Linie um Grünlandflächen handelt, liegt die Vermutung nahe, dass diese Zielscheibe wiederkehrender Überschwemmungen sind, was durch wiederholte Fernerkundungsanalysen deutlich werden könnte. Grünlandnutzung bietet sicher das geringste Schadenspotenzial aller vorliegenden Landnutzungen, doch auch der Ausfall von Heu stellt eine finanzielle Belastung dar. Zudem muss davon ausgegangen werden, dass die Gewässerflächen unmittelbar nach dem Starkregen eine noch größere Ausdehnung hatten (MIEGEL 2011, 162).

Die Wolkenlücken zum Aufnahmezeitpunkt der Satellitendaten ermöglichen die Durchführung der vorgestellten optischen Analysen in einem Großteil der Satellitenszenen. In Überschwemmungssituationen ist die räumliche Auflösung der RapidEye-Daten hoch genug um kleinere Fließgewässer identifizieren zu können. Bezüglich der Erfassung von Wasserflächen stellen unter Umständen Radaraufnahmen jedoch eine geeignetere Datengrundlage dar. Diese bieten auch nachts und unabhängig von der Wolkenbedeckung die Möglichkeit zur Detektion von Wasserflächen. Darüber hinaus können mit Radardaten Überschwemmungsbereiche in Waldgebieten mit höherer Zuverlässigkeit erfasst werden (JOYCE et al. 2009, 194 f.; DANZEGLOCKE 2014, 50).

6 Schlussfolgerung und Ausblick

Hochauflösende, multitemporale Satellitenaufnahmen wie die der RapidEye-Konstellation, stellen eine gute Möglichkeit dar, überflutete Flächen zu identifizieren und damit den Einflussbereich der Überschwemmung zu verifizieren. In der vorliegenden Arbeit konnten bis-

herige Beurteilungen des Hochwassers 2011 weitgehend untermauert werden. Bereits Kleinformen (Sölle, Teiche) können hier detektiert werden. Dies ermöglicht eine regionale Bewertung der tatsächlichen Hochwasserretention, v. a. in abgelegenen Gegenden. Mittels Integration weiterer Geodaten sind zudem quantitative morphologische und flächennutzungsbezogene Auswertungen möglich – sofern Datensätze von vergleichbaren Zeitpunkten vorliegen. Weiterführende Studien könnten zusätzliche Flächeneigenschaften (z. B. Bodenfeuchte, Schöpfwerksflächen) berücksichtigen. Außerdem sind Ableitungen von Gefahren- oder Schadenskarten, sowie die Bewertung von Entwicklungsmaßnahmen denkbar. Zudem würden höchstauflösende Datensätze die quantitative Analyse noch optimieren und auch kleinsten Fließgewässern (zwischen 1 und 3 m Breite) könnte dann eine größere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Literatur

- AFGVK – Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen (2010), Digitales Geländemodell (DGM) 5 m.
- AFGVK – Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen (2011), ATKIS Basis-DLM.
- BIOTA – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH (Hrsg.) (2011), Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos im Rahmen der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie für das Land Mecklenburg-Vorpommern.
- BIOTA – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH (Hrsg.) (2013), Integriertes Entwässerungskonzept (INTEK). Fachkonzept zur Anpassung der Entwässerungssysteme an die Urbanisierung und den Klimawandel.
- BLACKBRIDGE (2015), Satellite Imagery Product Specifications.
http://blackbridge.com/rapideye/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf
(23.01.2016).
- DANZEGLOCKE, J. (2014), Hochwasserkatastrophen – Unterstützung aus dem All. zfv, 139 (1). doi:10.12902/zfv-0012-2014.
- DWD (2015), Archiv Monats- und Tageswerte.
<http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html?nn=16102> (18.01.2016).
- IPCC (2014), 5. Sachstandsbericht des IPCC. Teilbericht 2 (Folgen, Anpassung, Verwundbarkeit). Deutsche Kurzfassung, Bundesumweltministerium.
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/ipcc_sachstandsbericht_5_teil_1_bf.pdf (21.03.2016).
- JOYCE, K. E., BELLIS, S. E., SAMSONOV, S. V., MCNEILL, S. J. & GLASSEY, P. J. (2009), A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. *Progress in Physical Geography*, 33 (2), 183-207.
doi: 10.1177/0309133309339563.
- KLEMENJAK, S., WASKE, B., VALERO, S. & CHANUSSOT, J. (2012), Unsupervised River Detection in RapidEye Data. *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International*, 6860-6863.
- LUNG – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (2005), Böden in Mecklenburg-Vorpommern. Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung. 2. Auflage. Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern.

- LUNG – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.) (2013), Das Sommerhochwasser 2011 in Mecklenburg-Vorpommern. Dokumentation und Auswertung. Materialien zur Umwelt 2013, Heft 2.
- MEINEL, G., SCHUMACHER, U. & GÖSSEL, J. (2003), Analyse der Hochwasserkatastrophe vom Sommer 2002 für die Stadtfläche Dresdens auf Basis von GIS und Fernerkundung. In: SCHRENK, M. (Ed.), CORP 2003 – Computergestützte Raumplanung. Beiträge zum 8. Internationalen Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Planung, 109-116.
- MIEGEL, K. (2011), Niederschlagsereignisse in Mecklenburg-Vorpommern im Sommer 2011. In: ECKSTÄDT, H. (Hrsg.), 8. Rostocker Abwassertagung. Erhöhung der Effektivität von Abwasserentsorgungsanlagen. Tagungsband vom 10. und 11. November 2011 an der Universität Rostock, 147-166.
- TAUBENBÖCK, H., WURM, M., KLEIN, I. & ESCH, T. (2011), Verwundbarkeitsanalyse urbaner Räume: Ableitung von Indikatoren aus multisensoralen Fernerkundungsdaten. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V. V. & ZEILE, P. (Eds.), Change for stability. Lifecycles of cities and regions. The role and possibilities of foresighted planning in transformation processes. Tagungsband CORPS 2011, 1107-1118.
- WMS ORKA.MV (o. J.), ORKa.MV Web Map Service (WMS).
<http://www.orka-mv.de/nutzung.html> (22.03.2016).