

Bericht UAS-Bildflüge 2017 für Makrophytenmonitoring Unterelbe
Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde

STZ Geoinformatik Rostock
Dr.-Ing. Görres Grenzdörffer und Dipl.Ing. (FH) Matthias Naumann



Inhaltsverzeichnis

1 Planung, Durchführung und photogrammetrische Auswertung und Entzerrung eines Bildflugs der drei Standorte Bielenberg, Hollerwettern und Schwarztonnensand)	3
1.1 Informationen zu den Bildflügen.....	3
1.2 Photogrammetrische Auswertung und Genauigkeit.....	6
1.3 Ergebnisse Digitale Oberflächenmodelle und Orthophotomosaik	6
1.4 Ergebnis Multispektraldatensatz Bielenberg	6
1.5 Ergebnisse: Vegetationsindex VARI.....	9
2 Vergleich der Digitalen Oberflächenmodelle aus Befliegungskampagnen der vergangenen Jahre	14
2.1 Hollerwettern	14
2.2 Bielenberg.....	18
2.3 Schwarztonnensand	21
2.4 Fazit aus dem Vergleich.....	26

1 Planung, Durchführung und photogrammetrische Auswertung und Entzerrung eines Bildflugs der drei Standorte Bielenberg, Hollerwettern und Schwarztonnensand)

Gemäß Planfeststellungsbeschluss (PFB) der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord (seit 01.05.2013 Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt -Standort Kiel-) vom 23. April 2012 hat sich das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Hamburg als Träger des Vorhabend (TdV), gemäß Anlage 1 Ziffer 4.2, verpflichtet, jeweils 3 Messstellen in Niedersachsen und Schleswig-Holstein im Bereich der Trübungszone in Ergänzung der WRRL-Monitoringsaktivitäten Makrophyten jährlich bis 12 Jahre nach Ausbau zu untersuchen. Des Weiteren sind, gemäß Anlage 1 Pkt. 4.2 des PFB, drei exponierte Standorte von Makrophyten hinsichtlich Veränderungen durch Wellenschlag zu untersuchen. Aus diesem Grund wurden am 09. und 10. August 2017 sowie am 25. September drei vorab ausgewählte Makrophytenstandorte mittels Unmanned Aircraft System (UAS), umgangssprachlich „Drohne“, erneut beflogen.



Abbildung 1: Lage der Standorte

Schwerpunkte dieses Berichts liegen einerseits in der Dokumentation der durchgeführten UAS Befliegungen und andererseits in dem Vergleich der Wattflächen und der Veränderung der Vegetationsgrenze zur Elbe über die letzten drei Jahre hinweg. Zusätzlich wurde in diesem Jahr der Standort Bielenberg mit einer vierkanaligen Multispektralkamera beflogen, mit der sich die Vegetation sehr gut differenzieren lässt. Durch den Sonnenlichtsensor werden Beleuchtungsunterschiede während eines Bildfluges ausgeglichen und die aufgezeichneten Grauwerte in Reflektanzen umgerechnet. Diese Daten lassen

1.1 Informationen zu den Bildflügen

Der UAS Bildflug des Standorts Schwarztonnensand erfolgte am 9.8.2017 im Zeitraum vom 11:20 – 11:35 Uhr bei leicht bewölktem Wetter. Um zur Elbinsel Schwarztonnensand zu ge-

langen wurde vom WSA Hamburg ein Schiff zur Verfügung gestellt. Niedrigwasser war an diesem Tag 12:11 CEST, 0.67 Meter, Station Kollmar¹. Der Standort Hollerwettern wurde am darauf folgenden Tag, 10.08.17 im Zeitraum von 10:00 – 10:15 Uhr beflogen (Station Brokdorf, Niedrigwasser 12:05 CEST, 0.64 Meter). Der Standort Bielenberg konnte leider nicht, wie geplant am 12.8. beflogen werden, da uns das Wetter mit viel Wind und Regen einen Strich durch die Rechnung machte. Aufgrund der Witterungseinschränkungen (Wind, Regen, Tideverhältnisse) und anderen terminlichen Gründen ergab sich erst am 25.9. wieder ein optimales Zeitfenster, das für eine Befliegung genutzt werden konnte. Die Befliegung in Bielenberg wurde in zwei Durchgängen durchgeführt. Zuerst mit einem Multicopter (13:15 – 13:30) zur Erstellung der RGB-Aufnahmen und dem digitalen Oberflächenmodell und im Anschluss mit einem Flächenflügler (Ebee+) (13:40 – 13:55) und einer Multispektralkamera. Niedrigwasser (Station Glücksburg) war an diesem Tag um 13:46, 0,72 m.

Wie im Jahr zuvor wurde als UAS ein Falcon 8 Trinity mit Sony Alpha 7R Kamera und 36 MPix eingesetzt, und somit eine Bodenauflösung von 1.1 cm / Pixel realisiert. Am Standort Bielenberg kam ergänzend der Ebee+ mit dem Multispektralsensor Sequoia zum Einsatz. Die räumliche Auflösung des Multispektralsensors betrug ca. 7 cm

Tabelle 1 gibt eine Übersicht verschiedener Parameter der realisierten Befliegungen mit dem Multicopter Falcon 8 und die Abbildungen 2 – 7 geben eine graphische Übersicht der Orthobilder und der abgeleiteten Oberflächenmodelle. Auf den Flug mit der Multispektralkamera wird in Abschnitt 1.4 gesondert eingegangen.

Tabelle 1: Ausgewählte Parameter der photogrammetrischen UAS Bildflüge August/ September 2017

	Schwarztonnensand	Hollerwettern	Bielenberg
Datum / Uhrzeit	9.8.17 /11:20 – 11:35	10.8.17 /12:00 – 12:15	25.9.17 /12:00 – 12:15
Wetter	Sonnig / leicht bewölkt	Vorwiegend sonnig	Wechselnd bewölkt
Wind	Mäßig, 3 Bft (ca. 4 m/s)	Gering, 2 Bft (ca. 2 m/s)	Mäßig, 3-4 Bft (ca. 5 - 6 m/s)
Anzahl Bilder	151	168	159
Flughöhe	89 m	91 m	92 m
Bodenauflösung	1.12 cm	1.13 cm	1.13 cm
Abgedeckte Fläche	6.9 ha	8.3 ha	7,8 ha
Anzahl Passpunkte	14	17	11
Lage- /Höhengenauigkeit Passpunkte	3 cm / 2,9 cm	2,56 cm / 2,1 cm	1,81 cm / 2,1 cm
Punktwolke	32.554.924 Punkte	36.154.230 Punkte	32.056.780 Punkte
Punktdichte	506 Punkte / m ²	468 Punkte / m ²	486 Punkte / m ²
Größe Orthomosaik	35.168 x 29.552 Pixel	41,327 x 31,180 Pixel	33,683 x 30,923 Pixel

¹ www.gezeiten-kalender.de



Abbildung 2: Orthomosaik Schwarztannensand

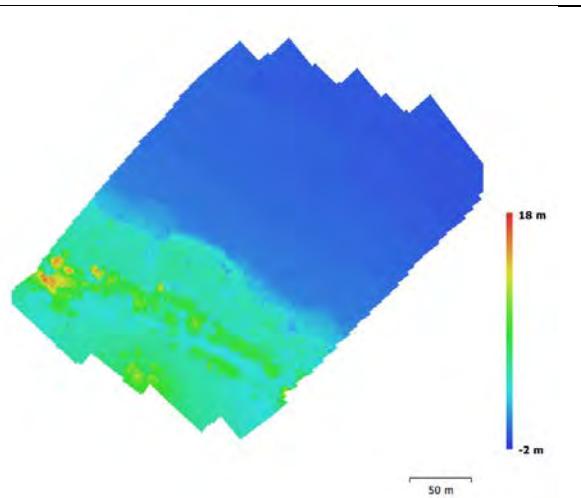


Abbildung 3: DOM Schwarztannensand



Abbildung 4: Orthomosaik Hollerwettern

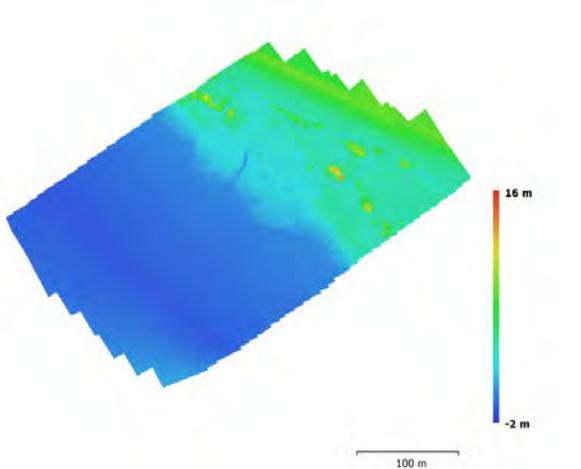


Abbildung 5: DOM Hollerwettern



Abbildung 6: Orthomosaik Bielenberg

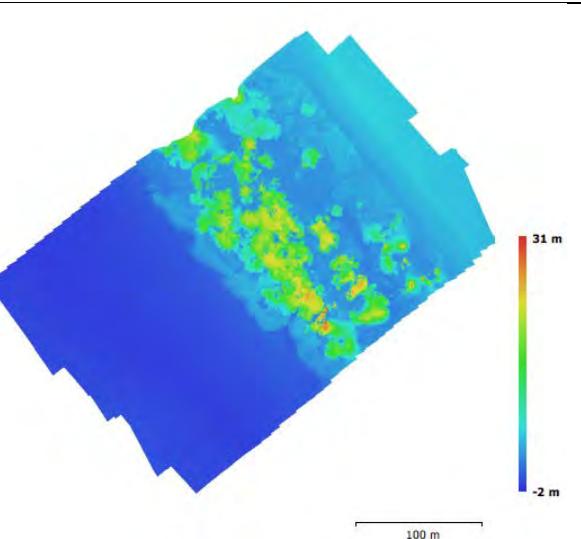


Abbildung 7: DOM Bielenberg

1.2 Photogrammetrische Auswertung und Genauigkeit

Die drei Bildverbände des Multicopters wurden mit der Software Photoscan Professional Vers. 1.3.2, der Firma Agisoft ausgewertet. Der Lagebezug der Daten bezieht sich auf das amtliche System ETRS 89 / UTM, Streifen 32. Gemäß den Qualitätskriterien für UAS Befliegungen und Digitale Orthophotos entsprechen die erzielten Genauigkeiten an den Passpunkten den vorgegebenen Normen, da an den Passpunkt eine Genauigkeit von ca. 1 – 3 cm erreicht werden konnte.

1.3 Ergebnisse Digitale Oberflächenmodelle und Orthophotomosaik

Die aus den Befliegungsdaten gewonnenen digitalen Oberflächenmodelle waren Grundlage für die anschließende Orthobilderzeugung. Die Bodenauflösung des Mosaiks beträgt etwa 1.1 cm pro Pixel. Zur Mosaikierung der einzelnen Bilder wurden vollautomatisiert so genannte „Cut lines“ definiert, welche die Schnittlinie zweier sich überlappender Bilder definiert. Aufgrund der wechselnden Witterungsbedingungen während der Bildflüge ergeben sich immer gewisse Farbunterschiede zwischen den Bildern, die aber kaum sichtbar sind, sobald man näher herein zoomt. Als Ausgabeformate der Daten wurden *.tif-Dateien erzeugt.

Die Luftbilder stimmen mit den bisherigen Befliegungen der Jahre 2014 bis 2016 geometrisch gut überein und können somit in den Datenpool des WSA Hamburg überführt werden.

1.4 Ergebnis Multispektraldatensatz Bielenberg

Zum Zeitpunkt der Befliegung mit der Ebee+ herrschte ein lebhafter ablandiger Wind aus nordöstlichen Richtungen mit einer Stärke von ca. 6 m/s. Zugleich wechselten während des Bildfluges die Beleuchtungsbedingungen zwischen sonnigen und schattigen Bedingungen. Während der ersten Flugstreifen verdeckten Wolken die Sonne. Anschließend wurde es sonniger. Leider ließ der enge Zeitplan (Niedrigwasser) und das Wetter keine Verschiebung der Befliegung zu.

Da die Längs- und Querüberlappung von Flächenflüglern, durch ihre Windanfälligkeit nicht genau prognostiziert ist, wurde eine Längs- und Querüberlappung von 80 % gewählt. Der Wind (Stärke und Richtung) führte dazu, dass bei den Streifen mit Rückenwind nur etwa jedes dritte geplante Bild realisiert wurde. Bei den Flugstreifen gegen den Wind konnte die Mission wie geplant umgesetzt werden. In der Summe wurden 156 Aufnahmen bei dem Bildflug erzeugt.

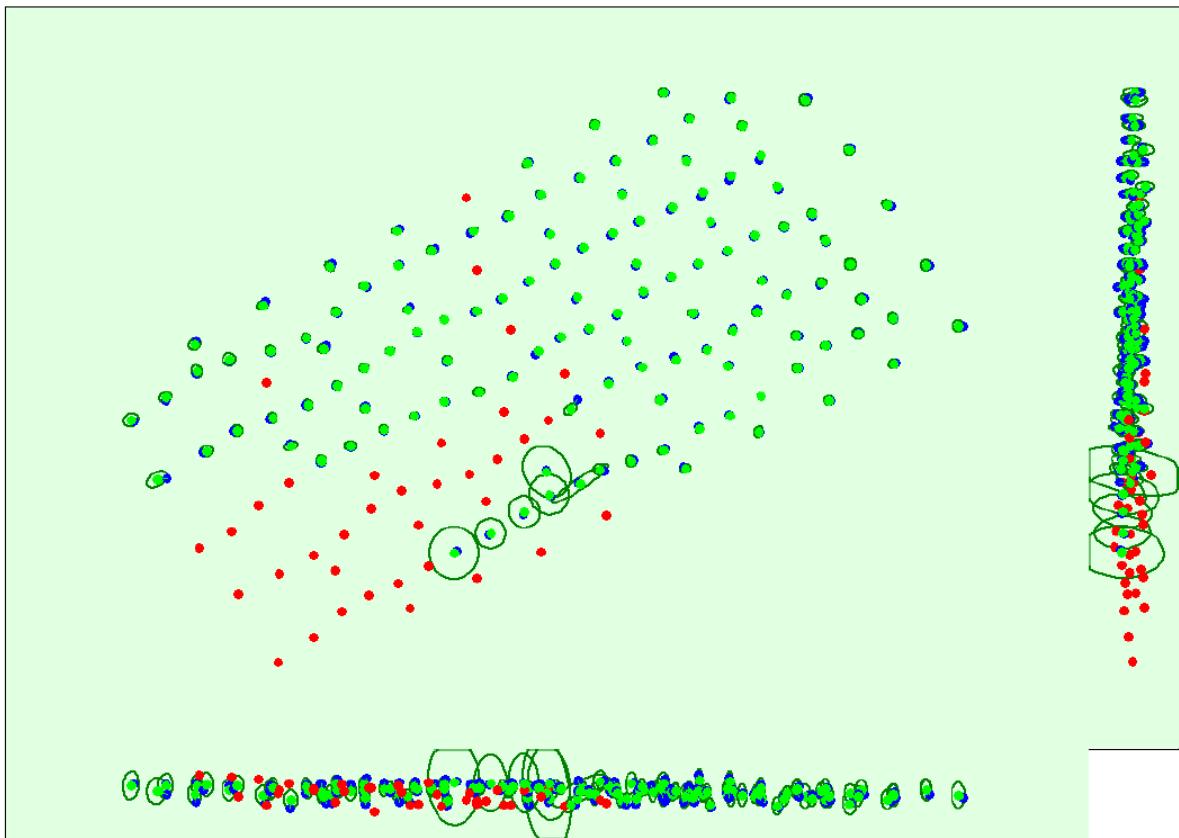


Abbildung 8: Überblick über die mit Pix4D prozessierten Bilder des multispektralen Bildverbands Bildenberg. Die rot dargestellten Bild konnten nicht ausgewertet werden.

Die Software Pix4D, die als zurzeit einzige die spektralen Referenzdaten des Multispektralsensors prozessieren kann, war leider nicht in der Lage alle Bilder verknüpfen, wie der obigen Graphik (zu entnehmen ist. Gleichwohl konnte für den größten Teil des Untersuchungsgebiets ein multispektrales Orthophoto erzeugt werden, siehe Abbildung 9.

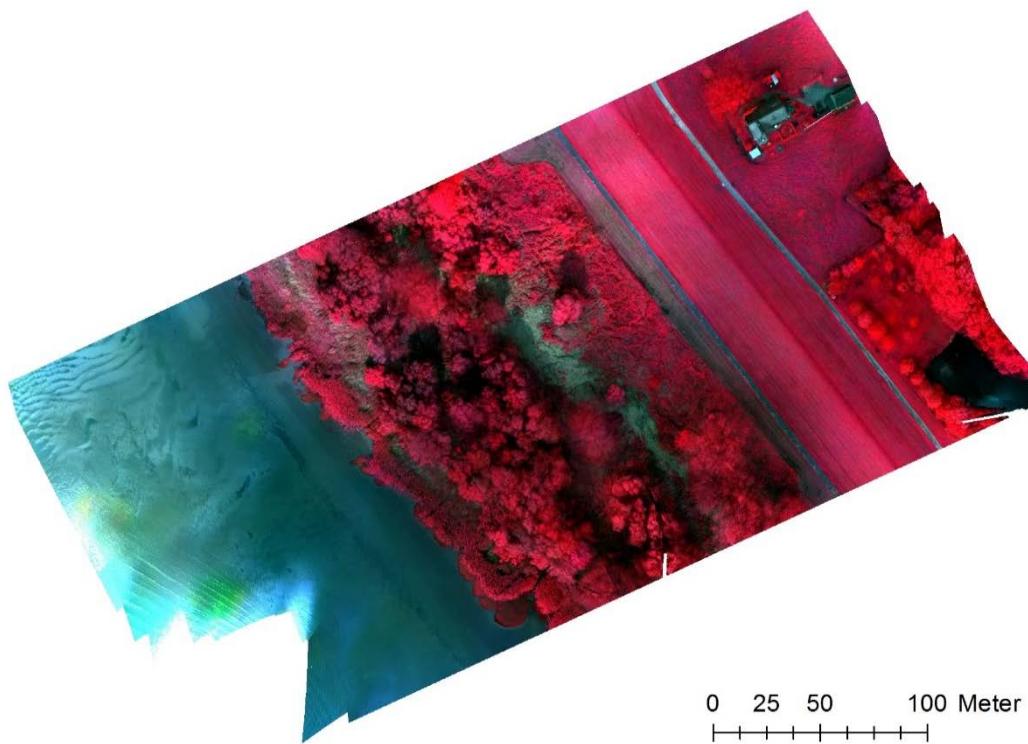


Abbildung 9: NIR-Farbkomposit der Multispektralbefliegung mit dem Sequoia-Sensor, Auswertung mit Pix4Dmapper

Die Software Agisoft Photoscan Professional hingegen hatte keine Probleme bei der photogrammetrischen Prozessierung, konnte aber die spektralen Korrekturdaten des Sonnenlichtsensors nicht verarbeiten, so dass ein Teil des Bildes überbelichtet ist und ein anderer eher unterbelichtet. Das zeigt zugleich, dass die Sonnenlichtkorrektur prinzipiell funktioniert und gerade bei wechselnden Beleuchtungsverhältnissen zu besseren Ergebnissen führt.

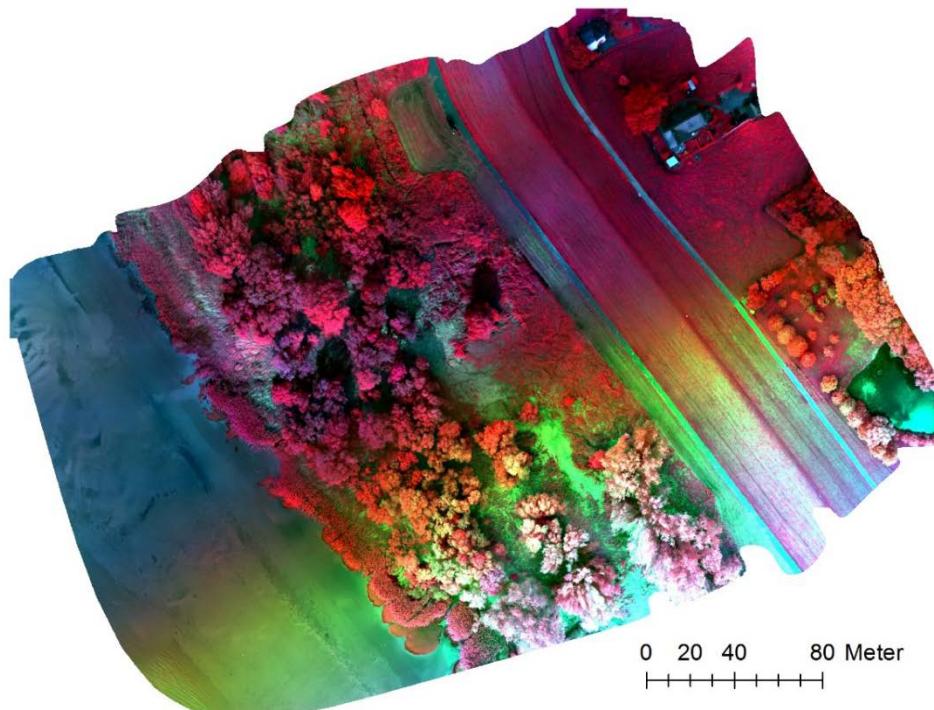


Abbildung 10: Multispektraldatensatz Bielenberg - Photogrammetrische Prozessierung mit der Software Photoscan Professional ohne Sonnenlichtsensorkorrektur

1.5 Ergebnisse: Vegetationsindex VARI

Aus Farbluftbildern können auch Vegetationsindizes zur Differenzierung verschiedener Vegetationsarten abgeleitet werden, die die Interpretation durch einen Landschaftsökologen wesentlich erleichtern können. Der VARI Index (Visible Atmospherically Resistant Index), Gitelson et al., 2002, hat sich dabei als besonders geeignet herausgestellt. Die Formel zur Berechnung des VARI lautet:

$$VARI = \frac{G-R}{G+R-B}$$

Bräunliche Farbtöne verweisen auf das vegetationslose Watt bzw. die seneszenten Pflanzen. Rasen und photosynthetisch aktive Bäume, Sträucher und Schilfbereiche sowie Schlagschatten sind grünlichen Farbklassen dargestellt. Abbildung 10 – 12 zeigen die Indexbilder der verschiedenen Standorte.

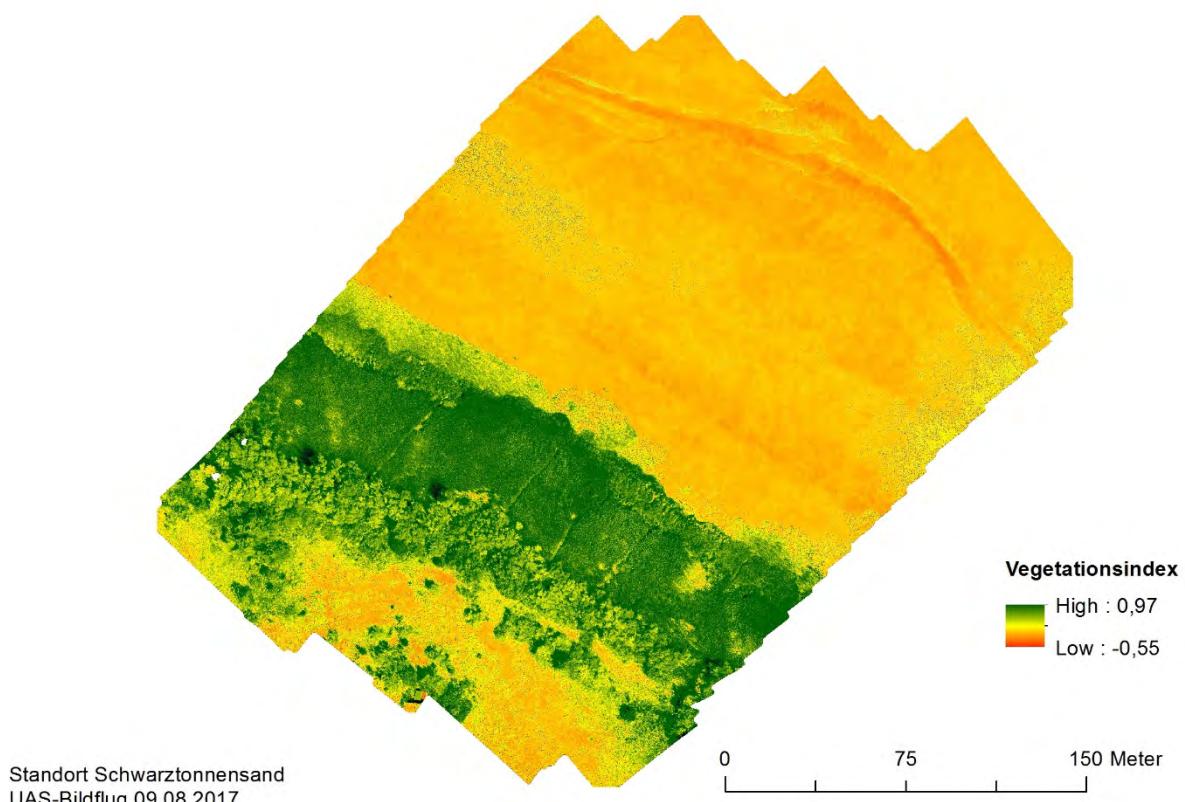


Abbildung 11: VARI Index Standort Schwarztonnensand, Bildflug 9.8.2017

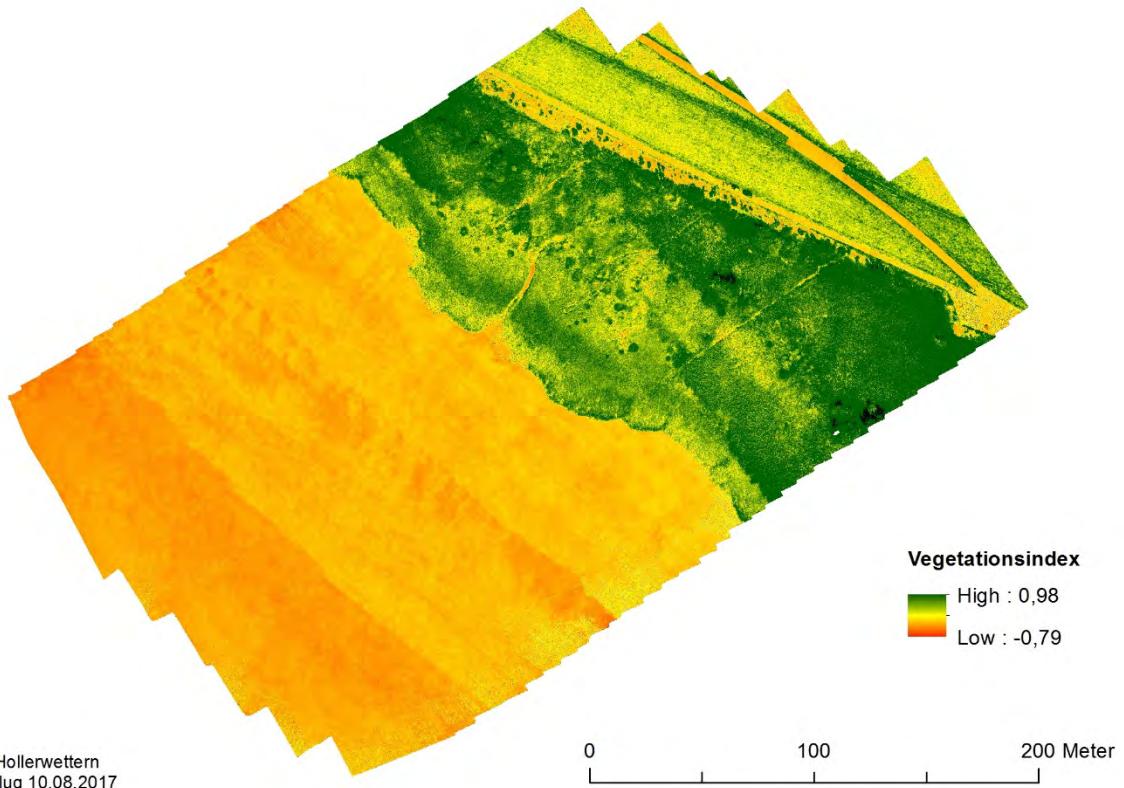


Abbildung 12: VARI Index Standort Hollerwettern, Bildflug 10.8.2017

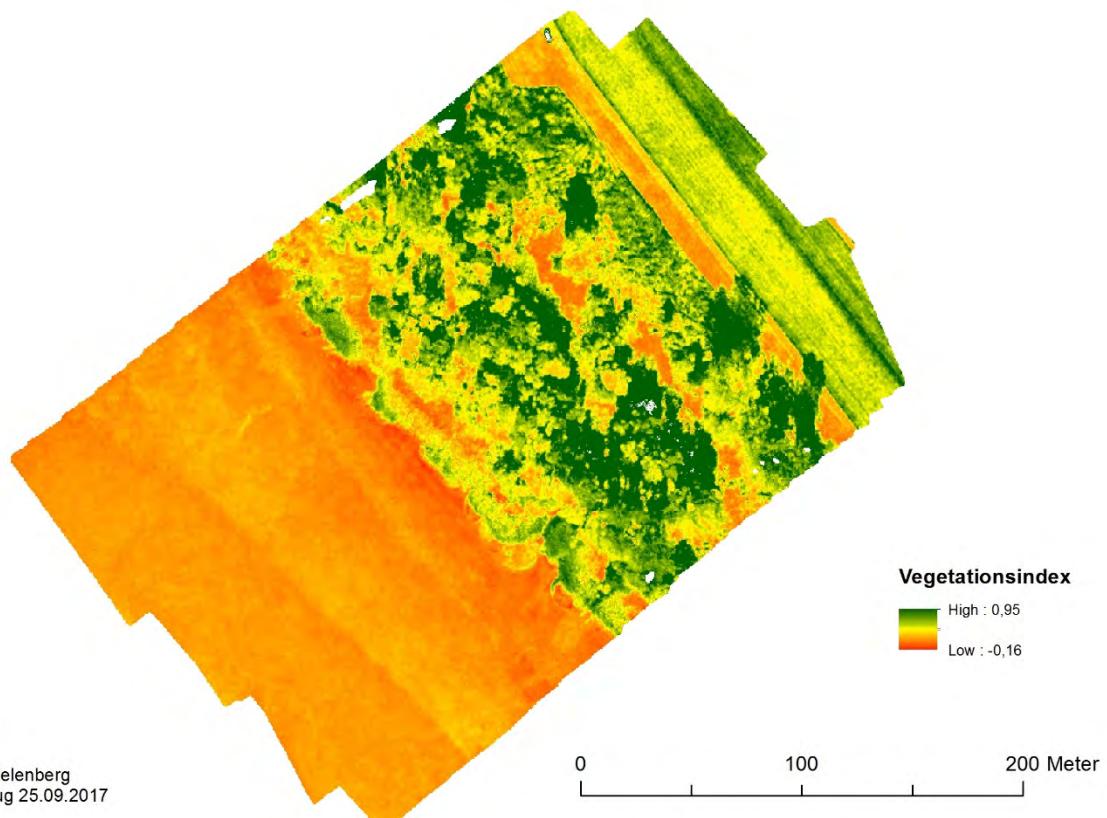


Abbildung 13: VARI Index Standort Bielenberg, Bildflug 25.9.2017

Für den Standort Bielenberg wurde zusätzlich mit der multispektralen Kamera Aufnahmen gemacht, die auch den nahinfraroten Wellenlängenbereich mit abtasten. Dadurch lässt sich auch der weithin genutzte normalisierte Differenzvegetationsindex NDVI berechnen, Abbildung 14. Die Formel zur Berechnung des NDVI lautet:

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$$

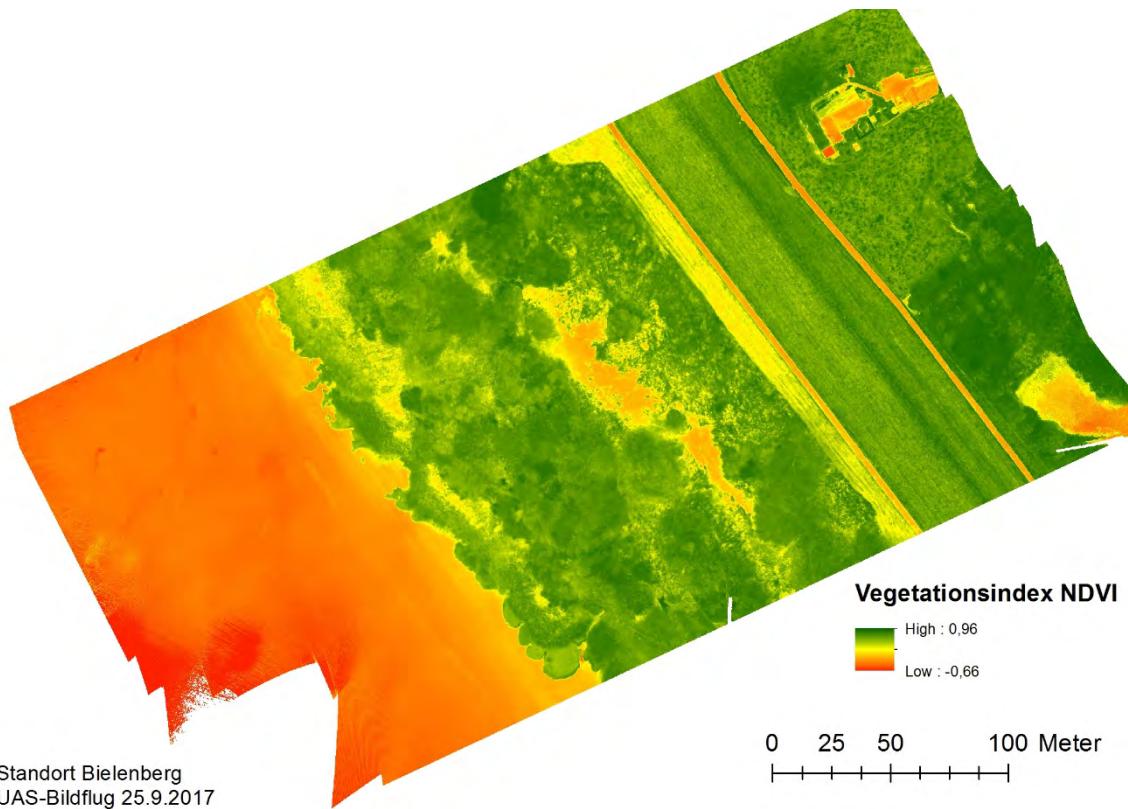


Abbildung 14: NDVI - Berechnet auf der Grundlage der Multispektralkamera Sequoia am 25.9.2017 (GSD 7 cm)

Es stellt sich nun die Frage inwieweit die beiden Vegetationsindices übereinstimmen, bzw. ähnliche bzw. vergleichbare Informationen zur Vegetation und deren Vitalität liefern. Bei dem nachfolgenden Vergleich ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei dem Flug mit dem RGB-Sensor durchwegs sonniges Wetter vorherrschte. Bei dem Multispektralflug jedoch nur teilweise. Rein visuell fällt auf, dass insbesondere im Bereich der Bäume der VARI ein sehr viel differenzierteres Bild erzeugt, bei dem das Spiel von Licht und Schatten innerhalb und zwischen den Bäumen gut zu erkennen ist. Nun hat das leider nichts mit Unterschieden der Pflanzenvitalität zu tun. Vielmehr wirkt sich die Beleuchtung und deren Einfluss auf den unkalibrierten RGB-Sensor aus. Deshalb ist erst einmal festzuhalten, dass das NDVI-Bild des Sequoia Sensors in dieser Hinsicht wesentlich besser ist und auch für zukünftige Aufnahmen sicherlich die erste Wahl ist. Gleichwohl kann auch der VARI-Index in den Wattbereichen punkten und hier ein differenzierteres Bild präsentieren.

Um die Zusammenhänge auch statistisch zu überprüfen wurde an 100 Punkten Werte der beiden Datensätze abgegriffen, die Nutzung an diesen Punkten ermittelt und in Form eines Plots eingetragen, siehe Abbildung 15 und 16.

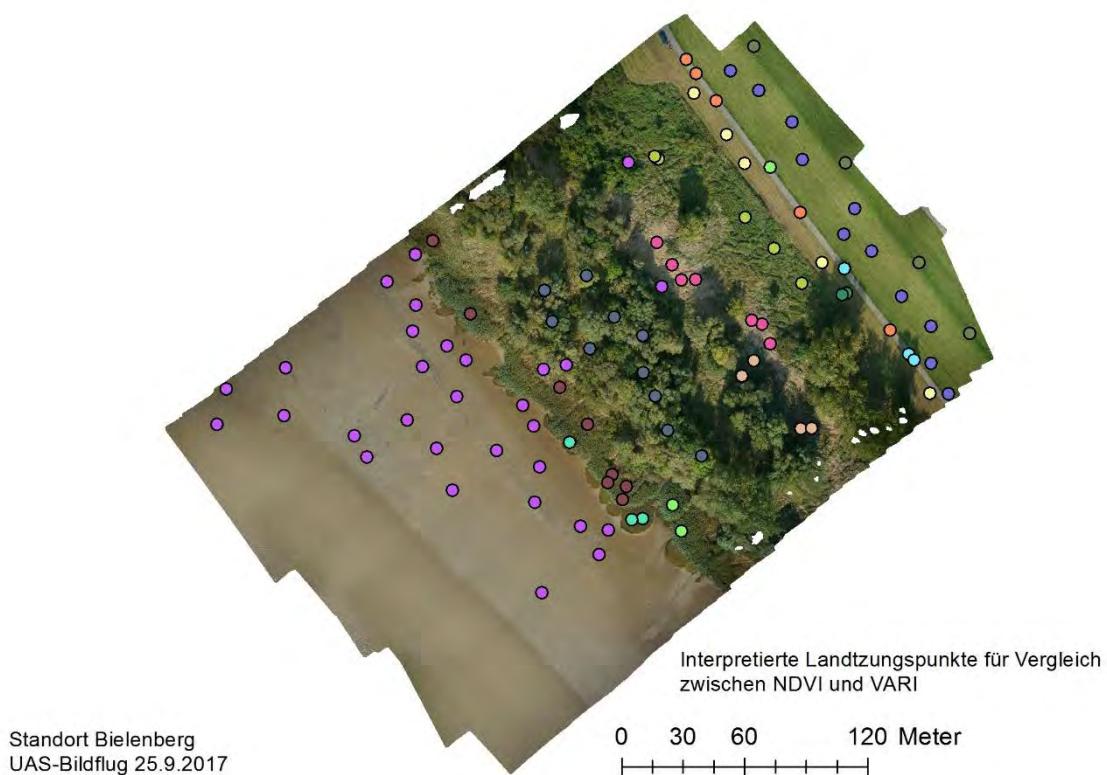


Abbildung 15: Ausgewählte Punkte mit Landnutzung für Vergleich zwischen NDVI und VARI

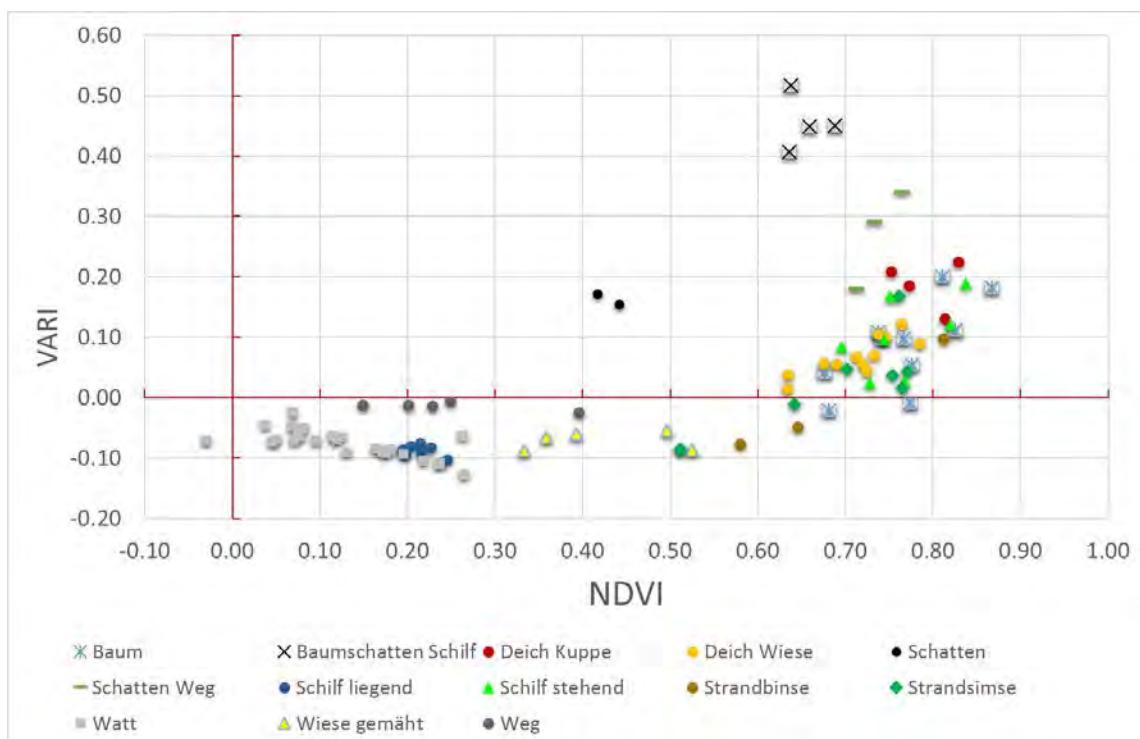


Abbildung 16: VARI vs. NDVI in Abhängigkeit der Landnutzung

Aus dem Plot wird deutlich, dass die Spreizung der NDVI-Daten deutlich größer ist, als die VARI-Werte. Die höchsten VARI Werte liegen im Schatten. Die Trennung zwischen Vegetation und Nicht Vegetation (Weg, Watt, liegendes Schilf) ist bei den NDVI-Daten zuverlässiger,

als bei den VARI-Daten. Bei Vegetationsflächen, z.B. einer Wiese besteht ein direkter Zusammenhang zwischen NDVI- und VARI-Werten, was sich auch mit den bisherigen Erfahrungen deckt.

2 Vergleich der Digitalen Oberflächenmodelle aus Befliegungskampagnen der vergangenen Jahre

Ein zentraler Grund für die UAS Befliegung ist die Untersuchung bzw. das langfristige Monitoring von (Höhen)Veränderungen der vorgelagerten Wattflächen und die Entwicklung der Vegetation. Die Kartierung, Vegetationsentwicklung und Veränderung ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

Im Endbericht des von der BfG geförderten Forschungsprojekts „UAS-Makro“² ist auf die Methodik kurz eingegangen worden. Im Kern geht es darum, die Differenz zwischen den Höhenmodellen zweier Bildflüge zu bilden und diese anschließend zu bewerten bzw. in einer Zeitreihe zu sehen. Nachfolgend werden die Ergebnisse der einzelnen Standorte vorgestellt und auch auf die jeweiligen Besonderheiten des DOM-Vergleichs der verschiedenen Standorte eingegangen.

2.1 Hollerwettern

- Im Vergleich zur Befliegung vom Juni 2016 ist auf den auswertbaren Wattflächen ufernah keine signifikante Veränderung zu beobachten. In den tieferen und westlichen Bereichen sind signifikante Abnahmen von 5 - 20 cm zu beobachten, vgl. Abbildung 13.
- Die Schwankungen am Standort Hollerwettern der letzten Jahre sind in Tabelle 2 dargestellt
- An der Gewässerkante ist die Zunahme neuer Pionierröhrichte der vergangenen Jahre in einer Breite von 3 - 5 m weitergegangen. Dies ist auch sehr gut im DOM-Differenzbild zu erkennen, Abbildung 15 - 17.
- Die Strandsimsen und Röhrichte sind im August 2017 sind fast durchwegs um 5 – 20 cm höher als im August 2016. Ausnahmen sind interessanter Weise Bereiche hinter der Vegetationskante, Abbildung 13.

² Unveröffentlichter Endbericht: „UAS unterstützte Vegetationserfassung tidebeeinflusster Makrophytenbestände in der Unterelbe“ BfG, 2016

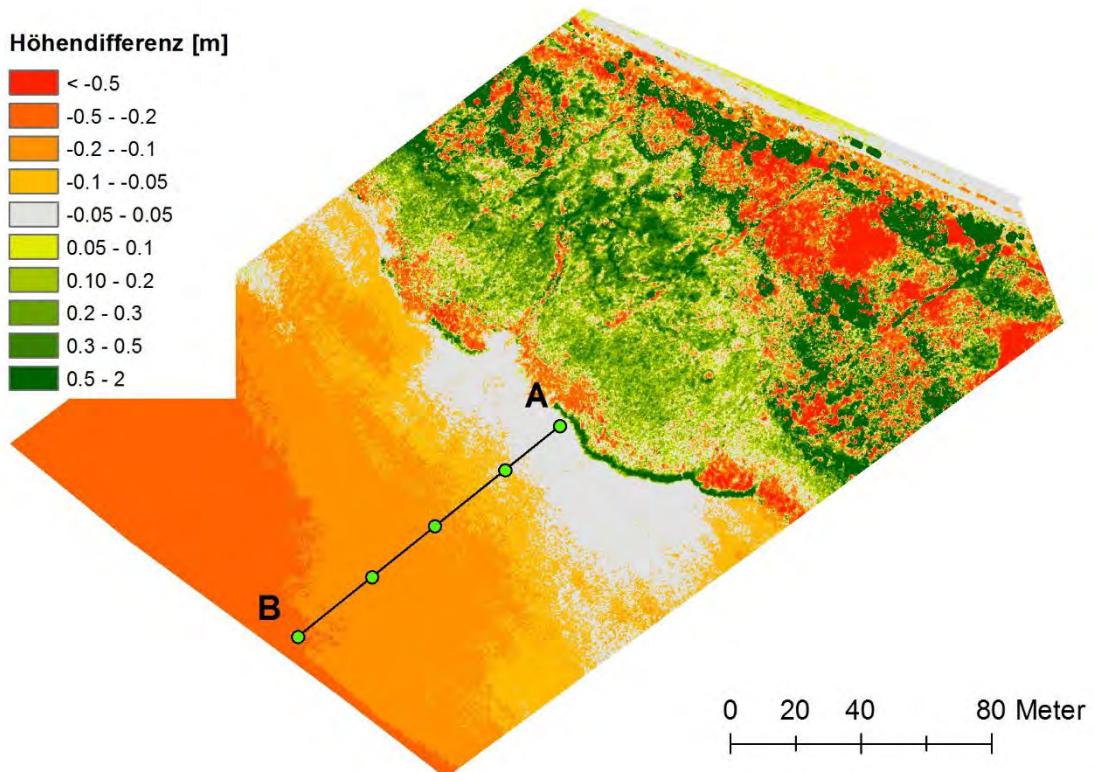


Abbildung 17: Höhendifferenz der digitalen Oberflächenmodelle zwischen UAS Flug vom 04.8.2016 und der aktuellen Befliegung vom 10.8.2017

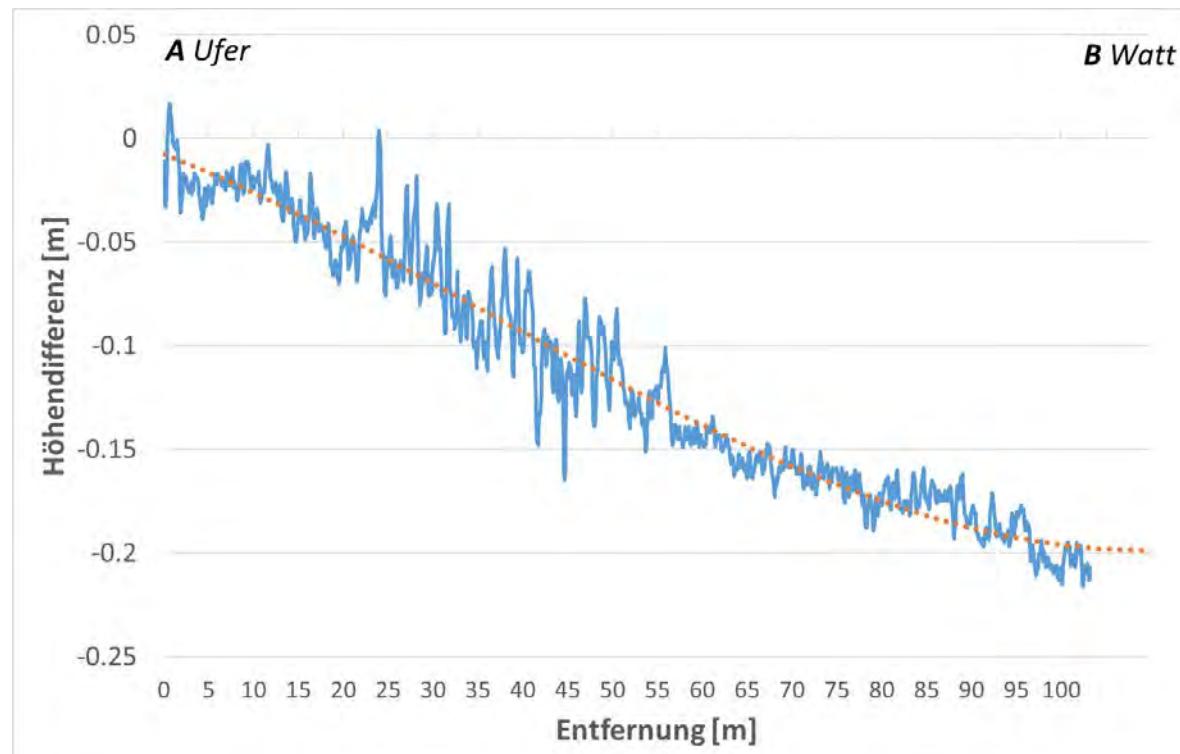


Abbildung 18: Veränderung des Profils der Wattflächen 10.8.2017 im Vergleich zur Befliegung vom 4.8.2016 am Standort Hollerwettern (etwa 100 m Breite) von der Vegetationskante (Ufer) (links) bis zur maximal auswertbaren Tiefe im Watt von -0.8 m u.N.N. (rechts)

Tabelle 2: Vergleich der Watttiefen aller UAS Befliegungen entlang des Profils in Hollerwettern

	A				B
30.10.2014	0.24	-0.00	-0.19	-0.30	-0.42
09.03.2015	0.18	-0.01	-0.24	-0.44	-0.64
09.06.2015	0.21	-0.05	-0.26	-0.49	-0.68
04.08.2016	0.27	-0.01	-0.20	-0.37	-0.59
10.08.2017	0.22	-0.06	-0.29	-0.54	-0.80



Abbildung 19: Ausschnitt UAS-Flug 4.8.2016



Abbildung 20: Ausschnitt UAS-Flug 10.8.2017

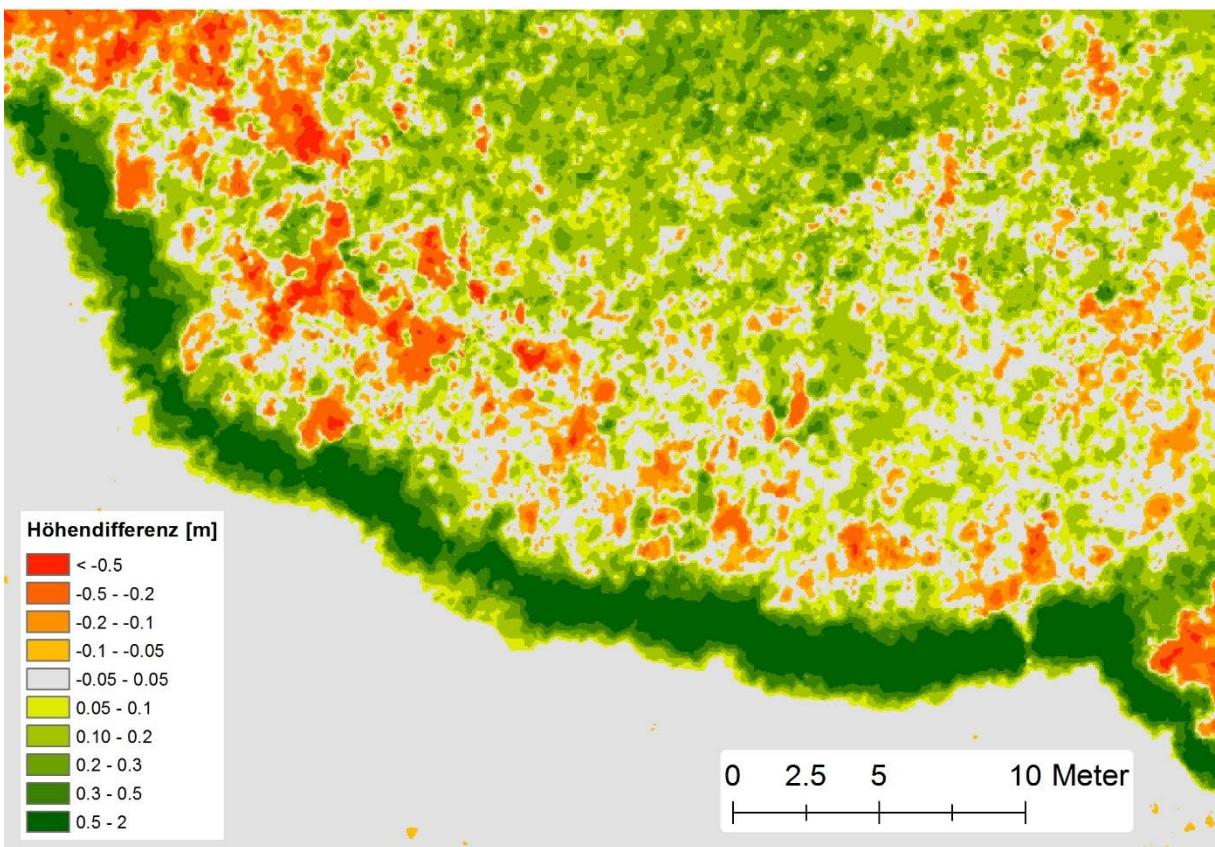


Abbildung 21: Höhendifferenz zwischen UAS Flug vom 4.8.2016 und der aktuellen Befliegung vom 10.8.2017

2.2 Bielenberg

- Der Vergleich zwischen dem 4.8.2016 und der aktuellen Befliegung 2017 zeigt, dass die Wattflächen in diesem Zeitraum ihr Profil nicht wesentlich geändert haben. Da in 2016 nicht zum absoluten Niedrigwasserstand geflogen werden konnte, beschränken sich die Aussagen auf Flächen bin -1m u.N.N.
- An der Gewässerkante breitet sich das Schilf weiter aus und verdrängt die bisherige (flachere) Vegetation.
- Als Nachwehen des Sturmtiefs Sebastian am 12.9. gab es eine Sturmflut, die dazu geführt hat, dass große Schilfbereiche abgeknickt und abgelagert wurden. Im Vorjahr was an diesen Stellen das Schilf noch entsprechend höher gestanden, vgl. Abbildung ??.

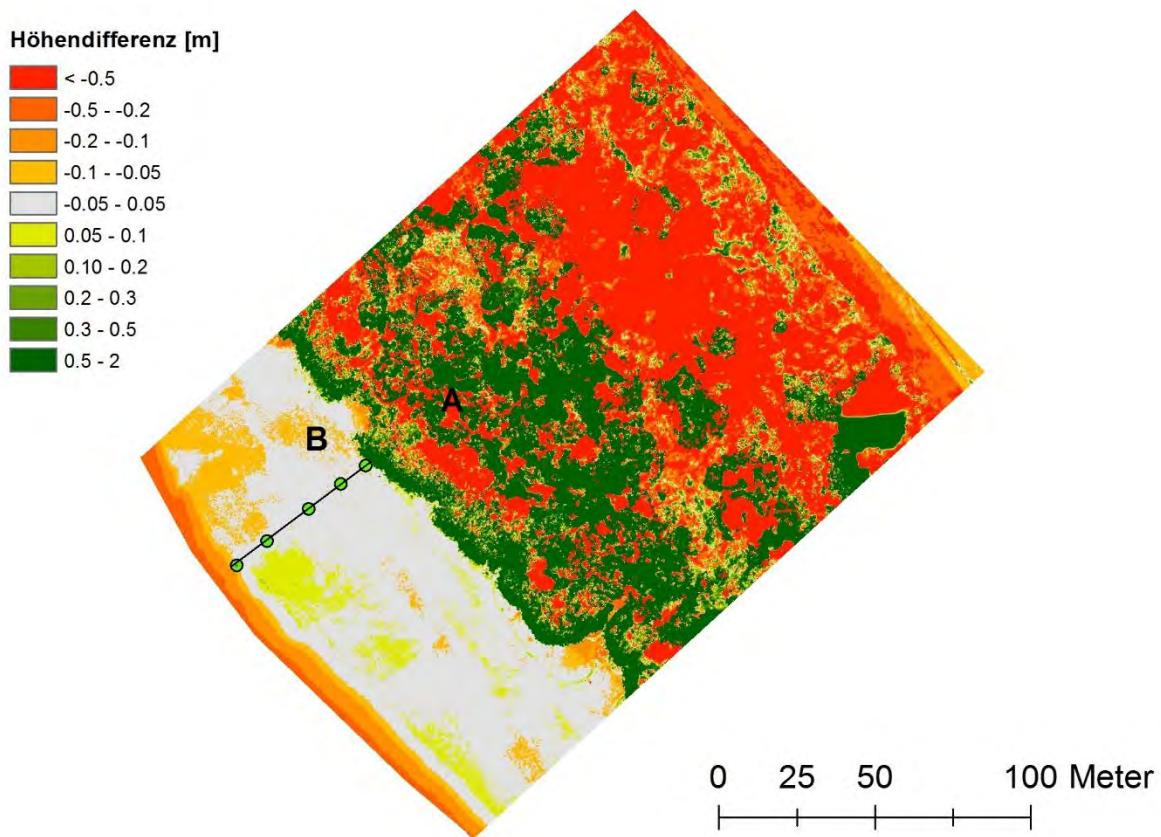


Abbildung 22: Höhendifferenz der digitalen Oberflächenmodelle zwischen UAS Flug vom 04.08.2016 und der aktuellen Befliegung vom 25.9.2017 für den Standort Bielenberg

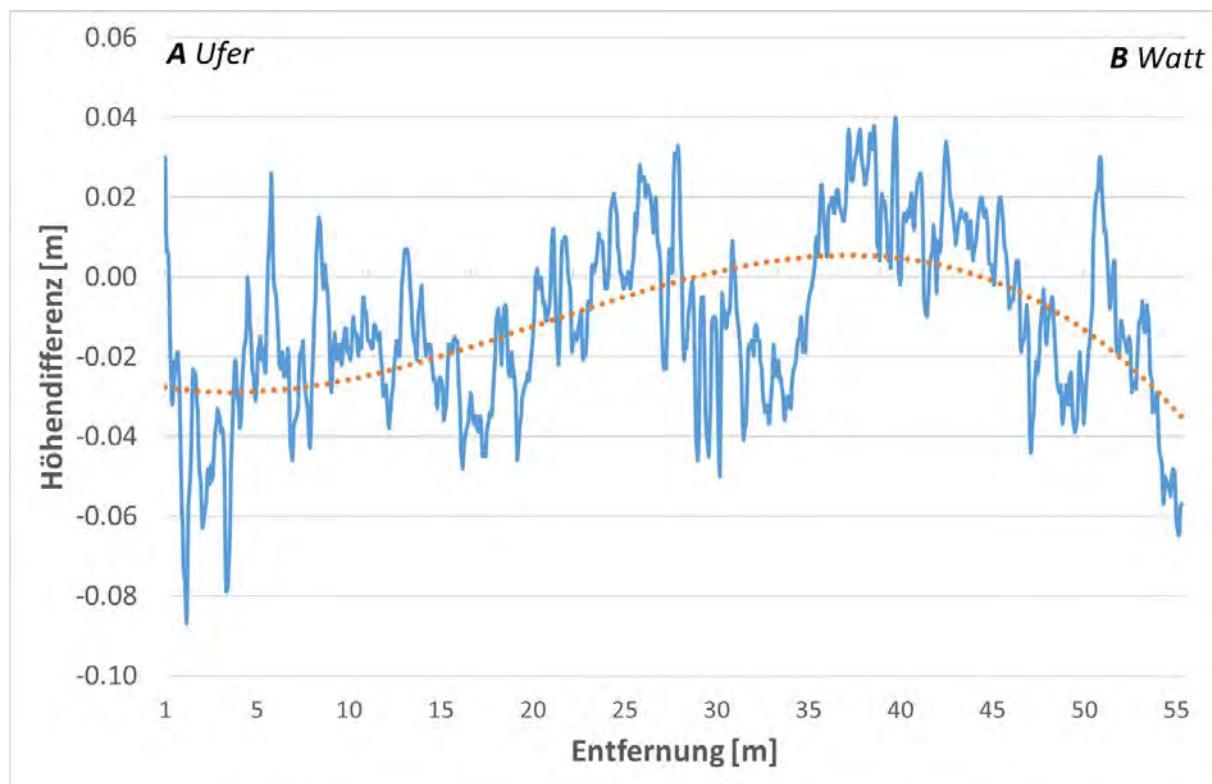


Abbildung 23: Veränderung des Profils der Wattflächen im Vergleich zur Befliegung vom 04.08.2016 am Standort Bielenberg (etwa 50 m Breite) von der Vegetationskante (Ufer) (links) bis zur maximal auswertbaren Tiefe im Watt von -1 m u.N.N. (rechts)

Tabelle 3: Vergleich der Watttiefen aller UAS Befliegungen entlang des Profils in Bielenberg

	A				B
30.10.2014	-0.03	-0.37	-0.65		
09.03.2015	0.14	-0.38	-0.66	-0.87	-1.00
09.06.2015	-0.08	-0.33	-0.66	-0.84	-0.98
04.08.2016	-0.05	-0.44	-0.73	-0.96	-1.09
25.09.2017	-0.03	-0.45	-0.71	-0.96	-1.13



Abbildung 24: 25.9.2017 - liegendes Schilf in Bielenberg nach Sturmflut im Zusammenhang mit Orkan Sebastian vom 12.9.2017

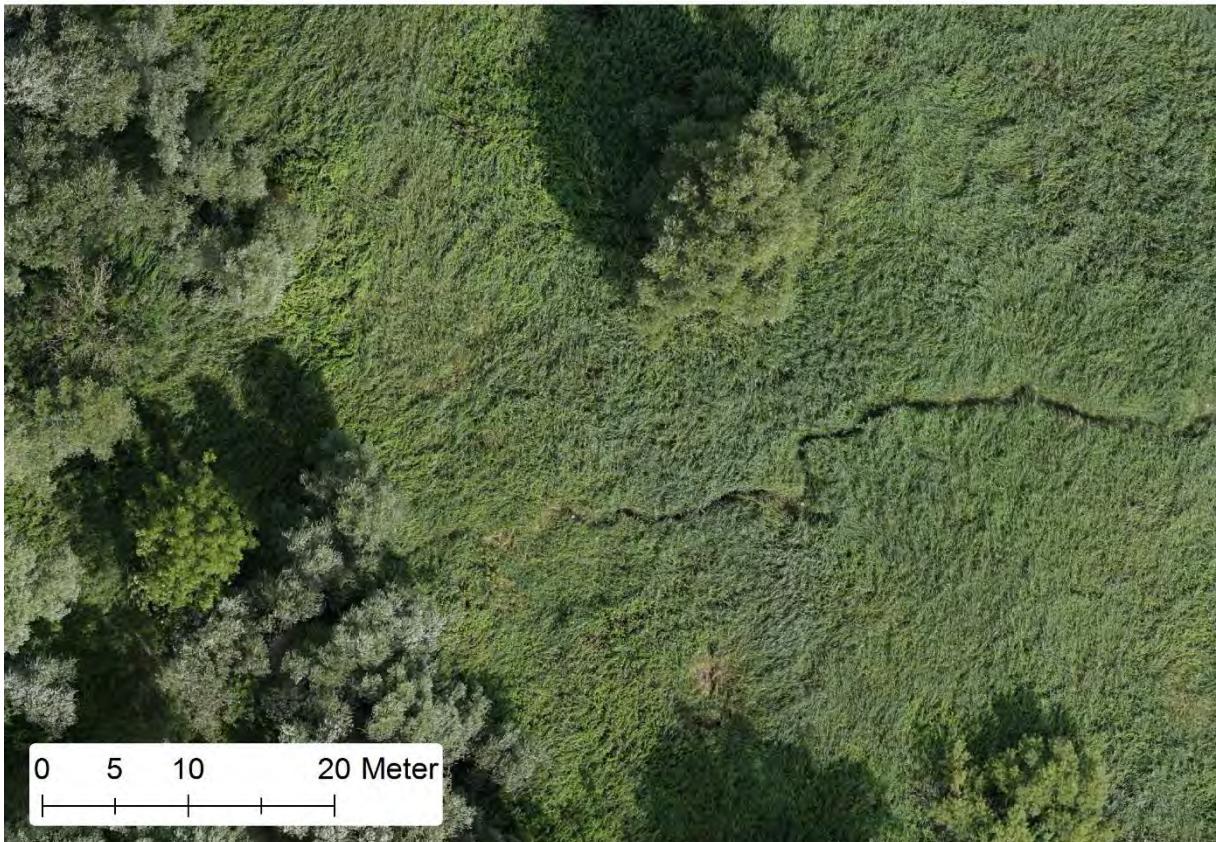


Abbildung 25: 4.8.2016 – ca. 2,5 m hohe Schilfflächen in Bielenberg

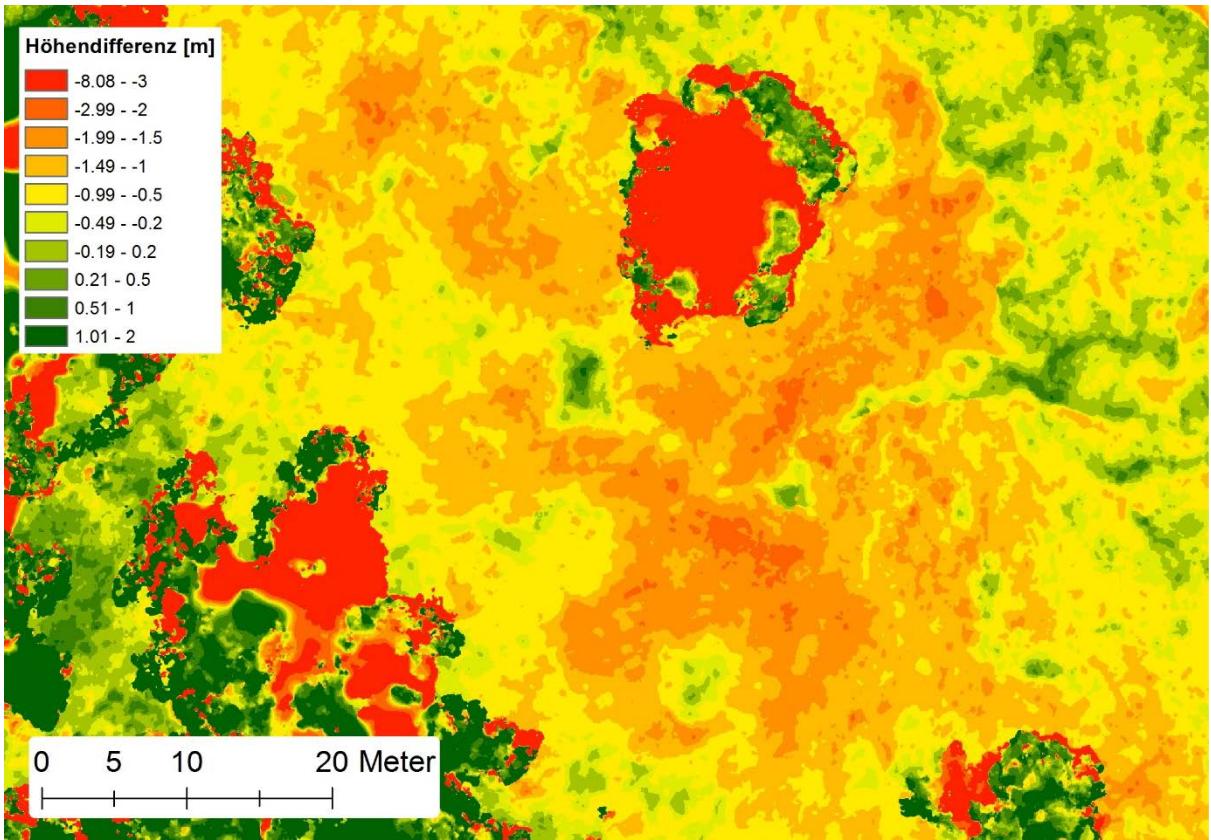


Abbildung 26: DEM Vergleich zwischen dem 3.8.2016 und 25.9.2017

2.3 Schwarztonnensand

- Im Vergleich zur letzten Befliegung vom August 2016 ist auf den auswertbaren Wattflächen bis -0.95 m an vielen Stellen keine signifikante Veränderung zu beobachten, vgl. Abbildung 22, Abbildung 23 und Tabelle 2. Gleichwohl sind die weiter vorgelagerten Sandbänke in Bewegung, so dass sich laufend neue Strukturen bilden, die höhenmäßige Veränderungen von 10 – 20 cm gegenüber der letzten Befliegung vor einem Jahr hervorrufen.
- Die negativen Höhenveränderungen der Schilfflächen sind auf lagerndes Schilf zurückzuführen. Wenn das Schilf steht, ist es durchwegs höher als 2016. Dies ist auch sehr gut im DOM-Differenzbild zu erkennen, vgl. Abbildungen 24 - 26.

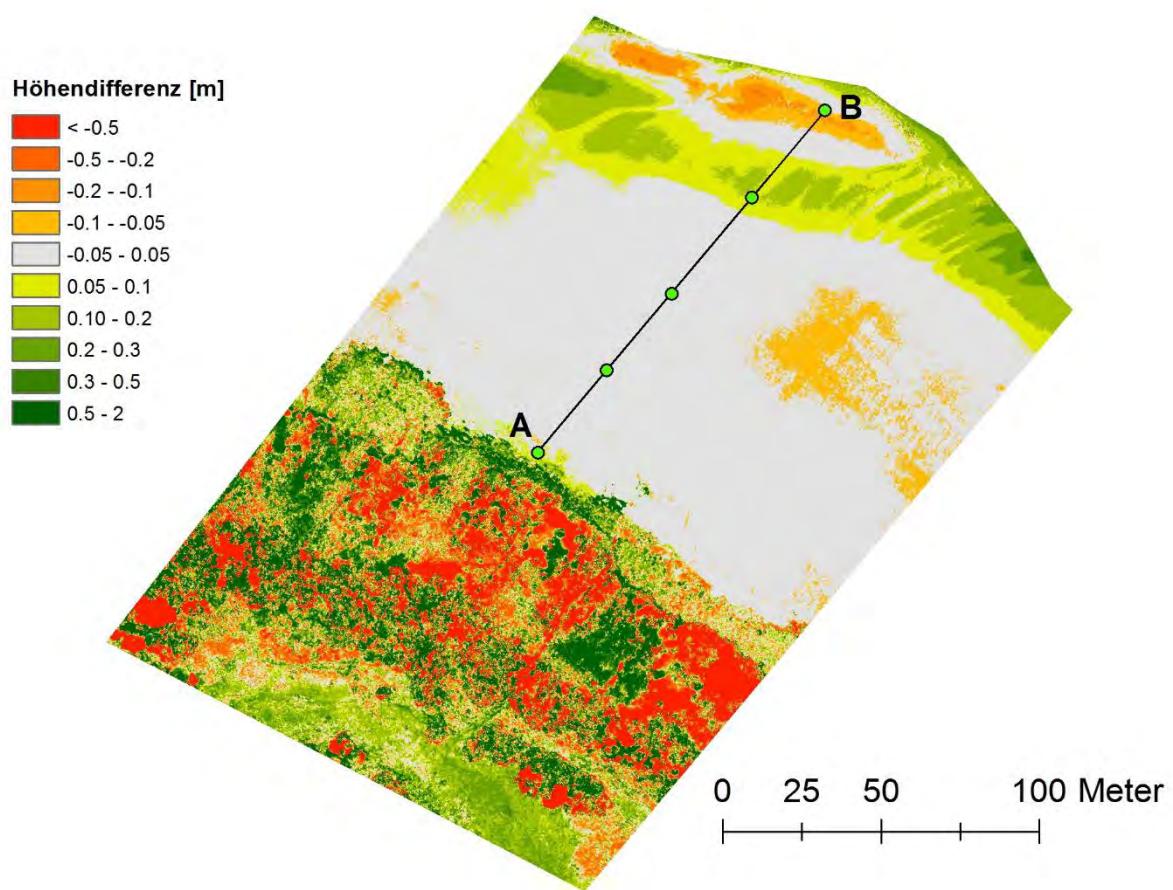


Abbildung 27: Höhdifferenz der digitalen Oberflächenmodelle zwischen UAS Flug vom 3.8.2016 und der aktuellen Befliegung vom 9.8.2017 für den Standort Schwarzenbach sand pit



Abbildung 28: Veränderung des Profils der Wattflächen im Vergleich zur Befliegung vom 3.8.2016 am Standort Schwarztonnensand (etwa 140 m Breite) von der Vegetationskante (Ufer) (links) bis zur maximal auswertbaren Tiefe im Watt von -0.95 m u.N.N. (rechts)

Tabelle 4: Vergleich der Watttiefen der zwei UAS Befliegungen entlang des Profils in Schwarztonnensand

	A				B
02.07.2015	0.13	-0.30	-0.53	-0.82	-0.99
03.08.2016	0.16	-0.21	-0.46	-0.70	-0.89
09.08.2017	0.22	-0.22	-0.47	-0.61	-0.95

3 Veränderung Vegetationslinie

Nach einer nunmehr dreijährigen Datenreihe von UAS-Befliegungen können erste belastbare Informationen über den zeitlichen Verlauf der Vegetationsgrenze zur Elbe hin erhoben werden. Im Feld lässt sich die Grenze überhaupt nicht ermitteln, da im Watt keine Anhalts- oder Referenzpunkte zu finden sind und die Landschaft annähernd gleich aussieht. Der Verlauf der Grenze sich grob aus den DOM und dem VARI (automatisch) ableiten (vgl. Abbildung 18), ist jedoch visuell wesentlich besser zu erfassen. Aus diesem Grund wurde Vegetationsgrenze manuell digitalisiert. Zugleich wurde die Grenze zwischen der Strandsimse und dem Schilf grob ermittelt. Diese Grenze ist schwieriger zu ermitteln, da es z.B. in Hollerwettern einige „Schilfnester“ in der von Strandsimen dominierten Zone gibt und der Übergang zwischen den beiden Pflanzenarten nicht immer eine eindeutige Grenze bildet, sondern teilweise auch durch eine Übergangszone mit wechselnden Anteilen gekennzeichnet ist. Nachfolgend werden die Veränderungen am Beispiel Hollerwettern demonstriert.

3.1 Hollerwettern

Die drei nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen den Flächenzuwachs der Vegetation im Zeitraum Herbst 2014 – Sommer 2017.

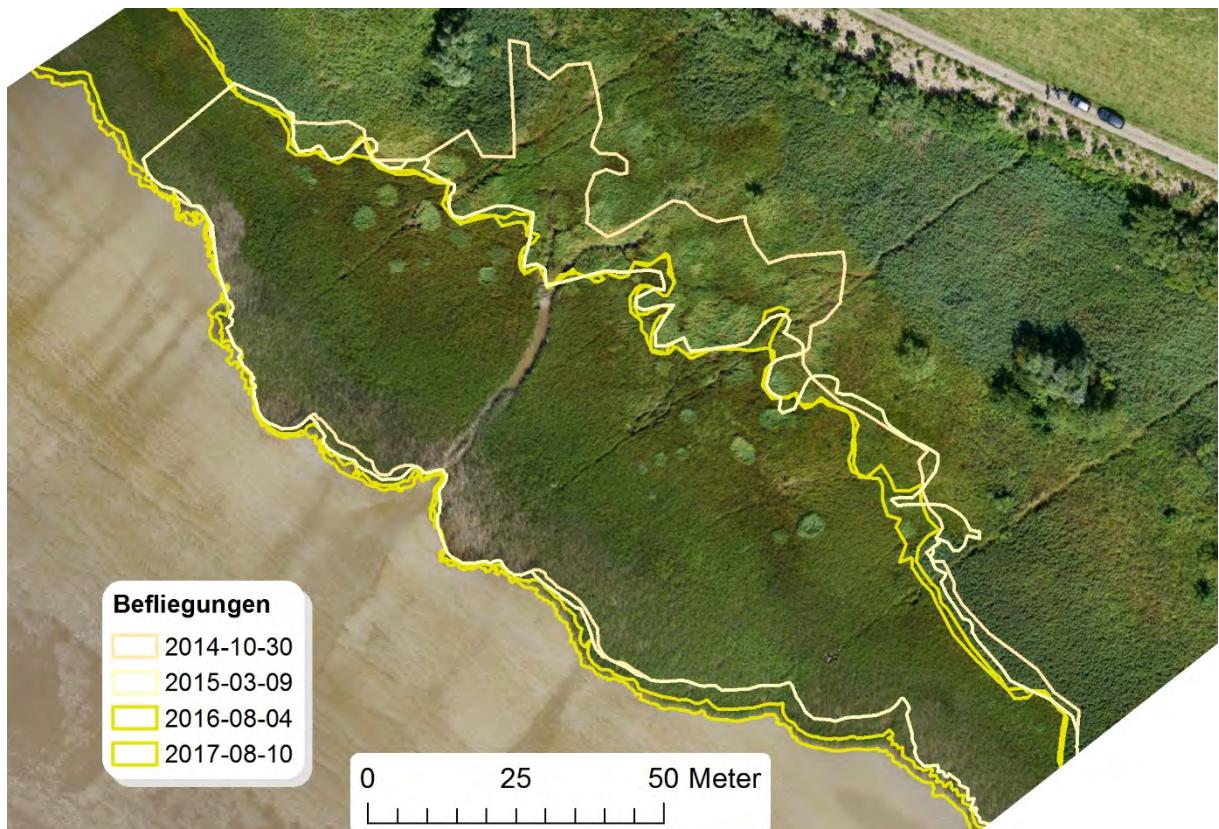


Abbildung 29: Veränderung der Vegetationsgrenzen zwischen Oktober 2014 und August 2017 im Untersuchungsgebiet Hollerwettern

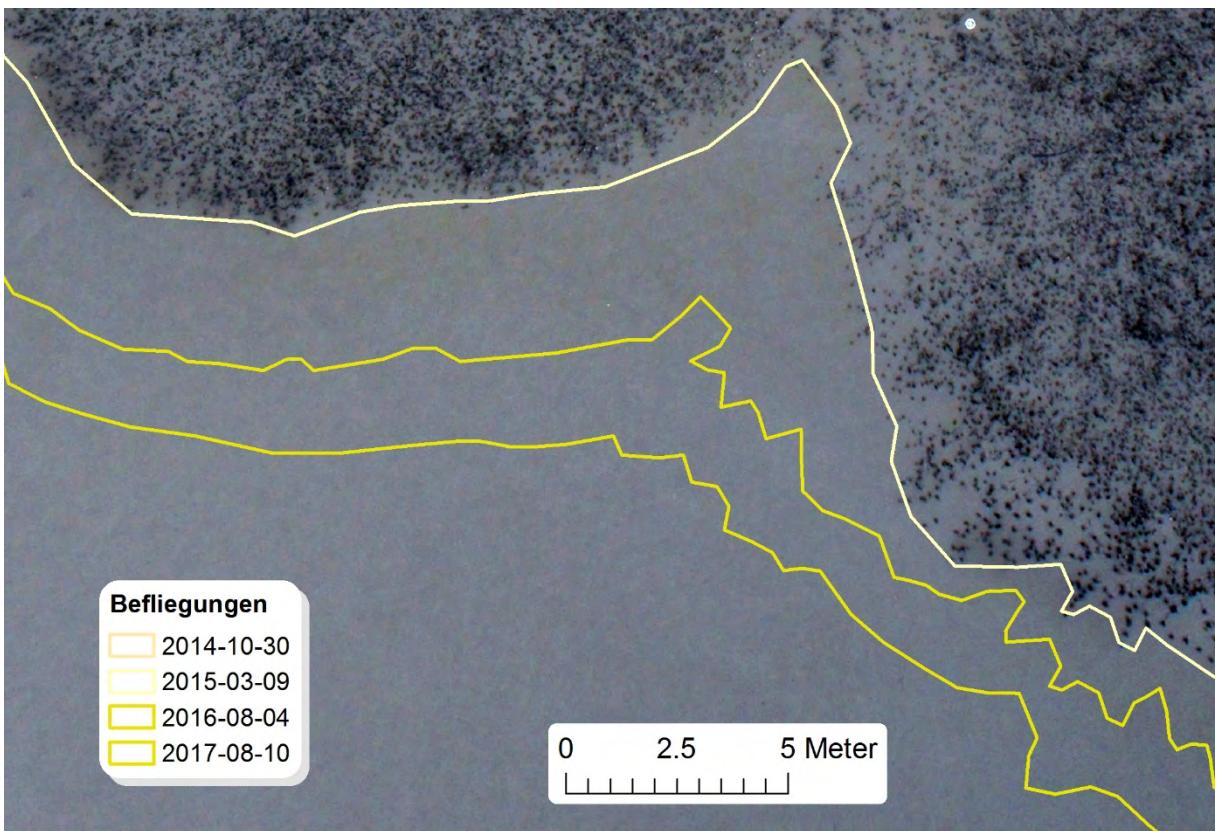


Abbildung 30: Detail Vegetationsgrenze Frühjahr 2015

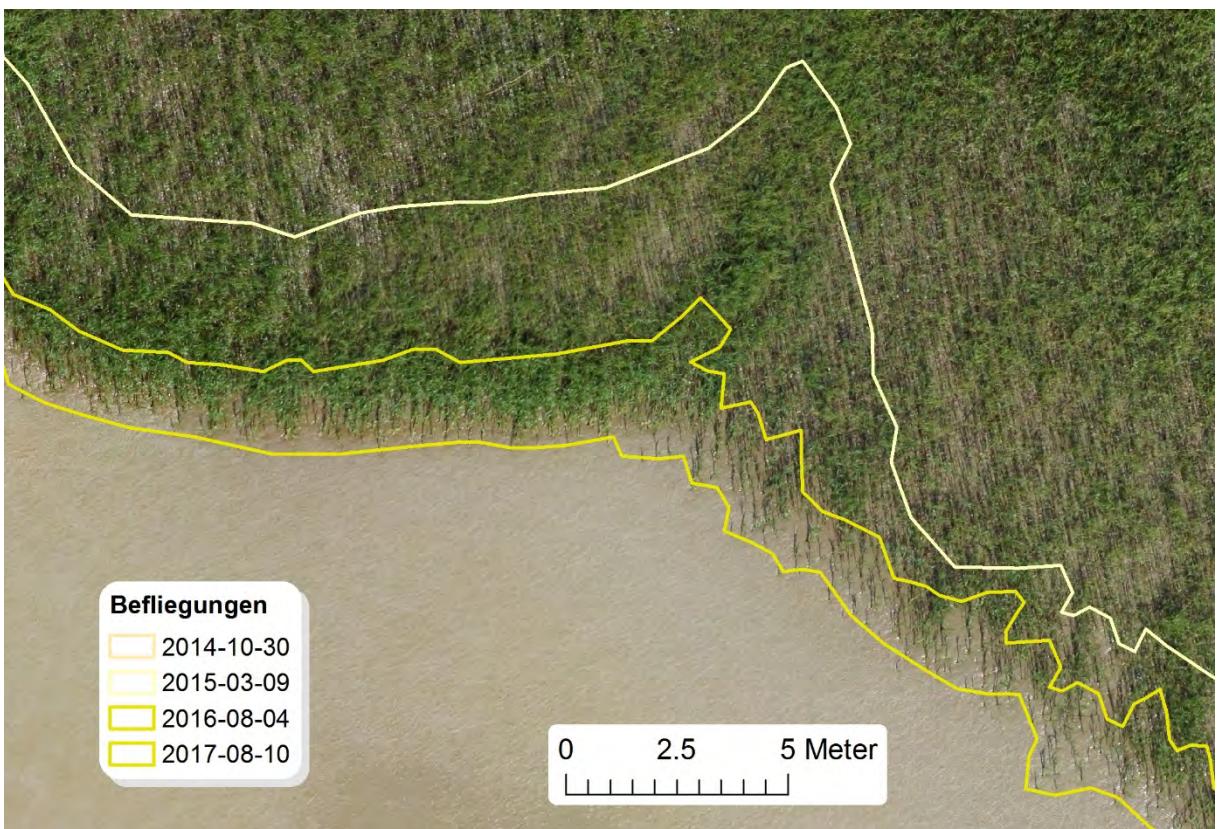


Abbildung 31: Detail Vegetationsgrenze Sommer 2017

4 Fazit der UAS-Befliegungen 2017 zum Makrophytenmonitoring

Die bisherigen Befliegungen haben aus methodischer Sicht erneut unter Beweis gestellt, dass es möglich ist, auch geringe vertikale Veränderungen von wenigen Zentimetern in den Wattflächen zu beobachten.

Insgesamt zeigten sich auf den untersuchten Standorten z.T. insgesamt geringe vertikale Veränderungen an den Wattflächen. Veränderungen zwischen den Jahren werden meist wieder ausgeglichen.

Die multispektralen Daten liefern zuverlässige Informationen. Mit dem Sonnenlichtsensor und der Kalibration über die Grautafel können auch unter schwierigen, d.h. sich ändernden Lichtverhältnissen spektral recht homogene Daten erzeugt werden. Wie der Vergleich zwischen den Daten abgeleiteten NDVI mit dem Vegetationsindex VARI aus den RGB-Daten zeigt, sind die multispektralen Daten gerade in Schattenbereichen deutlich besser. In der Summe bieten die multispektralen Daten ein großes Potential zur feineren Klassifizierung der Vegetation. Das wird im Detail im Rahmen des Tibass Projekts untersucht.

Im Rückblick der letzten drei Jahre haben sich die Vegetationsgrenzen zum Wasser hin an den Standorten recht unterschiedlich entwickelt. Während in Hollerwettern sich die Vegetation mit 1 - 3 m pro Jahr nahezu kontinuierlich in Richtung Elbe weiterentwickelt und den Vegetationssaum entlang des Flusses ständig verbreitet, bleibt die Vegetationsgrenze in Bielenberg absolut stabil. Hier verändert sich nur die Artenzusammensetzung. Das Schilf verdrängt die Strandsimse und wird bis fast an die Wasserkante hin die dominierende Art. In Schwarztonnensand sind seit 2015 kleinere Veränderungen von 1 – 3 m an der Vegetationsgrenze zu beobachten. Salzbinsen breiten weiter in Richtung Elbe aus. Die Grenze zu den Strandsimsen ist stabil. Die Grenzen zwischen Strandsimsen und Schilf hingegen ändert sich. Es ist, wie an den anderen Standorten auch eine Zunahme des Schilfs zu beobachten.

Die zeitliche und räumliche Dynamik der untersuchten Standorte ist weiterhin recht unterschiedlich, d.h. jeder Standort weist eine eigene Dynamik auf, was durch ein weiteres mindestens jährliches Monitoring begleitet werden sollte.

Rostock, den 2. Februar 2018

Dr.-Ing. Görres Grenzdörffer