

# Bericht UAS-Bildflüge Makrophytenmonitoring 2020

im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde

STZ Geoinformatik Rostock

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



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

Laut Planfeststellungsbeschluss der WSD Nord vom 23. April 2012 müssen gemäß Anlage 1 Ziffer 4.2 jeweils 3 Messstellen in Niedersachsen und Schleswig-Holstein im Bereich der Trübnungszone in Ergänzung der WRRL-Monitoringaktivitäten Makrophyten jährlich bis 12 Jahre nach Ausbau der Fahrrinnenanpassung 2019/2021 untersucht werden. Aus diesem Grund wurden am 14. und 21. August 2019 die drei Makrophytenstandorte mit Hilfe eines UAS befliegen.



Abbildung 1: Lage der Standorte

## 1.1 Informationen zu den Bildflügen

Die UAS Bildflüge des Standorts Schwarztonnensand erfolgten am 7.7.2020 im Zeitraum vom 10:45-11:30 Uhr bei leicht bewölktem Wetter. Um zur Elbinsel Schwarztonnensand zu gelangen, wurde vom WSA ein Schiff zur Verfügung gestellt. Niedrigwasser war an diesem Tag 12:38, 0,9 m höher als das mittlere Niedrigwasser. Der Standort Hollerwettern, wurde am 8.07.20 im Zeitraum von 11:25 - 11:50 Uhr befliegen (Station Brokdorf, Niedrigwasser 12:35 CEST, 0,9 m höher als das mittlere Niedrigwasser). Der Standort Bielenberg wurde ebenfalls am 08.07.20 im Zeitraum von 12:45 - 13:20 Uhr (Niedrigwasser 13:16, 1 Meter höher als das mittlere Niedrigwasser) befliegen. Die Witterungsbedingungen für die langfristig geplanten Befliegungen waren aufgrund relativ wenig Wind und nur geringe bis mäßige Bewölkung als gut einzustufen.

Als UAS kam für die RGB-Aufnahmen in diesem Jahr eine Phantom 4 Pro RTK zum Einsatz. Da diese Drohne während des Fluges hochgenau ihre Position aufzeichnet, ist bei der nachfolgen-

den photogrammetrischen Auswertung mit einer höheren Genauigkeit zu rechnen. Die Kamera verfügt über einen 20 Megapixel-Sensor. Bei einer Flughöhe von 70 m ergibt dies eine Bodenauflösung von 2 cm / Pixel.

Für die Multispektralaufnahmen wurde die ebee+ der Firma Sensefly verwendet. Aufgrund der gewählten Flughöhe von 75 m ergibt sich eine räumliche Auflösung des Multispektralsensors von ca. 7,5 cm.

Begleitend zu den Senkrechtaufnahmen wurden bei den UAS-Bildflügen Schrägaufnahmen der Standorte mit einer Phantom 4Pro Drohne erstellt.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht verschiedener Parameter der realisierten Befliegungen und Abbildung 2-7 geben eine graphische Übersicht der Verteilung der Passpunkte und der abgeleiteten Oberflächenmodelle.

*Tabelle 1: Ausgewählte Parameter UAS Bildflüge Juli 2020*

	Schwarztonnensand	Hollerwettern	Bielenberg
Datum / Uhrzeit	07.7.20 /10:45 – 11:30	08.7.20 /11:25 – 11:50	08.7.20 /12:45 – 13:20
	Vorwiegend sonnig	Bedeckt / wechselnd bewölkt	Bedeckt / wechselnd bewölkt
Wind	Mäßig, 3 Bft (ca. 5 m/s)	Schwach - Mittel (ca. 4 m/s)	Schwach – Mittel ca. 4 m/s
Anzahl Passpunkte	11	12	10
Abgedeckte Fläche	11,2 ha	12,3 ha	13,2 ha
<b>RGB-Bildflug</b>			
Anzahl Bilder	209 (von 262)*	250 (von 250)*	233 (von 233)*
Flughöhe	80 m	83 m	81,5 m
Bodenauflösung	1.97 cm	2 cm	1,92 cm
Lage-/Höhengenauigkeit Passpunkte	0,6 / 0,5 cm	1,09 / 0,42 cm	0,77 cm / 0,4 cm
Punkt wolke	15847.495 Punkte	55.688.282 Punkte	116.392.597 Punkte
Punktdichte	161 Punkte / m <sup>2</sup>	601 Punkte / m <sup>2</sup>	678 Punkte / m <sup>2</sup>
Größe Orthomosaik	22.830 x 22.582 Pixel	24.399 x 25.037 Pixel	23.057 x 23.925 Pixel
<b>MS-Bildflug</b>			
Anzahl Bilder	234 (von 244)	159 (von 209)	192 (von 212)
Flughöhe	75 m	74 m	75 m
Rechnerische Bodenauflösung	7,65 cm	7,34 cm	7,82 cm

\* Georeferenzierte Bilder über Land und Watt (gesamte Anzahl Aufnahmen)

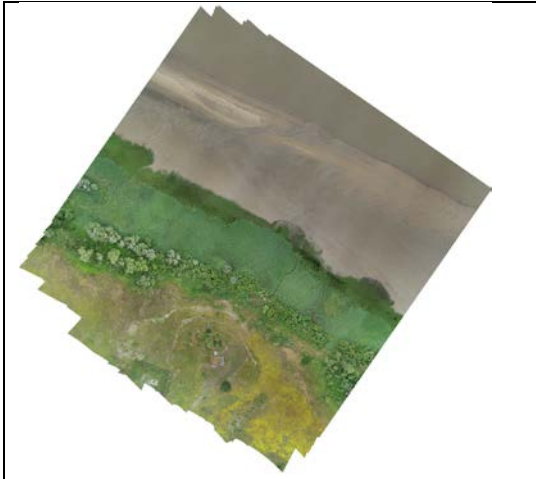


Abbildung 2: Orthomosaik Schwarztonnensand, GCP

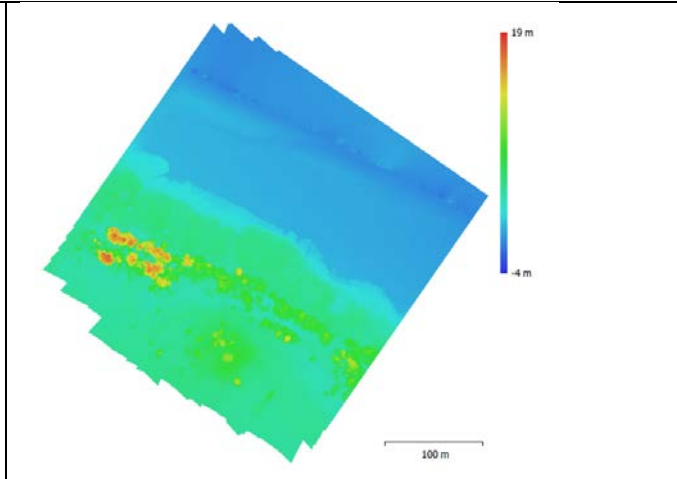


Abbildung 3: DOM Schwarztonnensand

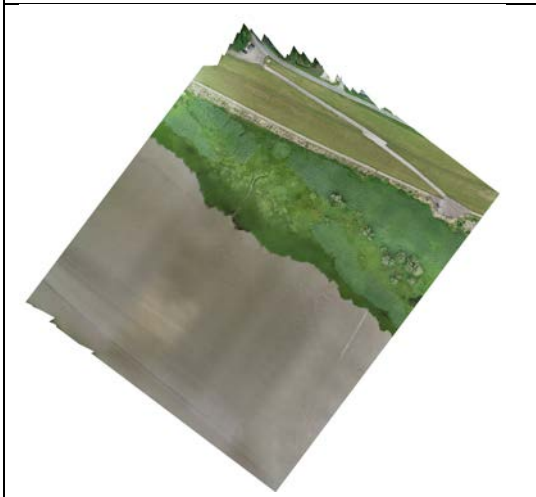


Abbildung 4: Orthomosaik Hollerwettern, GCP

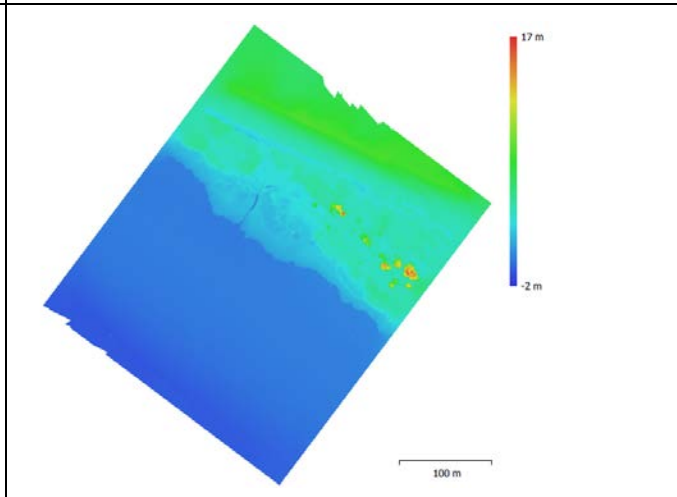


Abbildung 5: DOM Hollerwettern



Abbildung 6: Orthomosaik Bielenberg, GCP

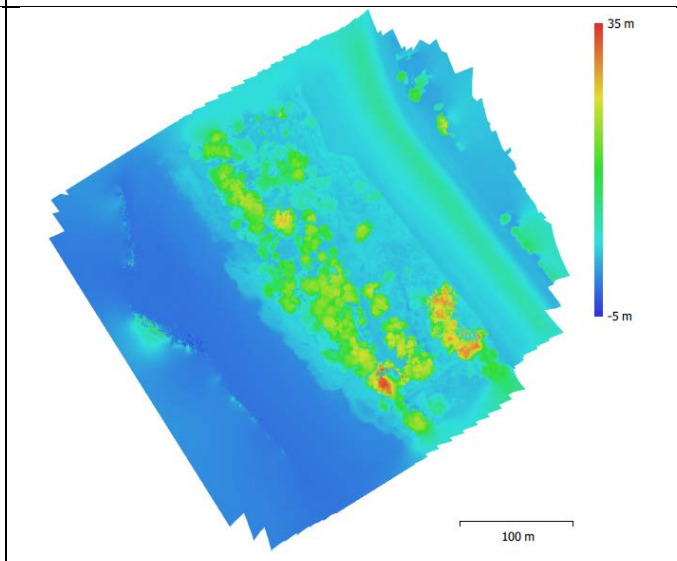


Abbildung 7: DOM Bielenberg

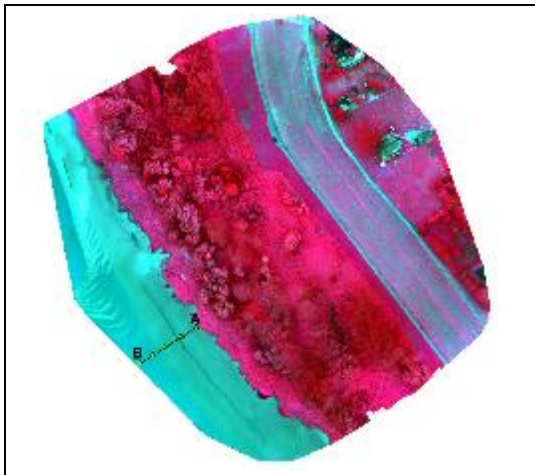


Abbildung 8: Multispektrales Orthomosaik Bielenberg

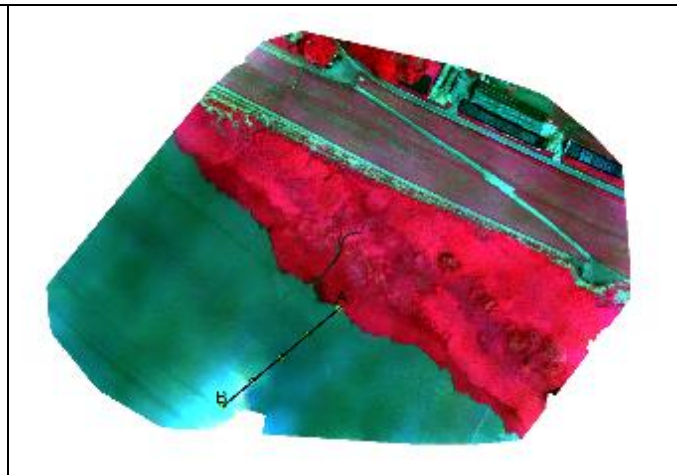


Abbildung 9: Multispektrales Orthomosaik Hollerwettern

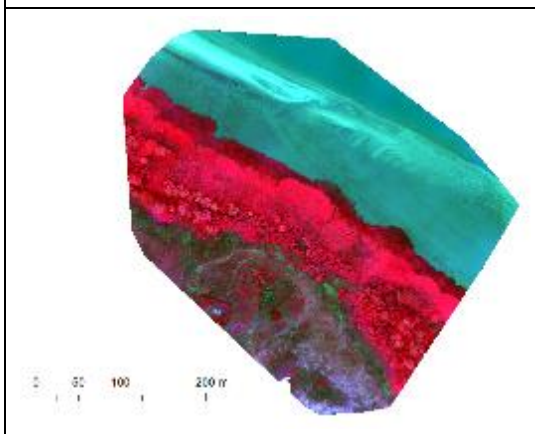


Abbildung 10: Multispektrales Orthomosaik Schwarztonnensand

## 1.2 Photogrammetrische Auswertung und Genauigkeit

Die drei Bildverbände der Farbluftbilder wurden mit der Software Metashape Vers. 1.6.1 der Firma Agisoft ausgewertet. Die multispektralen Daten wurden mit der Software Pix4Dmapper, Vers. 4.3.3. analysiert. Der Lagebezug der Daten bezieht sich auf das amtliche System ETRS 89 / UTM, Streifen 32. Gemäß der Qualitätskriterien für UAS Befliegungen und digitale Orthophotos entsprechen die erzielten Genauigkeiten an den Passpunkten den vorgegebenen Normen, da die Passpunktgenauigkeit von ca. 1-2 cm kleiner bzw. gleich sind als die erlaubte doppelte Bodenauflösung (3,9 cm).

## 1.3 Ergebnisse digitale Oberflächenmodelle und Orthophotomosaik

Die aus den Befliegungsdaten gewonnenen digitalen Oberflächenmodelle waren Grundlage für die anschließende Orthobilderzeugung. Die Bodenauflösung der RGB-Mosaik betragen 2 cm pro Pixel. Die Bodenauflösung der multispektralen Orthomosaik beträgt 7 cm. 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 hereinzoomt. Als Ausgabeformate der Daten wurden \*.tif-Dateien erzeugt.

Die Luftbilder stimmen mit den bisherigen Befliegungen der Jahre 2014 bis 2019 geometrisch hervorragend überein und können somit in den Datenpool des WSA Hamburg überführt werden.

## 2 DGM Vergleich

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.

Im Endbericht vom BfG finanzierten Forschungsprojekt „UAS-Makro“ 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 zu den beiden letzten Datenerhebungen im August 2018 und Juli 2019 hat sich das Wattprofil nicht wesentlich verändert. Im Vergleich der beiden Sommeraufnahmen 2019 und 2020 zeigt sich kein wesentlicher Unterschied in der Wattoptographie, vgl. Abbildung 11.
- Das Gefälle der Wattzone hat ein neues temporäres Gleichgewicht gefunden, was die Vegetationszonierung und die Breite der Vegetationszone beeinflussen könnte.
- An der Gewässerkante hat sich die Teichsimsen-Strandsimsen Zone innerhalb des letzten Jahres wieder stabilisiert.
- Das Schilf ist in diesem Jahr an vielen Stellen niedergedrückt.,. Die Strandsimsen sind aufgrund des früheren Befliegungstermins grüner und somit im Aufwuchs etwas höher als in 2019.
- Generell ist in Hollerwettern wenig Veränderung gegenüber der letztjährigen Befliegung zu beobachten.

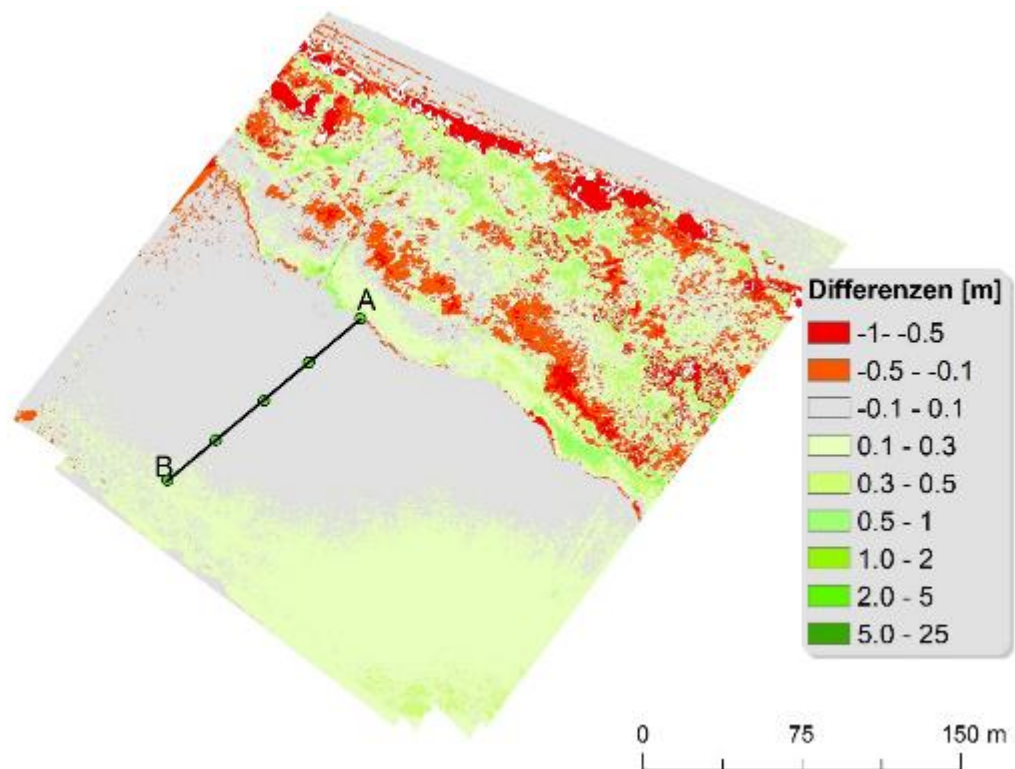


Abbildung 11: Höhendifferenz der digitalen Oberflächenmodelle zwischen UAS Flug vom 21.8.2019 und der aktuellen Befliegung vom 8.7.2020

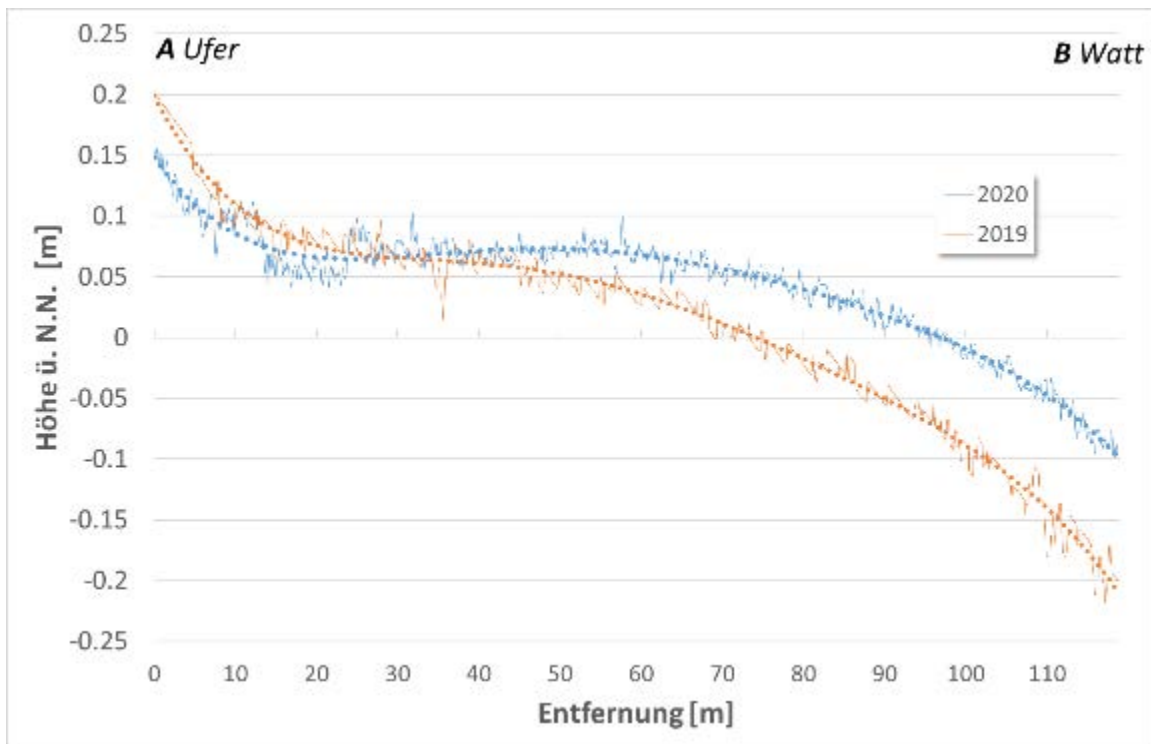


Abbildung 12: Vergleich der Profilverläufe der Wattflächen vom 21.8.2019 und 8.7.2020 in Hollerwettern (etwa 120 m Breite) vom Ufer (links) bis zur maximal auswertbaren Tiefe von -0,2 m (rechts)

Tabelle 2: Vergleich der Watttiefen [m ü. N.N.] aller UAS Bfliegungen (2014-2020) 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
15.08.2018	0,20	0,03	-0,05	-0,06	-0,17
29.03.2019	0,06	0,05	-0,02	-0,17	-0,32
21.08.2019	0,15	0,05	0,04	-0,04	-0,19
08.07.2020	0,14	0,06	0,06	0,00	-0,10

## 2.2 Bielenberg

- An der Gewässerkante breitet sich das Schilf wie in den Vorjahren weiter aus und verdrängt die bisherige (flache) Vegetation.
- Anhand der Zeitreihe (Tabelle 3) ist zu beobachten, dass in Bielenberg das Ufer nach der Vegetationskante ganz geringfügig, d.h. ca. 5 - 10 cm tiefer liegt und das Watt zur Fahrrinne über die Jahre hin immer tiefer wird.
- An der Uferlinie sind deutliche Rückgänge an den Sumpfsimsen zu erkennen, die in den vergangenen Jahren sehr stabil waren, vgl. Abbildung 17.
- Unterschiede in der Vegetationshöhe sind im Wesentlichen lokale Effekte wie z.B. niedergedrücktes Schilf oder auch Unterschiede in den Bäumen.





Abbildung 13a: Schilf / Sumpfsimsen / Ufer-Grenze 21.8.2019



Abbildung 14b: Schilf / Sumpfsimsen / Ufer-Grenze 8.7.2020



Abbildung 15: Erosion der Sumpfsimsenpolster in Bielenberg

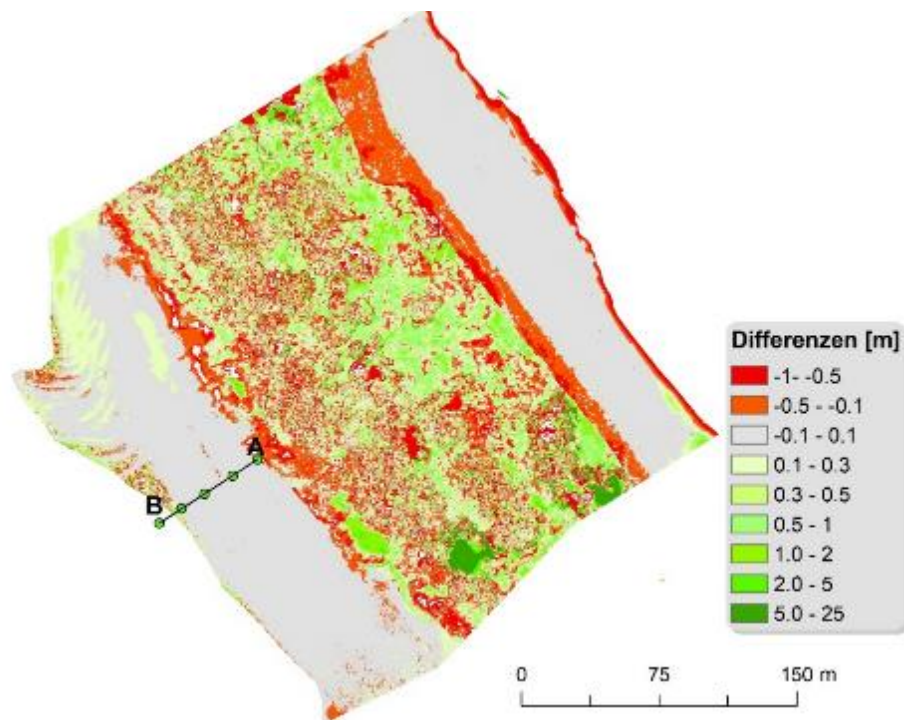


Abbildung 16: Höhendifferenz der digitalen Oberflächenmodelle zwischen UAS Flug vom 21.8.2019 und der aktuellen Befliegung vom 8.7.2020

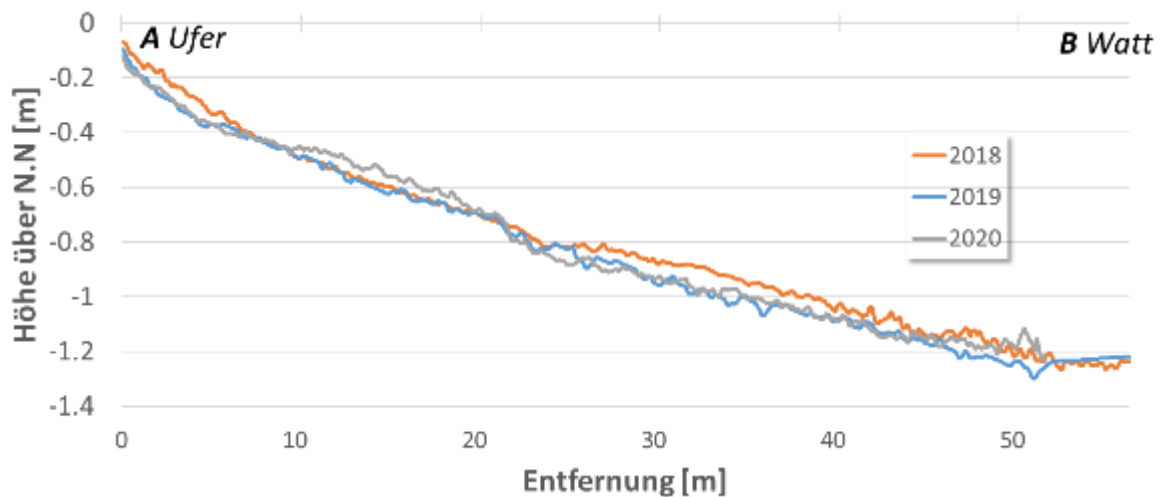


Abbildung 17: Vergleich der Profilverläufe der Wattflächen 2018 - 2020 am Standort Bielenberg (etwa 55 m Breite) vom Ufer (links) bis zur maximal auswertbaren Tiefe von -1,2 m (rechts)

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

	A				B
30.10.2014	0,01	-0,49	-0,71	-	-
09.03.2015	-0,05	-0,53	-0,82	-	-
09.06.2015	0,02	-0,50	-0,75	-	-
04.08.2016	0,01	-0,58	-0,90	-	-
25.09.2017	-0,01	-0,64	-1,01	-1,25	-1,21
15.08.2018	-0,10	-0,66	-1,00	-1,17	-1,20
21.08.2019	-0,11	-0,66	-1,00	-1,26	-1,26
08.07.2020	-0,11	-0,57	-0,99	-1,17	-

## 2.3 Schwarztonnensand

Im Vergleich zur Befliegung vom August 2019

- In den letzten zwei Jahren hat sich eine breite Schlickzone vor der Vegetationsgrenze ausgebildet, vgl. Abbildung 18 und Tabelle 4.
- Wenn man die Daten zu 2017 bzw. den davorliegenden Jahren vergleicht, wird das Ausmaß der insgesamt großen Veränderungen der Wathöhe deutlich, vgl. Abbildung 19. Ursache ist eine sich nach Süden hin auslaufende Sandbank mit einer Breite von ca. 20 m.
- Die Strandsimse breitet sich teilweise in der Teichsimsenzzone weiter aus.
- Der Schilfgürtel verbreitert sich um wenige Meter.
- Die Vegetationshöhe des Schilfs ist 2020 mit der Höhe im Jahr davor vergleichbar, Abbildung 18.

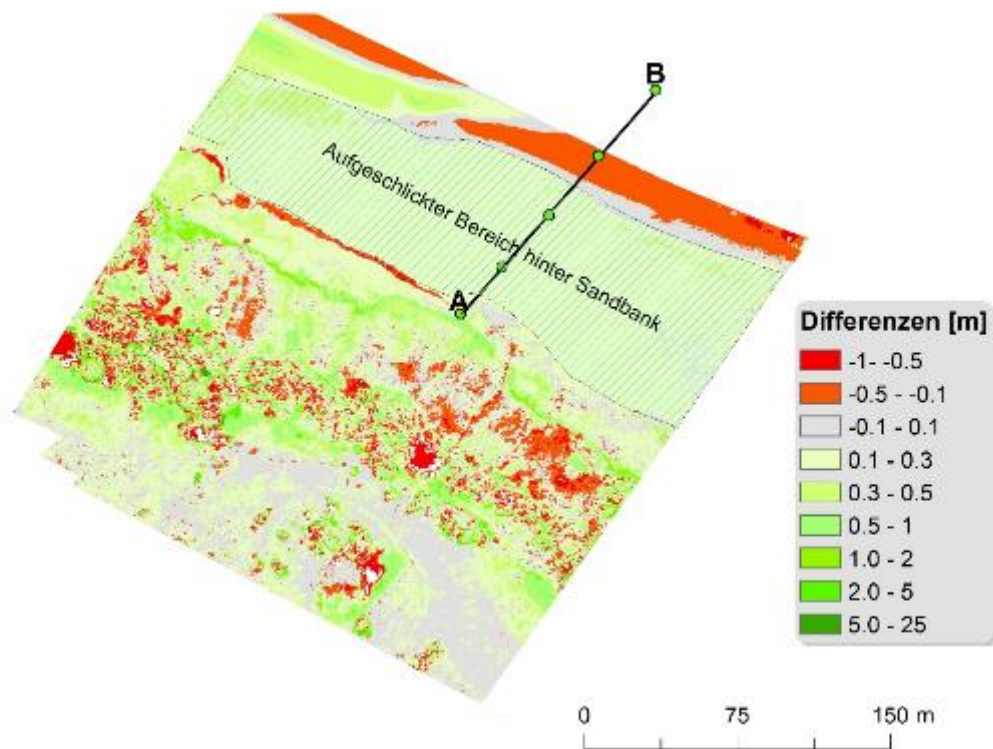


Abbildung 18: Höhendifferenz der digitalen Oberflächenmodelle zwischen UAS Flug vom 14.8.2019 und der aktuellen Befliegung vom 07.7.2020

Tabelle 4: Vergleich der Wattiefen der fünf bisherigen UAS Befliegungen entlang des Profils in Schwarztonnensand

	A				B
02.07.2015	0,09	-0,29	-0,55	-0,82	-1,02
03.08.2016	0,17	-0,20	-0,48	-0,70	-0,98
09.08.2017	0,21	-0,20	-0,48	-0,61	-0,96
16.08.2018	0,30	-0,08	-0,32	-	-
14.08.2019	0,54	-0,09	-0,16	-0,69	-
07.07.2020	0,47	0,08	0,04	-0,88	-

Um die Veränderungen der Wattoptographie durch die sich weiter nach Süden voranschleibende Sandbank zu verdeutlichen, sind in der nachfolgenden Darstellung in einem Querprofil die Jahre 2017, 2019 und 2020 gegenübergestellt, Abbildung 19 und Abbildung 20. Wie anhand der Schrägaufnahme zu sehen ist, schlickt der Bereich zwischen der Sandbank und dem Ufer von Norden her auf. Dieser Prozess ist mittlerweile so gut wie abgeschlossen, da es fast kein Gefälle (ca. 2 ‰) mehr zwischen der Vegetationsgrenze und der Sandbank gibt. Gleichzeitig verlagert sich die Sandbank Richtung Ufer. Der Blick in östliche Richtung zeigt, dass die Sandbank dort bald endet.

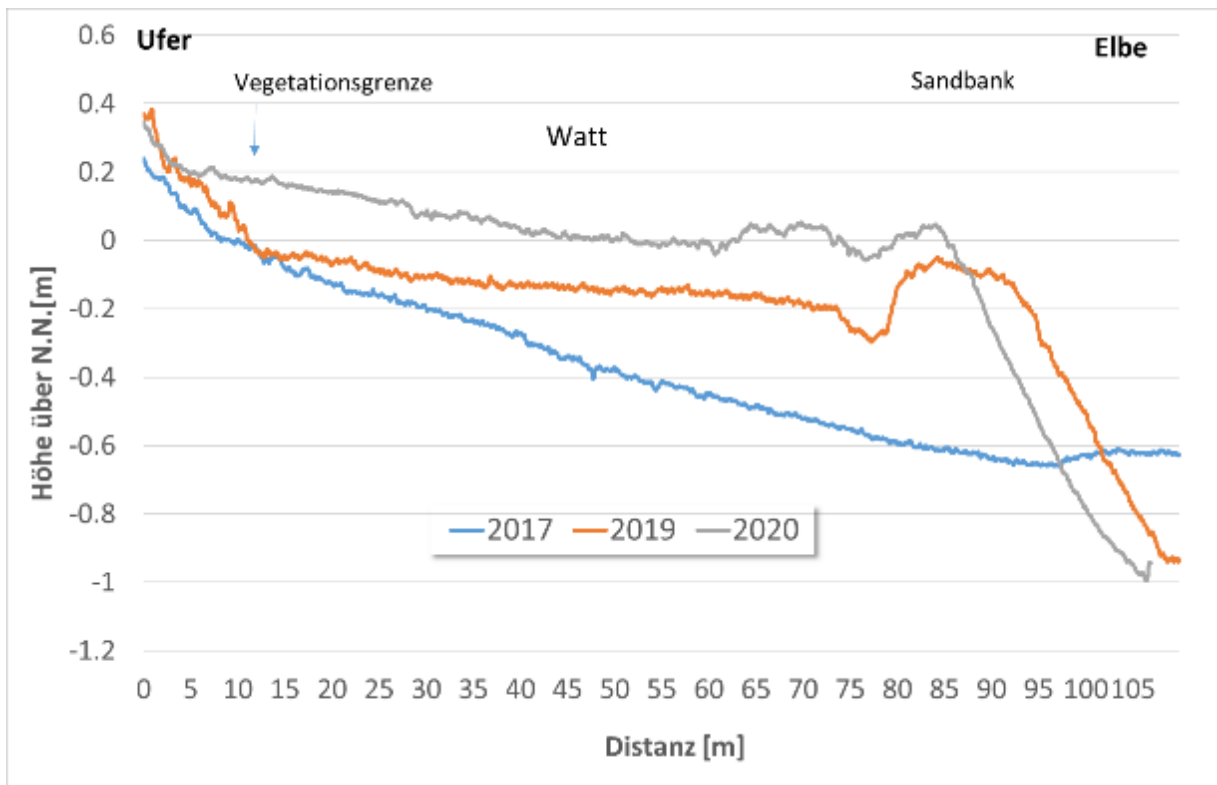


Abbildung 19: Veränderungen der Watttopographie am Standort Schwarztonnensand im Zeitraum 2017-2020 am Beispiel eines Querschnitts in Höhe der Profillinie aus Abb. 16.



Abbildung 20: Vorgelagerte Sandbank in Schwarztonnensand, Aufnahme 7.7.2020 (links, Blick nach Westen, rechts Blick nach Osten)

### **3 Fazit der UAS-Befliegungen 2020 zum Makrophytenmonitoring**

Im letzten Jahr haben sich die Vegetationsgrenzen zum Wasser hin und die Vorkommen der Dominanzarten an den drei untersuchten Standorten recht unterschiedlich entwickelt. Alle Standorten ist jedoch gemein, dass sich das Schilf ausbreitet. Viele der beobachteten Höhenunterschiede der Vegetation sind auf die unterschiedlichen Befliegungstermine 21.8.2019 und 07.7.2020 und die damit verbundenen Unterschiede in der Phänologie zurückzuführen.

In Hollerwetter ist die Vegetationsgrenze stabil, genauso wie die Grenzen zwischen den Dominanzarten.

In Bielenberg sind die Sumpfsimsen um 1 - 2 m nach mehreren stabilen Jahren zurückgegangen. Das Schilf breitet sich zum Teil Richtung Watt aus.

In Schwarztonnensand sind seit 2015 kleinere Veränderungen von einigen Metern an der Vegetationsgrenze zu beobachten. Teichsimsen breiten sich weiter in Richtung Elbe aus. Die Grenze zwischen Strandsimsen und Schilf wandert kontinuierlich Richtung Watt. Der Anteil des Schilfs nimmt zu.

Die schon im Jahr 2019 beobachtete Sandbank hat, wie erwartet dazu geführt, dass der Bereich zwischen der Sandbank und dem Ufer weiter aufschlickt, bis nun dieser Bereich quasi komplett aufgefüllt ist. Die Sandbank ist im Zeitraum zwischen der Befliegung 2019 und 2020 einerseits ein wenig höher und andererseits um ca. 25 - 30 m schmaler geworden, bzw. sie hat sich uferseitig verschoben. Wenn dieser Trend anhält, könnte es dazu führen, dass der aufgeschlickte Bereich sehr schnell wieder verschwindet. Das wiederum kann dazu führen, dass sich bei den Wattflächen ähnliche topographische Bedingungen wie im Jahr 2017 und davor einstellen.

Die zeitliche und räumliche Dynamik der untersuchten Standorte ist weiterhin recht unterschiedlich, d.h. jeder Standort weist eine eigene schwer vorhersehbare, oft jährliche Dynamik auf.

Rostock, den 2. Dezember 2020

Dr.-Ing. Görres Grenzdörffer