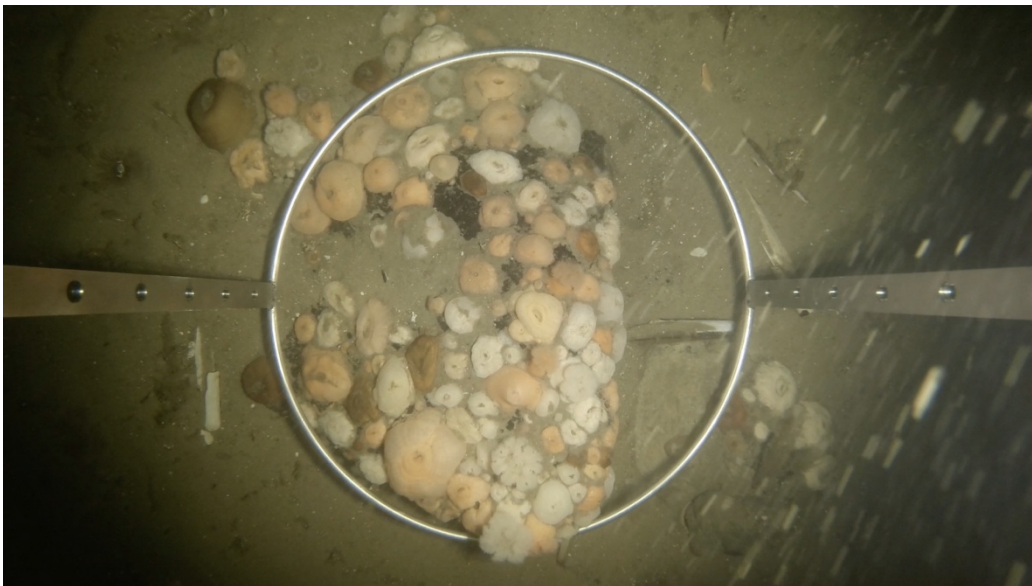


Erfassung benthischer Biotope im niedersächsischen Küstengewässer mit Hilfe optischer Methoden

Pilotstudie für den Borkum Riffgrund und das Jade-Weser- Gebiet

*Vorgelegt durch die Forschungstauchergemeinschaft submaris
Philipp Schubert, Dr. Florian Huber, Christian Howe, Robert Marc Lehmann, Uli Kunz*

Körnerstraße 29 | 24103 Kiel | info@submaris.com | www.submaris.com



**Im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebs für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz**



Endbericht, Januar 2017

Az 62180-04-04-P36



Inhalt

Einleitung	4
Untersuchte Gebiete und Verdachtsflächen.....	4
Untersuchungsgebiet 1: Borkum	5
Untersuchungsgebiet 2: Jade/Weser.....	5
Material & Methoden	6
Zeitraum	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Arbeitsboot	6
Drop-Cam.....	6
Ablauf des Kameraeinsatzes	8
GPS-Logger.....	9
Videoauswertung	9
Kartenerstellung	10
Ergebnisse und Diskussion	11
Ausfahrten und Einsatz der Drop-Cam	11
Positionierung.....	12
Tiefenmessung.....	13
Kamerawinkel	13
Habitat-Klassifizierung	14
Interpolationsmethode.....	15
Drop-Cam vs. Schleppkamera.....	16
Vorteile der optischen Erfassung.....	16
Vorschlag für ein zukünftiges Monitoring	17
Logistische Betrachtung.....	17
Verwendete Geräte	18
USBL System	18
Aufwandsabschätzung.....	19
Anhang	I

Einleitung

Im vorliegenden Bericht einer Pilotstudie im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (im Folgenden NLWKN) wird der praktische Einsatz einer optischen Methode zur Biotopidentifizierung in der Nordsee beschrieben. Im küstennahen Bereich sind optische Methoden bisher nur selten unter realen Bedingungen eingesetzt und getestet worden. Die Erfassung sublitoraler Biotope ist für die Bewertung von Meeresgebieten nach der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) notwendig, aber bisher mit einem hohen Aufwand verbunden. Hydroakustische Methoden liefern einen sehr guten Ansatz, allerdings kann die Interpretation der Daten schwierig sein, wenn keine geeignete Validierung (ground truthing) vorhanden ist.

Für die vorliegende Untersuchung wurde in zwei Pilotgebieten der Einsatz einer abgesenkten Kamera (im Folgenden Drop-Cam genannt) erprobt. Die Gebiete vor Borkum und im Bereich der Jade-Weser Mündung enthalten nach bisherigen Informationen Weichsedimente mit verschiedenen potentiellen Riffstrukturen, die epibenthische Gemeinschaften beinhalten können.

Anhand eines abgefahrenen Punkterasters wurden die Flächen systematisch erfasst. Nach der Auswertung der Bilder und Videos wurden flächenhafte Biotopkarten erstellt, die dann im Idealfall mit schon vorhandenen, hochaufgelösten Sonardaten verglichen werden konnten.

In Hinblick auf zukünftige Habitatbewertungen soll ein Beprobungsansatz vorgeschlagen werden, mit dem kleinräumige Strukturen in großen Sandflächen mit einem überschaubaren Aufwand gefunden und identifiziert werden können.

Untersuchte Gebiete und Verdachtsflächen

Die beiden Untersuchungsgebiete der Kartierung liegen im niedersächsischen Teil des Nationalparks Wattenmeer, nördlich vor Borkum und im Jade-Weser Mündungsbereich. Anhand von Voruntersuchungen wurden in beiden Einsatzgebieten vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) sogenannte Verdachtsflächen für die optische Kartierung ausgewiesen.

Es wurden vom Auftraggeber insgesamt sieben Verdachtsflächen vorgegeben, von denen drei vor Borkum und vier im Jade-Weser Mündungsbereich liegen. Für diese Gebiete ist eine gute Datengrundlage aus vorherigen Untersuchungen bzw. hydroakustischen Kartierungen vorhanden. Zusätzlich wurden vom Auftragnehmer noch zwei Gebiete vor Borkum als Verdachtsflächen kartiert (s.u.).

Mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) wurde am Computer ein Punkt-Raster über die einzelnen Flächen gelegt. Der Großteil der Punkte ist in einem regelmäßigen Raster angelegt. Regelmäßige Raster bieten bei der späteren geostatistischen Analyse und Interpolation Vorteile, da *a priori* keine Festlegung auf bestimmte Bereiche der Versuchsflächen vorgenommen wird. Liegen Vorinformationen vor, so kann die Punktedichte in bestimmten Bereichen erhöht werden. In einzelnen Verdachtsflächen wurden in Rücksprache mit dem NLWKN beim vorliegenden Projekt besonders interessante Bereiche fokussiert, d.h. die Punktedichte lokal erhöht, um eine höhere Auflösung der Daten in diesen Fokusgebieten zu erreichen.

Das zugrundeliegende regelmäßige Raster hat im Untersuchungsgebiet Borkum eine Auflösung (=Punktabstand) von maximal 300 m, im Untersuchungsgebiet Jade-Weser eine Auflösung von maximal 400 m. Der Grund hierfür ist neben der unterschiedlichen Größe der Versuchsflächen auch die zu erwartende räumliche Heterogenität in den beiden Gebieten (s.u.).

So entstanden für die drei westlichen Flächen 318 Drop-Cam-Punkte und für die vier östlichen Flächen 297 Drop-Cam-Punkte, deren Koordinaten über eine SD-Speicherkarte vom Computer auf unser Navigations-Gerät (Humminbird 898c SI) inklusive Seekarten-Material übertragen wurden.

Untersuchungsgebiet 1: Borkum

Das Untersuchungsgebiet vor Borkum wurde initial vom Auftraggeber anhand von Vorinformationen bzw. ausgewiesenen FFH-Schutzgebieten in drei Teilflächen untergliedert (V1, V2, V3). Zusätzlich haben wir in Rücksprache mit dem Auftraggeber zwei weitere Flächen definiert, wovon eine im Norden von V1 liegt (V1-N), die andere im Westen von V3 (V3-W). Für beide lagen hydroakustische Vorinformationen vor, die teilweise auch schon klassifiziert waren und das Vorhandensein von Riffflächen vermuten ließen. Die Verdachtsflächen vor Borkum haben insgesamt eine Fläche von 27,3 km². Eine Übersichtskarte des Gebietes ist in Abbildung 1 dargestellt.

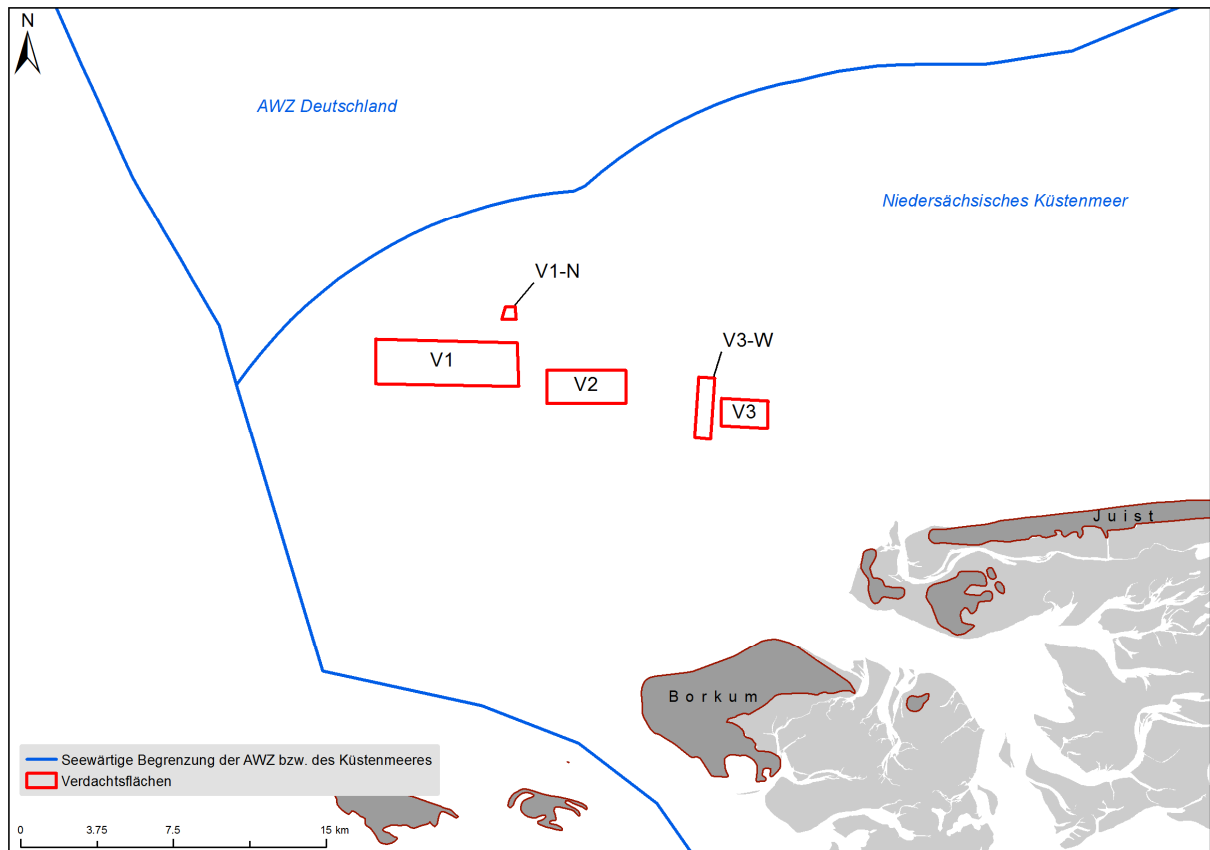


Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes nördlich von Borkum. V1, V1-N, V2, V3 und V3-W bezeichnen die einzelnen Verdachtsflächen.

Untersuchungsgebiet 2: Jade/Weser

Das Untersuchungsgebiet im Jade-Weser Bereich wurde vom Auftraggeber anhand vorhandener Vorinformationen in vier Verdachtsflächen untergliedert (V4, V5, V6, V7). Die Verdachtsflächen im Gebiet Jade-Weser haben insgesamt eine Fläche von 40,02 km². Eine Übersichtskarte des Gebietes ist in Abbildung 2 dargestellt.

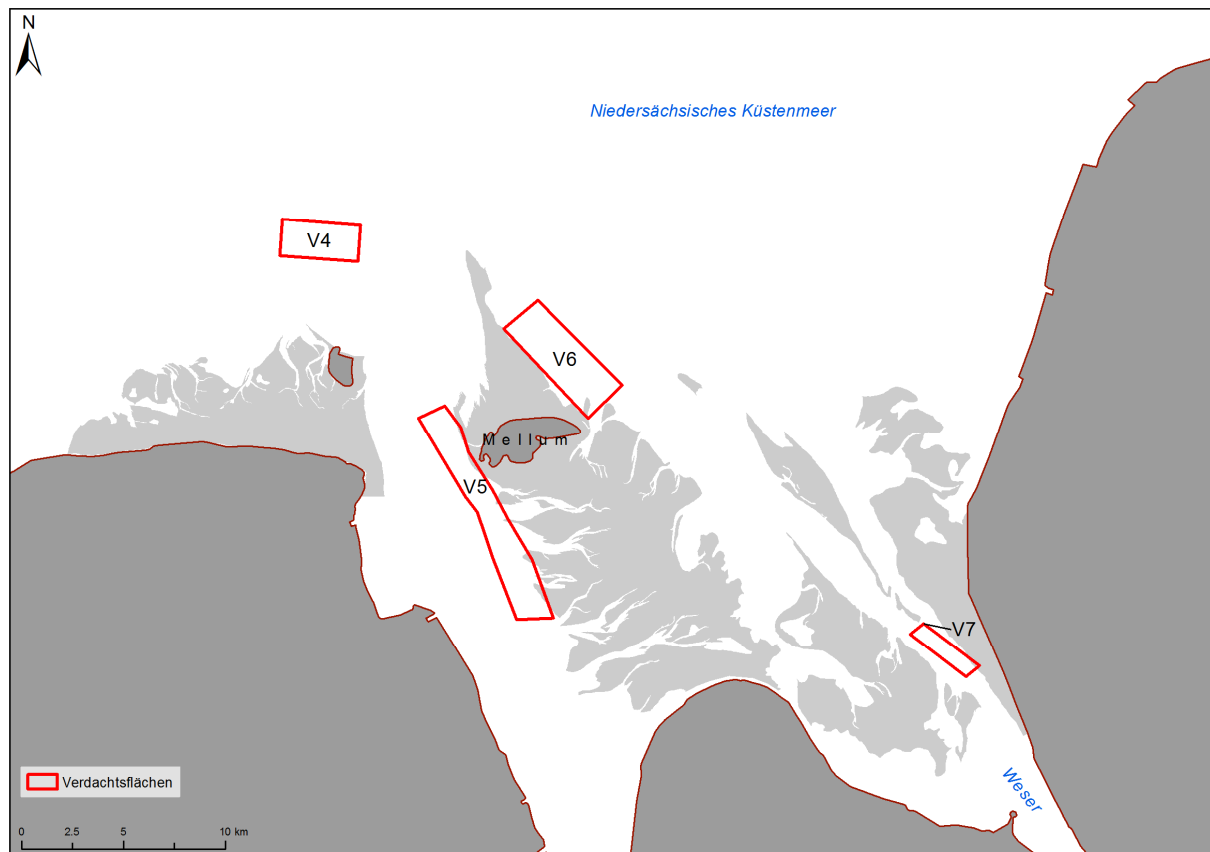


Abbildung 2: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes im Jade-Weser-Gebiet. V4, V5, V6 und V7 bezeichnen die einzelnen Verdachtsflächen.

Material & Methoden

Arbeitsboot

Unser Arbeitsboot AKERA ist ein Kajütboot mit einer Gesamtlänge von 6,00 Metern und einem Tiefgang von maximal 60 Zentimetern. Der Außenborder hat 70 PS und beschleunigt das Boot mit vier Personen an Bord auf eine Höchstgeschwindigkeit von 30 Knoten. Das Boot ist für die Seegebiete der Nord- und Ostsee zugelassen, verfügt über die vorgeschriebene Sicherheitsausrüstung und ein Seefunkgerät. An Bord sind zwei voneinander getrennte Treibstofftanks installiert, die dem Boot eine Reichweite von etwa 100 Kilometern (ohne Zusatztanks) geben. Ausgestattet mit einem festinstallierten GPS (mittlere GPS-ungenauigkeit etwa 1 – 2 m) und einem Sidescan-Sonar und Echolot können vorgegebene Punkte auf der Seekarte präzise angesteuert, abgespeichert und wiedergefunden werden.

Drop-Cam

Die Drop-Cam wurde im Sommer 2014 von der Firma Oktopus GmbH in enger Zusammenarbeit mit **submaris** ursprünglich als Schleppkamera entwickelt und gebaut. Maßgeblich für die Konzeption eines neuen Systems war der Mangel an bestehenden Kameras, die unseren Qualitätsvorstellungen entsprachen. Das Bild muss zur Kontrolle des Meeresbodens und der Höhe über dem Meeresboden auf einem Monitor im Boot dargestellt werden, wobei hier nicht unbedingt die volle Auflösung erforderlich ist. Um auch bei schlechteren Sichtweiten, wie sie häufig in den heimischen Gewässern der Nord- und Ostsee zu erwarten sind, einen guten Überblick über die untersuchte Fläche zu erhalten, sind ein großer Bildwinkel (ein großer Öffnungswinkel des Objektivs)

und eine zusätzliche Beleuchtung außerhalb der optischen Achse nötig (andernfalls ist eine Rückstreuung und Reflektion durch angestrahlte Schwebeteilchen zu erwarten und dadurch eine starke Beeinträchtigung des Bildes).

Mit dem Einbau einer handelsüblichen Action-Kamera der Firma GoPro (GoPro Hero 3+) haben wir ein System erhalten, das auf einer preiswerten Kamera mit überzeugender Bildqualität basiert. Die Kamera nimmt Videos durch ein Fix-Focus Objektiv mit einem beeindruckenden Öffnungswinkel von 170° diagonal in Full HD auf (1920x1080 Pixel) und ist damit gewerblich zu beziehenden Schlepp- oder Drop-Cams deutlich überlegen (diese haben geringere Öffnungswinkel und meist nur eine PAL-Auflösung (960x576 Pixel)).

Die Videodateien werden direkt in der Kamera im wasserdichten Gehäuse auf einer Mini-SD-Karte (64 GB; Klasse 10) aufgezeichnet, zusätzlich wird das S-Video Signal über das Schleppkabel (50 Meter) in einer niedrigeren Auflösung an die Oberfläche übertragen, wo es auf einem wasserdichten Monitor ohne Zeitverzögerung zur Höhenkontrolle der Kamera angezeigt wird.

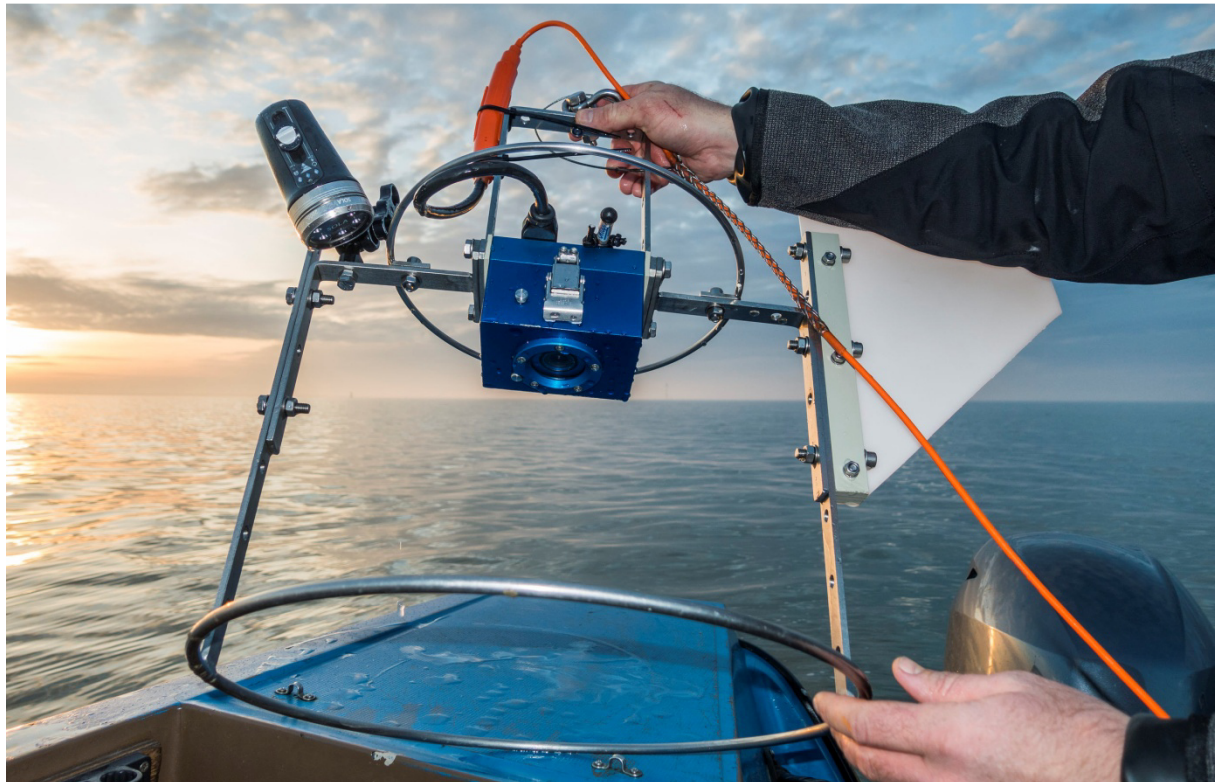


Abbildung 3: Drop-Cam im Einsatz. Links oben ist die Beleuchtung (Sola 2000) zu sehen, auf der rechten Seite der teilweise eingesetzte Stabilisierungsflügel, im blauen Gehäuse befindet sich die GoPro-Kamera. Der Rahmen ist höhenverstellbar zwischen 25 und 50 cm.

Das Kameragehäuse (Abb. 3) ist an einem höhenverstellbaren Edelstahl-Gestell montiert, über das der Abstand der Kamera zum Grund je nach Sichtweite zwischen 50 und 25 Zentimeter variiert werden kann. Am unteren Ende mit direktem Kontakt zum Substrat ist ein Ring mit 40 Zentimeter Durchmesser angebracht. Der Flächeninhalt entspricht 0.125 m^2 ($\triangleq \frac{1}{8} \text{ m}^2$). Dieser Ring dient sowohl als Abstandshalter zwischen Boden und Kamera als auch als Maßstab zur Größenabschätzung von Beobachtungen. Die starke Trübung des Wassers erfordert in den Untersuchungsgebieten eine zusätzliche Beleuchtung, die den zu dokumentierenden Bereich erhellt und damit überhaupt sichtbar macht. Hierbei handelt es sich um eine Unterwasser-Videolampe der Firma Light&Motion, Model Sola 2000. Die Helligkeit der Lampe ist regulierbar und kann den Verhältnissen unter Wasser angepasst werden.

Die Stromversorgung von GoPro-Kamera, Beleuchtungseinheit und Monitor besteht aus der externen, wiederaufladbaren Batterie einer Tauchlampe. Die Verbindung über wasserdichte E/O-Stecker an die Spannung von 12 Volt gewährleistet einen autarken Einsatz des vollständigen Systems und ein schnelles Austauschen des Akkus bei langen Einsätzen. Zusätzlich können Monitor und Schleppkamera auch mit entsprechenden Kabeln an Auto- oder Bootsbatterien angeschlossen werden.

Beim Einsatz als Drop-Cam haben wir für die Untersuchung folgende Kameraeinstellungen gewählt:

Video: 1080 (FullHD)	ISO Begrenzung: 6400
Belichtung: -0,5	Frames/sec: 50
Field of View: Wide	

Um die Zuordnung der Videos zu den Wegpunkten zu ermöglichen, wurde in das Sichtfeld der Kamera an Bord eine dreistellige Zahlen-Klapptafel gehalten.

Ablauf des Kameraeinsatzes

Für den Einsatz der Drop-Cam wurden drei Personen benötigt (Abb. 4). Ein Bootsführer zum Anfahren der Wegpunkte, ein Drop-Cam-Operator zum Herablassen und Heraufholen der Kamera und ein Schriftführer, der zeitgleich das Monitorbild überwacht und die erfassten Daten niederschreibt. Vor Ort wurden die Wegpunkt-Nummer, die aktuelle Tiefe (unkorrigiert), das Datum, die Uhrzeit, auf dem Monitor erkennbare sedimentologische und biologische Beobachtungen und Bemerkungen zur Strömung notiert.



Abbildung 4: Während des Einsatzes: Schriftführer (vorne) und Kamera-Operator (hinten). Der Bootsführer hat kurz den Steuerstand (links vorne) verlassen, um ein Foto zu machen.

Mit dem Arbeitsboot konnten die Koordinaten der Soll-Positionen exakt angefahren werden (Positionsungenauigkeit kleiner als fünf Meter), wobei allerdings beim Ablassen der Kamera durch die teilweise starke Gezeitenströmung ein Versatz zwischen Boots- und Kameraposition entstanden ist. Zusätzlich entstand

eine Ungenauigkeit durch den Versatz des Bootes zur Soll-Position (Ist-Position). Für einige Positionen (Steinriffe) wurde beispielhaft eine Berechnung der Abweichung zwischen Soll- und Ist-Position des Bootes berechnet. Die Abweichung der Kameraposition von der Ist-Position des Bootes können wir mit unseren Mitteln nicht erfassen, geben aber eine Abschätzung der maximalen Abweichung an (siehe unten).

GPS-Logger

Auf dem Arbeitsboot haben wir bei den Ausfahrten einen GPS-Logger (iBlue 747s) in einer wasserdichten Hülle mitgeführt, der als zusätzliche Sicherheit die Position des Bootes (Ist-Position) und damit der angefahrenen Punkte sicherstellt. Der Logger nimmt fortwährend im Sekundentakt die GPS-Position auf und lässt sich am Computer mit der passenden Software auslesen und im GIS darstellen. Die Position des Loggers wurde für Tabelle 1 (s.u.) genutzt, um die Ist-Position des Bootes sowie den Abstand zur Soll-Position auszurechnen. Die Entfernung zwischen Logger und Kamera-Einsetzpunkt beträgt 1,5 m.

Videoauswertung

Die weitere Auswertung der Daten fand am Computer auf hochauflösenden Monitoren statt. Die qualitative Beobachtung und Bewertung wurde beim Abspielen des Videos durchgeführt. Dabei wurden auch Besonderheiten notiert, wie die Sichtung von Steinen und Riffstrukturen, Fische, Krebstiere und Muschel-Siphone.

An einer geeigneten Stelle des Videos, bei der die Kamera möglichst ruhig auf dem Meeresboden stand, wurde vom Video ein Bildschirmfoto (Screenshot) erstellt und abgespeichert. Dieses Foto wurde für die quantitative Auswertung des Standortes nach sedimentologischen und biologischen Kriterien von zwei Personen im Konsens bewertet. Qualitativ wurde zusätzlich auch das jeweilige Video ausgewertet, so dass auch nur kurz im Video sichtbare Habitate in die Bewertung aufgenommen wurden.

Die Habitat-Bewertungsklassen sind:

Sediment

Schlick (nur Jade-Weser)
Schlickiger Sand
Feinsand
Mittel-Grobsand
Sand mit Kies / Schill
Schill
Steine / Fels
Torf

Biologie

Schill
Lanice conchilega
Torf (nur Borkum)
Steinriff
Seemoos

Die Klassen Torf, Schill, Steine / Fels bzw. Steinriff tauchen sowohl in der sedimentologischen als auch in der biologischen Einteilung auf, da es sich nicht nur um geologische Strukturen handelt, sondern mit diesen Klassen auch eine biologische Einordnung verbunden ist. Die Klassifizierung ist hierbei aber identisch, d.h. wird ein Habitat in der sedimentologischen Einordnung als Schill klassifiziert, so wird es auch biologisch als Schill eingestuft. "Steinriff" als biologisches Habitat entspricht der sedimentologischen Einordnung "Steine / Fels", sofern die Steine sichtbar bewachsen sind (im vorliegenden Pilotprojekt war dies immer der Fall, wir haben also keine unbewachsenen Steine gefunden).

Bei der Betrachtung der Fotos und Videos konnte Mittelsand nicht von Grobsand unterschieden werden, weshalb beide in einer Klasse aufgeführt wurden.

Zur Abschätzung des Bedeckungsgrades wurde folgende Skala verwendet.

Lanice Klasse	A	B	C
Bedeckungsgrad	1 - 33 % 8 - 100 Individuen / m ²	34-66 % > 100 Individuen / m ²	> 66 %

Schill Klasse	A	B	C
Bedeckungsgrad	1 - 50 %	50-75 %	> 75%

Seemoos Klasse	A	B	C
Bedeckungsgrad	1 - 33 %	34-66 %	> 66 % > 300 Kolonien / m ²

Die minimal detektierbare Individuenzahl bei *Lanice* ergibt sich aus der Fläche des Kamera-Rahmens: dieser hat eine Grundfläche von 0,126 m² (entspricht ca. 1/8 m²), so dass ein Individuum im Rahmen etwa acht Individuen pro m² entspricht. In den Auswertungstabellen für Borkum und Jade-Weser (liegen dem Bericht digital bei) wurde im letzten Schritt jeweils getrennt für die Sedimentologie und die Biologie das hauptsächlich vorliegende Habitat vermerkt. Ist eine Zelle bei der Bewertung "Sedimentologisches Habitat" oder "Biologisches Habitat" leer, ist nach den vorgegebenen Kriterien keine Einordnung möglich gewesen.

Dabei gelten folgende Grundsätze:

- Die **biologische** Habitatbezeichnung 'Schill' erfolgt, wenn der Schillanteil größer als 50 % ist (also Klasse B oder C).
- Die **biologische** Habitatbezeichnung 'Lanice' erfolgt, wenn die *Lanice*-Dichte über 100 Individuen pro m² liegt (also Klasse B oder C).
- Wenn an einem Ort sowohl *Lanice* (Klasse B und C) als auch Schill (Klasse A bis C) vorhanden sind, wird als **biologisches** Habitat 'Lanice' gewählt.
- Für eine **biologische** Habitat-Einordnung als 'Seemoos' müssen über 300 Kolonien pro m² vorhanden sein (Kriteriumsdiskussion siehe unten).
- Werden im Video besiedelte Steine (> 10 cm) entdeckt, wird als **biologisches** Habitat für diesen Punkt 'Steinriff' gewählt.
- Wenn an einem Ort Schill als Klasse C erkannt wird, erfolgt auch die **sedimentologische** Einordnung als Habitat 'Schill'. Unterhalb des Schills existieren natürlich noch andere Schichten, aber hier ist die oben liegende Schicht ausschlaggebend.
- Wenn an einem Ort Schill mit der Klasse B eingeordnet wird, erfolgt die **sedimentologische** Einordnung als Habitat 'Sand mit Kies/Schill'.

Kartenerstellung

Auf Grundlage der Bewertungstabellen für die beiden Untersuchungsgebiete ('Borkum_2016.xlsx' und 'JadeWeser_2016.xlsx') wurden die zugehörigen Shape-Dateien für Kartenprojekte mit ArcGIS (ESRI® Vers. 10.4.1) erstellt. Die Kartendarstellungen der einzelnen Verdachtsflächen (V1-V7) mit

- 1) Sedimentologischem Habitat,
- 2) Biologischem Habitat und
- 3) Interpolierter Darstellung (Methode: Inverse Distance Weighting)

finden sich im Anhang. Hierbei wurden jeweils die bestimmenden sedimentologischen und biologischen Habitate pro Drop-Cam-Punkt sowie ergänzend weitere vorhandene Informationen (v.a. Sedimenttypen aus der FIGGE-Karte oder aus NLWKN-Sedimentklassifizierungen) dargestellt. Die Trennung nach sedimentologischen und biologischen Habitaten wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit mit anderen Klassifizierungen (siehe Layerkonzept zu EUNIS) beibehalten. Des Weiteren halten wir eine Unterteilung in Sediment und Biologie für sinnvoll, da dadurch weitere Möglichkeiten der Auswertung oder Definition von Habitaten möglich bzw. offen gehalten werden.

Ergebnisse und Diskussion

Ausfahrten und Einsatz der Drop-Cam

Die zu untersuchenden Gebiete und Flächen wurden im Zeitraum zwischen dem 23. August und 23. November 2016 bei guten Wetterlagen befahren. Die Flächen nördlich von Borkum (V1 – V3) wurden am 24. und 25. August 2016 befahren. Die Wetterlage war sehr konstant und die Windstärke lag in diesen Tagen jeweils unter 3 Bft aus südlichen Richtungen, so dass das Tageslicht an diesen beiden Tagen komplett ausgenutzt wurde. Die Flächen V4 – V6 wurden zwischen dem 31. August und dem 2. September befahren. Die Wetterbedingungen waren auch hier ausreichend gut zum Arbeiten, allerdings führte eine Verschlechterung dann am 3. September zum Abbruch der Kampagne. Daher wurden die Flächen V6 und V7 dann erst am 23. November beendet (V6) bzw. komplett bearbeitet (V7). An diesem Tag herrschte perfektes Wetter mit weniger als 2 Bft Wind, so dass ebenfalls das gesamte (zwar kurze) Tageslicht ausgenutzt werden konnte und alle geplanten Punkte angefahren werden konnten.

Für die Schiffseinsätze vor Borkum wurde unser Arbeitsboot per Anhänger auf die Insel verlegt und dort ins Wasser gelassen. Das Untersuchungsgebiet liegt ca. 30 Kilometer vom Hafen Borkum entfernt, sodass bei den auftretenden Gezeitenströmungen ein schnelles Boot sehr zu empfehlen ist. Das Anfahren der Punkte erwies sich bei günstigen Winden unproblematisch, allerdings konnten wir nur in einem sehr kurzen Zeitfenster rund um das Stauwasser mit vorteilhaften Strömungsverhältnissen rechnen. Schon eine halbe Stunde nach Hoch- oder Niedrigwasser war die Strömung bereits wieder so stark, dass Boot und Kamera während des Absenkens verdriftet wurden. Die Sichtweiten waren ausreichend gut, sodass wir den maximalen Abstand der Kamera zum Ring eingestellt haben, um möglichst viel von der umgebenden Fläche zu erkennen.

Für die Schiffseinsätze im Mündungsgebiet von Jade und Weser haben wir das Boot im Hafen von Hooksiel (Verdachtsflächen 4, 5 und teilweise 6) oder Wremen (Verdachtsflächen 6 und 7) zu Wasser gelassen. Diese Häfen sind gezeitenabhängig bzw. haben eine Schleuse und sind deshalb nur zu bestimmten Zeiten schiffbar. Eine effektive Befahrung der Flächen stellte sich als sehr schwierig heraus, da neben der passenden Tide auch noch eine ruhige Wetterlage für die sichere Fahrt und Bearbeitung erforderlich war. Da zusätzlich auch noch die Mondphase (Spring- oder Nipptiden) in die Planungen einbezogen werden sollte, sind perfekte Umweltbedingungen auf wenige Tage (ca. 20) pro Saison begrenzt.

Im Mündungsgebiet der Jade waren wir zu unterschiedlichen Gezeiten und damit auch bei verschiedenen Strömungsverhältnissen auf See. Die schlechte Sicht in diesem Gebiet hat uns veranlasst, schon nach wenigen Punkten die Höhe der Kamera auf den geringst möglichen Abstand zum Boden einzustellen, um die Chance zu erhöhen, auf den Videos überhaupt etwas zu erkennen.

Wir konnten bei den Kameraeinsätzen nur um die Zeit des Stauwassers strömungsarme Verhältnisse antreffen, zu anderen Zeiten war die Strömung besonders im Bereich der Jade-Weser-Mündung teilweise so stark, dass die Kamera beim Ablassen weit verdriftet wurde und teilweise auf dem Boden umkippte. Zusätzlich entsteht

bei starker Strömung im bodennahen Bereich Sediment-Wasser-Gemisch mit Nullsicht, das eine Bewertung mit optischen Methoden teilweise unmöglich macht. Insbesondere in der Fläche V7 in der Außenweser konnten trotz sehr ruhiger Bedingungen und teilweise Stauwasser von 44 nur 2 Punkte zuverlässig bewertet werden.

Die Verdachtsflächen vor Borkum liegen sehr weit vor der Küste und weisen keine großen Tiefengradienten auf, sind also relativ eben. Die mittlere Tiefe in diesen Gebieten beträgt 22 Meter. Wir konnten bei unseren Ausfahrten, die teilweise bis zu elf Stunden dauerten und damit bei ab- und auflaufendem Wasser stattfanden, keine merklichen Unterschiede in der Sichtweite feststellen. Die Strömung an diesen Flächen war deutlich spür- und im Videobild auch sichtbar, beeinflusste das Videobild aber kaum, sodass die Daten gut ausgewertet werden konnten. Vor Borkum haben wir an zwei Tagen 267 Punkte angefahren und bewertet.

Die Punkte in den Verdachtsflächen im Mündungsbereich von Jade und Weser liegen teilweise in der Fahrwasserrinne, bedecken aber auch häufig die Randbereiche von trockenfallenden Wattflächen. Hier existieren an vielen Stellen Sandbänke und Untiefen, an denen es zu Strömungsschatten kommen kann, sich aber auch Prallhänge bilden, die das Wasser umlenken und die Strömungsgeschwindigkeit herauf- und herabsetzen können. In den Verdachtsflächen V4, V5, V6 und V7 haben wir 260 Punkte angefahren, von denen insgesamt 57 so schlechte Sicht (Nullsicht) aufwiesen, dass auf dem Videobild vom Meeresboden nichts zu erkennen ist und folglich keine Bewertung vorgenommen werden konnte. Die meisten dieser Nullsicht-Punkte lagen in der Fläche V7 in der Wesermündung (37).

Eine systematische Abhängigkeit der Sichtweiten von den Strömungs- oder Tidenverhältnissen war nicht erkennbar, die angetroffenen Bedingungen waren auch bei benachbarten und unmittelbar nacheinander angefahrenen Punkten sehr unterschiedlich. Die Topographie der Jade-Weser-Mündung mit vielen Sandbänken, Untiefen und Inseln führt offensichtlich zu nur schwierig oder aufwändig vorhersehbaren Strömungsverhältnissen und Sichtweiten, die den Einsatz mit einer Drop-Cam deutlich erschweren und eine Einbindung der optischen Methode in das operative Monitoring in diesem Gebiet fraglich machen.

Positionierung

In den Karten werden die Sollpositionen der angefahrenen Punkte dargestellt. Durch das Absenken der Kamera und die Drift des Bootes bei den teilweise starken Strömungen in den Untersuchungsgebieten tritt naturgemäß ein Versatz zwischen Soll- und Ist-Position des beprobteten Meeresbodens auf. Der zusätzlich betriebene GPS-Logger (mit satellitengestütztem DGPS = WAAS/EGNOS-Empfang) nimmt im Sekundentakt die GPS-Position des Bootes an der Oberfläche auf. Die Information über die genaue Uhrzeit, die jede Videodatei enthält (zum Beispiel wenn man sie im Explorer in der Dateiliste betrachtet), wird beim Abspeichern der Datei erstellt, in unserem Fall also, wenn die Drop-Cam wieder an Bord geholt und die Aufnahme beendet wird. Mit einem speziellen Programm ist es möglich, den Moment des Aufkommens der Kamera auf Grund vom Ende der Aufnahme zurückzurechnen und damit einen genauen Zeitpunkt zu erhalten, dem mit der durch den Logger erstellten Liste eine eindeutige Bootsposition zuzuordnen wäre. Bei starker Strömung oder heftigen Winden wäre diese Position allerdings immer noch mit einem Fehler behaftet, da die Position des Bootes nicht die exakte Position der Kamera auf Grund wiedergibt. Wir haben in der vorliegenden Untersuchung eine Rückrechnung beispielhaft für Punkte mit der Bewertung „Steinriff“ durchgeführt, da auf diesen der Fokus der Untersuchung der FFH-Gebiete lag.

Genauere Angaben zur Abweichung zwischen Soll- und Ist-Position sind nur mit größerem Aufwand möglich. Als grobe Annäherung kann aber eine Abweichung von etwa 1,5-facher Wassertiefe (unkorrigiert) als maximale Abweichung der Kameraposition vom Boot angenommen werden. Aufgrund der effektiven Kabellänge der Kamera (45 m), die nur bei manchen tiefen Punkten (maximale Tiefe der Untersuchungspunkte im Jade-Weser-Gebiet: 28,5 m, maximale Tiefe vor Borkum: 27,5 m) voll genutzt werden musste, ergibt sich dementsprechend trigonometrisch eine maximale horizontale Abweichung von etwa 34 m bei diesen tiefsten Punkten.

Für die insgesamt 13 Positionen, an denen Steine festgestellt wurden, wurden in der folgenden Tabelle 1 möglichst genaue Rückrechnungen beispielhaft durchgeführt. Diese Abweichungen sind als Puffer in den entsprechenden Shape-Dateien (buffer_borkum.shp & buffer_JW.shp) dargestellt. Wie die Werte der Tabelle 1 zeigen, bleiben die horizontalen Abstände zwischen Ist- und Sollposition meist sogar unterhalb der Werte der Wassertiefe. Die Ist-Position gibt dabei allerdings nur die möglichst genaue Position des Bootes zur Zeit der Aufnahme, nicht die der Kamera an. Die Abweichung der Kameraposition von der Schiffsposition kann mit unserer Ausrüstung nicht exakt ermittelt werden und taucht auch in Tabelle 1 nicht auf. Sie kann bei einer maximalen Abweichung des Kabelwinkels von der Senkrechten von ca. 50 ° (Erfahrungswert) im schlechtesten Fall ebenfalls etwa das 1,5-fache der Wassertiefe betragen.

Tabelle 1: Beispielhafte Rückrechnung der genauen Position von als „Steinriff“ klassifizierten Punkten. WPT: Wegpunktbezeichnung gleichzeitig Video- und Screenshotbezeichnung, Tiefe: unkorrigierte Wassertiefe in Metern, Uhrzeit: lokale Zeit, Fläche: Verdachtsflächenbezeichnung mit Angabe des Gebietes (B=Borkum, JW=Jade-Weser), Sollposition: geplante Position des Untersuchungspunktes (Darstellungspunkt im GIS), Ist-Position: tatsächliche Position der GPS-Antenne des Loggers zum Zeitpunkt der Video-Bewertung; Entfernung Logger-Kameraeinsetzpunkt: 1,5 m, Horizontaler Abstand: euklidische Distanz zwischen Ist- und Sollposition, ermittelt anhand beider Positionen im GIS.

WPT	Tiefe [m]	Datum	Uhrzeit	Fläche	Longitude (Soll)	Latitude (Soll)	Longitude (Ist)	Latitude (Ist)	Horizontaler Abstand [m]
81	24.6	25.08.2016	15:22	V1 (B)	6.5032173	53.737164	6.503515	53.737251	22.4
104	23.6	25.08.2016	20:26	V1 (B)	6.5033770	53.734470	6.503195	53.734434	12.8
105	25.1	25.08.2016	15:55	V1 (B)	6.5079205	53.734565	6.507932	53.734524	4.6
107	24.2	25.08.2016	15:50	V1 (B)	6.5170076	53.734753	6.517111	53.734774	7.2
129	25.4	25.08.2016	16:28	V1 (B)	6.5126231	53.731965	6.512793	53.731977	11.3
130	23.9	25.08.2016	19:57	V1 (B)	6.5171664	53.732059	6.517141	53.732038	3.2
242	25	24.08.2016	20:27	V1-N (B)	6.5460721	53.760359	6.545967	53.760371	7.6
274	25.3	24.08.2016	20:24	V1-N (B)	6.5427842	53.759577	6.542619	53.759646	13.4
305	26.4	25.08.2016	12:17	V1-N (B)	6.5459800	53.761600	6.546024	53.761462	15.5
309	26.5	25.08.2016	12:31	V1-N (B)	6.5459600	53.760800	6.546030	53.760895	11.5
190	9.9	01.09.2016	18:21	V5 (JW)	8.1397300	53.671340	8.139672	53.671399	7.0
57	16.6	23.11.2016	09:33	V6 (JW)	8.1690450	53.767017	8.169103	53.767080	8.1
271	9.0	23.11.2016	17:21	V7 (JW)	8.4607440	53.635708	8.460822	53.635661	7.3

Tiefenmessung

Die in unserer Tabelle aufgenommenen Wassertiefen wurden vom Echolot beim Erreichen des jeweiligen Punktes und dem Absenken der Drop-Cam abgelesen. Es handelt sich bei den Tiefenangaben somit um unkorrigierte Tiefen, die je nach Pegelstand von den in der Seekarte angegebenen Tiefen abweichen. Eine Korrektur ist mithilfe von minutengenauen Pegelständen der verschiedenen Pegel an der Nordsee möglich aber für diese Vielzahl von Punkten zeitaufwändig. Wir haben im vorliegenden Bericht diese Tiefenkorrektur nicht vorgenommen, da die Wassertiefe kein maßgeblicher Parameter für die Verteilung der verschiedenen Habitate zu sein scheint. Wir haben die verschiedenen Habitate in ganz verschiedenen Tiefen angetroffen und auch von einem empirischen Standpunkt aus, scheint eine Verbindung zwischen Wassertiefe und dem Vorkommen zumindest von Steinriffen, die ja meist glazialen Ursprungs sind, nicht zu bestehen oder nur geringe Auswirkungen zu haben.

Kamerawinkel

In unserem Gestell ist die Kamera so verbaut, dass sie senkrecht nach unten schaut. Eine prozentuale (semi-quantitative) Flächenabschätzung der Bedeckung von Klassen (Schill, *Lanice*, Feinsand etc.) im sichtbaren Ring wird dadurch standardisiert und einfach möglich. Das Erkennen von feinen Strukturen wie zum Beispiel *Lanice*-Rasen könnte mit einem geneigten Blickwinkel oder einem flacheren Lichtwinkel (idealerweise knapp über dem Meeresboden von der Seite) verbessert werden, allerdings ist dann eine semi-quantitative Auswertung

des Videobildes kaum möglich. Eine schräg an der Seite des Metallgestells angebrachte Kamera würde außerdem einen zusätzlichen Schutz am Gestell erfordern, damit das Gehäuse nicht beschädigt wird, wenn das Gestell von der Strömung umgeworfen wird oder beim Einsatz gegen Steine o.ä. stößt.

Habitat-Klassifizierung

Hinsichtlich der Habitat-Klassifizierungen war ein Ziel dieser Pilotstudie, herauszufinden, welche Habitate man noch zuverlässig mit optischen Methoden unterscheiden kann. Bei ausreichenden Sichtweiten, wie sie vor Borkum und teilweise an den außenliegenden Verdachtsflächen (V4, V6, nördlicher Teil von V5) im Jade-Weser-Gebiet vorgefunden wurden, können die meisten Habitate zuverlässig angesprochen werden. Mittel- und Grobsande sind teilweise schwer auseinander zu halten, weshalb in der vorliegenden Untersuchung diese beiden Klassifizierungen zusammengefasst wurden.

Die Klassen der einzelnen Habitate (*Lanice*, Schill und Seemoos) wurden nach ersten Auswertungen an Bord und später am Computer empirisch festgelegt. Es zeigte sich, dass mit vertretbarem Aufwand (Auswertung ca. doppelte Video-Zeit) jeweils drei Klassen für diese drei Habitate erkannt werden konnten (Klasseneinteilung s.o.). Die Einteilung der Klassen erfolgte dabei zunächst nach dem Bedeckungsgrad zu Dritteln (*Lanice* und Seemoos), bzw. über und unter 50 % bei Schill, da dies von uns auch als Grenzwert für die Definition als Schill-Habitat gewählt wurde. Eine Einstufung in Klasse A bei diesen drei biologischen Habitaten bedeutet dementsprechend 'vorhanden', eine Einstufung in mindestens Klasse B (Klasse C bei Seemoos) begründet die Einordnung als Habitat. Bei Seemoos und *Lanice* wird zusätzlich die Anzahl der Kolonien bzw. Individuen (*Lanice*) gezählt, da die Anzahl ebenfalls Teil der Klassifizierung ist.

Das Habitat 'Steinriff' wurde sedimentologisch und biologisch ab einer Steingröße von mindestens 10 cm und mindestens einem im Video gesichteten Stein klassifiziert. Die meisten angetroffenen Steine waren allerdings deutlich größer (im Mittel > 20 cm) und in nahezu allen Fällen wurde auch mehr als ein Stein im Video gesichtet. Kleinere Steine, deren Vorkommen nach FFH-Richtlinie (bzw. Interpretation Manual of European Union Habitats, 2007) bereits als „Riff“ bezeichnet werden können (> 6,4 cm), sind einerseits im Video schwer zu identifizieren und leicht zu übersehen. Andererseits halten wir diese Einteilung für überarbeitungswürdig und empfehlen eine Mindest-Steingröße von 10 cm für die Einordnung als „Riff“, da die Steingröße für die Besiedlung von Steinen ein maßgeblicher Faktor ist. Abschließend kann die Frage der Mindestgröße hier nicht beantwortet werden, da solche Entscheidungen in den zuständigen Gremien beschlossen werden und ausführende Firmen und Behörden sich anschließend an deren Empfehlungen zu halten haben.

Hinsichtlich der "Hierarchie" der einzelnen biologischen Habitate mussten wir uns entscheiden, welche Habitate wir als wichtiger oder bestimmender für den jeweils untersuchten Punkt erachten, falls mehrere gemeinsam in mindestens Klasse B auftraten, da nur ein biologisches Habitat pro Punkt angegeben werden sollte. Wir entschieden uns dafür, *Lanice* über Schill zu stellen und Stein über *Lanice*. Die Begründung hierfür ist, dass *Lanice* ein lebender Organismus ist, wohingegen Schill nicht unbedingt besiedelt sein muss. Steine hingegen sind als wichtige Strukturen meist (und in der vorliegenden Untersuchung in allen Fällen) sehr divers besiedelt und standen bei der vorliegenden Pilotstudie im Fokus der Untersuchung, weshalb wir dieses Habitat als hierarchisch höher stehend bewertet haben.

Die Definition des Habitates 'Seemoos' ist für uns bisher zu streng gefasst und sollte überarbeitet werden. In einem Entwurf des NLWKN ("Layerkonzept" zu EUNIS) wird erst ab einer Bedeckung von > 300 Kolonien pro m² das Habitat Seemoos klassifiziert. Wir haben eine solche Dichte an keinem Punkt gefunden, dies entspräche etwa 36 Kolonien im Ring. Maximal haben wir etwa 20 Kolonien ($\pm$ etwa 160 Kolonien pro m²) gefunden und der Boden war dann schon relativ dicht besiedelt. Wir schlagen daher vor, zukünftig den Grenzwert auf etwa 100 Kolonien pro m² festzulegen, da ab dieser Dichte bereits von einem vorherrschenden Habitat gesprochen werden kann. Des Weiteren ist die Trennung der Arten, die dieses Habitat ausmachen am Bildschirm nur sehr schwer möglich. Es ist wahrscheinlich, dass in unseren Aufnahmen meist Kolonien der Hydrozoe *Sertularia*

cupressina zu sehen waren. Diese Hydrozoe bildet bis 50 cm hohe, wendeltreppenartige, aufrechte Kolonien. Die vielen verzweigten „Ästchen“ sitzen spiralförmig am „Stamm“ an. Es wächst auf Steinen und Muschelschalen und ist im Nordwest-Atlantik weit verbreitet und häufig. Unter dem Begriff „Seemoos“ wurden früher vor allem *Sertularia cupressina*-Bestände geführt, die von ca. 1900 bis in die 1970er Jahre zunächst gesammelt und später befishet wurden und kommerziell als „Seemoos“ oder „Weißmoos“ hauptsächlich zur Verzierung von Blumengestecken gehandelt wurden.

Interpolationsmethode

Die erhobenen Punktedaten (V1 – V6) wurden für eine flächenhafte Darstellung im GIS mit verschiedenen Methoden interpoliert. Bei Fläche V7 reichten die vorhandenen Informationen leider nicht für eine Interpolation aus. Es wurden zwei unterschiedliche, gängige Interpolationsmethoden getestet: Block Kriging und Inverse Distance Weighting (IDW). Beiden liegen unterschiedliche mathematische Operationen zugrunde, die dazu führen können, dass abweichende Ergebnisse auftreten (siehe Kasten). In unserem Fall ergaben die Kriging-Interpolationen, die mathematisch komplexer sind und auch die Eingabe mehrerer Parameter verlangen, keine besseren oder plausibleren Ergebnisse. Daher wurde auf die Darstellung der Ergebnisse in diesem Bericht verzichtet. Sie liegen aber digital auf der Projekt-Festplatte (Abgabe an Jan Witt) vor. Nach dem Prinzip der Parsimonie wird hier der einfacheren Methode der Vorzug gegeben, da IDW einfache, aber plausible Darstellungen ausgibt und keine höhere Genauigkeit vortäuscht. IDW wurde daher für die Kartendarstellungen im Anhang genutzt. Zusätzlich wurde die Varianz, also die rechnerische Ungenauigkeit der Interpolation für die Kriging-Methode (nicht für IDW) mit ausgegeben und ist ebenfalls auf der Projektfestplatte vorhanden (xxx_var_xxx.tif).

Parametereinstellungen IDW:

number of interpolation points: 12

Power parameter: 2

Parametereinstellungen Block Kriging:

block size: 100

max distance: -1

Lag distance classes: 100

variogram: $a + b * x$

search range: global

max search distance: 1000

max number of nearest points: min 4, max 20

Aufgrund der flächendeckenderen sedimentologischen Klassifizierungen im Gegensatz zu den biologischen Klassifizierungen und der Vergleichbarkeit zu flächenhaften Vorinformationen, wurde hier die Sedimentologie interpoliert. Dabei wurde zunächst jeder einzelne Sedimenttyp für sich mit An- oder Abwesenheit (0, 1) interpoliert, so dass man für jede Zelle (Zellengröße: 10 m) einen Wert zwischen 0 und 1 als Wahrscheinlichkeit erhielt, das entsprechende Sediment in dieser Zelle anzutreffen. Am Ende wurde pro Zelle für alle 6 Sedimenttypen der mit der höchsten Vorkommenswahrscheinlichkeit gewählt und dargestellt. Die Interpolationen wurden für die Verdachtsflächen vorgenommen, außerhalb dieser sind die Daten mit zu viel Unsicherheit behaftet. Die Ergebnisse liegen als Raster-Dateien (IDW_Flächen) vor und sind ebenfalls auf der Projekt-Festplatte vorhanden. Des Weiteren wurden auch alle Sedimentklassen einzeln interpoliert und ihre Vorkommenswahrscheinlichkeit dargestellt (Werte zwischen 0 und 1). Diese einzelnen Sedimentdarstellungen liegen ebenfalls auf der Projektfestplatte vor (IDW_Klassen).

Bei der Erstellung der Interpolationen wurden unsere aufgenommenen Daten interpoliert, da wir diesen direkt vertrauen können. Damit ist gemeint, dass (bis auf die vorhandene Positionsungenauigkeit) in Bezug auf die Interpretation der Video- bzw. Standbilder kaum Fehlermöglichkeiten (wie z.B. bei einer Klassifizierung von hydroakustischen Aufnahmen) bestehen. Es handelt sich ja bereits um eine Methode, die auch beim ground-truthing von akustischen Aufnahmen verwendet wird. Daher messen wir unseren Aufnahmen eine höhere Zuverlässigkeit bei, die natürlich zu Lasten der Abdeckung bzw. untersuchten Fläche geht. Aber an den untersuchten Punkten gehen wir von einer hohen Zuverlässigkeit der Klassifizierung (nach unseren Kriterien) aus. Daher halten wir es für nicht zielführend und auch redundant, schriftlich die Unterschiede zu den bereits vorhandenen (und je nach Quelle sehr inhomogenen) Vorinformationen zu beschreiben, wenn diese auch aus den GIS-Karten ersichtlich sind. Des Weiteren ist eine Einbeziehung der Vorinformationen in die Interpolation (z.B. in Form eines echten mathematischen Modells) nicht empfehlenswert, da die Vorinformationen einerseits nicht flächendeckend und homogen vorliegen (dies ist eine Voraussetzung für eine Einbindung als Parameter in eine Modellierung), andererseits die Unsicherheit der Klassifizierung bei diesen meist hydroakustischen

Vorinformationen sehr hoch ist, wie ein Abgleich unserer Daten mit den hydroakustischen Klassifizierungen im GIS zeigt. Die Gründe für die Abweichungen können durch die zeitliche Differenz verursacht werden (wenn beispielsweise submarine Dünen Steinfelder freilegen oder verschütten) oder durch falsche Klassifizierungen zustande kommen.

Drop-Cam vs. Schleppkamera

Ein wesentlicher Punkt der Pilotstudie ist die Ermittlung eines Beprobungsansatzes, mit dem trotz begrenzter Ressourcen die kleinräumigen Strukturen in großen Sandflächen gefunden und identifiziert werden können. Aufgrund unserer Erfahrungen bei vergleichbaren Projekten schlagen wir als geeignetste Methode bei den zu erwartenden schlechten Sichtverhältnissen die Drop-Cam-Methode vor, da hiermit auch bei schlechter Sicht schnell und effizient große Gebiete abgefahren werden können. Auch kleinräumige Strukturen können bei ausreichender Auflösung/Punktedichte und gleichmäßigem Vorkommen so sicher identifiziert werden. Beispielsweise sollten in einem FFH-Gebiet 1170 (hier: geogenes sublitorales Riff) Steine mindestens 10 % der Fläche bedecken. Somit sollten, eine gleichmäßige Verteilung (oder eine zufällige Verteilung der Punkte) vorausgesetzt, auch in 10 % der Drop-Cam-Punkte Riffstrukturen identifizierbar sein.

Bei den von uns angetroffenen Sichtweiten vor Borkum wie auch im Mündungsgebiet von Jade und Weser kann eine Schleppkamera nicht sicher eingesetzt werden, da die Gefahr des Verhakens oder des Aufpralls auf zu spät sichtbare Hindernisse wie Steine zu groß ist. Selbst mit einer Drop-Cam ist hier das Risiko gegeben, das Gestell zwischen Steinen oder Wrackteilen einzuklemmen und zu verlieren.

Die Drop-Cam bietet für die spätere Auswertung von Flächenbedeckungen die nötigen Voraussetzungen und kann mit dem daran befestigten Metallring auf dem Meeresboden abgesetzt werden. Mit dieser statischen Aufnahme ist sichergestellt, dass ein Screenshot aus dem Video hinreichend scharf ist und damit wesentlich besser bewertet werden kann als ein laufendes Video der Schleppkamera, dessen Einzelbilder mit einer Belichtungszeit von 1/50 Sekunde durch die hohe Geschwindigkeit über Grund häufig unscharf sind.

Die Drop-Cam-Methode bietet weiter den Vorteil, dass die gewonnenen Daten effektiver extrapoliert und ausgewertet und so besser für Habitatmodellierungen und Flächenberechnungen genutzt werden können als Schleppkamera-Daten. Abhängig von den zu erwartenden Strukturen bzw. Habitaten (abgeleitet aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten akustischen Informationen) kann hierbei die Auflösung variiert und an die Gegebenheiten vor Ort angepasst werden, wie in dem vorliegenden Projekt.

Allerdings kann die Nutzung einer Schleppkamera für den schnellen Überblick über großflächige Habitate zum Einsatz kommen, um Verdachtsflächen zu identifizieren oder einzugrenzen. Dies allerdings nur bei ausreichenden Sichtweiten (wie z.B. vor Borkum).

Vorteile der optischen Erfassung

Der große Vorteil einer optischen Erfassung des Meeresbodens gegenüber der Beprobung mit Greifern liegt in der größeren Fläche, die mit der Kamera aufgenommen werden kann, und dem geringerem Zeitaufwand pro Station, da keine Proben verarbeitet werden müssen. Dredgen gegenüber, die ebenfalls große Flächen schnell und quantifiziert erfassen können, sind die Kamera-Aufnahmen durch die direkte, unverfälschte Betrachtung des Habitats 'in-situ' im Vorteil. Im Vergleich zur invasiven Beprobung mit dem Bodengreifer oder der Dredge ist die optische Erfassung als sehr schonend zu bezeichnen. Gerade schützenswerte, langsam wachsende oder kleinräumige Habitate kann man mit gutem Gewissen nicht regelmäßig mit destruktiven Methoden beproben, so dass es aus unserer Sicht zu Kamera-Aufnahmen nur die Alternative akustischer Methoden gibt. Diese benötigen allerdings stets ein ground-truthing (optisch und/oder durch destruktive Probennahme), welches bei der Arbeit mit Kameras entfällt.

Bei guten Sichtweiten (ab ca. einem Meter) ist auf dem Monitor der Meeresboden schon vor dem Absetzen der Kamera sichtbar. Die Kamera kann nach dem Absetzen für die Erstellung des scharfen, unbewegten Bildes wieder etwas angehoben und knapp über dem Substrat gehalten werden und liefert dann mit der immer vorhandenen Drift einen Überblick über die direkt benachbarten Bereiche, der dann für die Habitatbewertung mit einbezogen werden kann und im vorliegenden Projekt auch wie oben beschrieben einbezogen wurde. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, auch seltene, kleinere Biotope wie bewachsene Steine ausfindig zu machen.

Die Beprobung des Meeresbodens mit einem Greifer ergibt bei weichen Sedimenten einen guten Einblick in das Habitat, kann aber bei steinigen Gründen und bewachsenen Blöcken den Lebensraum am Meeresboden gar nicht oder nicht aussagekräftig abbilden. Der Greifer würde entweder leer an die Oberfläche kommen oder vom Stein abrutschen und im umgebenden Sediment landen, was die folgende Klassifizierung verfälscht.

Der zeitliche Aufwand auf See ist mit einem Greifer erheblich höher als mit einer Drop-Cam. Beide Geräte zum Meeresboden abzulassen und wieder an Bord zu holen ist zeitlich vergleichbar, aber die Betrachtung der Greiferprobe, das Entleeren und Vorbereiten für das erneute Ablassen ist wesentlich zeitaufwändiger als die grobe Auswertung der Video-Aufnahmen an Bord. Wie wir bei der vorliegenden Untersuchung erfahren haben, ist in Untersuchungsgebieten mit sehr trübem Wasser allerdings immer eine Nachbewertung der Videos am Computer erforderlich, um bei der höheren Auflösung auf einem größeren Monitor und den besseren Lichtverhältnissen im Büro auch kleinere Strukturen wie *Lañice* sicher anzusprechen.

Für eine genauere geologische Untersuchung hat die Drop-Cam den Nachteil, dass anhand des Videobildes keine Korngrößen bestimmt werden können. In der vorliegenden Untersuchung haben wir keinen Unterschied zwischen Mittel- und Grobsand im Video erkennen können, darum haben wir die beiden Korngrößen in der Kategorie 'Mittel-Grobsand' zusammengefasst. Ein weiterer Nachteil ist, dass bei vielen Arten keine explizite Identifizierung auf Artniveau möglich ist (siehe Seemoos-Problematik oben). Des Weiteren sind nur Arten an der Oberfläche erkennbar, Infauna kann nur anhand von Lebenszeichen (z.B.: Kothaufen bei *Arenicola marina*) identifiziert werden. Gerade bei der Bestimmung des Aufwuchses von Steinen oder Hartsubstrat überwiegen spielen diese Nachteile nur eine untergeordnete Rolle.

Vorschlag für ein zukünftiges Monitoring

Logistische Betrachtung

Um ein zukünftiges Monitoring mit optischen Methoden effizient zu gestalten, sind mehrere logistische Parameter und Umweltbedingungen zu berücksichtigen. Im Wattenmeer treten durch die wechselnden Gezeiten starke Strömungen auf, die den Einsatz einer Drop-Cam erschweren und bei maximaler Strömung unmöglich machen. Der für die Arbeit optimale Zeitraum ist das Stauwasser (Übergang zwischen Ebbe und Flut, bzw. Flut und Ebbe), während dem, zumindest theoretisch, die Strömungsgeschwindigkeit am geringsten ist. In der Realität ist dieser Moment schwer vorauszusagen, da es an vielen Stellen in der Nordsee weiterhin zu Wasserbewegung kommt, auch wenn laut Gezeitenkalender Niedrig- oder Hochwasser ist. Unserer Erfahrung nach sind Strömungskarten und -berechnungen im kleinskaligen Bereich für den Einsatz einer kleinen und leichten Drop-Cam nicht zuverlässig, da auch unterhalb einer möglicherweise ruhigen Oberflächenschicht weiterhin starke Strömungen mit hoher Trübung auftreten können.

Der Trübungsgrad des Wassers wird in gewissem Grade auch von der Strömungsrichtung abhängig sein. Bei auflaufendem Wasser drückt das Nordseewasser in die flachen Mündungen und bringt vermutlich weniger Trübstoffe und Sedimente mit sich als das ablaufende Wasser aus den Flüssen. Bei unseren Ausfahrten vor Borkum waren die Sichtweiten bei auf- und ablaufendem Wasser gleich, die Verdachtsflächen sind weit von

Flussmündungen und Wattenmeer entfernt. Das Anfahren solcher küstenferner Gebiete ist für die Erstellung eines ground-truthing mit optischer Erfassung sehr erfolgversprechend.

Im Mündungsgebiet von Jade und Weser gab es erhebliche Unterschiede im Trübungsgrad des Wassers. Besonders die Verdachtsfläche V7 im Übergangsgewässer der Weser eignet sich kaum für den Einsatz optischer Geräte zur Erfassung des Meeresbodens. Von den Videos der insgesamt 39 Messpunkte (ohne Wattflächen) konnten wir nur zwei auswerten, auf den restlichen war durch die schlechte Sicht der Boden nicht zu erkennen bzw. zu bewerten.

Pro Tag sind durchschnittlich zwei bis maximal drei Stauwasser (im Abstand von ca. sechs Stunden) befahrbar, d.h. realistisch ein bis zwei Hochwasser, bei dem an manchen Stellen möglicherweise bessere Sichtweiten zu erwarten sind.

Der Einsatz eines kleinen Bootes für das schnelle Anfahren von Messstationen kann nur bei ruhigen Bedingungen erfolgen, sodass auch bei einem zukünftigen Monitoring immer ein Kompromiss gefunden werden muss, der Wetterbedingungen, Gezeitenvorhersagen und die Nähe eines Hafens mit den jeweiligen Schleusenöffnungszeiten berücksichtigt.

Als Fazit empfehlen wir, den Einsatz der beschriebenen optischen Methode auf küstenferne Gebiete zu beschränken und im Wattenmeer auf hydroakustische bzw. destruktive Methoden (Greifer, Dredge) zurück zu greifen. Diese könnten bei Bedarf mit einer kompakten Video-Einheit bestückt werden und dadurch bei ausreichender Sichtweite zusätzliche, wichtige Informationen bereitstellen, ohne die Funktion des Gerätes zu beeinträchtigen.

Verwendete Geräte

Unsere leichte Drop-Cam kann von einem kleinen Boot problemlos eingesetzt werden und erlaubt bei guten Konditionen bzw. ausreichender Sicht unter Wasser eine zuverlässige Betrachtung des Meeresbodens. Mit der optischen Methode lassen sich verschiedene biologische Habitate (wie *Lanice*, Steinriff, Schill) gut erfassen. Die sedimentologische Einordnung fällt deutlich schwerer, da auf dem Videobild die Korngröße kaum zu erkennen ist. Die Kamera sieht auch nur das aufliegende Sediment, darunterliegende Schichten bleiben unerkannt. Ein modifizierter van-Veen-Bodengreifer könnte hier Abhilfe schaffen. Mit einer Kamera ausgestattet, bietet sich dem Wissenschaftler an Bord die Möglichkeit, das Gerät knapp über dem Boden schweben zu lassen, um eine Einschätzung der Umgebung zu erhalten, und dann an einer geeigneten Stelle abzusetzen. Damit könnten auch kleinräumigere Habitate wie Steinriffe erkannt, anhand der Video-Aufnahmen bewertet und sicher beprobt werden (zwischen den Steinen).

USBL System

Eine wirklich exakte Positionierung der auf dem Meeresboden aufsetzenden Kamera wäre nur über ein USBL-System (Ultra Short Baseline) realisierbar. Es besteht aus einem Sender, der am Kameragestell angebracht ist und einem Empfänger (der aus mehreren Hydrophonen besteht), der die Ultraschallsignale des Senders verarbeitet und zusammen mit der bekannten Schiffsposition der Kamera eine GPS-Position zuweist. Das System basiert auf den unterschiedlichen Laufzeiten des Signals, das von den einzelnen Hydrophonen aufgefangen wird. Wir hatten ein solches System für Taucherarbeiten in der Ostsee im Einsatz. An einigen Tagen kam es zu erheblichen Abweichungen der berechneten Position, weshalb wir das Gerät bei einem Folgeauftrag nicht erneut verwendet haben. Durch verschiedene Wasserschichten und Sprungschichten kann es zu starken Unterschieden in den Signallaufzeiten kommen, die erst bei der Betrachtung und Auswertung der Daten am Rechner auffallen. Zusätzlich machen die starken Bootsbewegungen eines kleinen Bootes in Wellen die Berechnungen ungenauer, trotz der eingebauten und einbezogenen Lagesensoren. Bei den Verwirbelungen

und Strömungsgeschwindigkeiten in Gebieten mit starken Gezeitenunterschieden könnte ein USBL-System höchstwahrscheinlich nicht zuverlässig eingesetzt werden und rechtfertigt weder den Aufwand (aufwändige Befestigung der Sensoren an Kamera und Boot) noch die Kosten des Systems (Miete ca. 1000 Euro pro Woche).

Aufwandsabschätzung

Wenn in einem Gebiet ohne hydroakustische Voruntersuchungen optische Aufnahmen vom Meeresboden erstellt werden sollen, ist der zeitliche und finanzielle Aufwand für die Planung zu betrachten. Unter geostatistischen Gesichtspunkten ist ein regelmäßiges Punkteraster für eine nachvollziehbare Interpolation zu empfehlen. Insbesondere wenn Fokusbereiche noch nicht hervorgehoben oder genauer untersucht werden können, da die entsprechenden Vorinformationen fehlen. Diese Beprobungsstrategie hat den Vorteil, einerseits eine zufällige Stichprobe und andererseits die komplette und regelmäßige Abdeckung des Zielgebietes zu gewährleisten. Bei Einsätzen, die rund um die ruhigeren Stauwasserzeiten stattfinden sollen, halten wir die Befahrung von durchschnittlich 60 bis 70 Punkten pro Tag für realistisch. Mit einer angenommenen Zahl von 64 Punkten, die in einem quadratischen Feld angeordnet sind und einem Abstand der Punkte zueinander von 300 Meter ergibt sich eine befahrene Fläche von 5,76 Quadratkilometer pro Tag (das Quadrat hat eine Seitenlänge von 2,4 Kilometer). In den im vorliegenden Bericht beschriebenen Messkampagnen haben wir im Schnitt pro Tag 89 Punkte angefahren (Maximum: 169, Minimum: 46). Allerdings kann man schon anhand der variablen Anzahl Punkte pro Tag erahnen, dass eine starke Wetterabhängigkeit besteht und umso mehr Punkte geschafft werden können, je besser die Bedingungen sind. Des Weiteren kann man ausrechnen, dass wir an unserem Rekordtag (mit 169 Punkten) bei einer mittleren Zeit pro Punkt von 4 Minuten, insgesamt über 11 h auf See gewesen sind. Solche Arbeitszeiten sind auf kleinen Booten ohne Toilette, Kabine, Messe etc. recht anstrengend und sollten nicht der Standard sein.

Um auch kleinräumige Habitate wie engbegrenzte Steinriffe erkennen zu können, muss die Auflösung erhöht werden, das heißt der Abstand der Messpunkte wird verringert. Damit steigt der Aufwand aber exponentiell. Würde man den Abstand der Punkte in der im vorherigen Absatz erwähnten Verdachtsfläche halbieren (auf 150 Meter), müssten für die Abdeckung von 5,76 Quadratkilometer insgesamt 256 Punkte ($\cong$ ca. 4 Tage Arbeitsaufwand) befahren werden.

Anhang

Seite I:	Borkum V1 + V1-N
Seite II:	Borkum V2
Seite III:	Borkum V3 + V3-W
Seite IV:	Jade-Weser V4
Seite V:	Jade-Weser V5
Seite VI:	Jade-Weser V6

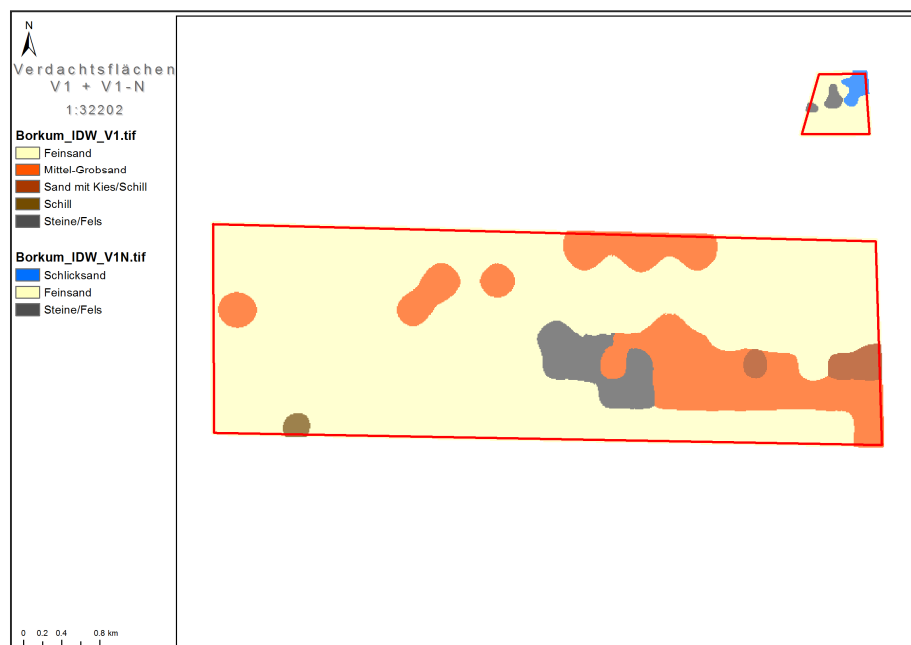
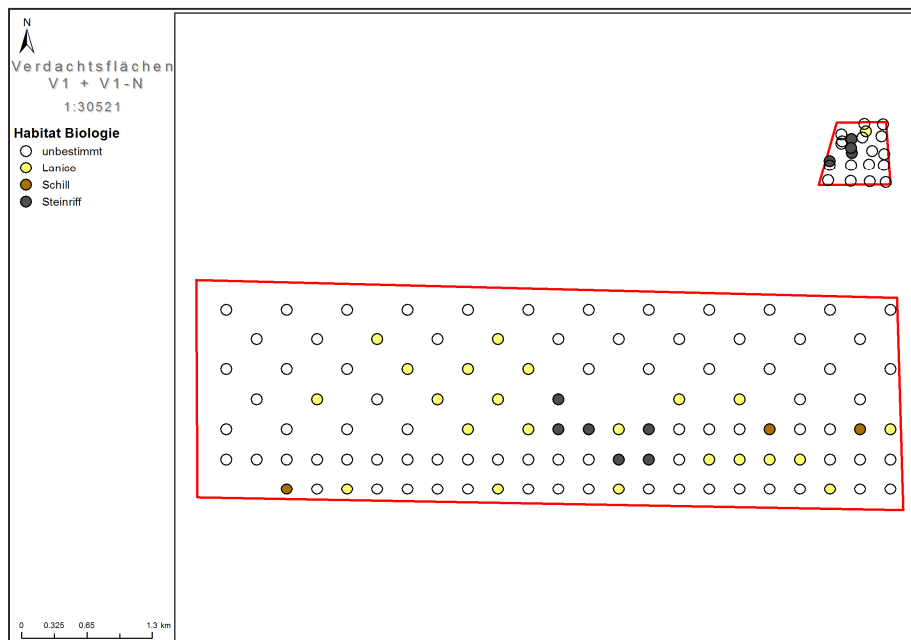
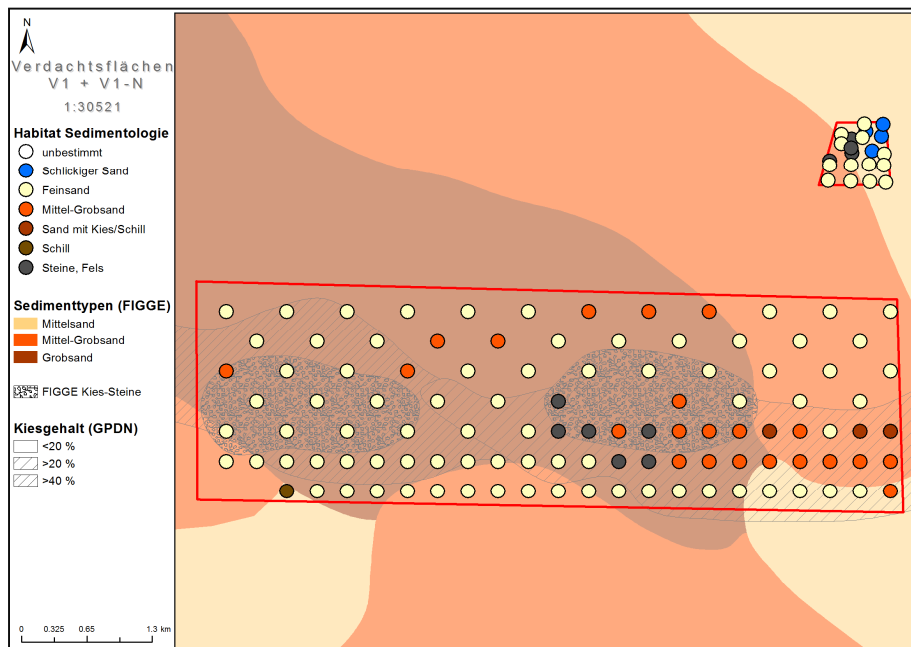
Für jede Verdachtsfläche jeweils folgende Darstellungen:

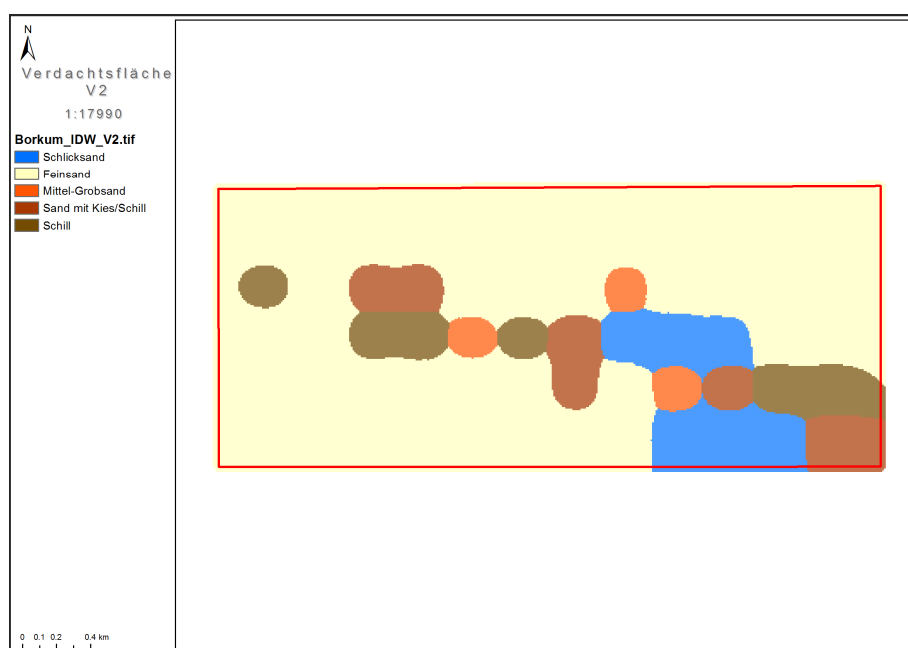
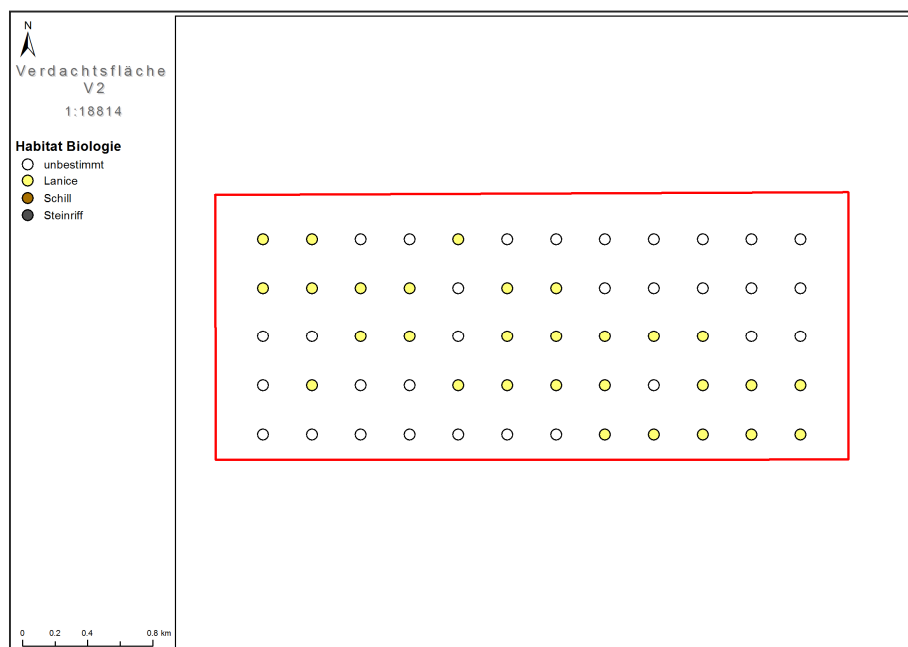
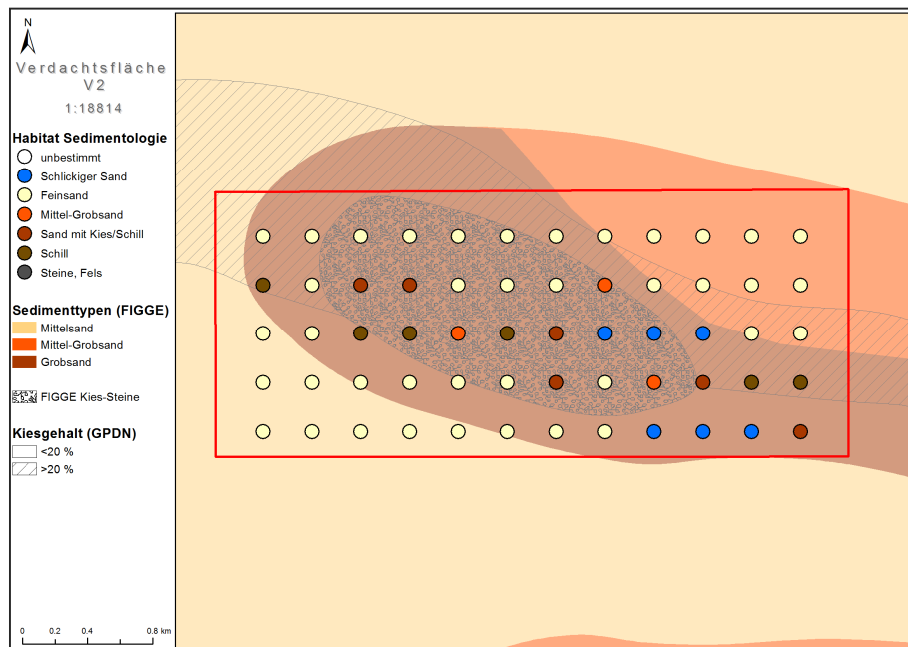
Oben: Darstellung der Klassifizierung des sedimentologischen Habitats.
Hintergrund: Sedimenttypen nach FIGGE (V1-V5), bzw. Sedimentklassifizierungen des NLWKN und nach MILDES (V6)

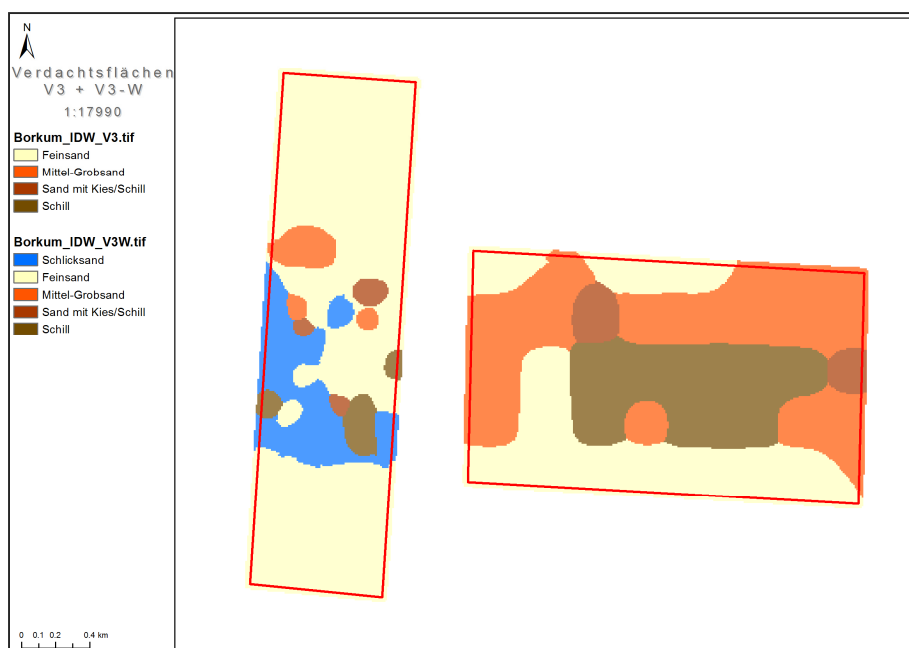
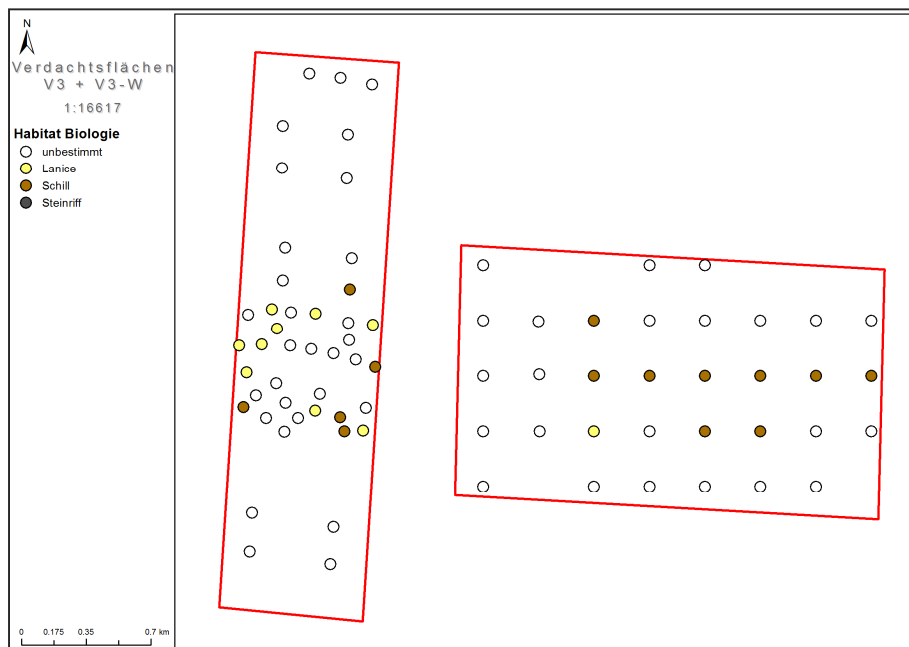
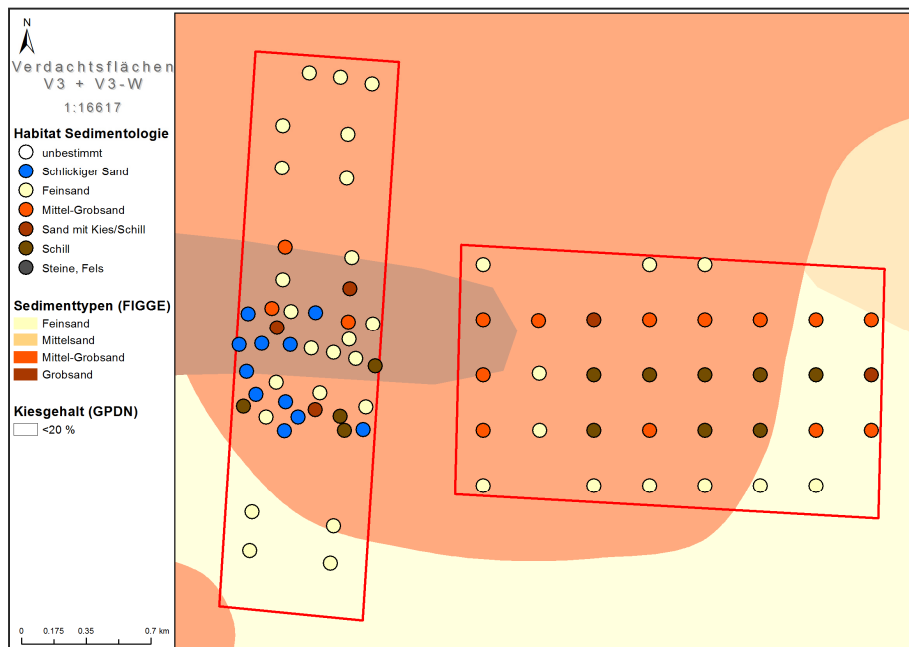
Mitte: Darstellung der Klassifizierung des biologischen Habitats.

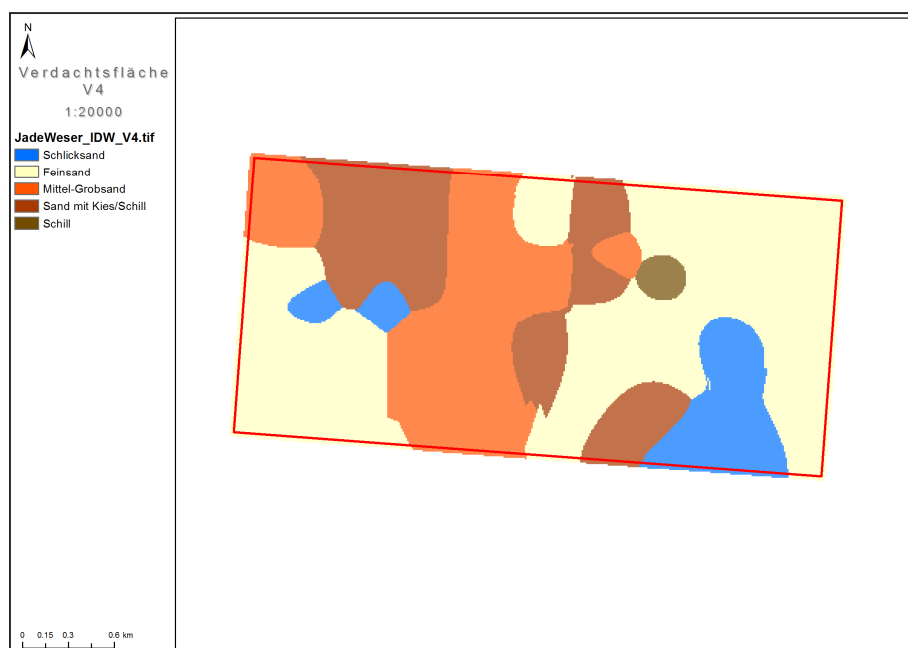
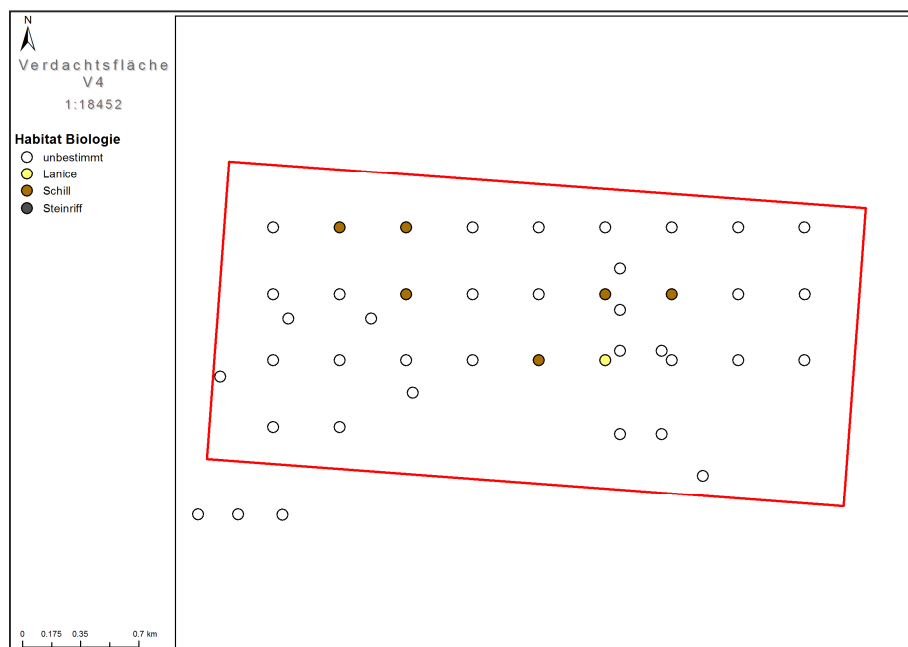
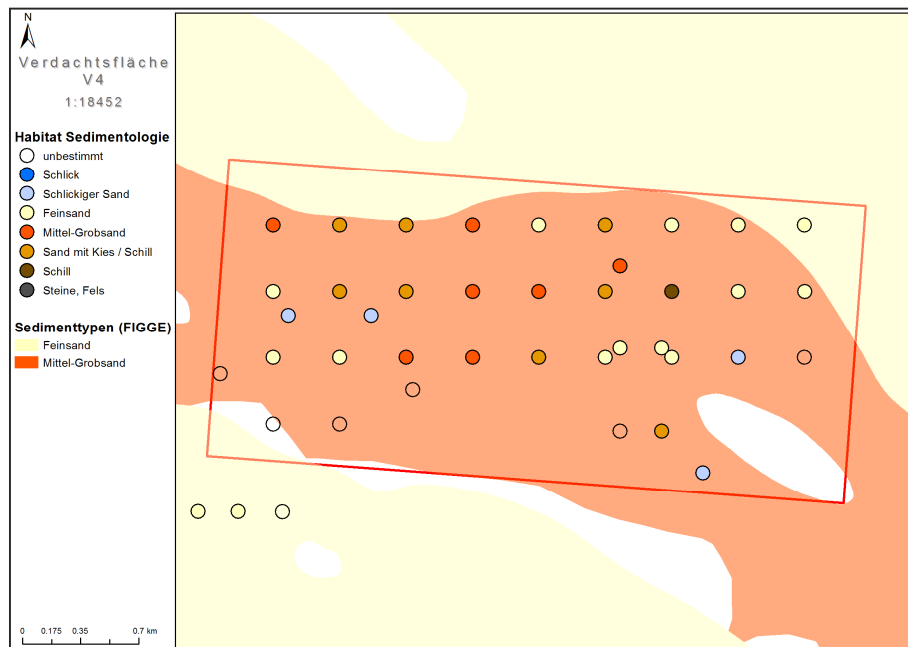
Unten: Interpolation der sedimentologischen Habitatklassifizierung mit Inverse Distance Weighting – Methode (IDW).

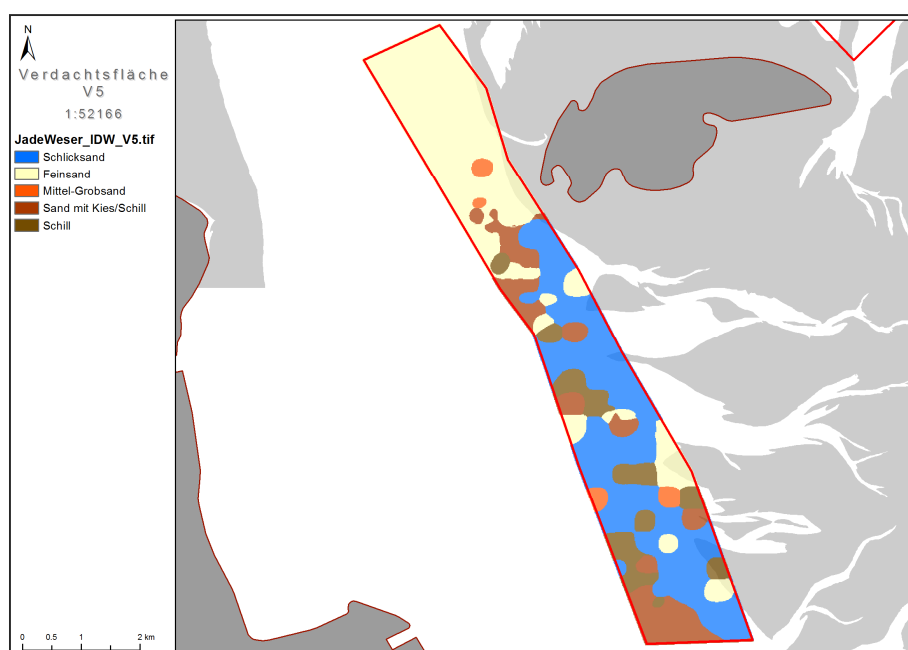
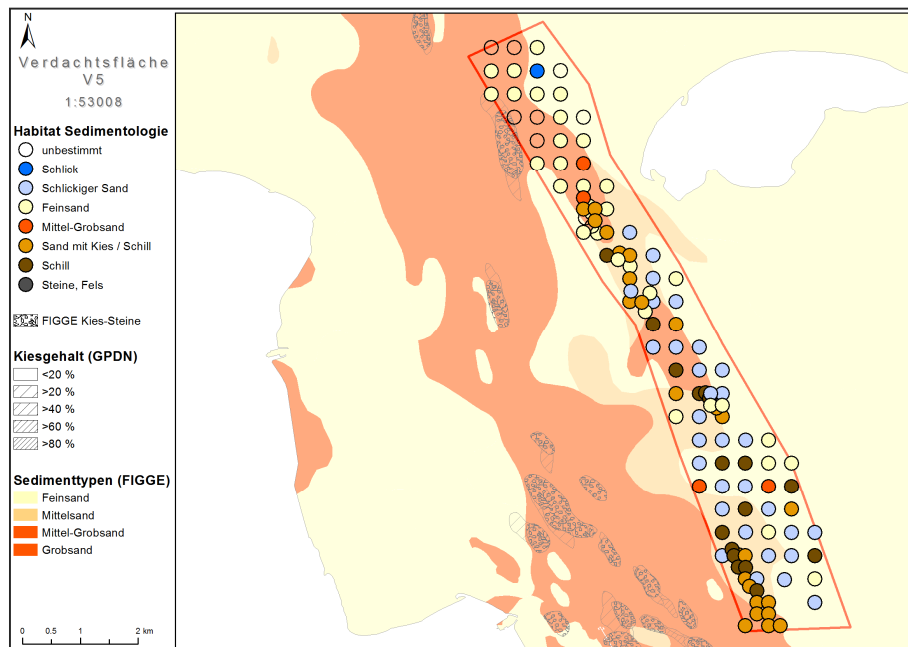
Seite VII:	Beispielabbildungen für die Habitatklassifizierung <i>Lanice</i> A-C. Screenshots von Drop-Cam.
Seite VIII:	Beispielabbildungen für die Habitatklassifizierung Schill A-C. Screenshots von Drop-Cam.
Seite IX:	Beispielabbildungen für die Habitatklassifizierung Seemoos A+B, Stein. Screenshots von Drop-Cam.
Seite X:	Beispielabbildungen für die Habitatklassifizierung Schlickiger Sand, Feinsand und Mittel-Grobsand. Screenshots von Drop-Cam.

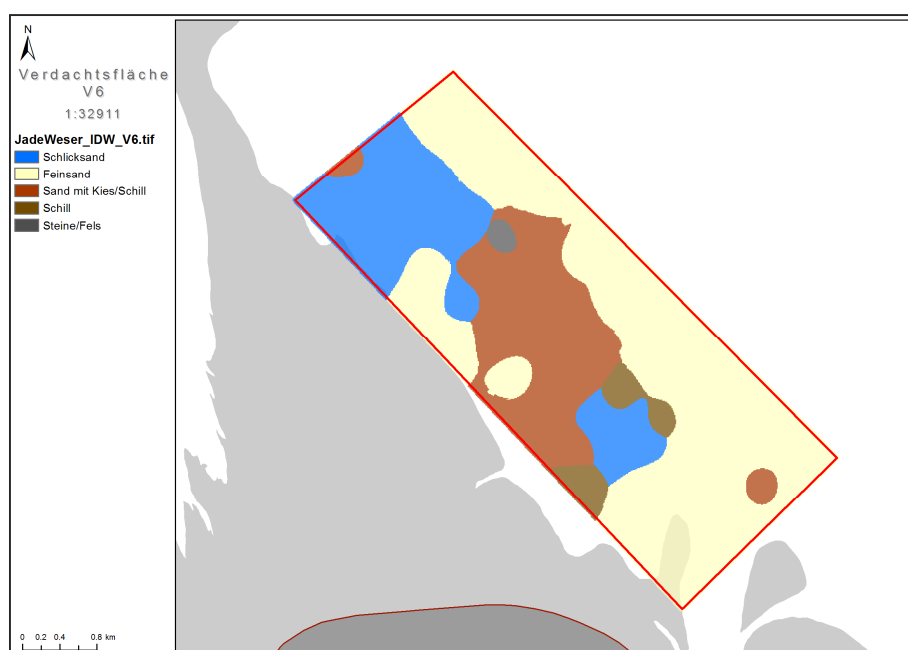
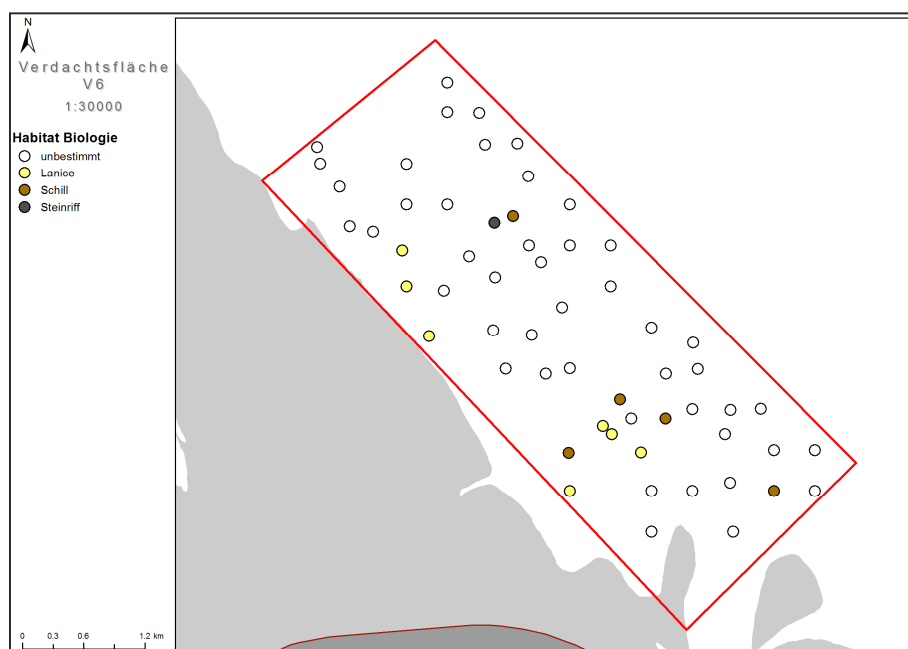
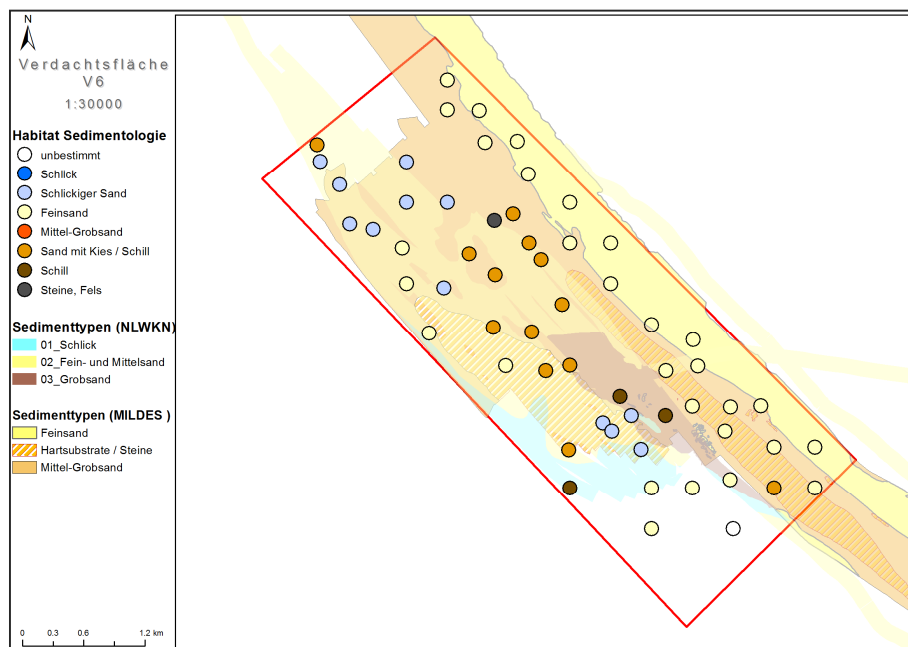


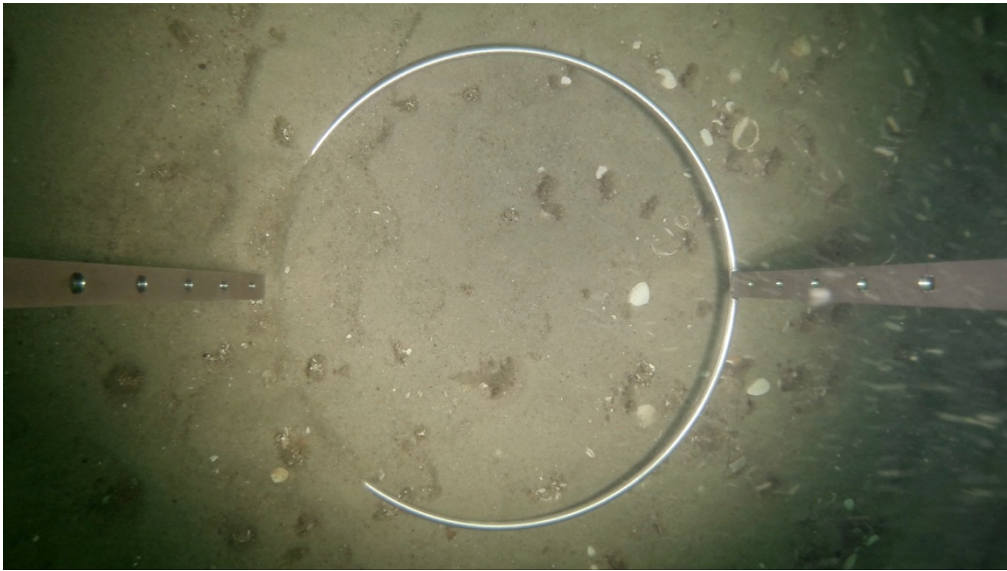




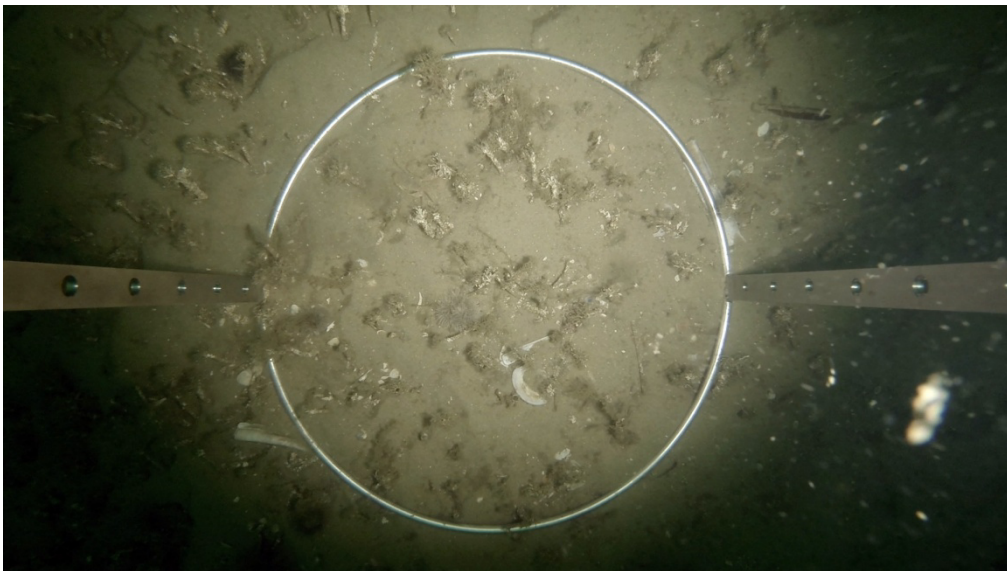








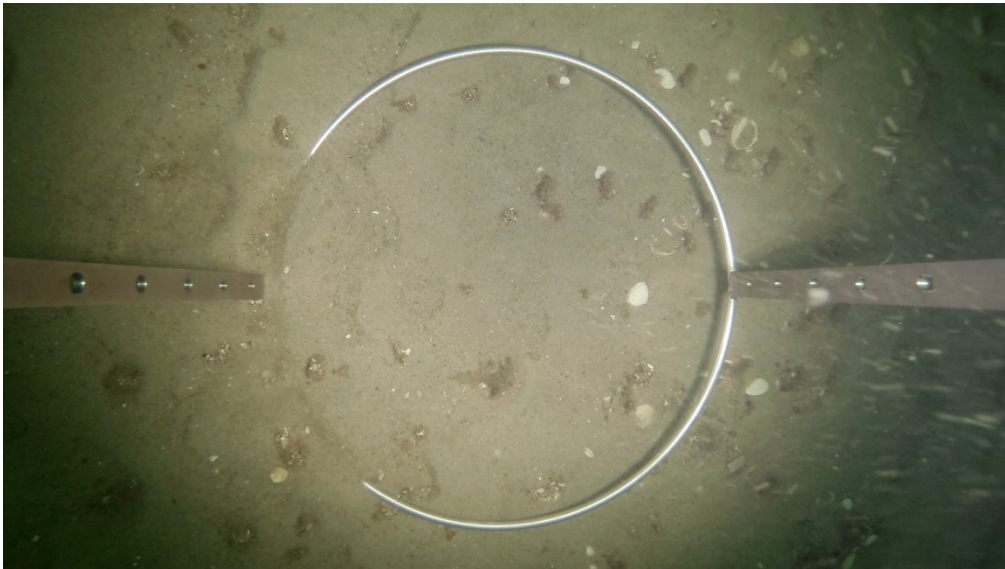
Biologisches Habitat: ***Lanice A***



Biologisches Habitat: ***Lanice B***



Biologisches Habitat: ***Lanice C***



Biologisches Habitat: **Schill A**



Biologisches Habitat: **Schill B**



Biologisches Habitat: **Schill C**



Biologisches Habitat: **Seemoos A**



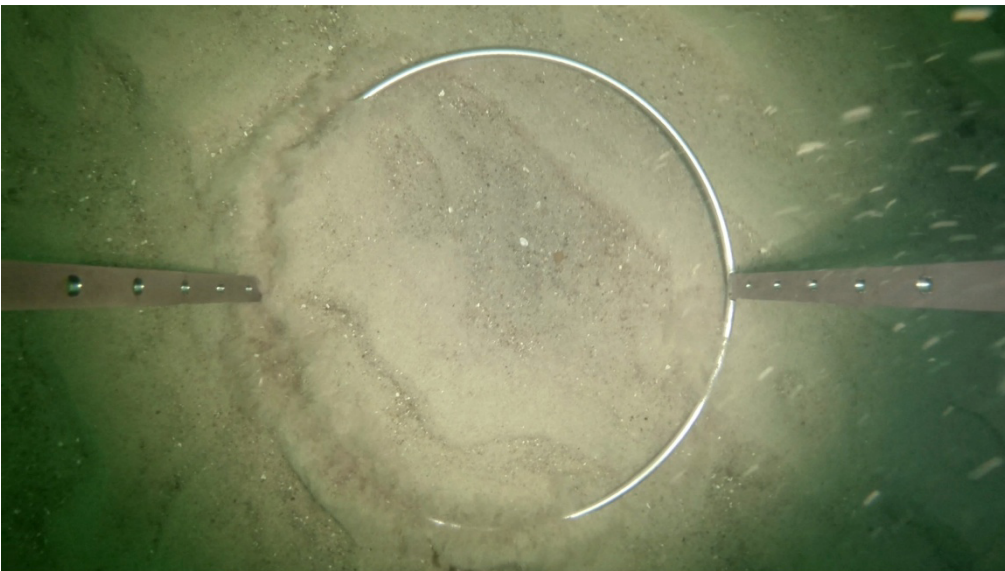
Biologisches Habitat: **Seemoos B**



Biologisches Habitat: **Stein**



Sedimentologisches Habitat: **Schlickiger Sand** (mit *Lanice*-Röhren)



Sedimentologisches Habitat: **Feinsand**



Sedimentologisches Habitat: **Mittel-Grobsand** (mit Schillaufage)