

Vervollständigung der Zeitreihen während der Betriebsphase und Ermittlung von Veränderungen des Benthos durch Ausweitung des anlagenbezogenen Effektmonitorings

Auftragnehmer Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung	Auftragsnummer 0327689A/AWI3
Projektbezeichnung Vervollständigung der Zeitreihen während der Betriebsphase und Ermittlung von Veränderungen des Benthos durch Ausweitung des anlagenbezogenen Effektmonitorings	
Laufzeit des Projektes 01.10.2008 - 31.03.2012	
Berichtszeitraum 01.01.2008 - 31.12.2011	
Projektbeteiligte Dr. Katharina Reichert, Manuela Gusky, Dr. Lars Gutow	

1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

1.1. Vervollständigung der Zeitreihen während der Betriebsphase (TP 1)

Ziel dieses Teilprojekts ist die Vervollständigung der im Rahmen von StUK3 durchgeführten benthosökologischen Untersuchungen im 1., 3. und 5. Jahr der Betriebsphase von *alpha ventus* durch eine zusätzliche Beprobung im 2. Jahr der Betriebsphase. Die im StUK3 definierten Untersuchungen des Benthos umfassen Aufnahmen mittels Baumkurre, Greifer und Video. Ferner wird der Aufwuchs der Unterwasserkonstruktionen der Windenergieanlagen (WEA) im Taucheinsatz anhand von Kratzproben und Unterwasserfotografie dokumentiert.

Die Untersuchungen dieses Teilprojekts erfolgten im Frühjahr und im Herbst 2011 durch das Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH (IfAÖ). Die Frühjahrs- und Herbstkampagne folgten den Vorgaben des Standarduntersuchungskonzepts StUK 3. Die benthosbiologischen Untersuchungen der Frühjahrskampagne 2011 erstreckten sich über den Zeitraum vom 22.03. -06.05.2011. Die Untersuchungen der In- und Epifauna des Sediments mittels van Veen-Greifer und Baumkurre fanden vom 23.03. - 25.03.2011 im Testfeld *alpha ventus*

und im Referenzgebiet statt. Vom 17.04. - 19.04.2011 wurden Kratzproben der Epifauna an vier Windenergieanlagen (M7, M12, R1, R6) durch Taucher genommen. Mit der Video- (Testfeld: 5.05.2011; Referenzgebiet: 6.05.2011) und ROV- (Remotely Operated Vehicle) Beprobung (WEA M7 und M12; 5./6.05.2011) wurde die Probenahme der Frühjahrskampagne abgeschlossen.

Die Herbstkampagne begann mit den Taucherarbeiten im Zeitraum vom 30.09. - 03.10.2011. Die In- und Epifauna des Meeresbodens wurde vom 12.10. - 17.10.2011 anhand von van Veen-Greifer und Baumkurre beprobt. Die Video- und ROV-Untersuchungen fanden vom 28.10. - 01.11.2011 statt.

Derzeitig sind die Daten, die im Frühjahr 2011 im Referenzgebiet erhoben wurden, hinsichtlich der Taxonomie und der Sedimentologie ausgewertet. Die Daten liegen dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) vor. Die restlichen Daten aus dem Frühjahr, d.h. die Daten, die im Testfeld *alpha ventus* erhoben wurden, sowie alle Daten aus dem Herbst 2011, befinden sich noch in der taxonomischen und sedimentologischen Auswertung. Da die Analyse der Proben aus der Testfeldfläche noch nicht abgeschlossen ist, wird von einer Darstellung der Ergebnisse aus dem 2. Jahr des StUK 3-Monitorings hier abgesehen. Die Ergebnisse werden im nächsten Bericht dargestellt.

1.2. Ermittlung von Veränderungen des Benthos durch Ausweitung des anlagenbezogenen Effektmonitorings (TP 2)

1.2.1. Untersuchungsumfang

Während des Berichtszeitraums (01.01. - 31.12.2011) wurde das ausgeweitete anlagenbezogene Effektmonitoring der benthischen Infauna im 2. Jahr der Betriebsphase von *alpha ventus* durchgeführt (jährliche Herbstbeprobung: 22.10. - 04.11.2011). Zusätzlich wurden die Daten aus dem 1. Jahr der Betriebsphase (22.10. - 04.11.2010) taxonomisch und statistisch ausgewertet. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Untersuchung aus dem 1. Jahr der Betriebsphase zusammen und vergleicht diese mit den Daten aus der Voruntersuchung (2008) und der Bauphase (2009).

Wie bei der Voruntersuchung (2008) und im Jahr der Bauphase (2009) wurden im 1. Jahr der Betriebsphase (2010) insgesamt acht Transekte beprobt: vier Transekte innerhalb des *alpha ventus*-Gebiets und vier Transekte in Referenzgebieten außerhalb des Testfeldes (Abbildung 1). Die Transekte innerhalb des Gebiets erstrecken sich in west-östlicher Richtung (Hauptströmungsrichtung) zwischen den Multibrid-Anlagen M7 und M8 sowie M11 und M12 und in nord-südlicher Richtung zwischen den Anlagen M7 und M10 sowie M9 und M12. Auf jedem Transekt innerhalb des Testfeldes befinden sich sieben Stationen in Abständen von jeweils 100 m zueinander. In den Referenzgebieten (Ref. 1, Ref. 2) erstreckt sich ebenfalls jeweils ein Transekt in west-östliche und ein Transekt in nord-südliche Richtung. Hier befinden sich auf jedem Transekt vier Stationen in Abständen von 100, 300, 500 und 700 m vom Startpunkt des Transekts. An jeder Station wurden vier Proben mit dem van Veen-Greifer (0,1 m²) genommen. Eine Unterprobe des jeweils ersten Greifers jeder Station diente der Sedimentanalyse. Die weiteren drei Greifer (2. - 4. Greifer) wurden hinsichtlich der Zusammensetzung der Infauna analysiert. Die Sedimentanalyse erfolgte durch das IfAÖ.

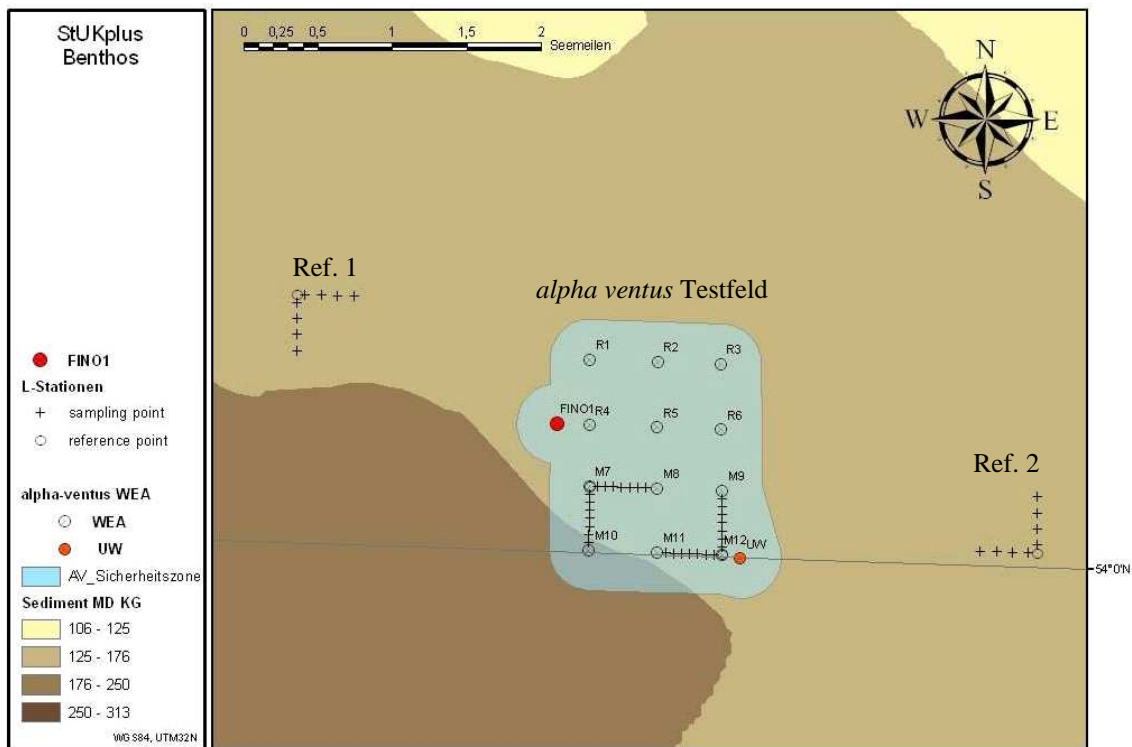


Abbildung 1: Lage der Benthosstationen (Kreuze) des erweiterten anlagenbezogenen Effektmonitorings auf den Transekten innerhalb des Testfeldes *alpha ventus* sowie im westlichen (Ref. 1) und östlichen (Ref. 2) Referenzgebiet.

1.2.2. Sedimentcharakteristika

Korngrößenverteilung und organischer Gehalt im 1. Jahr der Betriebsphase

Entlang der west-östlich (Hauptströmungsrichtung) verlaufenden Transekte variierte die Korngrößenverteilung geringfügig (Abbildung 2). Das Sediment wurde sowohl innerhalb des *alpha ventus*-Gebiets (M7 nach M8, M11 nach M12) als auch in den Referenzgebieten (R1 und R2 West nach Ost) stets durch die Korngrößenfraktion $> 0,125 - 0,250$ mm dominiert. Der Korngrößenmedian betrug auf allen Stationen dieser Transekte zwischen 0,15 und 0,20 mm.

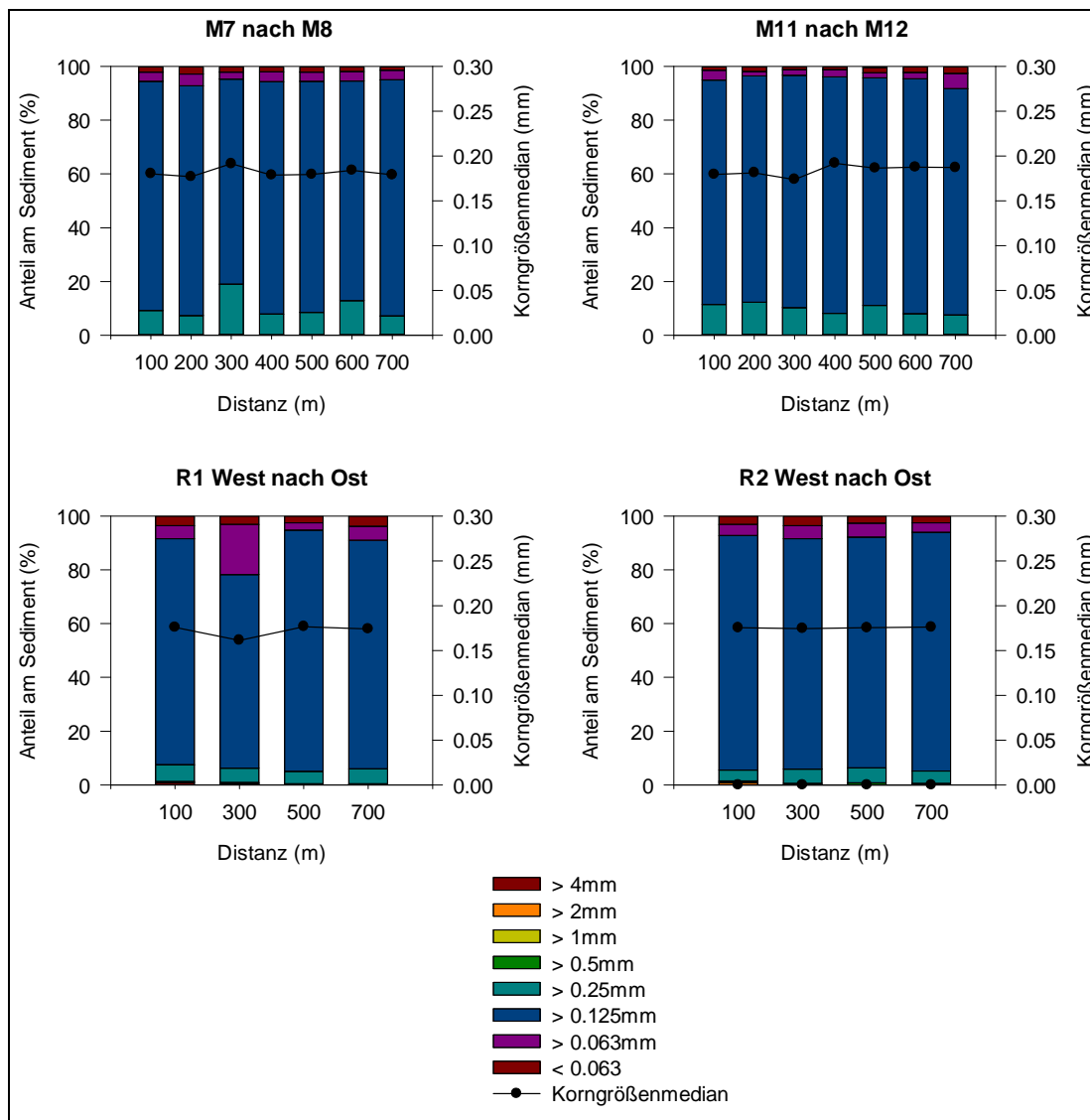


Abbildung 2: Korngrößenverteilung und Korngrößenmedian der Sedimente auf den west-östlich verlaufenden Transekten innerhalb des *alpha ventus*-Gebiets (M7 nach M8, M11 nach M12) sowie im westlichen (R1 West nach Ost) und östlichen (R2 West nach Ost) Referenzgebiet im 1. Jahr der Betriebsphase (2010).

Entlang der nord-südlich verlaufenden Transekte zeigte sich ebenso nur eine geringe Variation der Korngrößenverteilung (Abbildung 3). Auch hier dominierte die Korngrößenfraktion > 0,125 - 0,250 mm. Auf dem Transekt zwischen Anlage M7 und M10 traten im Vergleich zu den anderen Transekten erhöhte Anteile der > 0,25 mm Korngrößenfraktion auf. Die 300 m-Station des Innerparktransekts M9 nach M12 war durch einen leicht höheren Anteil der feineren Sedimentfraktionen > 0,063 - 0,125 mm gekennzeichnet. Der Einfluss auf den Korngrößenmedian zeigte sich jedoch ausschließlich auf der 500m-Station des Transekts M7 nach M10. Auf allen anderen Stationen betrug der Korngrößenmedian zwischen 0,15 und 0,2 mm. Das Sediment des gesamten Untersuchungsgebiets (Testfelds *alpha ventus* und Referenzgebiete) wurde als homogener Feinsand eingestuft.

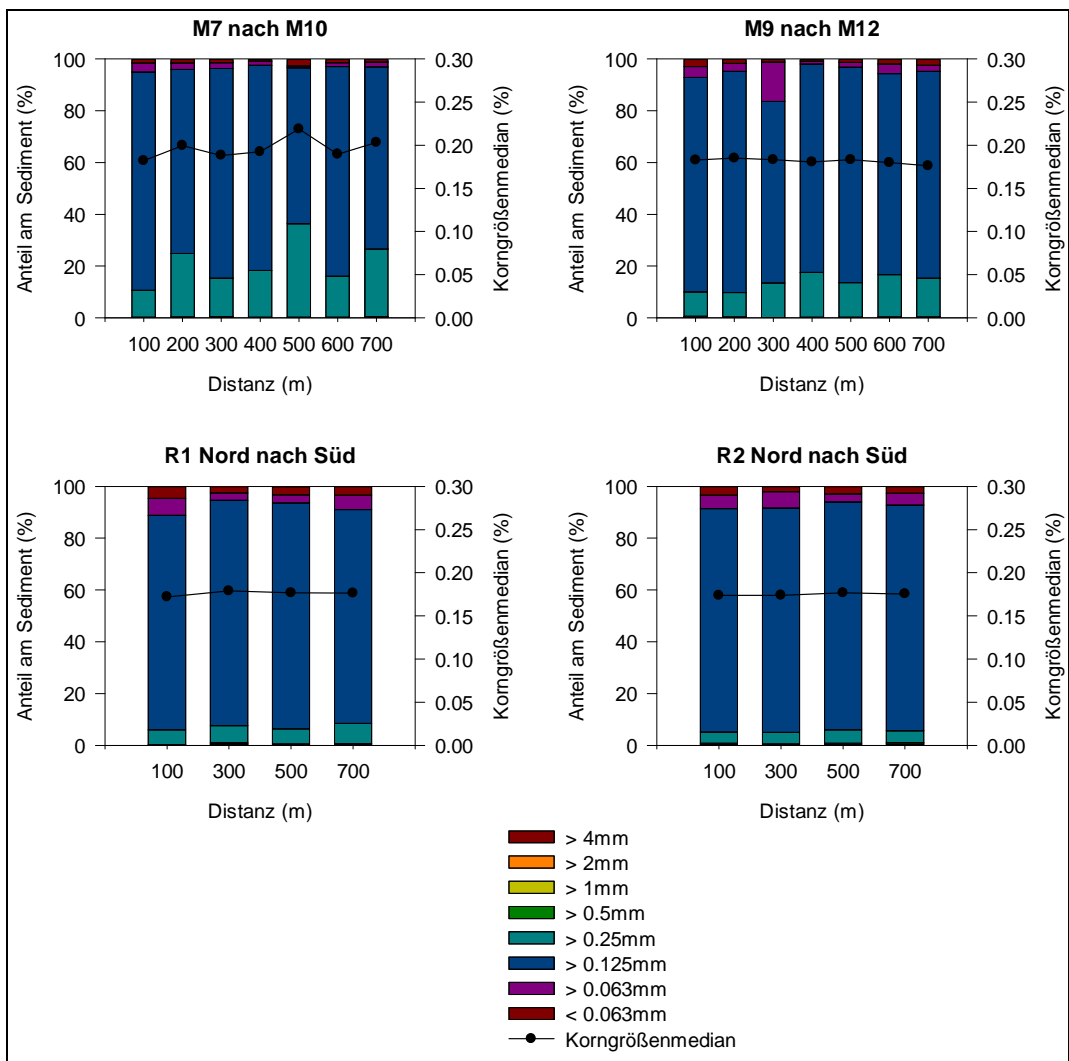


Abbildung 3: Korngrößenverteilung und Korngrößenmedian der Sedimente auf den nord-südlich verlaufenden Transekten innerhalb des *alpha ventus*-Gebiets (M7 nach M10, M9 nach M12) sowie im westlichen (R1 Nord nach Süd) und östlichen (R2 Nord nach Süd) Referenzgebiet im 1. Jahr der Betriebsphase (2010).

Der organische Gehalt des Sediments war im Testfeld *alpha ventus* und in den Referenzgebieten mit < 1 % des Sedimenttrockengewichts gering (Abbildung 4). Innerhalb des Windparks zeigte sich kein konsistenter Gradient entlang der nord-südlich verlaufenden Transekten. Der organische Gehalt des Sediments auf den west-östlich verlaufenden Transekten war in den Referenzgebieten höher als im Testfeld-Gebiet. Nur die Stationen 400 und 500 m östlich der Anlage M7 wiesen einen organischen Gehalt auf, wie er auch in den Referenzgebieten beobachtet wurde. Dies waren die Stationen, die am weitesten von den begrenzenden Anlagen entfernt lagen. Ob hier ein Effekt der Anlagen auf den organischen Gehalt des Sediments in der Hauptströmungsrichtung erkennbar wird, kann jedoch erst anhand der Daten aus dem Folgejahr bestätigt werden. Es muss berücksichtigt werden, dass pro Station nur eine Probe in die Beschreibung der Sedimente einfließt, was die Anfälligkeit der Ergebnisse für zufällige Schwankungen birgt.

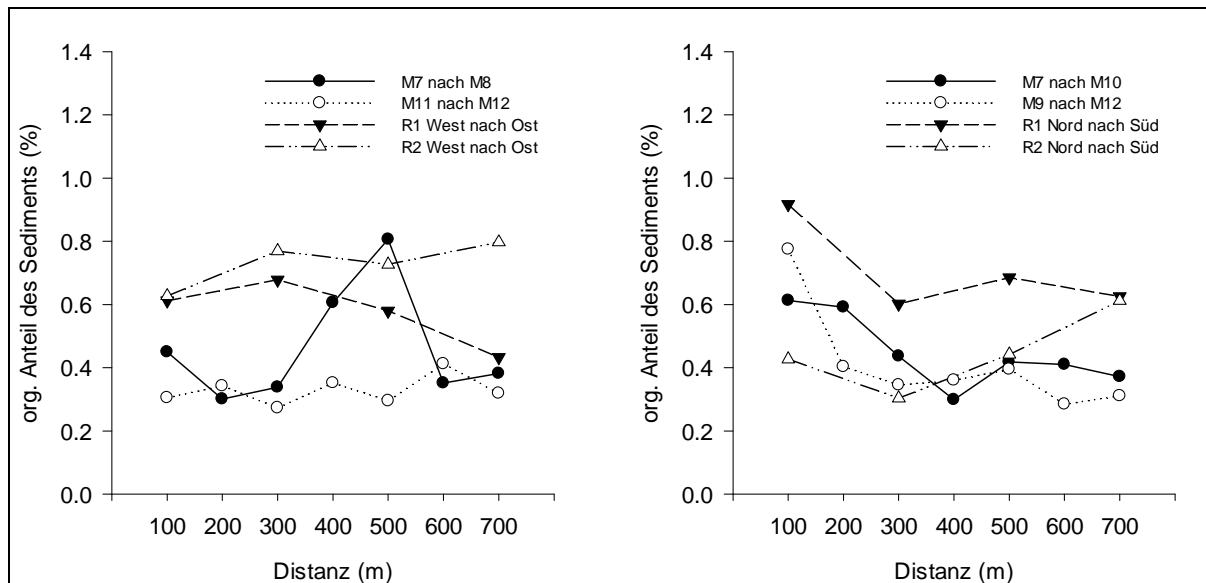


Abbildung 4: Organischer Gehalt der Sedimente auf den west-östlich (Hauptströmungsrichtung, links) und den nord-südlich (rechts) verlaufenden Transekten innerhalb des alpha ventus-Gebiets und in den Referenzgebieten (R1, R2) im 1. Jahr der Betriebsphase (2010).

Korngrößenverteilung im räumlichen und zeitlichen Vergleich

Der nMDS-Plot (nicht-metrische multidimensionale Skalierung) zeigte eine Ähnlichkeit der Sedimentstruktur von 80 % zwischen dem *alpha ventus*-Gebiet und den Referenzgebieten in der Voruntersuchung, der Bauphase sowie dem 1. Jahr der Betriebsphase (Abbildung 5). Die Ergebnisse der ANOSIM-Analyse (two-way crossed analysis of similarity) untermauerten den MDS-Plot. Es existierten eher geringfügige Sedimentunterschiede zwischen dem *alpha ventus* Gebiet und den Referenzgebieten ($R = 0,37$, $p < 0,001$). Dennoch stieg der Unterschied in der Sedimentstruktur zwischen dem Windpark und den Referenzgebieten von der Voruntersuchung ($R = 0,21$, $p < 0,002$), über die Bauphase ($R = 0,31$, $p < 0,001$) zum 1. Jahr der Betriebsphase an ($R = 0,60$, $p < 0,001$). Dies deutet auf eine unterschiedliche Entwicklung der Sedimentstruktur im Testfeld und in den Referenzgebieten hin.

Die Untersuchungsjahre unterschieden sich ebenso geringfügig hinsichtlich der Sedimente ($R = 0,5$, $p < 0,001$). Der paarweise Vergleich der Untersuchungsjahre zeigte keine Unterschiede zwischen der Bauphase und dem 1. Jahr der Betriebsphase ($R = 0,11$, $p < 0,001$). Größere Unterschiede in der Sedimentstruktur traten zwischen der Voruntersuchung und der Bauphase ($R = 0,69$, $p < 0,001$), sowie zwischen der Voruntersuchung und dem 1. Jahr der Betriebsphase auf ($R = 0,76$, $p < 0,001$).

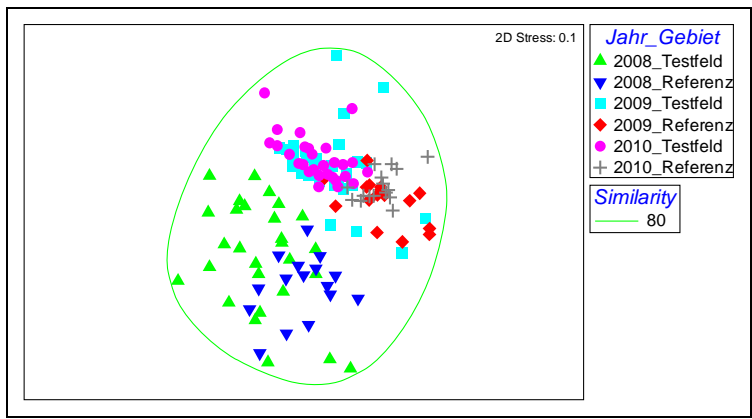


Abbildung 5: nMDS-Plot zum Vergleich der Korngrößenverteilungen der Sedimente des *alpha ventus*-Gebiets (Testfeld) und der Referenzgebiete (Referenz) während der Voruntersuchung (2008), der Bauphase (2009) und dem 1. Jahr der Betriebsphase (2010).

1.2.3. Benthosgemeinschaften

Artenzahl im räumlichen und zeitlichen Vergleich

Im 1. Jahr der Betriebsphase (2010) wurden insgesamt 95 Taxa identifiziert. Hiervon wurden 83 Taxa im Testfeld *alpha ventus* gefunden und 74 Taxa in den Referenzgebieten (Abbildung 6). In der Voruntersuchung bzw. der Bauphase wurden insgesamt 91 bzw. 98 Taxa bestimmt (Testfeld: 79 bzw. 82 Taxa, Referenzgebiet: 70 bzw. 86 Taxa). Im Testfeld sind die interannuellen Unterschiede in der Gesamtartenzahl sowie in der Artenzahl somit geringfügig. In den Referenzgebieten hingegen schwankte die Artenzahl stärker als im Testfeld: Zunächst stieg die Artenzahl von 2008 zu 2009 an, bevor sie 2010 wieder auf das Niveau von 2008 sank. Ob die interannuelle Variation in den Referenzgebieten beständig höher sein wird als im Testfeld, wird die Einbeziehung zukünftiger Datensätze zeigen. Ebenso wie in den vorangegangenen Jahren wiesen auch im 1. Jahr der Betriebsphase die Crustacea, Polychaeta und Bivalvia im *alpha ventus*-Gebiet wie auch in den Referenzgebieten die höchste Anzahl an Taxa auf.

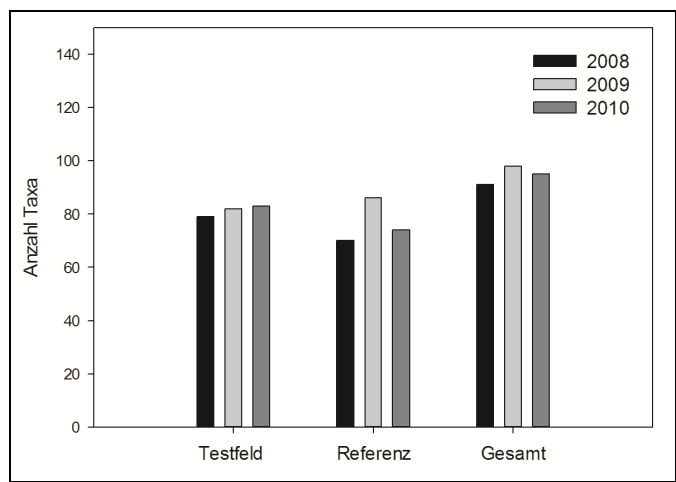


Abbildung 6: Anzahl der Taxa der benthischen Infauna im Testfeld *alpha ventus*, in den beiden Referenzgebieten (Referenz) und die Gesamtanzahl der Taxa aller drei Gebiete (Gesamt) während der Voruntersuchung (2008), der Bauphase (2009) und dem 1. Jahr der Betriebsphase (2010).

Biomasse im 1. Jahr der Betriebsphase

Die Gesamtbiomasse der Infauna variierte unregelmäßig auf den west-östlich verlaufenden Transekten des *alpha ventus*-Gebiets und der Referenzgebiete (Abbildung 7 A). Konsistente räumliche Gradienten in der Biomasseverteilung waren auf den west-östlich verlaufenden Transekten nicht erkennbar. Auch nach Ausschluss des Herzseeigels *Echinocardium cordatum*, der aufgrund seiner Größe mit einzelnen Individuen die Biomasse stark beeinflussen kann, war die räumliche Variation der Gesamtbiomasse der Infauna auf den west-östlichen Transekten des Testfeldes und der Referenzgebiete unregelmäßig ohne erkennbaren räumlichen Gradienten (Abbildung 7 B).

Auf den nord-südlichen Transekten des Testfeldes und der Referenzgebiete variierte die Gesamtbiomasse der Infauna ebenso unregelmäßig (Abbildung 7 C, D). Die Biomasse war in den Referenzgebieten häufig höher als im Testfeld.

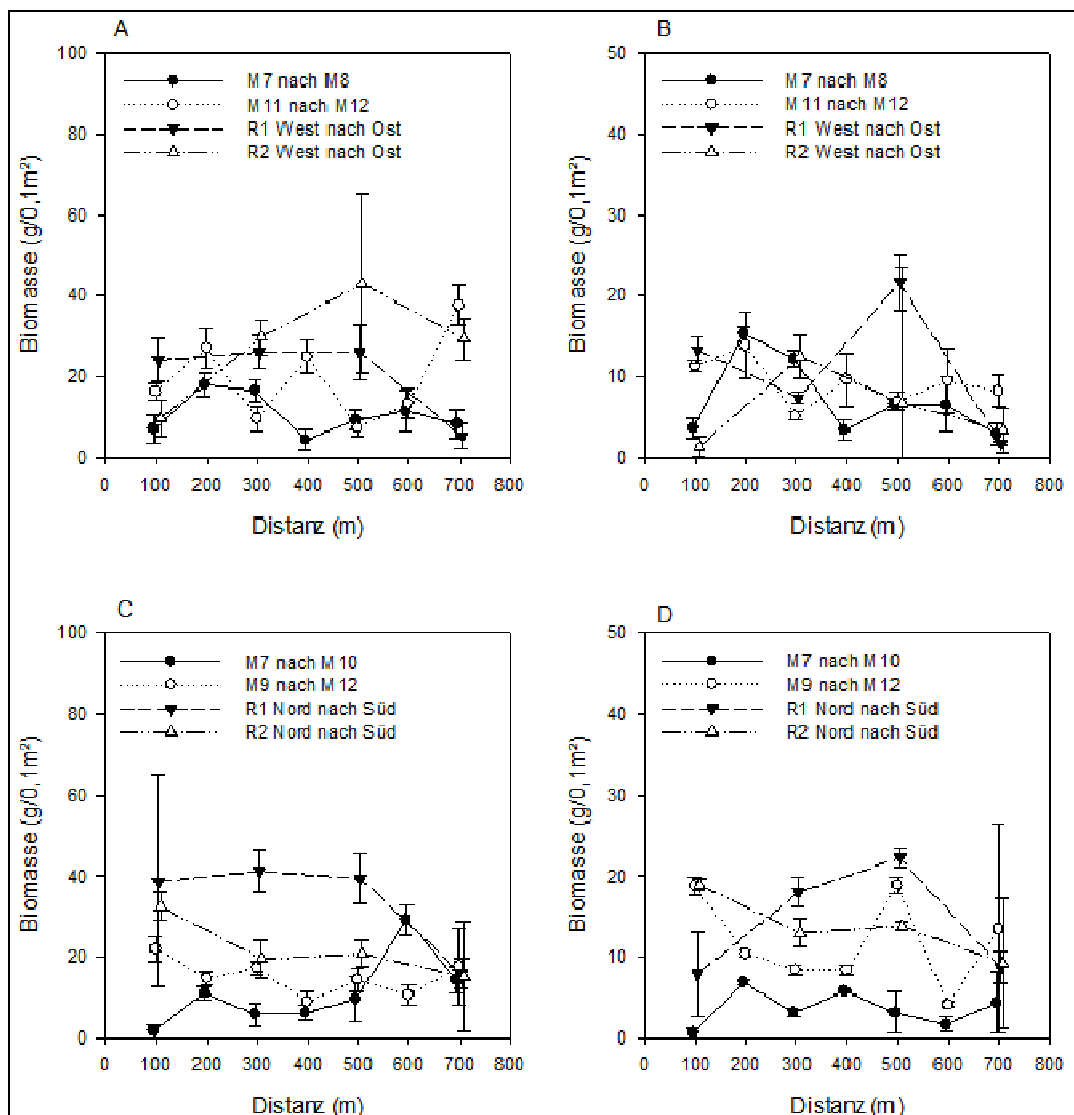


Abbildung 7: Durchschnittliche Biomasse der Infauna entlang der west-östlich (A, B) sowie nord-südlich (C, D) verlaufenden Transekten im Windpark *alpha ventus* (M7-M12) und in den Referenzgebieten (R1, R2) im 1. Jahr der Betriebsphase unter Berücksichtigung (A, C) und Ausschluss (B, D) der Biomasse des Herzseeigels *Echinocardium cordatum*.

Vorkommen der Wohnröhren des Amphipoden *Jassa* spp.

Ein direkter Effekt der Unterwasserstrukturen der WEA des Testfeldes *alpha ventus* zeigt sich in dem Vorkommen von Wohnröhren des Amphipoden *Jassa* spp. in den Greiferproben. *Jassa* spp. besiedelt Hartsubstrate, auf denen die Krebse ausgedehnte Wohnröhren aus Detritus bauen. Aus früheren Untersuchungen (z.B. BeoFINO-Projekte) ist bekannt, dass *Jassa* spp. eines der ersten Taxa ist, die in der Deutschen Bucht neu ausgebrachte Unterwasserkonstruktionen in sehr großen Massen besiedeln. Die Wohnröhren können durch Strömung und Wellenschlag vom Substrat abgerissen und auf dem umliegenden Weichboden sedimentieren. Diese Art kommt nicht in Gebieten ohne sublitorale Hartsubstrate vor. Nach der Bauphase nahm die Häufigkeit von *Jassa* spp.-Bauten in den Infaunaproben zu. Im Jahr der Bauphase (2009) wurden die Bauten in rund 24 % aller Greiferproben aus dem Testfeld gefunden mit einer Biomasse von 0,5 - 1447 mg pro Greifer. In den Referenzgebieten wurden die Bauten in dem Jahr nicht gefunden. Im 1. Jahr der Betriebsphase (2010) wurden die Bauten bereits in rund 80 % aller Greiferproben aus dem Testfeld mit einer Biomasse von 0,5 und 787 mg pro Greifer. Ein konsistenter räumlicher Gradient innerhalb des Windparks war bei dem Vorkommen der *Jassa* spp.-Bauten nicht zu erkennen. Im Jahr 2010 wurden die Bauten zusätzlich in dem östlich von *alpha ventus* gelegenen Referenzgebiet 2 in rund 30 % aller hier genommenen Greiferproben mit einer deutlich geringeren Biomasse (0,3 - 11 mg pro Greifer) als im Testfeld gefunden. Dieses Gebiet liegt von *alpha ventus* aus in der Hauptströmungsrichtung, was vermuten lässt, dass die Bauten dort ebenfalls von den Anlagen des Testfeldes stammen. Das westliche Referenzgebiet 1 liegt nicht von *alpha ventus* aus in Hauptströmungsrichtung. Entsprechend wurden hier keine *Jassa* spp.-Bauten gefunden. Das Vorkommen der *Jassa* spp.-Bauten im Referenzgebiet 2 ist bemerkenswert. Das Referenzgebiet befindet sich rund zwei Seemeilen von *alpha ventus* entfernt. Frühere Modellierungsansätze (BeoFINO II-Projekt) lassen eine Sedimentation von *Jassa* spp.-Bauten jedoch nur bis in eine Entfernung von nur rund 300 m von einer WEA erwarten. Möglicherweise werden *Jassa* spp.-Bauten durch bodennahe Strömungen resuspendiert und weiter transportiert, was die räumliche Ausdehnung dieses Windparkeffekts deutlich ausweiten würde.

Abundanz im räumlichen und zeitlichen Vergleich

Der nMDS-Plot (Abbildung 8) sowie die ANOSIM (Tabelle 1) zeigten, dass die Struktur der Infaunagemeinschaften zwischen den Jahren variierte ($R = 0,70$, $p < 0,001$). Insbesondere zwischen der Voruntersuchung und den beiden darauffolgenden Untersuchungsjahren (Bauphase und 1. Jahr Betriebsphase) bestanden deutliche Unterschiede. Ferner ließ der nMDS-Plot sowie die ANOSIM eine Trennung zwischen dem *alpha ventus*-Gebiet und den Referenzgebieten über die 3 Untersuchungsjahre erkennen ($R = 0,71$, $p < 0,001$). Der Unterschied zwischen den Infaunagemeinschaften des Windparks und der Referenzgebiete stieg von der Voruntersuchung ($R = 0,61$, $p < 0,001$) über die Bauphase ($R = 0,70$, $p < 0,001$) zum 1. Jahr der Betriebsphase ($R = 0,80$, $p < 0,001$) kontinuierlich an, was auf eine unterschiedliche Entwicklung der Infaunagemeinschaften im Testfeld und in den Referenzgebieten hindeutet.

Zur Verdeutlichung der Unterschiede zwischen den Infaunagemeinschaften des Testfeldes und der Referenzgebiete sind in Abbildung 3.10 exemplarisch die Abundanzen der Schnurwürmer (Nemertea) und des Amphipoden *Bathyporeia guilliamsoniana* in den einzelnen Sta-

tionen dargestellt. Nach dem Bau der WEA nahm die Abundanz der Nemertea im Testfeld relativ zu den Referenzgebieten ab. *B. guilliamsoniana* war hingegen nach dem Bau im Testfeld häufiger vertreten als in den Referenzgebieten.

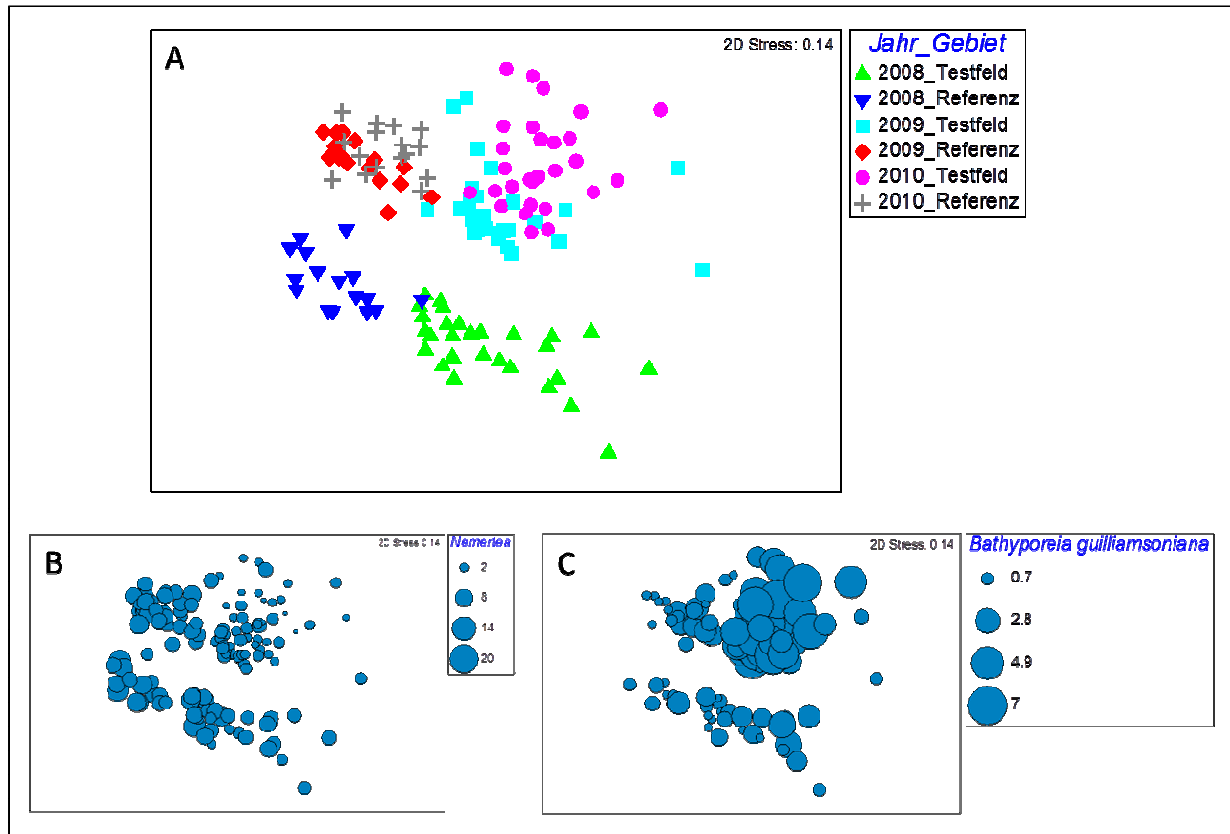


Abbildung 8: nMDS-Plot basierend auf der Abundanz (A) der Infaunagemeinschaften, (B) der Nemertea und (C) des Flohkrebse *Bathyporeia guilliamsoniana* in den Stationen des *alpha ventus*-Gebiets (Testfeld) und der Referenzgebiete (Referenz) während der Voruntersuchung 2008, der Bauphase 2009 und dem 1. Jahr der Betriebsphase 2010.

Tabelle 1: Trennungsgrade der Untersuchungsjahre (R-Werte, ANOSIM-Analyse: one-way analysis of similarity). Die zuerst gelisteten R-Werte beziehen sich auf die Stationen im Testfeld. Die zweitgelisteten R-Werte beziehen sich auf die Stationen in den Referenzgebieten. Jeder R-Wert zeigt eine Signifikanz bei $p < 0,001$.

	2008	2009	2010
2008			
2009	0,72/0,94		
2010	0,86/0,97	0,42/0,63	

1.3. Probenahme Herbst 2011

1.3.1. Vervollständigung der Zeitreihen während der Betriebsphase (TP 1)

Wie bereits oben zu Teilprojekt 1 beschrieben, verliefen die Probenahmen im Frühjahr und im Herbst 2011 erfolgreich. Alle Proben wurden wie geplant durch das Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH (IfAÖ) genommen. Die taxonomische Bearbeitung der Proben erfolgt derzeit, ausgenommen der Proben, die im Frühjahr 2011 im Referenzgebiet erhoben wurden. Diese Daten liegen dem AWI bereits vor.

1.3.2. Ermittlung von Veränderungen des Benthos durch Ausweitung des anlagenbezogenen Effektmonitorings (TP 2)

Die Probenahme im Herbst 2011 (2. Jahr Betriebsphase) verlief erfolgreich. Alle Proben konnten wie geplant genommen werden. Die taxonomische Bearbeitung der Benthosproben erfolgt derzeit. Wie bereits bei den vorhergehenden Untersuchungen (2008 - 2010) wurde von einem Greifer pro Station eine Unterprobe zur Analyse der Sedimentcharakteristika genommen. Die Sedimente werden durch den Unterauftragnehmer IfAÖ analysiert.

2. Literatur

- Lindeboom, H.J., Kouwenhoven, H.J., Bergman, M.J.N., Bouma, S., Brasseur, S., Daan, R., Fijn, R.C., de Haan, D., Dirksen, S., van Hal, R., Hille Ris Lambers, R., ter Hofstede, R., Krijgsveld, K.L., Leopold, M. & Scheidat, M. (2011). Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation. *Environmental Research Letters* 6: 1-13.
- Coates, D., Vanaverbeke, J., Rabaut, M. & Vincx, M. (2011). Soft-sediment macrobenthos around offshore wind turbines in the Belgian Part of the North Sea reveals a clear shift in species composition. In *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring* (eds. Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B.), 47-63. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit.