

Rostock, 03.06.2022

Rev. 0

TNU-UBU-HRO

**Sedimentgutachten
zum Vorhaben
Wesentliche Änderung gem. § 16 BImSchG
Errichtung und Betrieb Offshore Windpark Gennaker**

Auftraggeber:	OWP Gennaker GmbH Stephanitorsbollwerk 3 28217 Bremen Herr A. Iffländer
TÜV-Auftrags-Nr.:	922UVU007
Umfang der Unterlagen	28 Seiten
Auftragnehmer:	TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co.KG Trelleborger Str. 15 18107 Rostock
	Frau Dr. D. Hildebrandt Herr Prof. Dr. L. Brüggemann Herr Dipl.-Ing. R. Kacan Herr Dr. M. Mossbauer

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung	4
2.	Regionale Einordnung des Vorhabens und Datengrundlagen	7
3.	Meeresgeologische Verhältnisse	10
4.	Sedimenthaushalt und -dynamik im Vorhabengebiet	18
5.	Auswirkungen des Vorhabens auf die Sedimentdynamik	23
6.	Auswirkungen des Vorhabens auf den Sedimenthaushalt	25
7.	Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	27

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Eingesetzte Sensorik (VBW, 2016)	10
Tab. 2:	Korngrößen und organischer Gehalt der Sedimente des Vorhabengebietes (Frühjahr 2015 und Herbst 2015); MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung (IfAÖ, 2022).	13

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Lage des Vorhabengebietes OWP Gennaker.....	5
Abb. 2:	Layout OWP Gennaker	6
Abb. 3:	Untersuchungsflächen 2013 und 2015 (grün) und 2016 (gelb) (VBW, 2016).....	8
Abb. 4:	Normalprofil der pleistozänen und postglazialen Ablagerungen auf der Darßer Schwelle (Lemke, W., 1998)	11
Abb. 5:	Tiefenverhältnisse im Vorhabengebiet (VBW, 2016)	12
Abb. 6:	Sedimentmächtigkeiten über dem Geschiebemergel im Vorhabengebiet (Tauber, F.; Lemke, W., 1995) (Anmerkung: Zur Orientierung wurden der OWP Baltic I und dessen Energieableitung markiert.)	15
Abb. 7:	Lageskizze der Seismogrammebeispiele Nr. 7, 9, 10 (VBW, 2016).....	16
Abb. 8:	Rinnenstruktur im Nordosten des Vorhabengebietes (Nr. 9) (VBW, 2016)	16
Abb. 9:	Rinnenstruktur im mittleren Südosten des Vorhabengebietes (Nr. 10) (VBW, 2016)	17
Abb. 10:	Rinnenstruktur im mittleren Nordwesten des Vorhabengebietes (Nr. 7) (VBW, 2016)	17
Abb. 11:	Indikatoren für die Richtung des Sedimenttransports (Lemke, W., 1994)	19
Abb. 12:	Endpunkte der Strömungsvektoren, Strömungsrose und Wahrscheinlichkeit von Sedimentumlagerungen nördlich Darßer Ort (Gitterpunkt 31-36) (Heise, B., 2002)	22
Abb. 13:	Prinzipskizze zur An- und Umströmung eines zylindrischen Unterwasser-Bauwerks	23
Abb. 14:	Momentaufnahme der Strömungsvektoren um eine Monopile-Gründung (Elsamprojekt, 1999)	24
Abb. 15:	Auskolkungen um eine ungeschützte Monopile-Gründung in Sandböden.....	25

1. Veranlassung

Die OWP Gennaker GmbH besitzt seit dem 15.05.2019 eine Baugenehmigung zur Errichtung und zum Betrieb des Offshore-Windparks (OWP) Gennaker. Da der ursprünglich für das Vorhaben vorgesehene Turbinentyp (Siemens Wind Power SWT-8.0-154) zum Zeitpunkt der Realisierung nicht mehr zur Verfügung stehen wird, kommt eine weiterentwickelte Version der Turbine mit einem Rotordurchmesser $D=167\text{m}$, hier die SG 167-DD zum Einsatz. Aufgrund dessen ist die Änderung der bestehenden Genehmigung auf den zum geplanten Installationszeitraum der Turbine im Jahr 2026 verfügbaren Anlagentyp unumgänglich (OWP Gennaker GmbH, 2022). Damit verbunden erfolgte die hier vorgelegte Aktualisierung des Sedimentgutachtens aus dem Jahr 2016 (TNU, 2016).

Der OWP Gennaker ist im Seegebiet der westlichen Ostsee auf ca. $48,9\text{ km}^2$ mit 103 Windenergieanlagen (OWEA) und zwei Umspannplattformen (USP) geplant. Das Areal des geplanten Windparks liegt innerhalb der 12-sm-Zone (Küstenmeer bzw. Territorialgewässer) der Bundesrepublik Deutschland vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns, nördlich der Halbinsel Darß (ca. 10 km nördlich Darßer Ort; ca. 15 km nördlich Zingst / Prerow) sowie westlich der Inseln Hiddensee (Abstand: ca. 24 km) bzw. Rügen (\Rightarrow Abb. 1). Es umschließt den bereits in Betrieb befindlichen OWP Baltic I.

Das Layout des OWP Gennaker wird durch den bereits existierenden OWP Baltic I sowie durch querende Leitungen, den geplanten Standort einer OWEA-Verankerung im Versuchsstadium („GICON-SOF“), erforderliche Abstandsflächen und fallweise als ungünstig vermutete Baugrundbedingungen in drei Teilflächen von $32,4\text{ km}^2$ (Teilfläche A), $4,4\text{ km}^2$ (B) und $12,2\text{ km}^2$ (C) unterteilt (\Rightarrow Abb. 2).

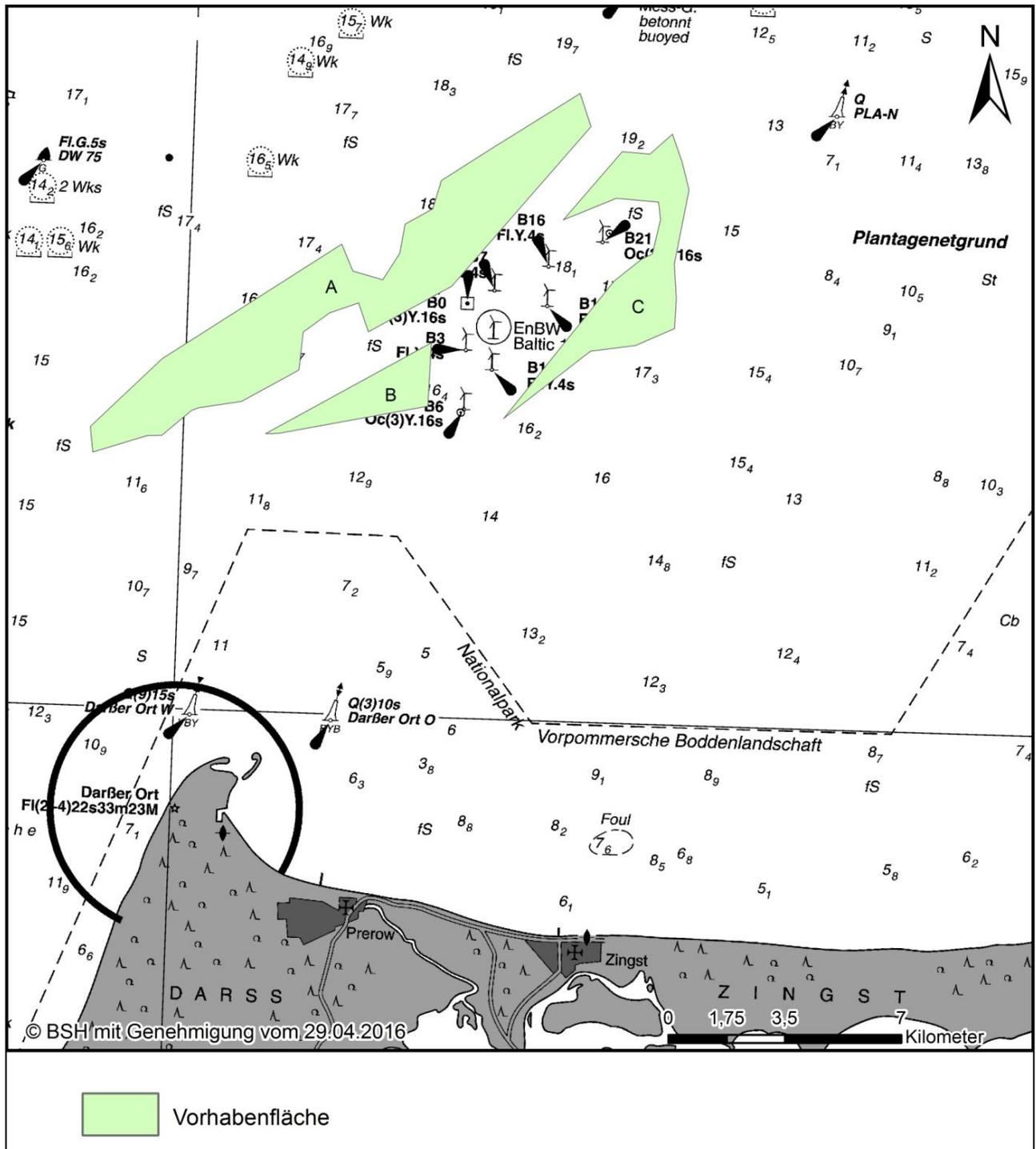


Abb. 1: Lage des Vorhabengebietes OWP Gennaker

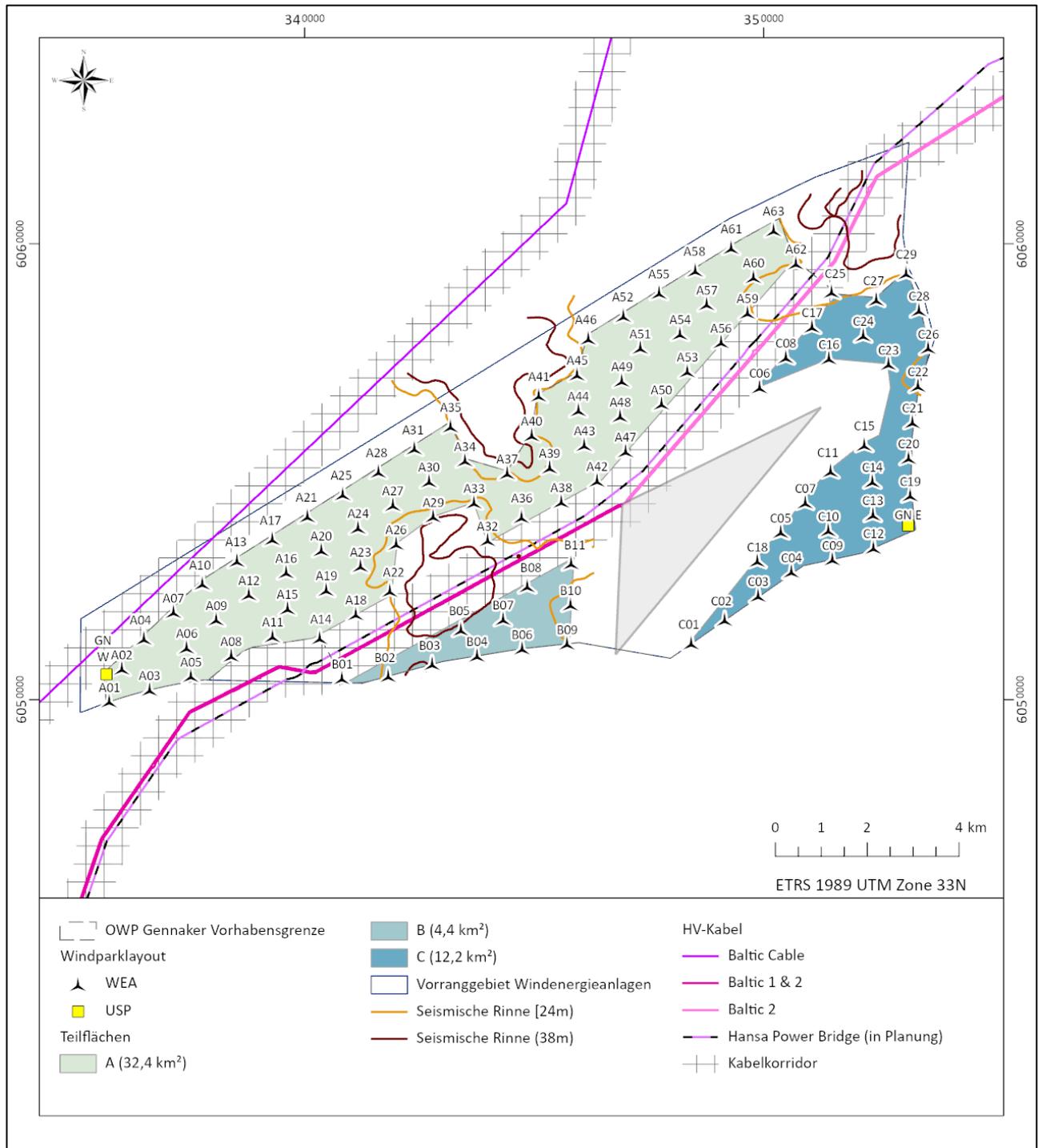


Abb. 2: Layout OWP Gennaker

Der Vorschlag für die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen gemäß § 2a der 9. BImSchV „Unterlage zur Anlaufberatung für den Offshore-Windpark Gennaker“ (IfAÖ, 2015) stellte die Wirkfaktoren des Vorhabens auf die Umwelt, einschließlich der Sedimente (Umlagerungen, morphologische Veränderungen, Auskolkungen etc.), dar. Danach war ein „Maringeologischer und sedimentologi-

scher Fachbeitrag“ zu erarbeiten. Das Unterrichtungsschreiben über die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen gemäß § 2a Abs. 1 Satz 1 der 9. BImSchV (2020) zum UVP-pflichtigen Vorhaben Errichtung und Betrieb des Offshore-Windparks Gennaker“ des StALU Vorpommern, Stralsund, vom 22. März 2016 bestätigte diese Vorgehensweise.

Der Vorhabenträger beauftragte die TÜV NORD Umweltschutz Rostock GmbH & Co. KG im Rahmen des Genehmigungsverfahrens 2016 mit der Erarbeitung eines maringeologisch-/sedimentologischen Fachgutachtens (TNU, 2016) und mit der hier vorliegenden Anpassung im Rahmen des Verfahrens zur wesentlichen Änderung.

Auswirkungen des Vorhabens auf den Meeresboden wie

- Flächen- und Funktionsverluste,
- Veränderungen der Sedimentstrukturen und der Sedimentdynamik und
- Veränderungen des Reliefs (Auskolkungen)

resultieren vor allem aus der Errichtung der OWEA- (Durchmesser der Monopile-Gründung: 8 m) und USP-Fundamente.

Zur Darstellung des Istzustands des Meeresbodens im Vorhabengebiet dienen nachfolgend besonders die umfangreichen historischen Untersuchungen und daraus abgeleitete Karten zum geologischen Untergrund sowie Ergebnisse von Vermessungsarbeiten und Baugrunduntersuchungen zum Vorhaben.

2. Regionale Einordnung des Vorhabens und Datengrundlagen

Der geplante Offshore-Windpark Gennaker liegt in der westlichen Ostsee und berührt, von Ost nach West, folgende regionale Einheiten: Falster-Rügen-Sandplatte, Darßer Schwelle und Mecklenburger Bucht. Das Vorhabengebiet liegt auf 3 Teilflächen eines im Landesraumentwicklungsprogramm des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LEP) ausgewiesenen Marinen Vorranggebietes für Windenergieanlagen auf See. Er ist ausschließlich in der 12-sm-Zone der Bundesrepublik Deutschland vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns lokalisiert.

Im vorliegenden Gutachten wird u. a. auf die Ergebnisse vermessungstechnischer Untersuchungen, magnetischer und seismischer Aufnahmen des Vermessungsbüros Weigt (VBW) aus dem Zeitraum 2013 bis 2016 (VBW, 2016) (⇒ Abb. 3) zurückgegriffen. Gemäß der „Stellungnahme zum Geophysikalischen Bericht vom 22.06.2016“ hat die mit der wesentlichen Änderung verbundene Änderung des Turbinentyps auf die im v. g. Bericht von 2016 dargestellten Ergebnisse der geophysikalischen Erkundung keinerlei Einfluss. Alle Aussagen und Prognosen des Berichts behalten weiterhin und in vollem Umfang ihre Gültigkeit (VBW Weigt GmbH, 2022).

Des Weiteren flossen Informationen aus dem Fachgutachten "Benthos" in die Betrachtungen mit ein (IfAÖ, 2022).

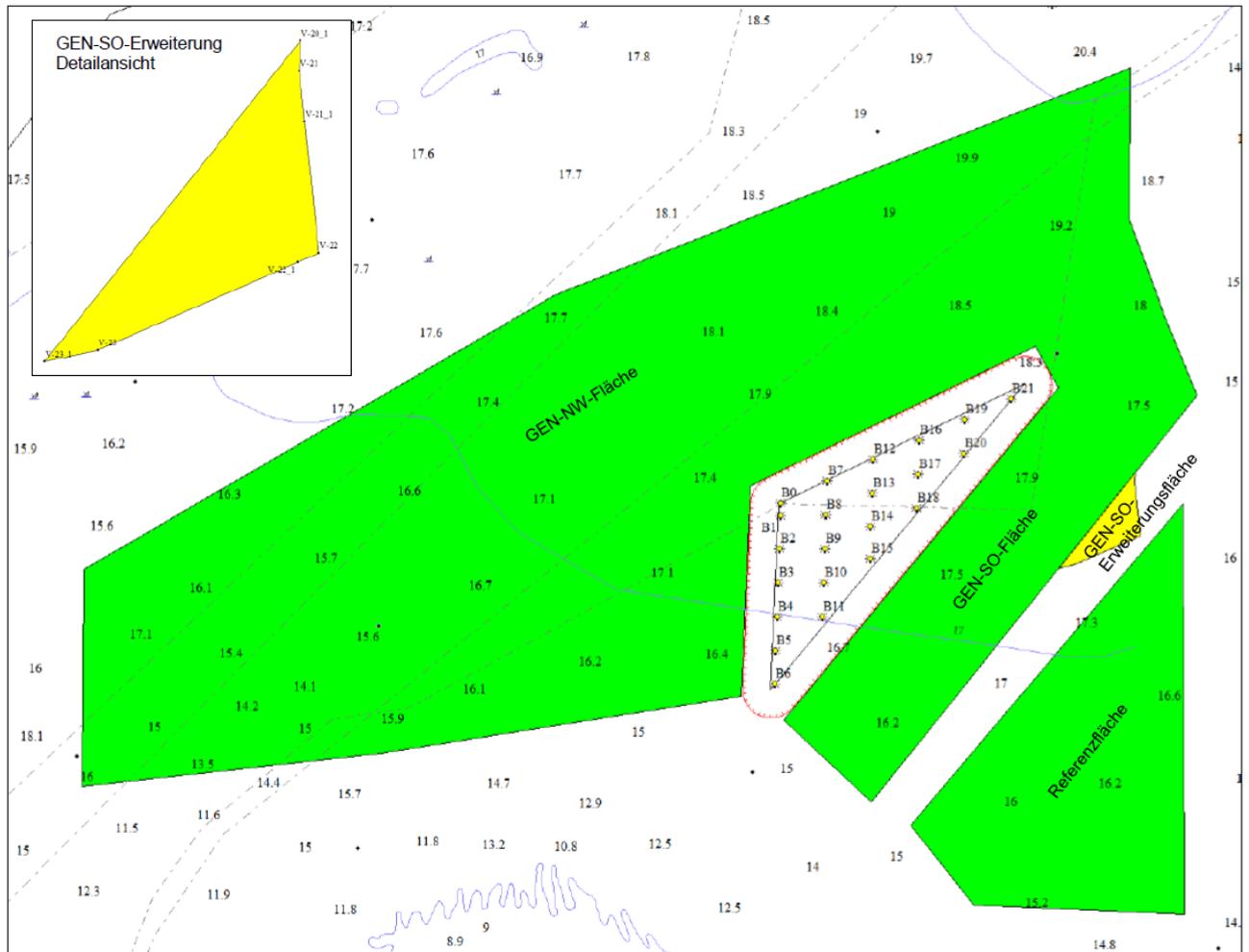


Abb. 3: Untersuchungsflächen 2013 und 2015 (grün) und 2016 (gelb) (VBW, 2016)

Die vom Messschiff „MS Barents-See“ in den Jahren 2013, 2015 und 2016 eingesetzten Geräte bzw. Gerätesysteme werden in Tab. 1 zusammengefasst.

Das gesamte Gebiet der westlichen Ostsee wurde in den vergangenen 60 Jahren in mehreren Etappen intensiv meeresgeologisch untersucht. Die Arbeiten wurden mit Hilfe von Bodengreifern, Stechrohren, Tauchern (Sondierung), Echoloten, Side-Scan-Sonaren und seismischen Systemen ausgeführt. Im Ergebnis dieser Forschungen entstanden zahlreiche Karten zur Sedimentverteilung am Meeresboden sowie Darstellungen der Schichtmächtigkeiten und der sedimentpetrographischen und sedimentphysikalischen Eigenschaften der anstehenden Sedimente.

Beispielhaft werden hier angeführt:

- Meeresbodenkarte des Seegebietes Darßer Ort–Hiddensee, Maßstab 1:200.000 (Kolp, O., 1954),
- Meeresbodenkarte der westlichen Ostsee, Maßstab 1:300.000 (Kolp, O., 1965),
- Sedimente der Mecklenburger Bucht, Maßstab 1:100.000 (Lange; Schmedemann, 1985),
- Reliefkarte der Mecklenburger Bucht, Maßstab 1:100.000 (Lange; Schmedemann, 1986),

- Akustik der Sedimente der Darßer Schwelle, Maßstab 1:35.000 (Jäger, 1989) und
- Meeresbodensedimente in der westlichen Ostsee, Blatt Darß, Maßstab 1:100.000 (Tauber, F.; Lemke, W., 1995).

Weitere wissenschaftliche Arbeiten, insbesondere Dissertationen und Habilschriften, liefern ein umfangreiches Datenmaterial zur geologischen Entwicklung sowie zur Sedimentpetrographie und Sedimentdynamik des Vorhabengebietes, z. B.

- Lagerungsverhältnisse spät- und postglazialer Sedimente im Arkonabecken (Neumann, G., 1981),
- Geologische Untersuchungen an spätglazialen und holozänen Sedimenten der Lübecker und Mecklenburger Bucht (Lange, D., 1984),
- Petrophysikalische Untersuchungen an spätglazialen und holozänen Sedimenten der Lübecker und Mecklenburger Bucht (Lange, D.; Jäger, W., 1982),
- Sedimentation und paläogeographische Entwicklung im westlichen Ostseeraum (Mecklenburger Bucht bis Arkonabecken) vom Ende der Weichselvereisung bis zur Litorinatransgression (Lemke, W., 1998),
- Regionalisierung der sedimentären Fazies der südwestlichen Ostsee (Bobertz, B., 2000),
- Strömungsschwankungen am Meeresboden zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonabecken nach Modellierungsergebnissen und mögliche Auswirkungen auf die Sedimentation (Heise, B., 2002) und
- Untersuchungen zur Mobilität natürlicher und anthropogener Sedimente in der Mecklenburger Bucht (Bohling, B., 2003).

Tab. 1: Eingesetzte Sensorik (VBW, 2016)

Typ	Ausrüstung
Primäre Positionierung	Fugro MarineSTAR 9205 G2 - PDGNSS
Sekundäre Positionierung	Fugro MarineSTAR 8200 HP - PDGNSS
Kompass & Bewegungssensor	IXSEA Octans III
Schallgeschwindigkeitssonde	CTD48M
Fächerecholot (2013)	RESON SeaBat 8101
Positionierungssoftware	RESON PDS2000
Datenaufzeichnung	RESON PDS2000
Fächerecholot (2015)	R2Sonic - Sonic 2024
Positionierungssoftware	Hypack - Hysweep
Datenaufzeichnung	Hypack - Hysweep
Datenprozessierung	CARIS - HIPS
Sidescan Sonar	EdgeTech 4200HF (300/600)
Positionierungssoftware	PDS2000 (2013) / Hypack 2014 (2015)
Datenaufzeichnung	EdgeTech Discover
Datenprozessierung	SonarWiz 5
Magnetik	Geometrics G882
Positionierungssoftware	PDS2000 (2013) / Hypack 2014 (2015)
Datenaufzeichnung	MagLog
Datenprozessierung	Geosoft Oasis montaj UXO Marine
Seismik	GeoPulse Boomer + AAE Streamer (8-fach)
Positionierungssoftware	PDS2000 (2013) / Hypack 2014 (2015)
Datenaufzeichnung	NWC 145
Datenprozessierung	NWC View

3. Meeresgeologische Verhältnisse

Die Reliefformen des Meeresbodens und die Lagerungsverhältnisse der quartären Sedimente im Vorhabengebiet wurden durch die spätglazialen Eisvorstöße und den anschließenden Eisabbau wesentlich geprägt. Des Weiteren spielte das Wechselspiel von Transgression und Regression im Holozän während der einzelnen Entwicklungsphasen der westlichen Ostsee eine entscheidende Rolle bei der Ausbildung der morphologischen Strukturen und der Sedimentfazies.

Demzufolge lässt sich für das Untersuchungsgebiet folgende generelle pleistozäne/holozäne Schichtenfolge ableiten:

- Das Liegende bilden zwei bis drei glaziale Geschiebemergellagen, die von Sanden getrennt werden (Grundmoränen bzw. Endmoränenbildungen).

- Im Hangenden schließen sich über Grobsand spätglaziale Tone in Wechsellagerungen mit Schluff und Feinsandlagen (Beckensedimente als Produkte der Abschmelzprozesse) an.
- Darüber folgen Schluffe, Sande und Torfe (ufernahe Bildungen limnischer Gewässer).
- Den Abschluss am heutigen Meeresboden bilden holozäne, subrezente und rezente Sande oder Schlicke je nach Becken- oder Schwellencharakter des jeweiligen Gebietes.

Lemke (1998) entwickelte für die regionale Einheit Darßer Schwelle ein „Normalprofil“ (⇒ Abb. 4).

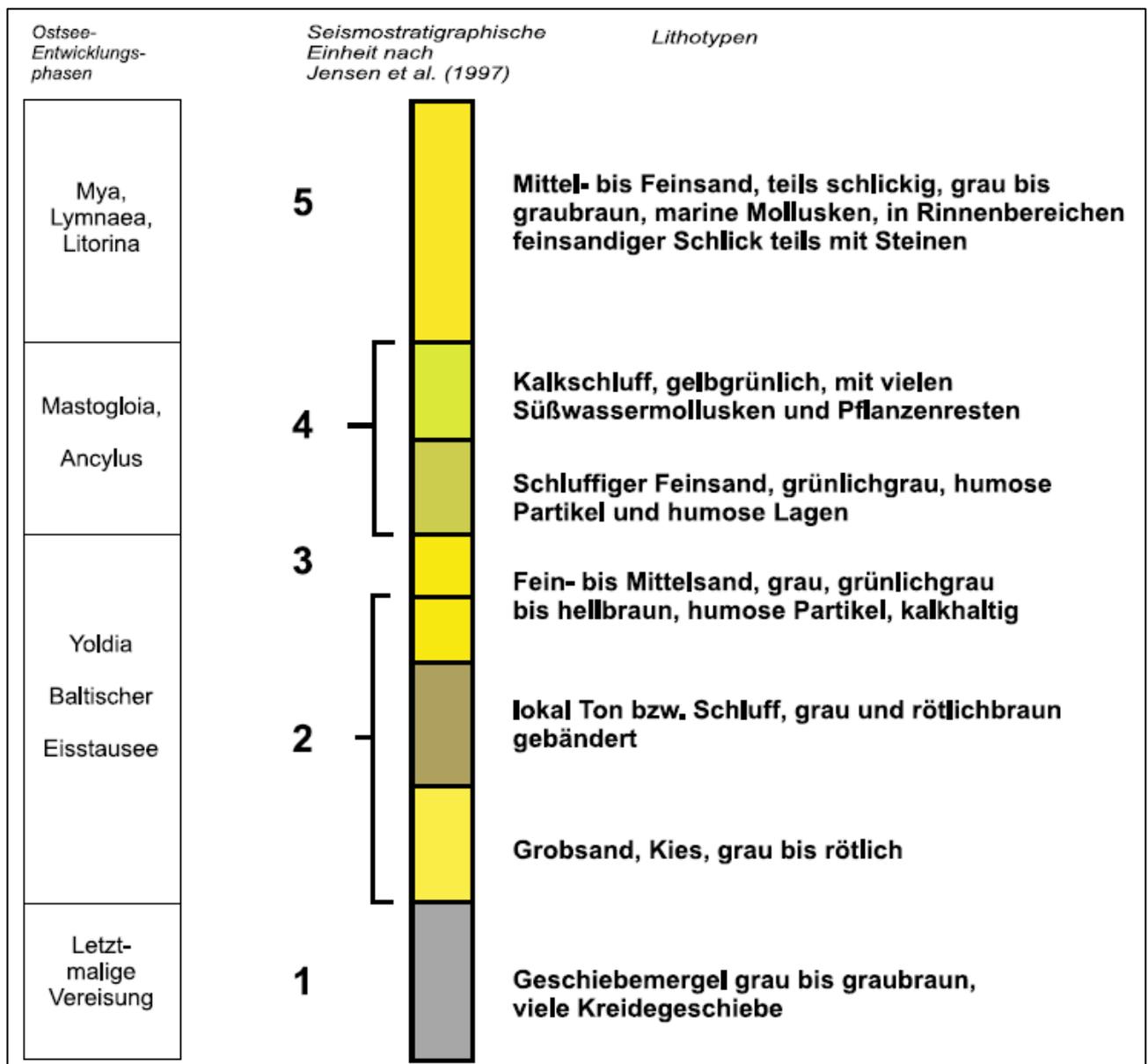


Abb. 4: Normalprofil der pleistozänen und postglazialen Ablagerungen auf der Darßer Schwelle (Lemke, W., 1998)

Das Vorhabengebiet für die Aufstellung der 103 OWEA und der beiden USP liegt im Bereich der Falster-Rügen-Sandplatte auf bzw. am Ostrand der Darßer Schwelle. Die Seevermessungen weisen

das Areal weitgehend als eben und strukturlos mit von SW nach NO zunehmenden Wassertiefen im Bereich von etwa 12,5 m und 20,0 m aus (⇒Abb. 5).

Das gesamte Vorhabengebiet wird von Feinsand (Korngrößen: 0,1-0,2 mm) bedeckt, der von Süden nach Norden mit der Wassertiefe zunehmende Anteile der Nebenfraktion „sehr feiner Sand“ (0,05-0,1 mm) enthält (Kolp, 1954; VBW, 2016).

Mittelsand (0,20-0,63 mm) stellte bei den Benthosuntersuchungen an etwa 20 Stationen im Zeitraum 2012 bis 2014 die zweitgrößte Sedimentfraktion, betrug jedoch in den meisten Fällen weniger als 25 %. Zusätzlich wurden geringe Anteile (im Mittel <5 %) an Schluff (<0,063 mm) nachgewiesen. Der Gehalt organischen Materials, bestimmt über den Glühverlust der getrockneten Sedimentproben, schwankte raumzeitlich deutlich, lag jedoch zumeist unter 1 % (Mittel: $0,4 \pm 0,3$ %) (IfAÖ, 2022).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestätigten die Korngrößenverteilungen aus früheren Arbeiten, bei denen als Hauptfraktion ebenfalls Feinsand und als Nebenfraktionen Grobschluff und Mittelsand mit unterschiedlichen Kornanteilen ausgewiesen wurden. Auch die Glühverluste lagen für dieses Gebiet bei früheren Untersuchungen im Mittel deutlich unter 1 %.

Zwischenjährliche bzw. saisonale Unterschiede der Untersuchungsbefunde, z. B. zum Median der Korngrößen (⇒Tab. 2), spiegeln einerseits kleinräumige Abweichungen bei der Probenahme, aber vor allem eine relativ hohe Sedimentdynamik mit Umlagerungen der Feinkornanteile wider.

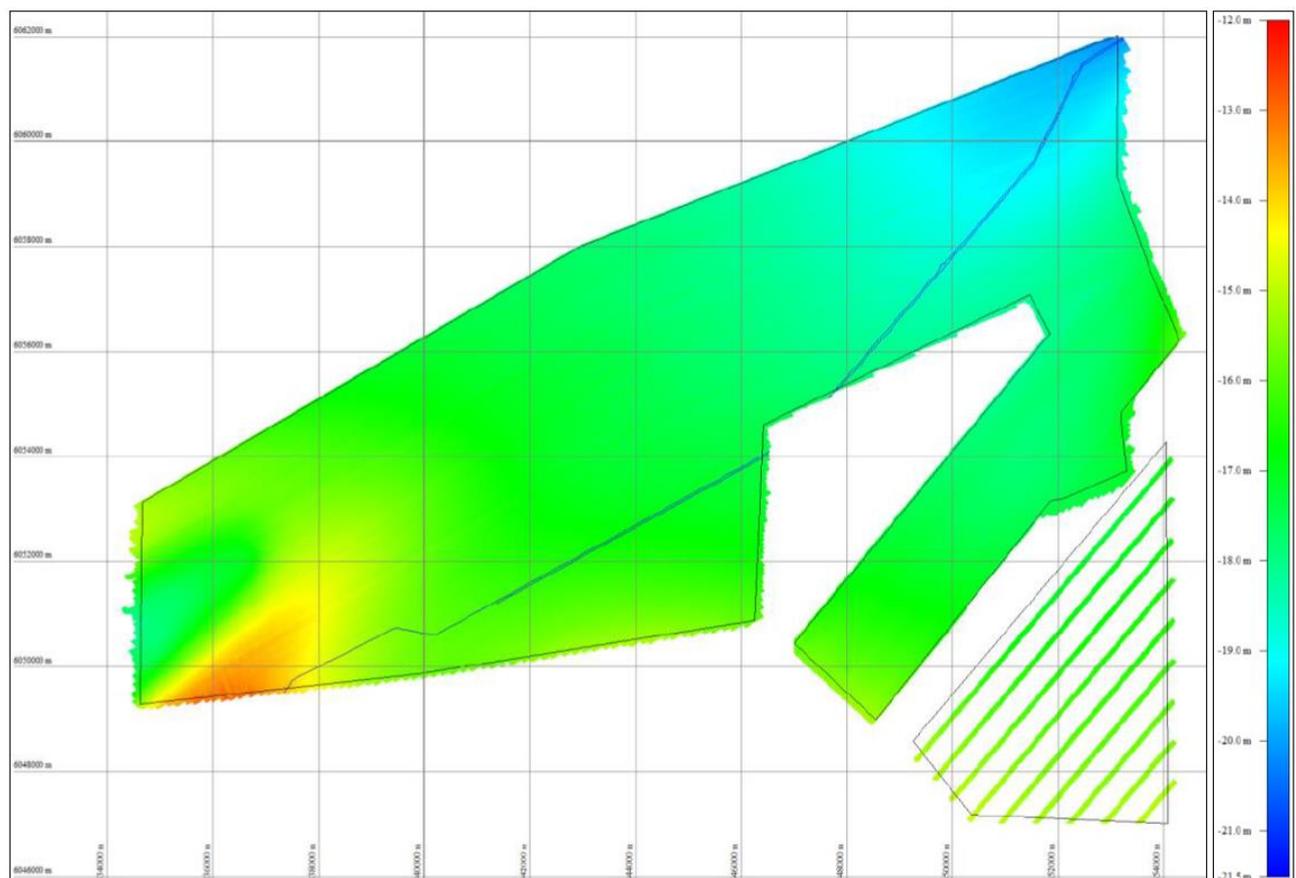


Abb. 5: Tiefenverhältnisse im Vorhabengebiet (VBW, 2016)

Tab. 2: Korngrößen und organischer Gehalt der Sedimente des Vorhabengebietes (Frühjahr 2015 und Herbst 2015); MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung (IfAÖ, 2022).

Zeit der Probennahme	Korngrößenmedian [mm]			org. Gehalt [%]			Schluffgehalt [%]		
	MW ± SD	Min	Max	MW ± SD	Min	Max	MW ± SD	Min	Max
Frühjahr 2015	0,13 ± 0,03	0,09	0,17	0,69 ± 0,27	0,26	1,17	4,43 ± 2,13	1,51	8,59
Herbst 2015	0,13 ± 0,03	0,09	0,17	0,76 ± 0,26	0,29	1,36	4,54 ± 2,02	1,46	9,68

Auch Unterwasservideoaufnahmen wiesen überwiegend Sandflächen mit strömungsbedingten Rip-
pelstrukturen (Kammabstand im Bereich von ca. 10-20 m; VBW, 2016) aus.

Im Vorhabengebiet wurden mittels Side-Scan-Sonar-(SSS)-Aufnahmen insgesamt 208 Einzelob-
jekte vermutlich anthropogenen Ursprungs, Schleppspuren der Fischerei sowie Anzeichen von Ka-
belverläufen auf dem Meeresboden detektiert. Magnetische Anomalien sind vermutlich teilweise auf
das Vorhandensein von Seekabeln zurückzuführen (VBW, 2016).

Vereinzelt wurden dabei an der Sedimentoberfläche auf Arealen von jeweils <1.000 m² mit einem
Bedeckungsgrad von <50 % bis >75 % instabile, d. h. mit der Bodenströmung verdriftbare Miesmu-
schelkonglomerate beobachtet (IfAÖ, 2022).

Die Sedimentoberfläche war nicht mit Makrophyten bewachsen. Assoziiert mit den o. g. Muschel-
konglomeraten wurden jedoch vereinzelte Exemplare von Makrophyten, z. B. Seegras und Rotal-
gen, angetroffen. [Aufgrund der Wassertiefe handelt es sich bei diesen Individuen wahrscheinlich um
Driftalgen \(IfAÖ, 2022\).](#)

Nach Untersuchungsergebnissen des Projektes DYNAS (Harff, J., 2003) zeigen die Sande im Vor-
habengebiet zumeist eine sehr gute Sortierung. Sie sind nach (Kolp, O., 1954) im Vergleich zu Ost-
seeablagerungen relativ hoch mit Schwermineralen angereichert, deren Gehalte zwischen 0,25 %
und 1,5 % liegen. Dies lässt darauf schließen, dass die am Meeresboden anstehenden Sande Ab-
rasionsprodukte der glazialen Geschiebemergeloberflächen darstellen.

Die Mächtigkeit der am Meeresboden anstehenden Sande und der darunter lagernden Sedimente
ist aus früheren Untersuchungen an zahlreichen Vibrations-Stechrohr-Kernen ableitbar.

Die daraus resultierenden früheren Untersuchungsergebnisse können vermutlich generell auf große
Teile der drei Windparkteilareale übertragen werden, auch wenn sich lokal die Mächtigkeiten der
jeweiligen Schichten in Abhängigkeit vom pleistozänen und kretazischen Relief ändern. Insgesamt
kann eingeschätzt werden, dass sowohl die Quartärbasis wie auch die Pleistozänoberfläche von
Süden nach Norden wahrscheinlich leicht abfallen.

Die Auswertung der vorhandenen Unterlagen lässt für Gründungsarbeiten durch Rammen überwie-
gend auf unproblematische Baugrundverhältnisse schließen. Im Bereich zwischen den erbohrten
Mergelhorizonten ist mit Stein- bzw. Blockhindernissen zu rechnen. Zu berücksichtigen ist, dass die
Sedimentmächtigkeiten über dem Geschiebemergel stark variieren, nach (Tauber, F.; Lemke, W.,
1995) zwischen <10 m und >35 m (⇒Abb. 6). Neben der sandigen Fazies können westlich des Plan-
tagenetgrundes vor dem Zingst, aber eng begrenzt auch auf der Darßer Schwelle, gebänderte Tone
als spätglaziale Staubeckenbildungen in Mächtigkeiten bis zu mehreren Metern auftreten (Lemke,
1998).

Mit der flachseismischen Aufnahme des Vorhabengebietes wurde über 153 parallele Profile im Abstand von 70 m eine Messtiefe von etwa 30 m bis >50 m unterhalb des Meeresbodens erreicht. Dabei wurden markante Rinnenstrukturen detektiert, deren Deckschicht durch besonders mächtige Feinsand- und vermutete Torfablagerungen gekennzeichnet sind. Drei besonders ausgeprägte Rinnen ([Seismogrammbeispiele Nr. 7, 9, 10](#)), lokalisiert im äußersten Nordosten (⇒[Abb. 8](#)), im mittleren Südosten (⇒[Abb. 9](#)) sowie im Nordwesten (⇒[Abb. 10](#)) des Vorhabengebietes (⇒[Abb. 7](#)) wurden beim OWP-Layout berücksichtigt, d. h., in ihrem Bereich sind keine OWEA vorgesehen. Als Füllsedimente der Rinnen werden von VBW (2016) im oberen Bereich sandiges, tonig-schluffiges und z. T. torfiges Material vermutet. Maskierungseffekte durch wahrscheinlich Gasblasen weisen auf signifikante Anteile organischen Materials in den verfüllten Rinnenstrukturen, besonders im mittleren nord-westlichen Teil des Vorhabengebietes, hin (VBW, 2016).

Die in den [Abb. 8 bis Abb. 10](#) kartierten Einheiten sind (VBW, 2016):

- Schicht A – Deckschicht Feinsand
- Schicht B – vorwiegend Sand
- Schicht C – Sand, Schluff, Geschiebemergel, sehr inhomogen
- Schicht D – Kreideablagerungen
- Schicht F – Rinnenfüllung, z. T. tonig bzw. laminiert
- Schicht G – Rinne mit z. T. weichen Verfüllsedimenten

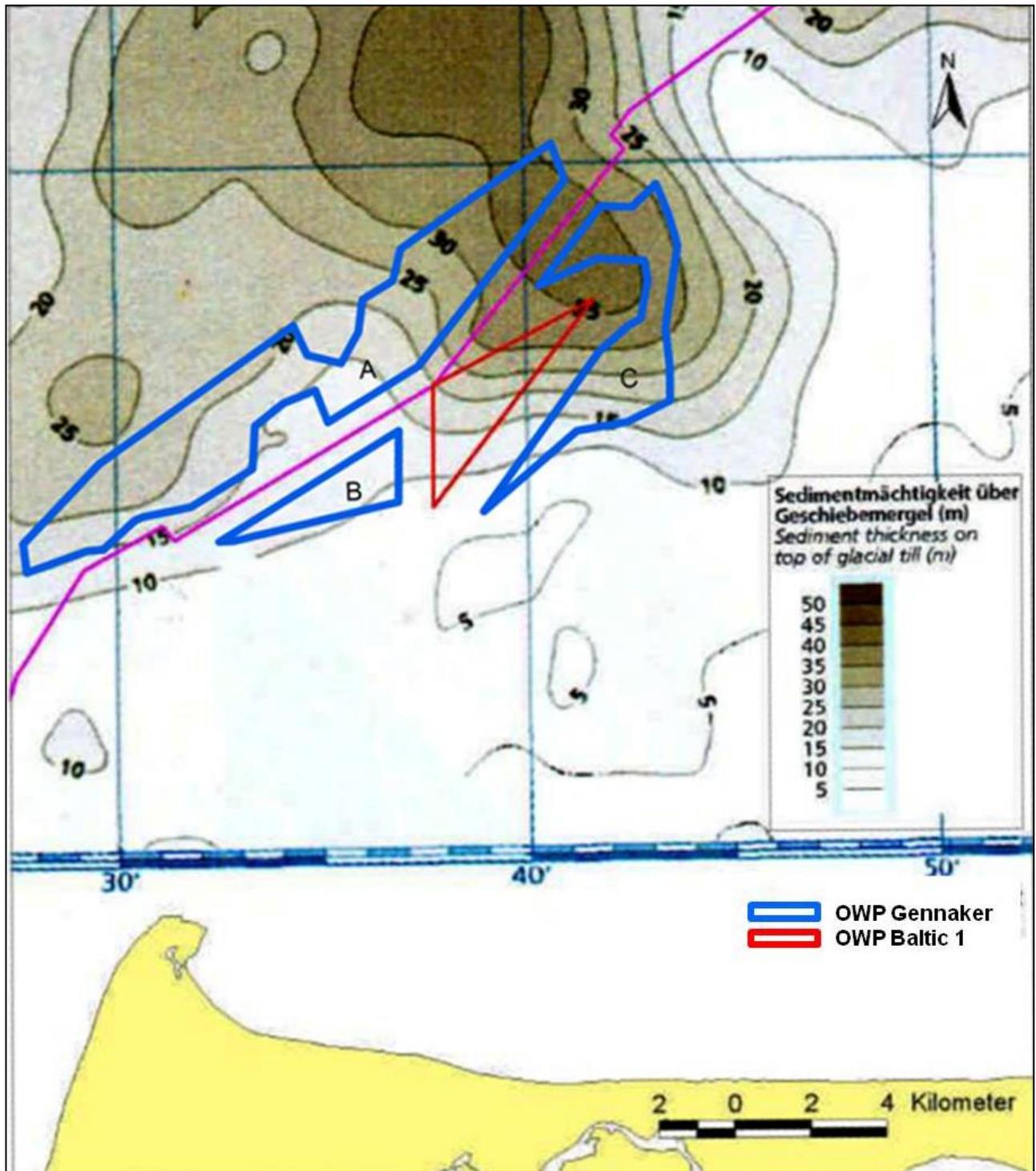


Abb. 6: Sedimentmächtigkeiten über dem Geschiebemergel im Vorhabengebiet (Tauber, F.; Lemke, W., 1995) (Anmerkung: Zur Orientierung wurden der OWP Baltic I und dessen Energieableitung markiert.)

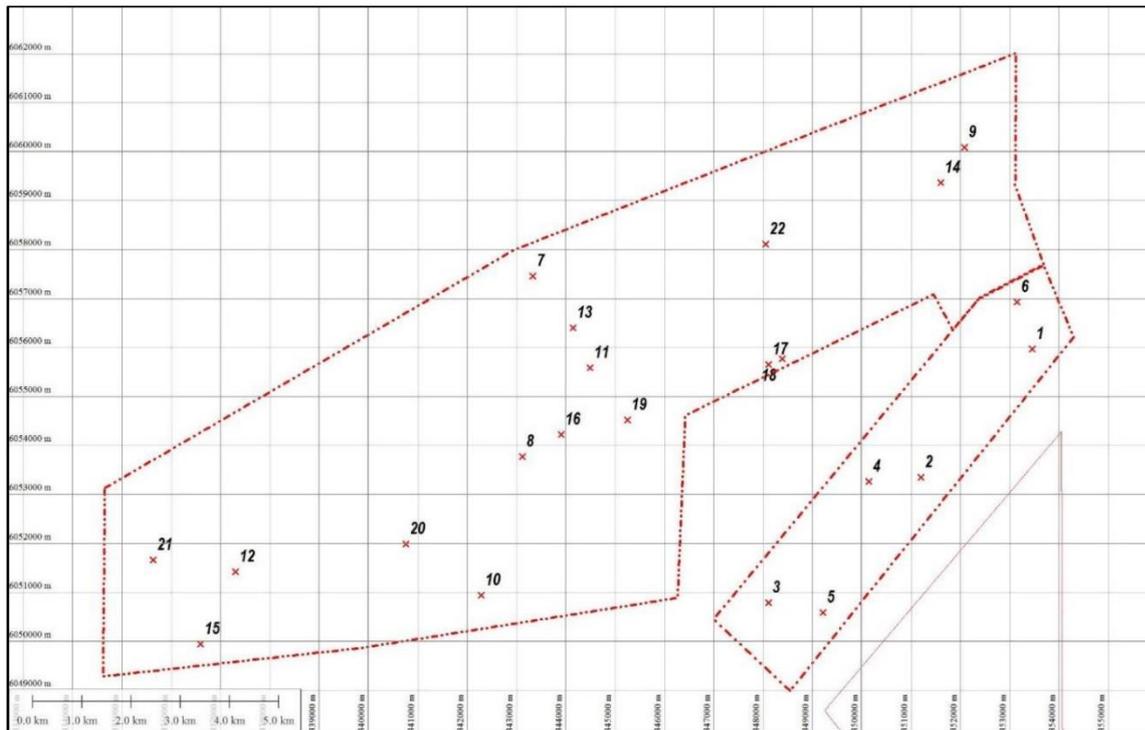


Abb. 7: Lageskizze der Seismogrammbeispiele Nr. 7, 9, 10 (VBW, 2016)

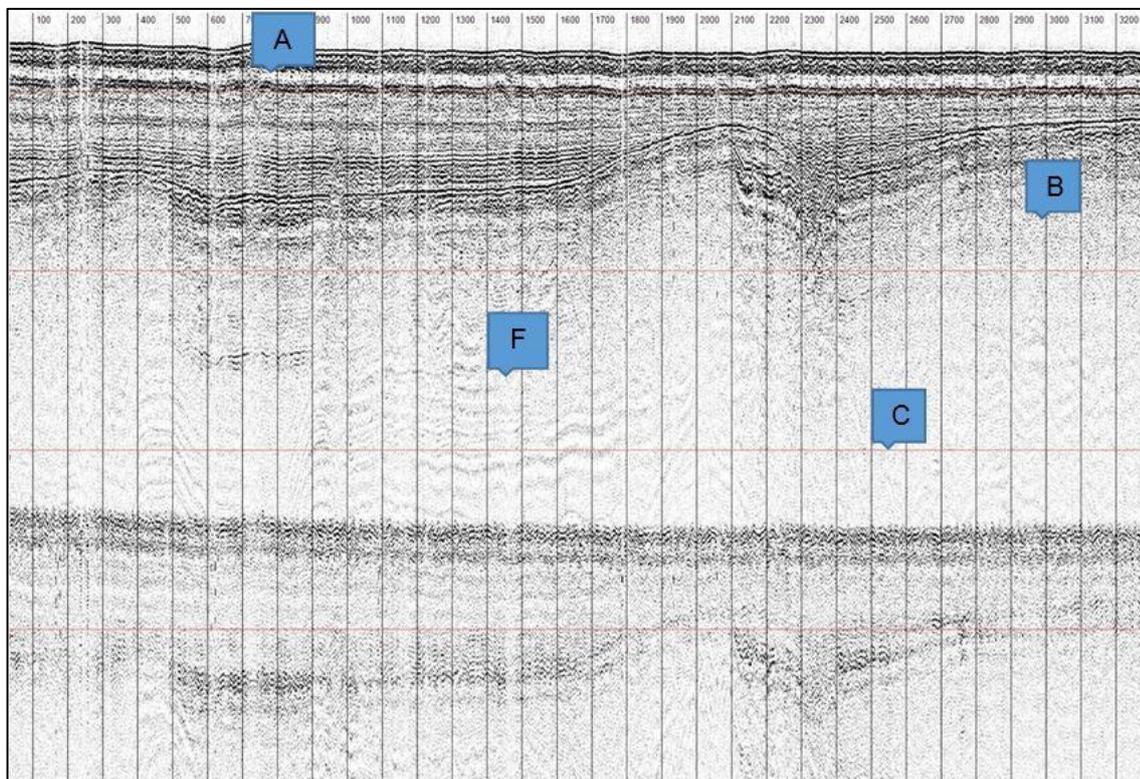


Abb. 8: Rinnenstruktur im Nordosten des Vorhabensgebietes (Nr. 9) (VBW, 2016)

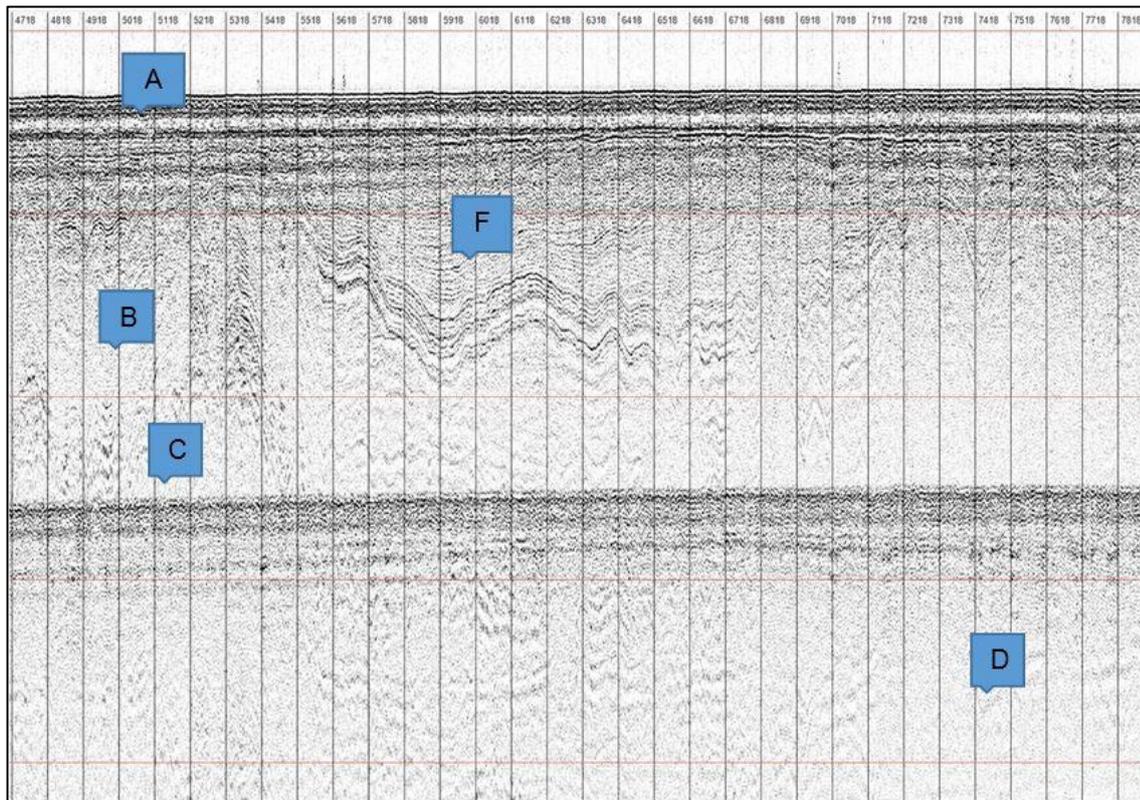


Abb. 9: Rinnenstruktur im mittleren Südosten des Vorhabengebietes (Nr. 10) (VBW, 2016)

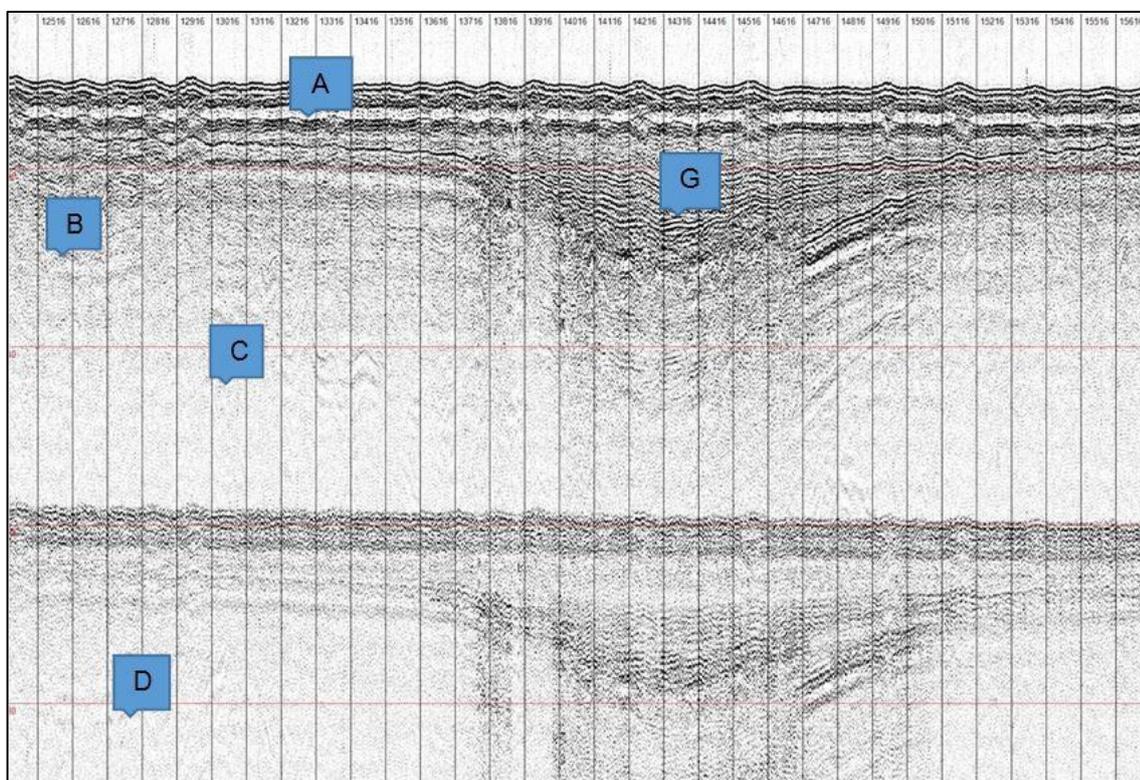


Abb. 10: Rinnenstruktur im mittleren Nordwesten des Vorhabengebietes (Nr. 7) (VBW, 2016)

4. Sedimenthaushalt und -dynamik im Vorhabengebiet

Der vom Vorhaben betroffene Meeresboden besteht überwiegend aus klastischen Sedimenten.

Die Oberflächensedimente werden in sedimentdynamische Prozesse einbezogen, wobei zwischen Abrasionsgebieten (Sedimentabtrag) und Akkumulationsräumen (Sedimentanreicherung) zu differenzieren ist.

Entscheidend für den Sedimenthaushalt sind die sedimentpetrographischen Eigenschaften der Ablagerungen (Korngrößenverteilung, Porosität, Korndichte) und die Art und Intensität der Sedimenttransportsysteme. Der Transport wird allgemein als eine Folge gleichzeitig, nebeneinander und nacheinander ablaufender lokaler Erosions-, Transport- und Sedimentationsvorgänge erklärt. Dabei können Sedimente über weite Strecken transportiert werden, sowohl durch Resuspension in die Wassersäule und erneuter Deposition als auch – bei rolligem Material wie Sanden – durch sohnlenen Transport.

Nachfolgend soll ausschließlich die Dynamik klastischer Sedimente, vor allem von Fein- und Mittelsanden, in Folge lateraler Transportprozesse betrachtet werden. Die Relevanz dieser Betrachtung aus Sicht des Vorhabens ergibt sich sowohl für das OWP-interne Leitungsnetz (Freilegen bzw. Über-sanden der Kabel) als auch für den Windpark (Auskoklungen, Umverteilung von Sedimenten im Windpark-Areal).

Die im Vorhabengebiet vorherrschenden Westwindlagen, die deutliche Volumen- und teilweise Querschnittsverengung im Bereich der Darßer Schwelle und der in Höhe des Darßer Ortes eine markante Richtungsänderung aufweisende Küstenverlauf bestimmen die Transportvorgänge sandigen Abrasionsmaterials im Seegebiet (Neumann, G., 1981).

Besonders deutlich werden diese statistisch überwiegend nach (Nord-)Osten setzenden Transportprozesse im Bereich von Darßer Ort und Prerowbank, einem Flachwassergebiet mit Wassertiefen von maximal 10 m. Rippelstrukturen westlich der Prerowbank bis in Wassertiefen von >6 m und die rasch voranschreitende Hakenbildung sind ein Indiz für diese intensiven Sedimentverfrachtungen (⇒Abb. 11).

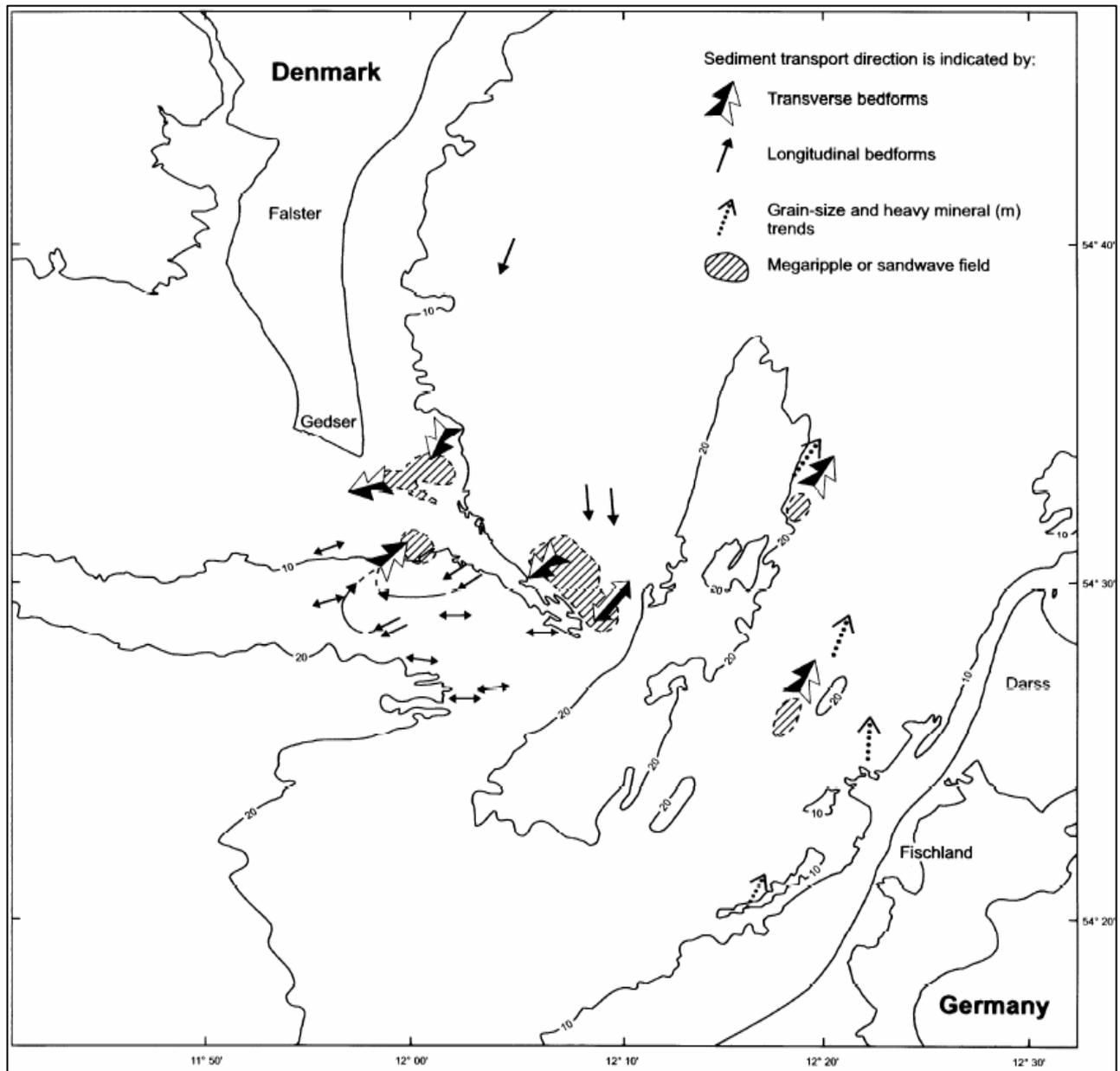


Abb. 11: Indikatoren für die Richtung des Sedimenttransports (Lemke, W., 1994)

Den Zusammenhang zwischen Wind, Strömung und den durch Erosion erzeugten Schwebstoffkonzentrationen im Wasserkörper des DYNAS-Untersuchungsgebietes vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns zeigten Leipe & Bahlo (2003). Bei Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 15 cm/s über dem Meeresboden kam es nicht zu signifikanten Erhöhungen der Konzentrationen partikulären Materials im Wasser (SPM: 1-2 mg/l). Erhöhten sich jedoch die Strömungsgeschwindigkeiten über diesen experimentell an „event-samplern“ ermittelten Schwellenwert von 15 cm/s hinaus, nahm die SPM-Konzentration durch Resuspension der Oberflächensedimente auf Werte zwischen 6 mg/l und 9 mg/l zu. Steigen die Strömungsgeschwindigkeiten, wie an der Darßer Schwelle in einigen Messungen beobachtet, auf Werte ≥ 40 cm/s an, werden Sedimente mit Korngrößen bis zu etwa 0,1 mm, d. h. Fein- und Mittelsande, bewegt.

Die Sedimentdynamik wurde für ein Untersuchungsgebiet zwischen der Mecklenburger Bucht und dem Arkonabecken an Hand eines dafür angepassten komplexen Rechenmodells abgeschätzt (Bobertz, B., 2000), (Heise, B., 2002).

Grundlage dafür bildeten

- Strömungsdaten in Bodennähe (geliefert durch Läufe eines hydrodynamischen Ostseemodells des Instituts für Ostseeforschung, Warnemünde / IOW),
- Messdaten zum Wind an der Station „Darßer Schwelle“,
- Informationen zur Korngrößenverteilung der im Untersuchungsgebiet anstehenden Sedimente (Medianwerte, Sortierung) und die
- Bathymetrie des Untersuchungsgebietes.

Die Berechnungen erfolgten für repräsentative Gitterpunkte des gerasterten Seegebietes. Als Modelljahr diente der Zeitraum vom 01.10.1996 bis zum 30.09.1997. Die Ergebnisse schließen Angaben zur Wahrscheinlichkeit der Erosion der am jeweiligen Ort anstehenden Sedimente ein. Dazu wurden für die betreffenden Sedimente kritische Schubspannungen für einen Transport berechnet, diese Schubspannungen in entsprechende Freistromgeschwindigkeiten des Wassers transformiert und letztere dann mit den aus dem hydrodynamischen Modell abgeschätzten Strömungsgeschwindigkeiten korreliert.

Für das Modelljahr 1996/97 wurde die Anzahl von Tagen abgeschätzt, an denen am jeweiligen Gitterpunkt Sedimenttransport eintreten könnte. Die Ergebnisse der Modellierung für einige typische Punkte des Untersuchungsgebietes sollen hier wiedergegeben werden (Bobertz, B., 2000), (Heise, B., 2002). Der mit U beschriftete rote Kreis in Abb. 12 charakterisiert die minimale Freistromgeschwindigkeit, die nötig ist, um Sedimentkörner mit Größen kleiner oder gleich dem Median erodieren zu können. Der graue Ring (Medianwert \pm Sortierung) umfasst dabei etwa zwei Drittel der Masse aller Sedimentkörner im Oberflächenbereich des jeweils analysierten Gitterpunkts. Liegen Freistromgeschwindigkeiten episodisch innerhalb bzw. sogar außerhalb des grauen Ringes, ist mit Sedimenttransport in der durch die Strömungsrose aufgezeigten Richtung zu rechnen.

Es wurde ein typischer bzw. vorhabenrelevanter Gitterpunkt ausgewählt (Heise, B., 2002), Gitterpunkt 31-36 (nördlich Darßer Ort) (\Rightarrow Abb. 12).

Die Ergebnisse der Auswertungen an den Gitterpunkten zeigen, dass im Modelljahr (01.10.1996 bis 30.09.1997) sehr unterschiedliche Strömungsrichtungen und Strömungsgeschwindigkeiten in den regionalen Einheiten vorherrschten.

In der Umgebung der Windparkfläche nordöstlich vom Darßer Ort (Knotenpunkt 31-36) dominiert eine nahezu symmetrisch-bidirektionale Strömung in nordöstliche bzw. südwestliche Richtung. Die im Vorhabengebiet am Meeresboden anstehenden gut bis sehr gut sortierten Feinsande können auf Grund der abgeleiteten Strömungsgeschwindigkeiten transportiert werden, vor allem in nordöstlicher Richtung (resultierende Transportrichtung), episodenhaft im Frühjahr auch in Richtung Südwesten.

Die Modellierungsergebnisse von Heise (2002) und Bobertz (2000) bestätigen die von Lemke u. a. (1994) aus geologischen, sedimentpetrographischen und bathymetrischen Daten abgeleiteten generellen Transportrichtungen der Oberflächensedimente im Bereich der Darßer Schwelle und auf

der Falster-Rügen-Sandplatte. Zusammenfassend lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

Das Vorhabengebiet des Offshore-Windparks Gennaker liegt in einem sedimentdynamisch aktiven Areal. Der resultierende Sedimenttransport erfolgt nach Ostnordosten. Auf Grund der Wassertiefen und der Lagestabilität der gut bis sehr gut sortierten Feinsande sind keine hohen Umlagerungsraten zu erwarten. Diese Aussage wird durch die Side-Scan-Sonar-Bilder von der Meeresbodenoberfläche gestützt. Im Vorhabengebiet konnten zwar Strömungsrippel am Meeresboden nachgewiesen werden, diese hatten allerdings nur eine geringe lokale Ausdehnung.

Die Rippelhöhen waren niedrig, so dass auf relativ geringe Strömungsgeschwindigkeiten zu schließen ist.

Das Vorhabengebiet wird nicht von den markanten regional typischen Groß- oder Riesenrippelsystemen berührt. Diese besonderen Mobilitätsstrukturen verlaufen weiter südlich im Bereich der Prerowbank und östlich vom Vorhabengebiet, im Nordteil des Plantagenetgrundes (⇒Abb. 11).

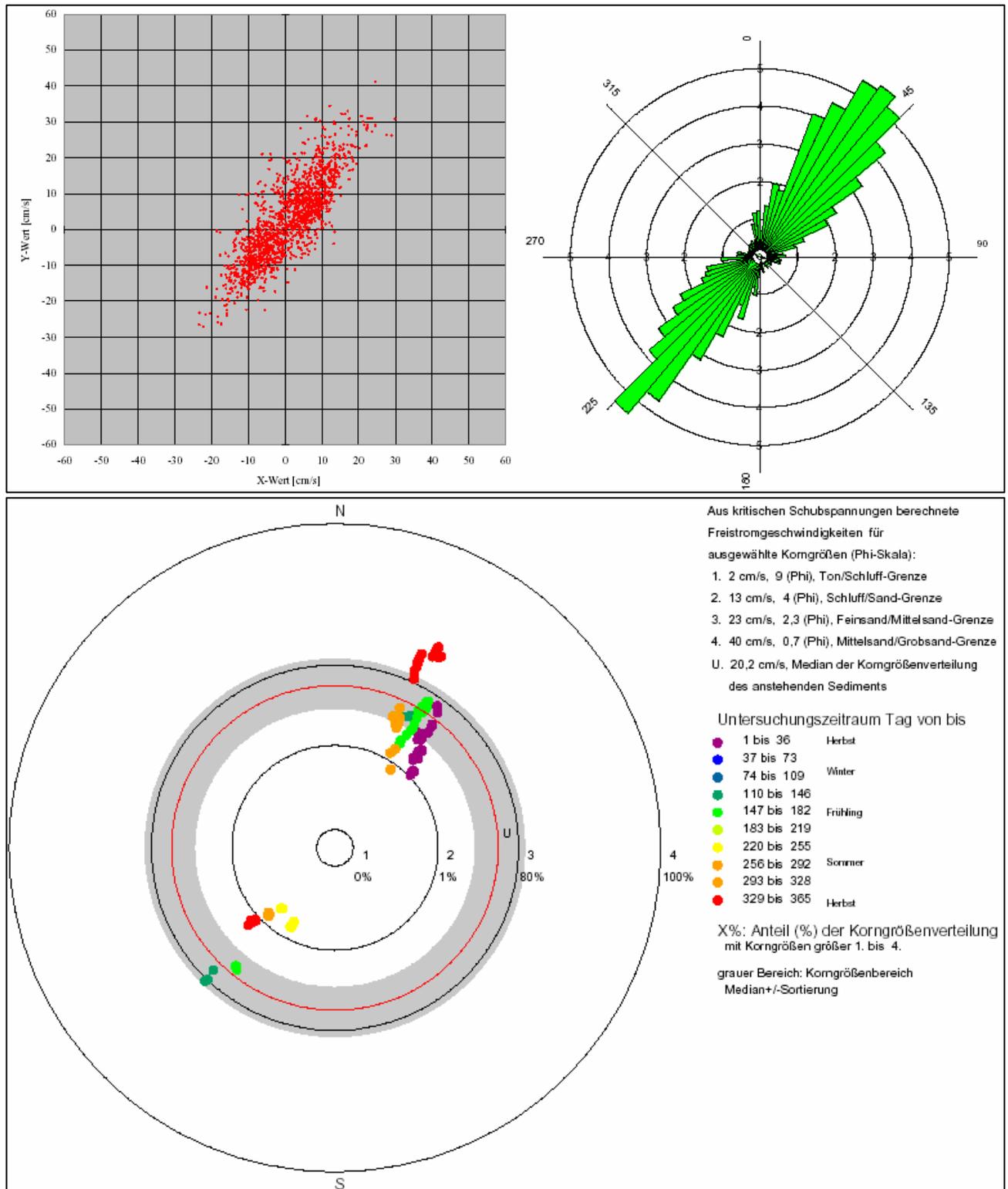


Abb. 12: Endpunkte der Strömungsvektoren, Strömungsrose und Wahrscheinlichkeit von Sedimentumlagerungen nördlich Darßer Ort (Gitterpunkt 31-36) (Heise, B., 2002)

5. Auswirkungen des Vorhabens auf die Sedimentdynamik

Beim Anströmen der Gründungen von OWEA und USP kommt es zu Stromscherungen und Reibungen an den Bauwerken. Dadurch werden kleinskalige Wirbel generiert, die verdriften und von der mittleren Strömung wieder „aufgesogen“ werden. Der durch Einzelanlagen hydrodynamisch nachweisbar gestörte Bereich hängt in seinem Umfang vom Bauwerk sowie von der Stärke, Richtung und Charakteristik der Anströmung ab. Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten konzentrieren sich auf die unmittelbare Umgebung der Anlagen. Überlagerungen und Wechselwirkungen mit abstromig gelegenen Anlagen sind schwach und nur durch Modellrechnungen, nicht durch Messungen erfassbar (⇒Abb. 13).

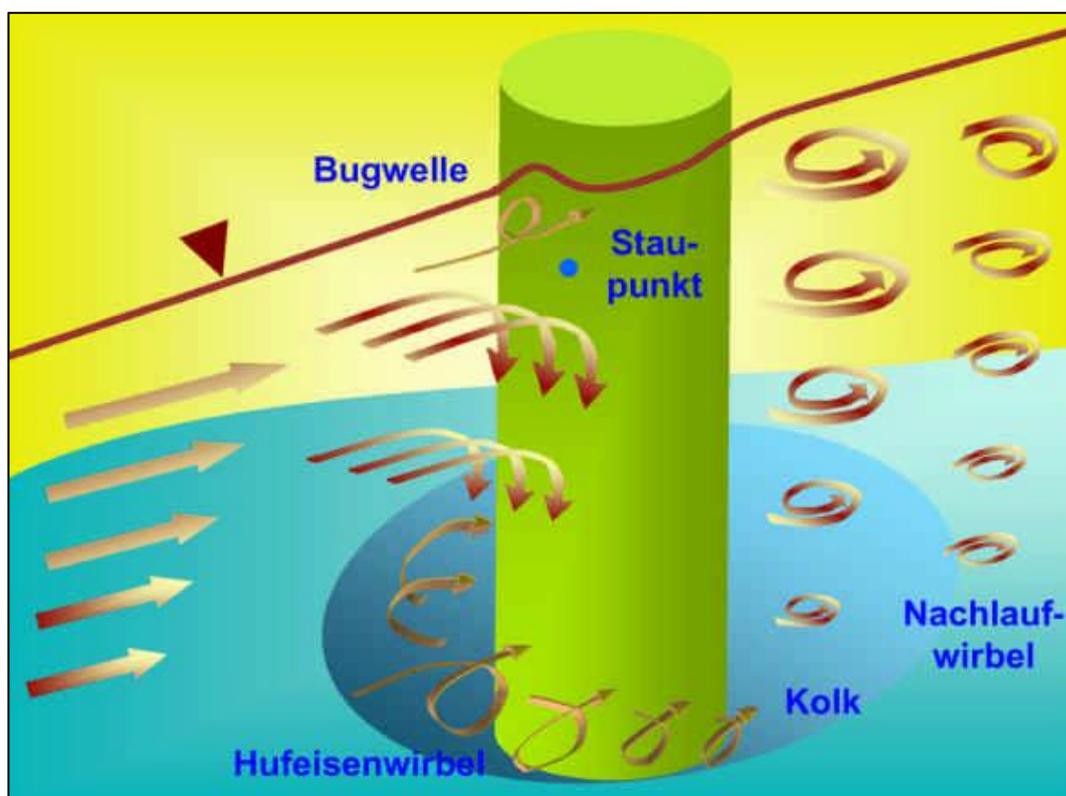


Abb. 13: Prinzipskizze zur An- und Umströmung eines zylindrischen Unterwasser-Bauwerks

Auf der Basis von kleinskaligen Simulationsmodellrechnungen prognostizierte Einflüsse eines Windparks auf die horizontale Strömungsgeschwindigkeit zeigen i. d. R. deutliche tiefenabhängige Unterschiede. Die verschiedenen Wirkbereiche solcher Unterschiede um einzelne Gründungen zwischen Ist- und Planungsstand sind besonders in Bodennähe i. d. R. gering und hängen überdies von der Lage der jeweiligen OWEA im Windpark ab. Die Zunahme der Horizontalgeschwindigkeiten um OWEA der Ostsee kann in der Größenordnung von etwa 3-30 mm/s liegen.

Die vom Windpark ausgehenden Änderungen des Turbulenzfeldes bleiben auf die unmittelbare Umgebung des Windparks und vor allem der einzelnen Anlagen beschränkt. Lokal prognostizierte Veränderungen betreffen nur die unmittelbare Umgebung des Windparks und liegen darüber hinaus unterhalb technisch erfassbarer Größenordnungen. Fern- und Langzeitwirkungen lokaler Strömungsunterschiede sind nicht zu erwarten (Duwe, K.; Buckmann, K., 2022).

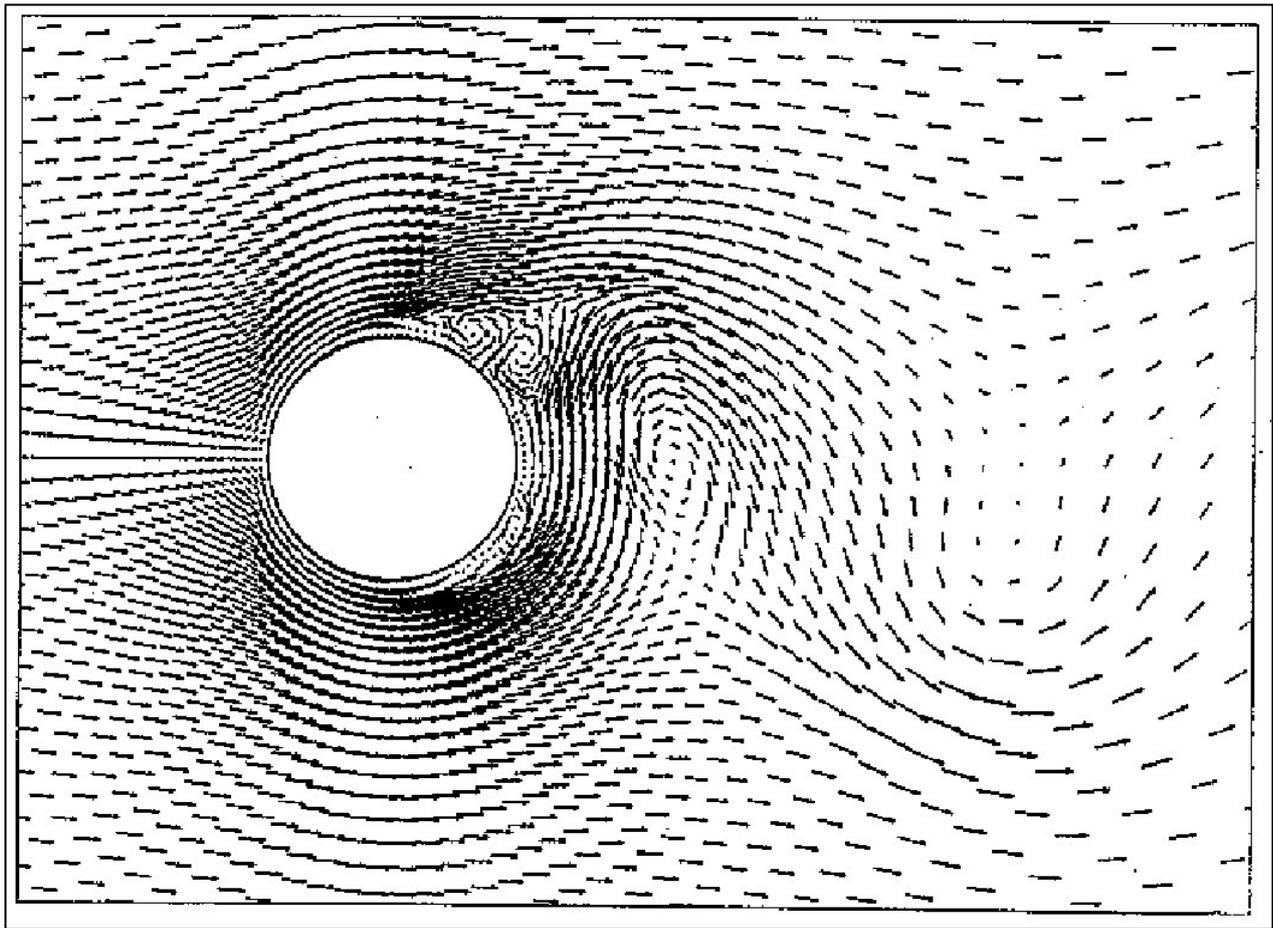


Abb. 14: Momentaufnahme der Strömungsvektoren um eine Monopile-Gründung (Elsamprojekt, 1999)

Durch die kleinskaligen Veränderungen des Strömungsfeldes (\Rightarrow Abb. 14) und insbesondere durch die Entstehung von Wirbeln kommt es im unmittelbaren Umfeld der Anlagen zu Auskolkungen am Meeresboden (\Rightarrow Abb. 15). Die Ausdehnung der Kolkungsstrukturen ist dabei abhängig von der Strömungsintensität, der Beschaffenheit des Meeresbodens und von der Beschaffenheit des Bauwerkes. Man geht bei Prognosen zum Umfang solcher Auskolkungen oft davon aus, dass der Durchmesser der konischen Vertiefung um ein OWEA-Monopile-Fundament in Hauptströmungsrichtung etwa beim Fünffachen von dessen Durchmesser liegt (De Vos, L, 2008).

Die Einbringung eines Kolkschutzes in Form von Steinschüttungen um die Fundamente der Windenergieanlagen ist vorgesehen, um Erosionen bzw. Auskolkung am Standort zu vermeiden.

Mit großräumigen Auswirkungen auf die Sedimentdynamik durch die Anlagen des Windparks ist nicht zu rechnen, da Veränderungen des Strömungsfeldes auf die unmittelbare Umgebung der Anlagen beschränkt bleiben.

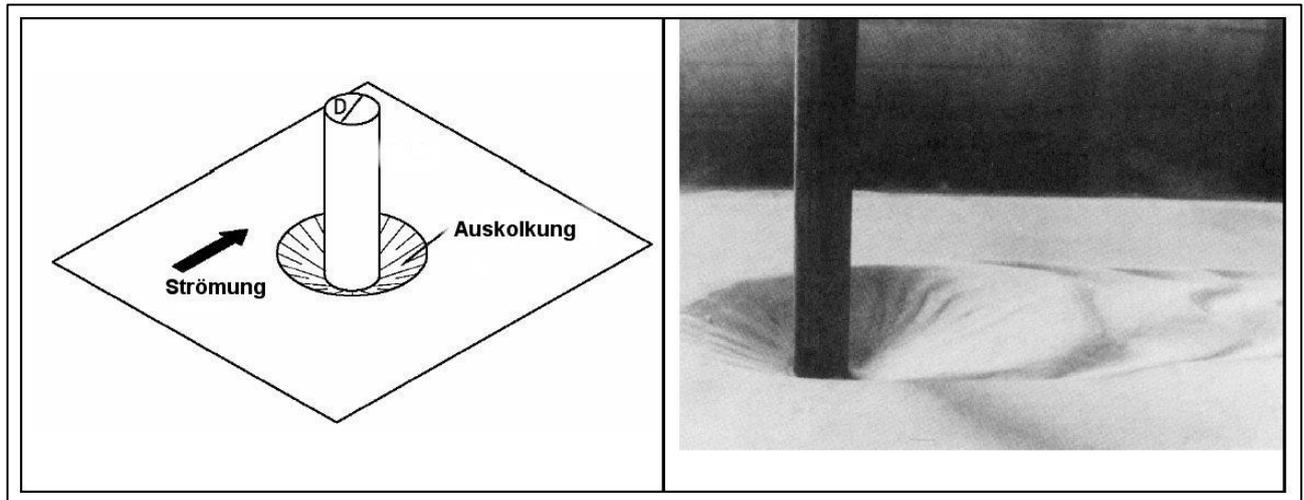


Abb. 15: Auskolkungen um eine ungeschützte Monopile-Gründung in Sandböden

6. Auswirkungen des Vorhabens auf den Sedimenthaushalt

Auf der Grundlage des gegenwärtigen Planungsstandes wird davon ausgegangen, dass unter Berücksichtigung der Wassertiefen im Vorhabengebiet (12,5 m bis ca. 20 m) und der o. g. Ergebnisse geologisch-geotechnischer Untersuchungen die beiden USP und die 103 OWEA des Windparks Gennaker auf Monopiles gegründet werden. Die wahrscheinlich durch Rammen in den Meeresboden eingebrachten Monopiles haben nach Planungsstand für die geplanten Anlagen einen Durchmesser von ca. 3 m (Pfähle der Jacket-Topside-Konstruktionen für die USP; insgesamt ca. 8 Monopiles, d. h. 4 pro USP) und bis zu 8 m (OWEA). Die dadurch dauerhaft durch Versiegelung mit Hartsubstrat in Anspruch genommene Fläche des Meeresbodens läge demnach insgesamt bei ca. **5.234 m²**, d. h. bei einem Bruchteil (ca. 0,01 %) des Vorhabengebietes (ca. **48,9 km²**).

Die erforderliche Fläche für das Ausbringen eines Kolkschutzes kann wie folgt abgeschätzt werden: Der potenziell bei Annahme von 1:5-Böschungswinkeln von bis zu etwa 3,2 m tiefen Kolkungen dauerhaft betroffene Bereich des Meeresbodens umfasst nach o. g. Schätzung zum Verhältnis zwischen Monopile- und Kolkdurchmesser etwa **125.700 m²** (**0,26 %** der Vorhabenfläche). Hier erfolgt durch den Kolkschutz ein dauerhafter Substratwechsel von Sand- zu Hartsubstrat bzw. ohne Kolkschutz würden hier Teile des Sediments um- bzw. ausgelagert. Die Einstellung eines stabilen sedimentdynamischen Gleichgewichts zwischen Abrasion und Deposition ohne Kolkschutz würde hier innerhalb etwa eines Jahres eintreten.

Da der Schluff- und Tonanteil der Oberflächensedimente gering ist, kommt es bei den Gründungsarbeiten (Rammen von Monopiles) kaum zu Sedimentaufwirbelungen und -umlagerungen.

Die Innerparkverkabelung in Offshore Windparks wird i. d. R. auf eine Tiefe von 0,6 bis 1,0 m unterhalb des Meeresbodens eingespült, wobei die spezielle Morphologie des Meeresbodens berücksichtigt wird, um ein Freispülen der Kabel im Laufe der Jahre zu verhindern.

Die Kabel werden durch ein schwimmendes ROV (Remotely Operated Vehicle) eingebracht, damit beschränkt sich der Bodenkontakt auf das Schwert mit einer Breite von etwa 50 cm. Dies führt zu

einer Beeinflussung des Bodens auf einer Breite bis maximal 2 m. Mit der Länge der Innerparkverkabelung von ca. 143,5 km ist damit temporär eine Sedimentfläche von ca. 0,287 km² der Vorhabenfläche betroffen (rund 0,5% der Fläche).

Auf den regionalen Sedimenthaushalt der Darßer Schwelle bzw. der Falster-Rügen-Sandplatte haben die baubedingten Veränderungen durch Sedimentumlagerungen und Gewässertrübungen beim Einspülen der OWP-internen Seekabel nur geringe temporäre Auswirkungen.

Dr. D. Hildebrandt

Sachverständige der TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG

7. Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

[9. BImSchV. \(2020\). Verordnung über das Genehmigungsverfahren in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. Mai 1992 \(BGBl. I S. 1001\), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 11. November 2020 \(BGBl. I S. 2428\) geändert worden ist.](#)

Bobertz, B. (2000). Regionalisierung der sedimentären Fazies der südwestlichen Ostsee. Dissertation. Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.

Bohling, B. (2003). Untersuchungen zur Mobilität natürlicher und anthropogener Sedimente in der Mecklenburger Bucht. Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. 159 S.

De Vos, L. (2008). Optimisation of Scour Protection Design for Monopiles and Quantification of Wave Run-up, Doktorarbeit, Universität Gent.

[Duwe, K.; Buckmann, K. \(2022\). Untersuchung der Hydrodynamik im Bereich des geplanten Offshore Windparks „Gennaker“. Studie im Auftrag der OWP Gennaker GmbH, Revision Nr. 1.1 der gleichnamigen Studie K. DUWE et al. 2016 vom 04.05.2022.](#)

Elsamprojekt. (1999). Horns Rev Wind Power Plant – Environmental impact assessment of hydrography. (nach MELVILLE, B. & S. COLEMAN (2000): Bridge Scour. Water Resources Publications, LLC.).

Harff, J. (2003). Projekt DYNAS - Dynamik natürlicher und anthropogener Sedimentation. Vorhaben: Sedimentationsprozesse in der Mecklenburger Bucht – Abschlussbericht (Meilenstein 6). IOW Warnemünde, 135 S.

Heise, B. (2002). Strömungsschwankungen am Meeresboden zwischen Mecklenburger Bucht und Arkonabecken nach Modellierungsergebnissen und mögliche Auswirkungen auf die Sedimentation. Diplomarbeit, Greifswald.

IfAÖ. (13. 10 2015). - Institut für Angewandte Ökosystemforschung: Unterlage zur Anlaufberatung für den Offshore-Windpark "Gennaker".

[IfAÖ. \(2022\). - Institut für Angewandte Ökosystemforschung: Fachgutachten "Benthos" für das Offshore-Windparkprojekt "Gennaker".](#)

Jäger. (1989). Akustik der Sedimente der Darßer Schwelle, Karte Maßstab 1:35.000.

Kolp, O. (1954). Meeresbodenkarte des Seegebietes Darßer Ort – Hiddensee, Warnemünde 1954.

Kolp, O. (1965). Paläogeographische Ergebnisse der Kartierung des Meeresgrundes der westlichen Ostsee zwischen Fehmarn und Arkona. Beiträge zur Meereskunde, Berlin 12/14, 19-65.

Lange, D. (1984). Geologische Untersuchungen an spätglazialen und holozänen Sedimenten der Lübecker und Mecklenburger Bucht. Unveröffentlichte Dissertation (B). Institut für Meereskunde, Warnemünde, 166 S.

Lange, D.; Jäger, W. (1982). Petrophysikalische Untersuchungen an Sedimenten der Darßer Schwelle. Forschungsbericht, SHD.

- Lange; Schmedemann. (1985). Sedimente der Mecklenburger Bucht, Karte Maßstab 1:100.000.
- Lange; Schmedemann. (1986). Reliefkarte der Mecklenburger Bucht, Karte Maßstab 1:100.000.
- Leipe, T; Bahlo, R. (2003). Ergebnisse des Eventsamplereinsatzes. In: Harff, J. (Koordinator): Projekt: DYNAS - Dynamik natürlichen und anthropogener Sedimentation; Vorhaben: Sedimentationsprozesse in der Mecklenburger Bucht. Abschlußbericht (Meilenstein 6). S. 74-77.
- Lemke, W. (1994). Spät- und postglaziale Sedimente der westlichen Ostsee. Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, Berlin 22 (1/2), 275-286.
- Lemke, W. (1998). Sedimentation und paläogeographische Entwicklung im westlichen Ostseeraum (Mecklenburger Bucht bis Arkonabecken) vom Ende der Weichselvereisung bis zur Litorinatransgression. Unveröffentlichte Habilitationsschrift, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswal.
- Lemke, W.; Kuijpers, A.; Hoffmann, G.; Milkert, D.; Atzler, R. (1994). The Darss Sill, hydrographic threshold in the southwestern Baltic: Late Quaternary geology and recent sediment dynamics. Continental Shelf Research 14 (7/8), 847-870.
- Neumann, G. (1981). Lagerungsverhältnisse spät- und postglazialer Sedimente im Arkona-Becken. Unveröffentlichte Dissertation (A), Universität Rostock, 164 S.
- [OWP Gennaker GmbH. \(2022\). Projektbeschreibung – Vorhaben: Offshore-Windpark Gennaker.](#)
- Tauber, F.; Lemke, W. (1995). Map of sediment distribution in the western Baltic Sea (1:100,000), sheet „Darß“. Deutsche Hydrographische Zeitschrift 47 (3), 171-178.
- [TNU. \(2016\). TÜV NORD Umweltschutz - Sedimentgutachten zum Vorhaben Errichtung und Betrieb des Offshore-Windparks "Gennaker". Rostock.](#)
- VBW. (2016). Vermessungsbüro Weigt - Geophysikalische Untersuchung, Projekt: Offshore-Windpark "Gennaker", Endbericht, DEU_VBW_P15082501_OWP_GEN_Rev01, 22.06.2016, 170 S.
- [VBW Weigt GmbH. \(2022\). Fachgutachterliche Stellungnahme vom 22.05.2022 zum Änderungsantrag gem. §16 BImSchG für das Vorhaben „Offshore-Windpark Gennaker“ zum Geophysikalischen Bericht vom 22.06.2016.](#)