

Francesco Mascioli & Tina Kunde

Sedimentkartierung subtidaler Bereiche der Außenems

Abschnitt Eemshaven - Knock



Niedersachsen

Herausgeber:

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Geschäftsbereich Gewässerbewirtschaftung und Flussgebietsmanagement
-Forschungsstelle Küste-
2020

Titelblatt: Blick über die Außenems in Richtung Eemshaven. Untersuchungsgebiet.

NLWKN - Forschungsstelle Küste
An der Mühle 5, 26548 Norderney
Tel.: 04932-916-0
Fax: 04932-1394
E-mail: postfach@nlwkn-ny.niedersachsen.de

**NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR
WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ
Betriebsstelle Norden-Norderney
-Forschungsstelle Küste-**

Francesco Mascioli & Tina Kunde

**Sedimentkartierung subtidaler
Bereiche der Außenems
Abschnitt Eemshaven - Knock**

Norderney, im Dezember 2020

Dezernent
Forschungsstelle Küste



Dr.- Ing. Andreas Wurpts

Aufgabenbereichsleiter
Morphologie des Küstengebietes



Dennis Oberrecht

Mascioli, F. & Kunde, T. (2020): Sedimentkartierung subtidaler Bereiche der Außenems				
NLWKN-Forschungsstelle Küste	Untersuchungsbericht 05/2020	unveröffentlicht	1 - 16	Norderney

Sedimentkartierung subtidaler Bereiche der Außenems

Abschnitt Eemshaven - Knock

Francesco Mascioli & Tina Kunde

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	2
2. Sedimentologische Beschreibung des Untersuchungsgebietes	2
3. Methoden	3
3.1. Erfassung und Prozessierung hydroakustischer Daten	3
3.1.1. Bathymetrie	3
3.1.2. Rückstreuintensität.....	4
3.2. Sedimentbeprobung	5
3.3. Korngrößenanalyse	6
3.4. Hydroakustische Sedimentklassifizierung	7
4. Ergebnisse	7
5. Zusammenfassung	13
6. Literaturverzeichnis	14
Anlage	16

1. Einführung

Das Emsästuar hat eine große Bedeutung für diverse ökologische Prozesse und ist gleichzeitig stark anthropogen beeinflusst. Besonders die tiefen Rinnen der Oster- und Westerems sowie Teile der angrenzenden Wattflächen sind unter anderem durch regelmäßige Unterhaltungsbaggerungen Gegenstand menschlicher Eingriffe (BFG, 2001 und BFG, 2017). Die Kenntnis und Analyse der gegenwärtigen Sedimentverteilung ist daher sowohl für ökologische als auch ökonomische Fragestellungen von großer Wichtigkeit.

Die in diesem Untersuchungsbericht ausgewerteten Daten liegen im subtidalen Bereich der Außenems, welche den äußeren Teil des Emsästuars im deutsch-niederländischen Grenzgebiet im Westen Niedersachsens beschreibt. Die Außenems erstreckt sich vom Seegat Ems bis zur Knock seewärts des Dollart und geht dort in das Emden Fahrwasser und schließlich bei Pogum in die Unterems über.

2. Sedimentologische Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das niedersächsische Küstengebiet besteht vornehmlich aus holozänen Ablagerungen mit einer Mächtigkeit von bis zu 35 m (STREIF, 1979). Die holozäne Schichtenfolge (BARCKHAUSEN et al., 1978) beginnt mit einer als Abfolge von Torfen und Mudden definierten organischen Basalsequenz mit einer Mächtigkeit von einigen Zentimetern bis zu etwa 2.0 m. Sie wird durch die untere klastische Sequenz überlagert, welche aus kalkhaltigen bis schwach kalkhaltigen Feinsanden und Schlicken besteht. Die Sedimente der unteren klastischen Sequenz sind häufig mit Holzstücken, Torfgeröll und Pflanzenhäckseln angereichert, ihre Mächtigkeit erreicht maximal 4.7 m im Bereich um Emden. Es folgt eine Aufspaltungssequenz mit einer Mächtigkeit von bis zu 7.5 m, die Torfe sowie klastische Sedimente umfasst. Als jüngstes Sediment bedeckt die obere klastische Sequenz, welche sämtliche Oberflächensedimente des aktuellen Meeresbodens umfasst, die Aufspaltungssequenz. Die obere klastische Sequenz setzt sich dabei zumeist aus Sand mit einem zunehmenden Schlickanteil im Bereich der flacheren Küstengewässer zusammen. Im Bereich der Nordsee sowie den tieferen Rinnen gibt es vereinzelt kiesige Sedimente (Abb. 1). In den Ästuaren wird die Meeresbodenoberfläche durch Mittelsand mit einem Schlickanteil zwischen 5 % und 10 % beschrieben (FIGGE, 1981, ZEILER et al., 2008).

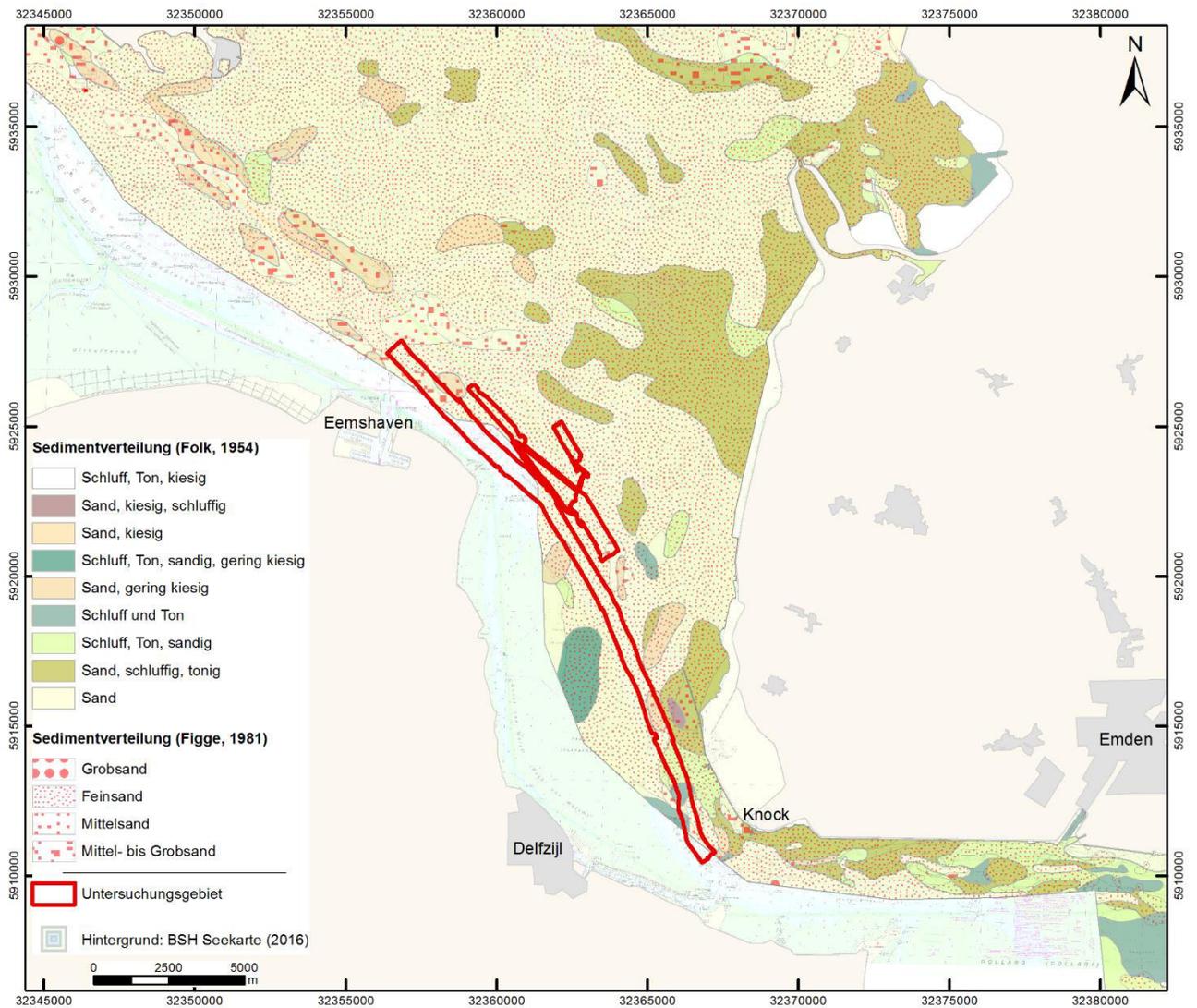


Abb. 1: Übersicht über das Untersuchungsgebiet Außenems und Darstellung der Sedimentverteilung nach FOLK (1954) und FIGGE (1981).

Das Holozän wird von einer durchschnittlich 30-40 m mächtigen pleistozänen Sedimentschicht unterlagert, die der Elster-Eiszeit, der Saale-Eiszeit, dem Eem-Interglazial sowie der Weichsel-Eiszeit zuzuordnen sind. Dabei überwiegen glazifluviale und glazilimnische Sedimente, die aus Mittel- bis Grobsanden, teilweise schwach schluffigen Feinsanden bestehen.

3. Methoden

3.1. Erfassung und Prozessierung hydroakustischer Daten

Die Erfassung der hydroakustischen Daten erfolgte durch das Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Ems-Nordsee mittels eines Fächerecholot-Systems (Anlage 1). Das verwendete System liefert neben rein geometrischen Informationen basierend auf der den gemessenen Signallaufzeiten und –winkeln auch das akustische Reflexionsvermögen der Meeresbodenoberfläche. Die Stärke der gemessenen reflektierten Echointensität ermöglicht es, Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Meeresbodenoberfläche zu ziehen.

3.1.1. Bathymetrie

Zur weiteren Analyse wurde ein aus den gemessenen und prozessierten Rohdaten erstelltes digitales Geländemodell (DGM) mit einer Zellengröße von 1x1 m vom WSA Ems-Nordsee bereitgestellt

(Abb. 2). Das zur Verfügung gestellte DGM wird für morphologische Analysen genutzt, um mittels quantitativer, geomorphometrischer Analysen einzelne Bodentypen, welche sich topographisch von ihrer Umgebung unterscheiden, als Hartsubstrat zu identifizieren (JASIEWICZ et al., 2015; MASCIOLI et al., 2017).

Mit der Software ArcGIS, werden die relevanten morphometrischen Parameter Schattierung, Gefälle und Krümmung berechnet. Die Schattierung zeigt die hypothetische Beleuchtung des Geländemodells durch Bestimmung einer künstlichen Lichtquelle. Es verbessert die Visualisierung der Oberfläche sowohl aus optischen als auch analytischen Gründen insbesondere bei Verwendung als semitransparente Ebene in Kombination mit dem DGM. Das Gefälle zeigt die maximale Änderung der Bathymetrie einer Zelle gegenüber ihren angrenzenden Zellen und fasst diese in Grad-Werten in einem Raster zusammen. Bereiche mit unterschiedlichem Gefälle können als Indikator für Veränderungen im Bodensubstrat dienen. Die Krümmung ist die zweite Ableitung der Geländeoberfläche und wird als wichtiger Parameter zur Identifizierung von Abbruchkanten, welche auf Schwankungen im Bodensubstrat hindeuten können, genutzt.

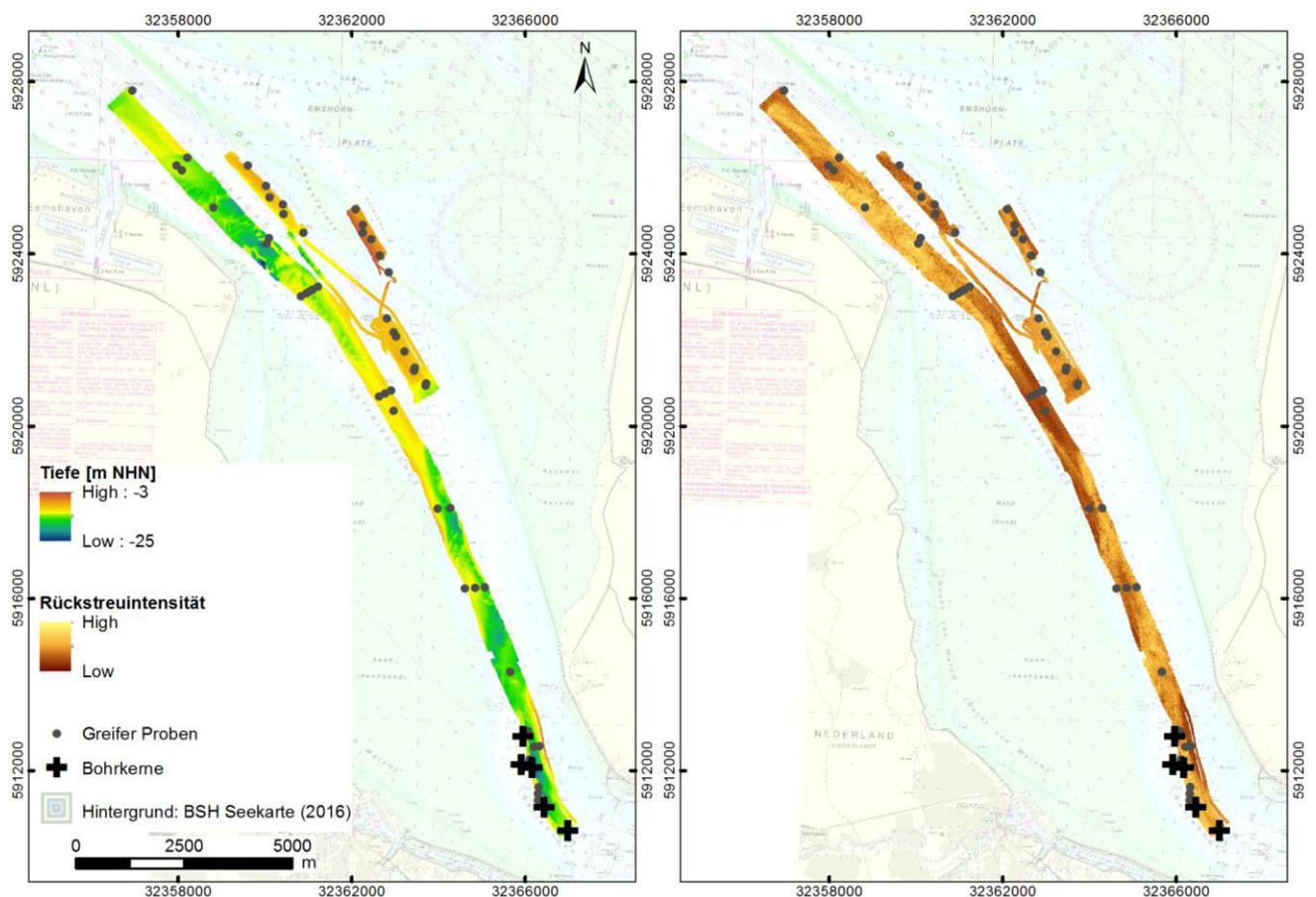


Abb. 2: Lage der Sedimentproben und Bohrkern mit Bezug zu den hydroakustischen Daten. Links: Darstellung der Bathymetrie. Rechts: Darstellung der Rückstreuintensitäten.

3.1.2. Rückstreuintensität

Die Erfassung, Bearbeitung und Interpretation der Rückstreuintensitäten dient als quantitatives Instrument für geologische wie auch ökologische Zwecke und wird als Kennwert zur Charakterisierung von Bodentypen genutzt (BROWN et al., 2011, LAMARCHE et al., 2011). Durch die zeitgleiche Erfassung der Bathymetrie und der dadurch optimierten Datenbearbeitung und -interpretation ist eine direkte Verknüpfung zum Sediment, den mechanischen Eigenschaften sowie der

feinskaligen Geometrie möglich (BEAUDOIN et al., 2002, AUGUSTIN & LURTON, 2005, LURTON & LAMARCHE, 2015).

Die durch die Forschungsstelle Küste (FSK) vorgenommene Bearbeitung der bereitgestellten Rohdaten umfasst system- und winkelabhängige Korrekturen. Diese sind erforderlich, um quantitative Analysen und aussagekräftige Mosaik generieren zu können (LAMARCHE et al., 2011). Systemabhängige Korrekturen basieren auf der Berücksichtigung von Quellpegel, Empfängerempfindlichkeit, Sende-/Empfangsrichtung, Echopegel, Entfernung zwischen Schwinger und Ziel sowie dem Ausbreitungsverlust des Signals. Des Weiteren müssen Einfallswinkel zwischen akustischem Signal und Ziel, Signaldauer und Öffnungswinkel zur Generierung absoluter Rückstreuintensitäten berücksichtigt werden. Die winkelabhängigen Korrekturen werden verwendet, um die Veränderung der Rückstreuintensitäten querab zur Aufnahmerichtung zu kompensieren und so normalisierte Rückstreuintensitäten zu erhalten. Nach Durchführung einer Georeferenzierung unter Zuhilfenahme der bathymetrischen Daten kann schließlich ein Rückstreumosaik erzeugt werden (Abb. 2). Das qualitative Mosaik kann für bildbasierte Segmentierungs- und Klassifizierungsmethoden genutzt werden und erlaubt so einen Vergleich zwischen erfasstem Reflexionsvermögen und der Morphologie.

3.2. Sedimentbeprobung

Die hydroakustischen Daten werden durch Sedimentproben validiert, deren Anzahl und Position anhand der zuvor interpretierten hydroakustischen Daten festgelegt wird (Abb. 2). Dabei werden sowohl Unterschiede in der Rückstreuintensität des akustischen Signals wie auch aus der Bathymetrie ableitbare morphologische Merkmale berücksichtigt. Die Probennahme wurde sowohl durch das WSA Ems-Nordsee (Probennahme: 2019) als auch durch die FSK (Probennahme: 2020) realisiert (Anlage 1).

Zur Beprobung des Oberflächensediments wird von der FSK ein Van-Veen-Greifer mit einem Fassungsvermögen von 50 l genutzt. Die präzise Positionierung der Proben erfolgt über ein Ultra Short Baseline (USBL) Unterwasserpositionierungssystem bestehend aus einem seitlich am Schiff angebrachten Schwinger/Empfänger sowie einem am Van-Veen-Greifer befestigten Transponder (Abb. 3). Die Positionierung über Wasser erfolgt über ein differentielles globales Navigationssatellitensystem (DGNSS). Zur Steigerung der horizontalen wie auch vertikalen Genauigkeit wird das System mit durch die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) bereitgestellte echtzeitkinematischen (RTK) SAPOS[®] Korrekturdaten beschickt. Die Schiffsbewegungen werden mittels inertialem Navigationssystem (INS) erfasst und die Positionsdaten bewegungskompensiert. Die Ausgabe der Probenposition erfolgt in absoluten UTM-Koordinaten mit einer horizontalen Genauigkeit von bis zu 50 cm. Insgesamt wurden 30 Sedimentproben des WSA Ems-Nordsee durch 18 zielgerichtet erhobene Proben der FSK ergänzt (Anlage 1).

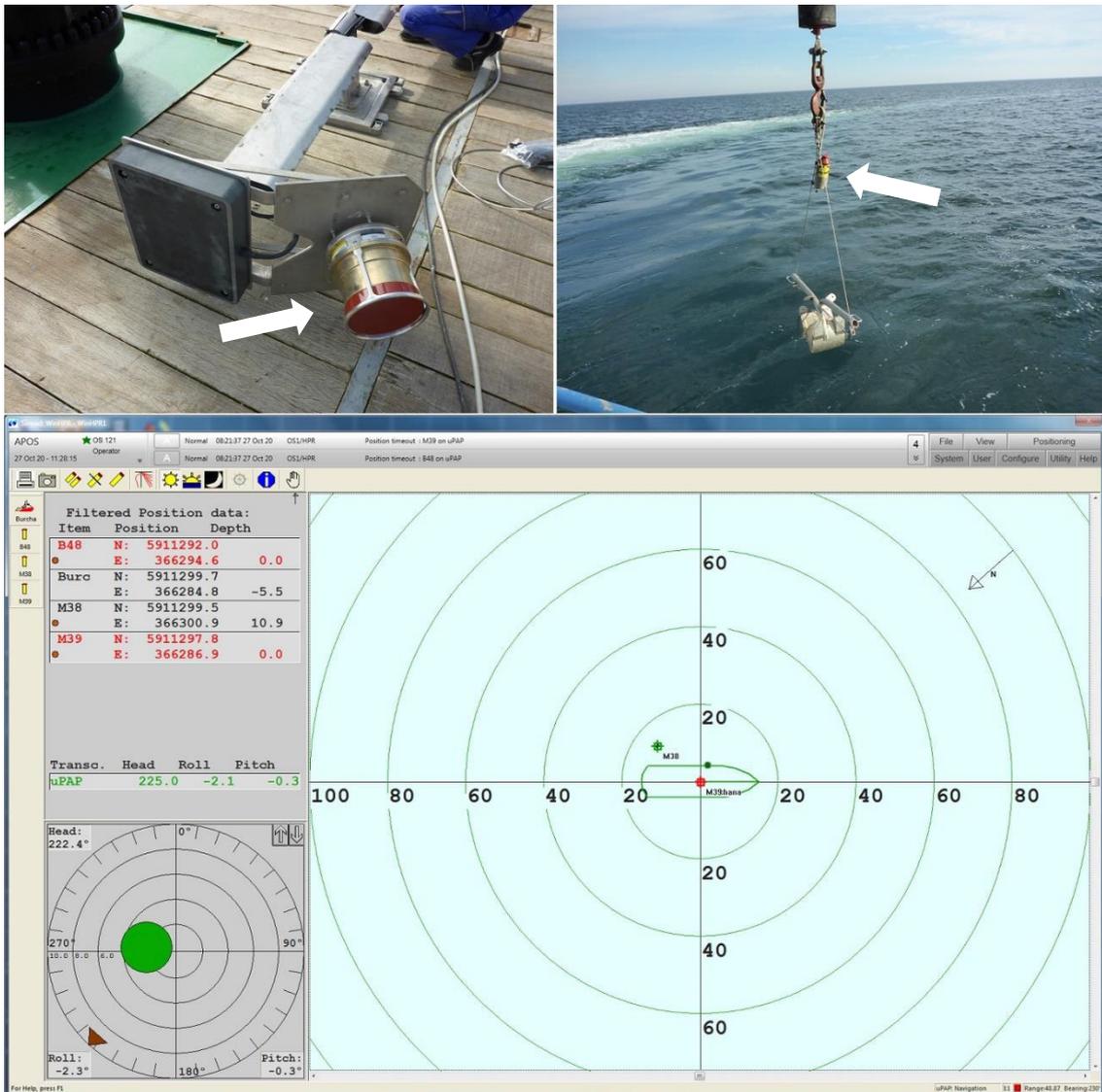


Abb. 3: USBL-Unterwasserpositionierungssystem. Oben links: Am Schiff befindlicher Schwinger. Oben rechts: Transponder am Van-Veen-Greifer. Unten: Positionserfassung der Sedimentproben.

3.3. Korngrößenanalyse

Von den 18 durch die FSK genommenen Sedimentproben erfolgt eine vorläufige qualitative Beschreibung an Bord:

- Betrachtung der Sedimentprobenoberfläche;
- Fotodokumentation der Probe (inkl. Beprobungsdatum und Probenbezeichnung);
- Qualitative Beschreibung mit Beprobungsdatum und -uhrzeit, Probenbezeichnung, Korngröße, Farbe, Konsolidierungsrate, Kohäsion, Schwefelwasserstoff-Geruch sowie biogene Bestandteile;
- Teilbeprobung für die Laboranalyse.

Die Sedimentproben wurden im Labor mittels Siebverfahren entsprechend den Standards D421-85, D2487-11, D2488-09a und D6913/D6913M-17 bearbeitet. Die verwendeten Siebmaschinen stammen von den Firmen Fritsch (Amplitude von 10 mit permanenter Vibration) und Retsch (Amplitude von 25.5 mm/g mit permanenter Vibration). Die verwendeten Siebe haben eine Maschenweite von 8000 µm, 4000 µm, 2000 µm, 1000 µm, 500 µm, 250 µm, 125 µm und 63 µm

und erlauben damit eine spätere Korngrößenanalyse passend zur Klassifizierung nach WENTWORTH (1922). Die Sedimente, die feiner als 63 µm sind, wurden nicht weiter unterteilt. Zusätzlich wurden Siebhilfen in Form von Bürsten, Gummibällen und Keramikugeln verwendet.

Von allen 48 Proben wurde die Protokollierung, statistische Auswertung und Klassifizierung mittels der Excel-basierten Software Gradistat Version 8.0 (BLOTT, 2010) vorgenommen. Für jede Sedimentprobe stehen folgende Daten zur Verfügung (Anlage 2):

- Partikelgrößenverteilung in µm auf die Massenverteilung, Anteile von Schlick, Sand und Kies sowie Fein-, Mittel- und Grobsand in %.
- Statistische Kenndaten (Mittlere Korngröße, D_{50} , Sortierungsgrad, Schiefe und Kurtosis) nach FOLK & WARD (1957) mit zugehöriger Beschreibung.
- Beschreibung der Sedimentprobe nach FIGGE (1981) und FOLK (1954) mit Anpassungen wie dokumentiert in BSH (2016).
- Kumulative Kurven der Korngrößenverteilung für die Klassen nach der vereinfachten Folk-Klassifizierung (BSH, 2016) und FIGGE (1981).

Zur tiefergehenden Analyse und Interpretation der Ergebnisse werden zudem Bohrkerne aus der vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) unterhaltenen Bohrdatenbank von Niedersachsen (DOMINIK et al., 2011) genutzt (Anlage 1).

3.4. Hydroakustische Sedimentklassifizierung

Zur Klassifizierung der hydroakustischen Daten wurde eine objektbasierte Bildanalyse durchgeführt. Bei diesem Ansatz werden Bildmerkmale basierend auf Pixelgruppen extrahiert, das Bild nach ähnlichen Objekten segmentiert und schließlich basierend auf Sedimentproben klassifiziert (LUCIEER, 2008). Bei der Segmentierung werden unmittelbar aneinander liegende Pixel mit ähnlichen spektralen Eigenschaften nach dem Mean-Shift-Ansatz gruppiert. Dabei wird ein durchschnittlicher Pixelwert innerhalb eines variierenden Bereiches berechnet, um zu bestimmen, welche Pixel welchem Segment zugeschrieben werden; als Ergebnis ergibt sich ein Bild aus Pixelgruppen (COMANICIU & MEER, 2002). Die Klassifizierung (nicht-überwachte ISO-Klassifizierung) gruppiert die gebildeten Segmente zu einer benutzerdefinierten Anzahl unterschiedlicher, physikalisch noch nicht näher definierter Klassen. Die ideale Klassenanzahl wird durch eine Varianzanalyse basierend auf dem Vergleich der Quadratsummen innerhalb sowie zwischen den Clustern bestimmt (ISMAIL et al., 2015), die sedimentologische Einordnung und Validierung der gebildeten Klassen erfolgt anhand von Sedimentproben.

4. Ergebnisse

Die analysierten und kartierten Sedimentproben bestehen aus Feinsedimenten, Sanden sowie Grobsedimenten. Je nach ihrer prozentualen Zusammensetzung aus feineren oder auch gröberen Sedimentpartikeln ergeben sich unterschiedliche Sortierungsgrade, welche von gut bis sehr schlecht reichen (Anlage 2). Die Feinsedimente bestehen aus Schlick und schlickigem Sand, die Grobsedimente beinhalten Muschelschalen sowie Torfgeröll und -brocken, teilweise auch noch deutlich erkennbare Holzreste. Die Sande lassen sich in Feinsand sowie Mittel- bis Grobsand unterteilen. Bei zwei Sedimentproben (Ems_20201027_01 und Ems_20201027_02) handelt es sich um Torf und stark tonigen Torf, weshalb eine nähere Analyse durch Siebung nicht vorliegt (Abb.

4). In den Proben Ems_20201027_14 und Ems_20201027_15 (Dukegat) wurden vermehrt Exemplare des Bäumchenröhrenwurmes (Lanice Conchilega) gefunden. Einen Hinweis auf das Vorhandensein von Muschelbänken oder -kulturen gibt es durch die von der FSK vorgenommene Sedimentbeprobung nicht.



Abb. 4: Exemplarische Bilder der kartierten Sedimenttypen. Ems_20201027_11: Schlick und schlickiger Sand (MsM), Ems_20201027_07: Feinsand (mäßig bis gut sortiert), Ems_20201027_06 und Ems_20201027_10: Mittel- bis Grobsand (schlecht bis gut sortiert) mit Muscheln und Torfgeröll und -brocken, Ems_20201027_16: Grobsedimente mit Mittel- bis Grobsand (schlechtsortiert), Ems_20201027_01: Organischer Torf mit Bohrmuscheln und Holzresten.

Die Betrachtung der Sedimentklassifizierung nach FOLK (1954) (Abb. 5) zeigt, dass alle analysierten Proben weniger als 30 % Grobsediment sowie einen konstant höheren Sandanteil im Vergleich zum Schlickanteil enthalten. Die als Grobsediment klassifizierten Proben (9 %) sind bei näherer Betrachtung als kiesiger Sand (gS), die als Feinsediment klassifizierten Proben (30 %) als schlickiger Sand (mS) einzuordnen. Zur näheren Betrachtung der Sande (61 %) kann die Sedimentklassifizierung nach FIGGE (1981) (Abb. 5) herangezogen werden. Mit Ausnahme einer Probe weisen alle weiteren einen Grobsand-Anteil von weniger als 50 % auf. Insgesamt sind 20 % der sandigen Sedimente als Mittel- bis Grobsand, 11 % als Mittelsand und die verbleibenden 69 % als Feinsand klassifiziert.

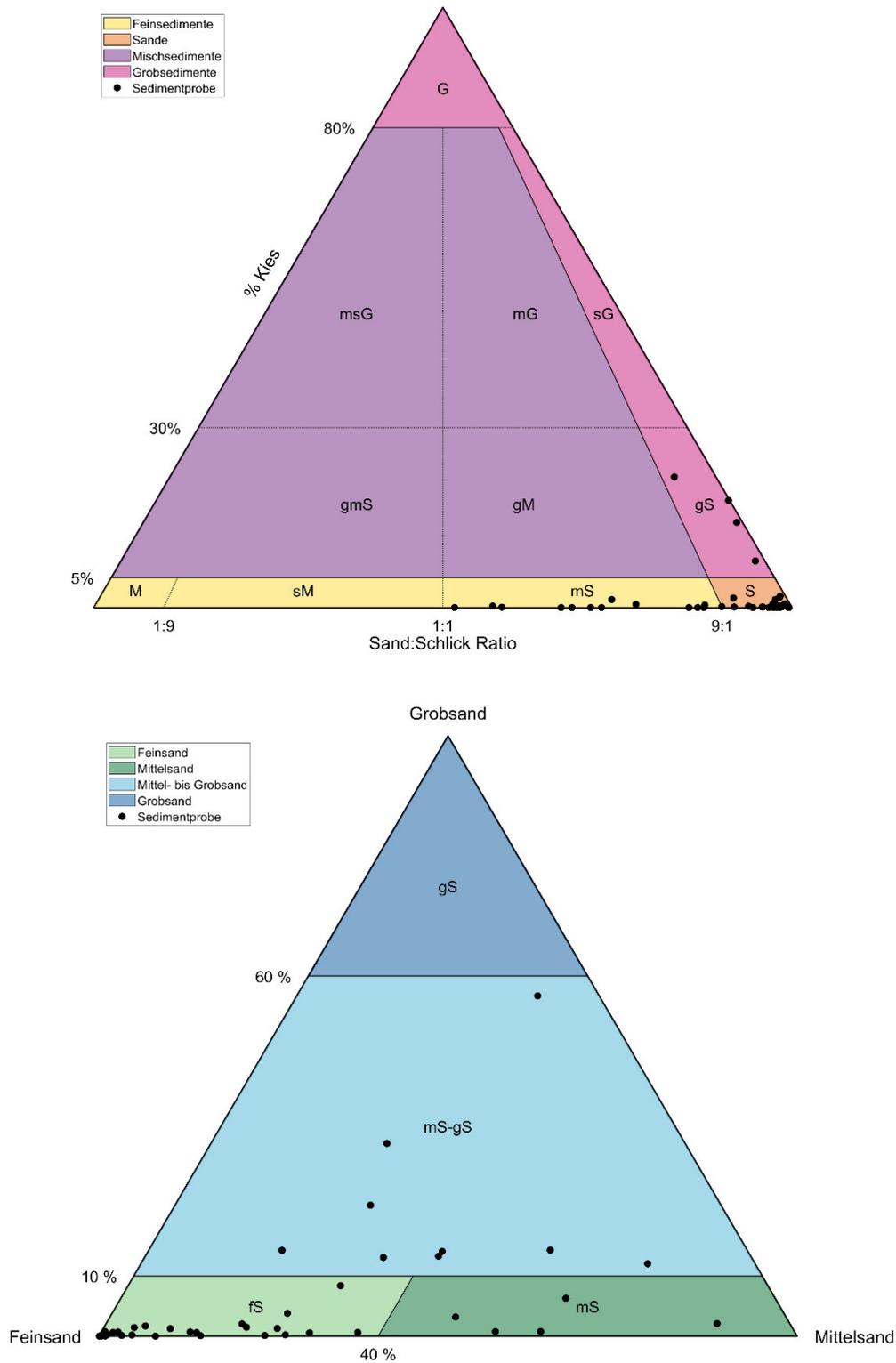


Abb. 5: Klassifizierung der Sedimentproben. Oben: Sedimentklassifizierung nach FOLK (1954). Unten: Sedimentklassifizierung nach FIGGE (1981).

Über die hydroakustische Sedimentklassifizierung ist eine Einteilung in fünf Sedimentklassen vorgenommen worden. Die erste Klasse bilden Feinsedimente bestehend aus schlecht sortiertem schlickigem Sand mit Fein- bis Mittelsand-Anteilen. Eine weitere Klasse wird durch mäßig bis gut sortierten Feinsand gebildet. Schlecht bis gut sortierter Mittel- bis Grobsand bildet die dritte Sedimentklasse, als letztes bleiben die Grobsedimente bestehend aus schlecht sortiertem Mittel- bis Grobsand. Zusätzlich zu den vier genannten Klassen sind die Hartsedimente in Form von Torf, Ton und Fein- bis Mittelsanden in einer fünften Sedimentklasse zusammengefasst.

Für vier der insgesamt fünf definierten Klassen wurden Körnungslinien ermittelt (Abb. 6). Die Kurven der Feinsedimente repräsentieren 14 Proben und zeigen eine im Mittel sehr homogene Verteilung der feinen Sedimente. Im Bereich der Feinstsedimente ($< 63 \mu\text{m}$) gibt es eine recht große Streuung von 10 % bis zu 55 % Massenanteil, Grobsedimente ($> 500 \mu\text{m}$) sind mit einer Ausnahme (Probe 9-Q3) nur mit weniger als 3 % vertreten. Die Kurven der Feinsand-Klasse repräsentieren 21 Proben. Der prozentuale Massenanteil nimmt bei allen abgebildeten Kurven bei einem Korndurchmesser von $125 \mu\text{m}$ deutlich zu, Grobsedimente ($> 500 \mu\text{m}$) sind wie auch in der Klasse der Feinsedimente nur noch minimal ($< 3 \%$) vorhanden. Die Kurven der Mittel- und Grobsande werden durch sieben Proben repräsentiert. Auffällig ist der deutlich höhere Anteil von Sedimenten mit einem Korndurchmesser von $> 250 \mu\text{m}$. Die Grobsedimente sind durch vier Sedimentproben repräsentiert und weisen mit einer Ausnahme einen Massenanteil von mehr als 20 % für einen Korndurchmesser $> 1000 \mu\text{m}$ aus (Abb. 6).

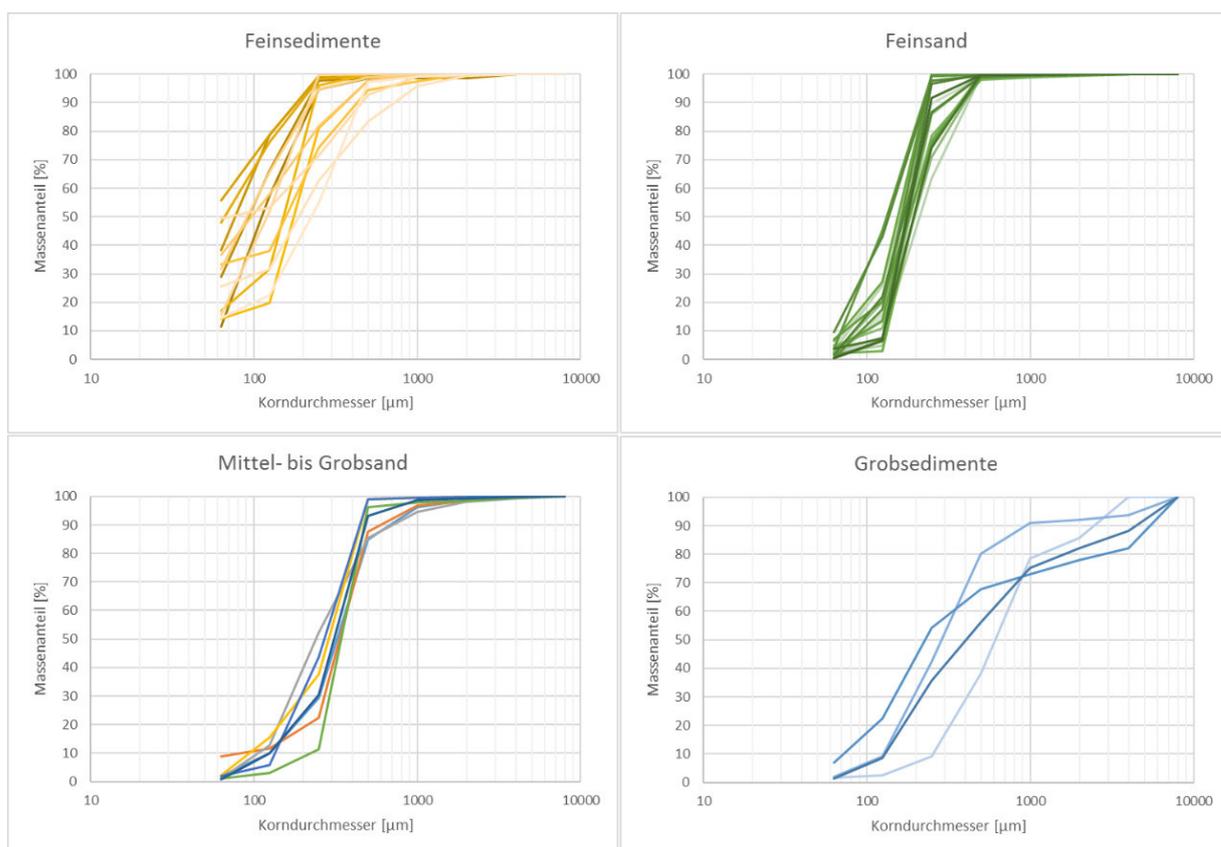


Abb. 6: Körnungslinien der durch Clusteranalyse gebildeten Sedimentklassen: Oben links: Feinsedimente. Oben rechts: Feinsand. Unten links: Mittel- bis Grobsand. Unten rechts: Grobsedimente.

Die Darstellung der Sedimentklassen im Untersuchungsgebiet (Kartendarstellung in Anlage 3) zeigt, dass die Feinsedimente in Form von schlickigem Sand mit Fein- bis Mittelsand ausschließlich im Bereich der Umlagerungsstelle K6 in der Osterems vorkommen. Fein- sowie Mittel- bis Grobsand verteilen sich über das gesamte Untersuchungsgebiet. Im Bereich der Umlagerungsstelle K5 (Ostrand Dukegat) dominiert Feinsand. Westlich der Umlagerungsstelle K7 (Eingang Osterems) ist der nördliche Bereich als Mittel- bis Grobsand, der südliche Bereich als Feinsand klassifiziert. Grobsedimente kommen vermehrt im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes (Dukegat) vor, südlich des Eingangsbereiches der Osterems sind nur kleine Bereiche als Grobsediment klassifiziert. Hartsedimente konnten sowohl im Dukegat als auch im nördlichen Gatjebogen (Abb. 7 bzw. Anlage 4) identifiziert werden; in ihrem Grenzbereich sind ausgeprägte Geländestufen vorhanden. Weitere Geländestufen sind auf Höhe des Rysumer Nackens im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes erkennbar.

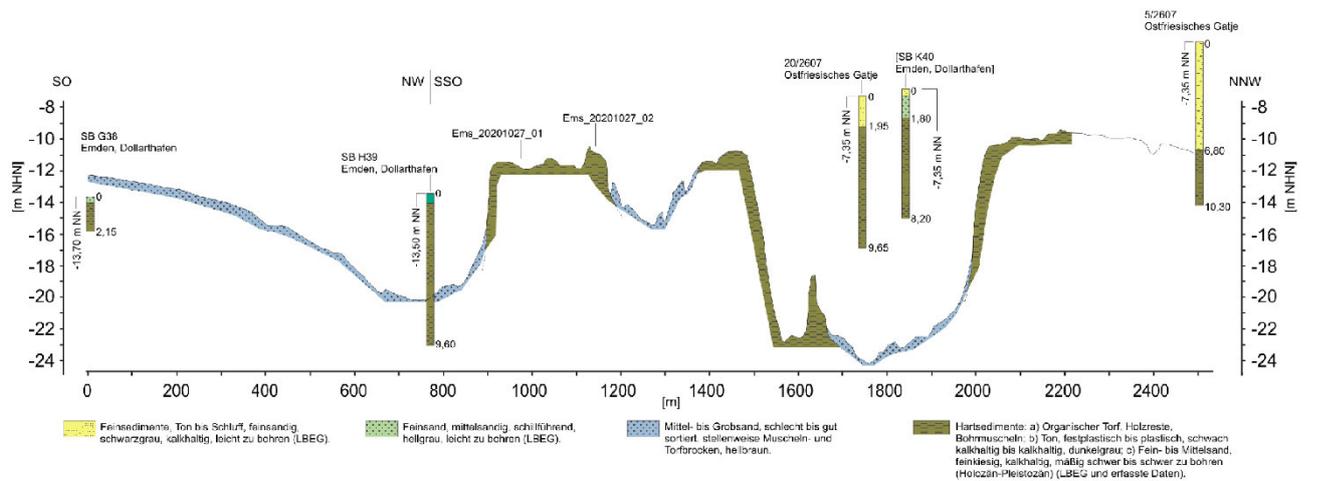
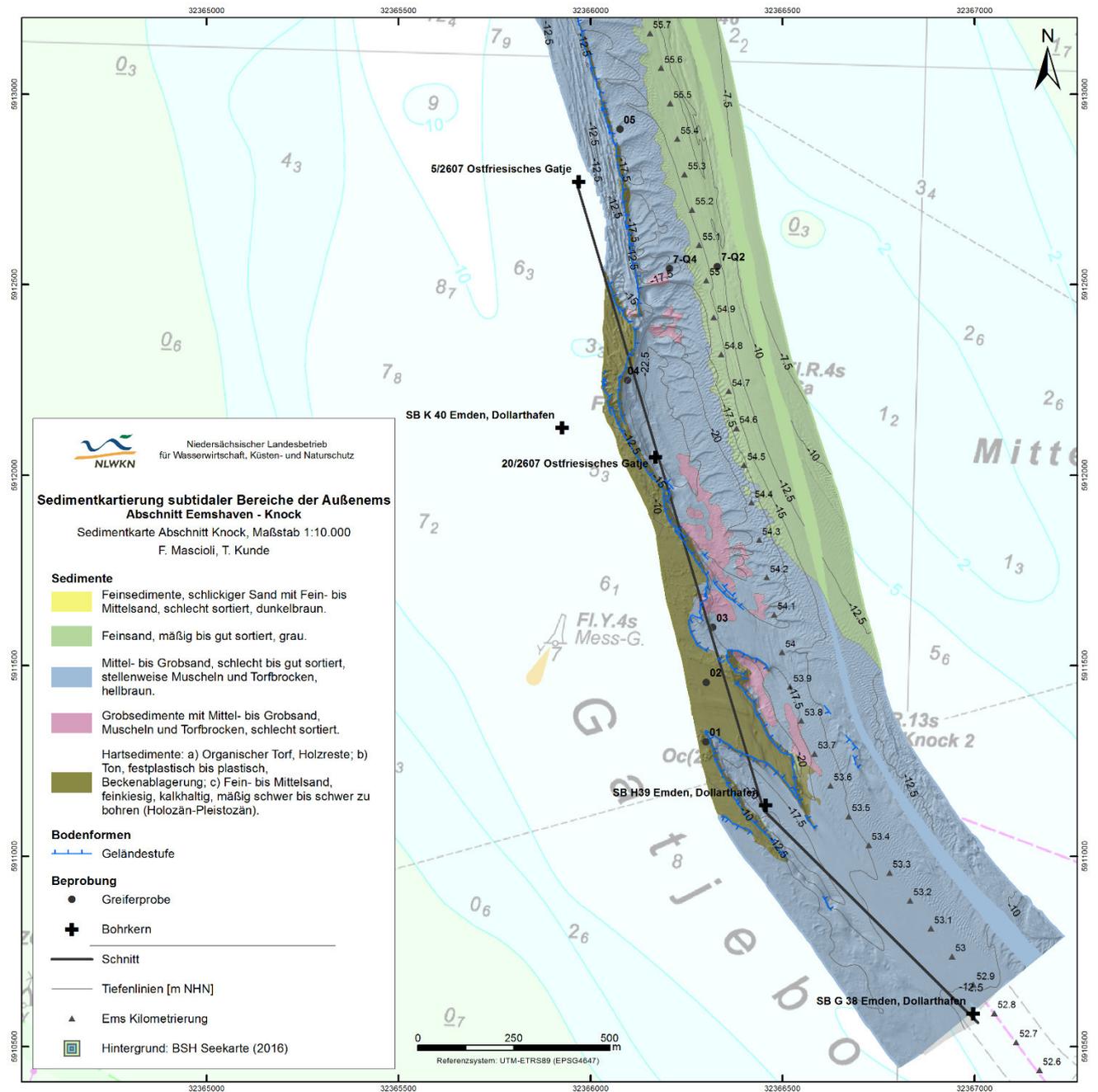


Abb. 7: Detaildarstellung der Sedimentkartierung. Oben: Kartenausschnitt des südlichen Untersuchungsgebietes. Unten: Geologischer Profilschnitt entlang der klassifizierten Hartsedimente. Die Abbildung ist in voller Größe in Anlage 4 zu finden.

Ein durch den südlichen Untersuchungsbereich gelegter geologischer Profilschnitt (Abb. 7) zeigt die aktuelle Meeresbodenoberfläche mit den Oberflächensedimenten gemeinsam mit fünf in der Nähe befindlichen Bohrkernen aus der LBEG Bohrdatenbank (DOMINIK et al., 2011). Die Bohrkernstamm aus den Jahren 1934 und 1977 und sind auf Grund ihres Alters mit entsprechender Vorsicht in der Analyse zu betrachten. Deutlich erkennbar ist auch die durch die Verlagerung und Unterhaltung der Fahrwinne hervorgerufene Änderung der Topographie, weshalb einzelne Bohrkern heute vollständig im Wasserkörper liegen. Dennoch ist erkennbar, dass die in diesem Bereich als Hartsedimente klassifizierten Bereiche auch in den vorliegenden Bohrsäulen als solche zu erkennen sind. In den Bohrkernen sind die Hartsedimente sowohl durch organische Torfe, Tonsedimente und feinkiesige Fein- bis Mittelsande gekennzeichnet, welche dem Übergang vom Pleistozän zum Holozän zugeordnet wurden.

Eine Betrachtung der Holozänbasis des Geologischen Dienstes der Niederlande (STAFLEU & DUBELAAR, 2016) im Vergleich zur heutigen Bathymetrie (Abb. 8) bestätigt die durch die Betrachtung der Bohrkern herausgestellte Verbindung. Im Bereich der kartierten Hartsedimente liegt die Holozänbasis teils deutlich über der heutigen Meeresbodenoberfläche, was bedeutet, dass stark konsolidierte pleistozäne Sedimente und/oder Torfe die heutige Meeresbodenoberfläche bilden. Dies erklärt ebenfalls das Vorhandensein der im Grenzbereich der Hartsedimente ausgeprägten Geländestufen. Weiter nördlich der kartierten Hartsedimente liegt die Holozänbasis ebenfalls deutlich über der heutigen Meeresbodenoberfläche, um jedoch detailliertere Aussagen bezüglich möglicherweise dort vorhandener Hartsedimente zu treffen, ist eine engmaschigere Beprobung in Form von Greiferproben und Bohrkernen erforderlich.

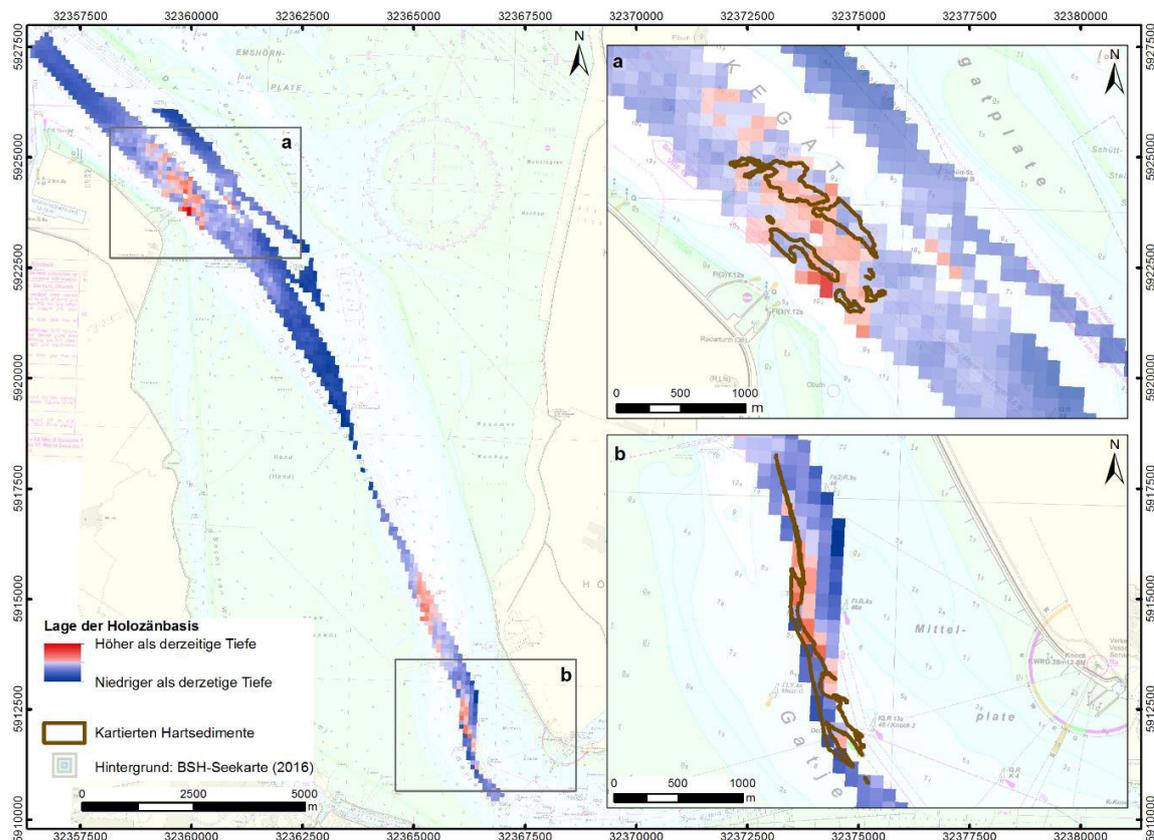


Abb. 8: Differenzdarstellung zwischen Bathymetrie und Holozänbasis (STAFLEU & DUBELAAR, 2016) im Bereich der klassifizierten Hartsedimente. Links: Detaildarstellung im Bereich der südlichen Hartsedimente (Gatjebogen). Rechts: Detaildarstellung im Bereich der nördlichen Hartsedimente (Dukegat). In rot gekennzeichneten Bereichen ist die Holozänbasis freigelegt, in blauen Bereichen liegt sie unter der heutigen Bathymetrie.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen der hier beschriebenen Untersuchung wurde eine Sedimentkartierung subtidaler Bereiche in der Außenems (Abschnitt Eemshaven - Knock) vorgenommen. Die aktuelle Datenbasis besteht aus hydroakustischen Fächerecholot-Daten in Form von Bathymetrie und Rückstreuungsschwächen (Datenerhebung: WSA Ems-Nordsee) und insgesamt 48 Greiferproben (Probennahme: WSA Ems-Nordsee und FSK). Weiterhin wurden das niederländische Modell der Holozänbasis im Ems-Mündungsbereich und die verfügbaren historischen Bohrkerninformationen des LBEG einbezogen.

Die durch die hydroakustischen Daten abgedeckten Bereiche wurden mit Hilfe statistischer Verfahren in fünf Klassen eingeteilt, welche durch Analyse der Sedimentproben als (1) Feinsedimente, (2) Feinsand, (3) Mittel- bis Grobsand, (4) Grobsedimente und (5) Hartsedimente identifiziert werden können. Im Bereich der Hartsedimente, speziell in deren Randbereichen, sind Geländestufen erkennbar, die auf eine Freilegung harter bzw. kohäsiver Ablagerungen hindeuten. Die Einbeziehung von Bohrkerninformationen des LBEG und die Verschneidung mit einem niederländischen Modell der Holozänbasis bestätigen, dass die identifizierten Hartsedimentstrukturen der eiszeitlichen Basis zuzurechnen sind.

Die Untersuchung weist keine Muschelbänke im untersuchten Bereich aus.

Die dargestellten Ergebnisse liefern einen Überblick über die Zusammensetzung der Oberflächensedimente im Bereich der Fächerlotpeilung. Wo Bohrkerninformationen vorliegen, lassen diese zudem Rückschlüsse auf die morphologische Genese des heutigen Zustandes zu.

6. Literaturverzeichnis

- AUGUSTIN, J.M. & LURTON, X., 2005: Image amplitude calibration and processing for seafloor mapping sonars. – *Oceans 2005 – Europe* 1: 698-701.
- BARCKHAUSEN, J. & STREIF, H., 1978: Erläuterungen zu Blatt Emden West Nr. 2608. Geologische Karte von Niedersachsen 1:25.000, Erl. Bl. Emden West Nr. 2608, 80 S, Hannover 1978.
- BEAUDOIN, J., HUGHES CLARKE, J.E., VAN DEN AMEELE, E. & GARDNER, J., 2002: Geometric and radiometric correction of multibeam backscatter derived from Reson 8101 systems. – Canadian Hydrographic Conference 2002, Toronto, Canada. Proceedings, CDROM.
- BFG, 2001: Bagger- und Klappstellenuntersuchungen im Ems-Ästuar – Klappstellen 1 bis 7. BfG-1329, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. Online unter <http://eems.pbworks.com/w/file/fetch/40673883/BfG->.
- BFG, 2017: Sedimentmanagementkonzept Tideems. Gutachten im Auftrag des WSA Emden. BfG-1944, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. Online unter https://www.bafg.de/DE/08_Ref/U1/02_Projekte/04_Sedimente/smk_tideems.pdf?__blob=publicationFile.
- BLOTT, S.J. & PYE, K., 2001: GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.
- BROWN, C.J., SMITH, S.J., LAWTON, P. & ANDERSON, J.T., 2011: Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 92, 502-520.
- BSH, 2016: Anleitung zur Kartierung des Meeresbodens mittels hochauflösender Sonare in den deutschen Meeresgebieten. BSH Nr. 7201, S. 147.
- COMANICIU, D. & MEER, P., 2002: Mean shift: a robust approach toward feature space analysis. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24(5), 603–619.
- DOMINIK, M., HEINEKE, H.J., LINKE, V., PREUSS, H., SBRESNY, J. & WITTHÖFT, M., 2011: Verschlüsselung und Erfassung von Bohrdaten in Niedersachsen. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (eds): *GeoBerichte* 17: 56pp.
- FIGGE, K., 1981: Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht. Deutsches Hydrographisches Institut, Karte Nr. 2900 (mit Begleitheft).
- FOLK, R.L. & WARD, W.C., 1957: Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26.
- FOLK, R.L., 1954: The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62, 344-359.
- ISMAIL, K., HUVENNE, V.A.L. & MASSON, D.G., 2015: Objective automated classification technique for marine landscape mapping in submarine canyons. *Marine Geology*, 362, 17-32.

- JASIEWICZ, J., ZWOLINSKI, Z.B., MITASOVA, H. & HENGEL, T., 2015: Geomorphometry for geosciences. Adam Mickiewicz University in Poznan – Institute of Geoecology and Geoinformation. International Society of Geomorphometry, 2788 pp.
- LAMARCHE, G., LURTON, X., VERDIER, A.L. & AUGUSTIN, J.M., 2011: Quantitative characterisation of seafloor substrate and bedforms using advanced processing of multibeam backscatter – Application to Cook Strait, New Zealand. *Continental Shelf Research*, 31, 93-109.
- LUCIEER, V., 2008: Object-oriented classification of side scan sonar data for mapping benthic marine habitats. *International Journal of Remote Sensing*, 29(3), 905–921.
- LURTON, X. & LAMARCHE, G., 2015: Introduction to backscatter measurements by seafloor-mapping sonars. – In: Lurton, X. & Lamarche, G. (eds.): *Backscatter measurements by seafloor mapping sonars. – Guidelines and Recommendations*, 11-24. <http://geohab.org/wpcontent/uploads/2014/05/BSWG-REPORT-MAY2015.pdf>
- MASCIOLI, F., BREMM, G., BRUCKERT, P., TANTS, R., DIRKS, H. & WURPTS, A., 2017: The contribution of geomorphometry to the seabed characterization of tidal inlets (Wadden Sea, Germany). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 61(2), 179-197.
- STAFLEU, J. & DUBELAAR, C.W., 2016: Product specification Subsurface model GeoTop. TNO-Report R10133, S. 53. <https://www.dinoloket.nl>
- STREIF, H., 1979: Die Profiltypenkarte das Holozän – eine neue geologische Karte zur Darstellung von Schichtenfolgen im Küstenraum für praktische und wissenschaftliche Zwecke. In: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (eds). *Die Küste*, 34, 79-86.
- WENTWORTH, C.K., 1922: A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392.
- ZEILER, M., SCHWARZER, K. & RICKLEFS, K., 2008: Seabed morphology and sediment dynamics. *Die Küste*, 74, 31-44.

Anlage

Anlage 1: Datensatz

Anlage 2: Sedimentverteilung, statistische Auswertung und Klassifizierung der Sedimentproben.

Anlage 3: Sedimentkartierung subtidaler Bereiche der Außenems. Abschnitt Eemshaven – Knock. Sedimentkarte, Maßstab 1:40.000.

Anlage 4: Sedimentkartierung subtidaler Bereiche der Außenems. Abschnitt Eemshaven – Knock. Sedimentkarte Abschnitt Knock, Maßstab 1:10.000.

Anlage 1: Datensatz

Hydroakustik							
Daten	Jahr	Urheber			Technik		
Bathymetrie	2019-2020	WSA Ems-Nordsee			Fächerecholot		
Rückstreuintensität	2019-2020	WSA Ems-Nordsee			Fächerecholot		
Beprobung							
Probenbezeichnung	Jahr	Urheber	Technik	Lon [UTM]	Lat [UTM]	Lon [DMM]	Lat [DMM]
Ems_20201027_01	2019	FSK	Greiferprobe	32366301	5911300	E6° 59.528'	N53° 20.037'
Ems_20201027_02	2019	FSK	Greiferprobe	32366301	5911456	E6° 59.524'	N53° 20.121'
Ems_20201027_18	2020	FSK	Greiferprobe	32356943	5927801	E6° 50.624'	N53° 28.481'
Ems_20201027_17	2020	FSK	Greiferprobe	32358090	5925937	E6° 51.742'	N53° 27.797'
Ems_20201027_12	2020	FSK	Greiferprobe	32360424	5924930	E6° 53.874'	N53° 27.292'
Ems_20201027_13	2020	FSK	Greiferprobe	32360104	5925308	E6° 53.575'	N53° 27.490'
Ems_20201027_07	2020	FSK	Greiferprobe	32362959	5920345	E6° 56.283'	N53° 24.861'
Ems_20201027_11	2020	FSK	Greiferprobe	32362261	5924486	E6° 55.545'	N53° 27.082'
Ems_20201027_08	2020	FSK	Greiferprobe	32363716	5920986	E6° 56.950'	N53° 25.218'
Ems_20201027_09	2020	FSK	Greiferprobe	32363433	5921289	E6° 56.687'	N53° 25.377'
Ems_20201027_03	2020	FSK	Greiferprobe	32366318	5911600	E6° 59.536'	N53° 20.199'
Ems_20201027_04	2020	FSK	Greiferprobe	32366097	5912249	E6° 59.320'	N53° 20.545'
7-Q2	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32366331	5912547	E6° 59.523'	N53° 20.709'
8-Q1	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32364847	5916238	E6° 58.092'	N53° 22.676'
8-Q5	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32364612	5916226	E6° 57.880'	N53° 22.666'
9-Q4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32363978	5918073	E6° 57.261'	N53° 23.652'
10-Q3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362907	5920827	E6° 56.223'	N53° 25.119'
10-Q4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362633	5920681	E6° 55.980'	N53° 25.037'
11-L3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32363221	5921727	E6° 56.484'	N53° 25.609'
11-L2	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32363458	5921351	E6° 56.708'	N53° 25.411'
11-L1	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32363706	5920936	E6° 56.941'	N53° 25.191'
12-L4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362084	5925039	E6° 55.371'	N53° 27.377'
12-L3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362252	5924673	E6° 55.532'	N53° 27.182'
12-L2	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362450	5924337	E6° 55.719'	N53° 27.004'
12-L1	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362648	5923961	E6° 55.908'	N53° 26.805'
12-L8	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362848	5923568	E6° 56.099'	N53° 26.596'
13-L4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32359602	5926047	E6° 53.103'	N53° 27.881'
13-L3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32360018	5925583	E6° 53.490'	N53° 27.637'
13-L2	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32360413	5925148	E6° 53.859'	N53° 27.409'
13-L1	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32360888	5924495	E6° 54.305'	N53° 27.065'
16-Q2	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32361097	5923164	E6° 54.528'	N53° 26.351'
16-Q3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32361229	5923239	E6° 54.646'	N53° 26.393'
17-Q3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32358211	5926232	E6° 51.841'	N53° 27.958'
17-Q4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32357961	5926047	E6° 51.620'	N53° 27.854'
Ems_20201027_16	2020	FSK	Greiferprobe	32358815	5925077	E6° 52.418'	N53° 27.346'
Ems_20201027_10	2020	FSK	Greiferprobe	32362967	5922175	E6° 56.243'	N53° 25.847'
Ems_20201027_14	2020	FSK	Greiferprobe	32360098	5924366	E6° 53.595'	N53° 26.983'
Ems_20201027_15	2020	FSK	Greiferprobe	32360031	5924239	E6° 53.538'	N53° 26.913'
7-Q4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32366206	5912541	E6° 59.410'	N53° 20.705'
9-Q3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32364280	5918096	E6° 57.533'	N53° 23.669'
11-L4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32363023	5922083	E6° 56.296'	N53° 25.798'
16-Q1	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32361030	5923125	E6° 54.469'	N53° 26.328'
16-Q4	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32360955	5923087	E6° 54.403'	N53° 26.307'
Ems_20201027_06	2020	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32365658	5914281	E6° 58.873'	N53° 21.634'
Ems_20201027_05	2020	FSK	Greiferprobe	32366077	5912907	E6° 59.286'	N53° 20.900'
8-Q3	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32365075	5916252	E6° 58.297'	N53° 22.687'
11-L5	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32362816	5922498	E6° 56.098'	N53° 26.019'
16-Q5	2019	WSA Ems-Nordsee	Greiferprobe	32360832	5923007	E6° 54.294'	N53° 26.262'
5/2607 Ostfriesisches Gatje	1934	LBEG Databank	Bohrkern	32365969	5912770	E6° 59.192'	N53° 20.824'
20/2607 Ostfriesisches Gatje	1934	LBEG Databank	Bohrkern	32366169	5912047	E6° 59.39'	N53° 20.437'
SB H39 Emden, Dollarthafen	1977	LBEG Databank	Bohrkern	32366456	5911133	E6° 59.672'	N53° 19.949'
SB G 38 Emden, Dollarthafen	1977	LBEG Databank	Bohrkern	32366997	5910586	E7° 00.173'	N53° 19.663'
SB K 40 Emden, Dollarthafen	1977	LBEG Databank	Bohrkern	32365926	5912124	E6° 59.169'	N53° 20.476'

Anlage 2: Sedimentverteilung, statistische Auswertung und Klassifizierung der Sedimentproben

Probenbezeichnung	Korngrößenanalyse [%]								Anteile [%]							Statistik & Beschreibung nach Folk & Ward (1957)						Klassifizierung			
	Schlick <63 µm	Feinsand		Mittelsand	Grobsand		Kies		Schlick	Sand	Kies	Feinsand	Mittelsand	Grobsand	Sand:Schlick Verhältnis	D ₅₀ [µm]	Mittlere Korngröße [µm]	Sortierungsgrad (δ)		Schiefe (Sk)		Kurtosis [K]		Folk_1954	Figge_1981
		<125 µm	<250 µm	<500 µm	<1000 µm	<2000 µm	<4000 µm	<8000 µm										Geometrisch [µm]	Beschreibung	Geometrisch [µm]	Beschreibung	Geometrisch [µm]	Beschreibung		
10-Q3	3.04	15.00	99.11	99.97	99.99	100.00	100.00	100.00	0.50	99.40	0.20	91.90	8.10	0.00	0.50	178.100	178.100	1.387	gut sortiert	-0.199	fine skewed	1.226	leptokurtic	Sand	Feinsand
10-Q4	2.40	16.22	99.41	99.92	99.98	100.00	100.00	100.00	3.80	96.20	0.00	73.20	26.60	0.20	3.80	194.400	205.300	1.611	mäßig gut sortiert	0.068	symmetrical	1.324	leptokurtic	Sand	Feinsand
11-L1	11.52	57.35	94.74	98.56	99.55	99.83	100.00	100.00	1.30	80.80	17.90	42.70	25.20	32.10	1.58	405.400	533.700	3.808	schlecht sortiert	0.287	coarse skewed	1.042	mesokurtic	Grobsediment	Mittel- bis Grobsand
11-L2	4.89	25.69	89.60	98.72	99.64	99.90	100.00	100.00	1.40	98.40	0.20	86.60	12.70	0.70	1.40	168.700	161.200	1.613	mäßig gut sortiert	-0.081	symmetrical	1.315	leptokurtic	Sand	Feinsand
11-L3	2.99	26.16	99.13	99.93	99.96	99.99	100.00	100.00	0.60	99.40	0.00	96.70	3.20	0.10	0.60	174.400	174.400	1.302	gut sortiert	-0.104	symmetrical	0.931	mesokurtic	Sand	Feinsand
11-L4	2.04	10.05	29.26	84.80	96.29	98.64	100.00	100.00	0.50	99.50	0.00	99.90	0.10	0.00	0.50	164.400	161.800	1.391	gut sortiert	-0.210	symmetrical	1.127	leptokurtic	Sand	Feinsand
11-L5	2.11	15.36	37.59	98.97	99.55	99.70	100.00	100.00	0.90	98.50	0.60	30.00	63.80	6.30	0.91	310.400	278.400	1.767	mäßig sortiert	-0.298	symmetrical	1.203	leptokurtic	Sand	Mittelsand
12-L1	28.85	66.24	97.69	98.46	98.59	98.64	100.00	100.00	15.60	84.40	0.00	99.50	0.30	0.20	15.60	120.900	115.300	2.489	schlecht sortiert	-0.403	fine skewed	2.004	very leptokurtic	Feinsediment	Feinsand
12-L2	38.19	78.64	99.23	99.55	99.75	100.00	100.00	100.00	9.50	90.40	0.10	97.60	1.70	0.60	9.51	136.700	127.400	2.161	schlecht sortiert	-0.428	fine skewed	1.758	very leptokurtic	Sand	Feinsand
12-L3	55.80	78.63	99.50	99.90	100.00	100.00	100.00	100.00	31.50	68.50	0.00	92.40	5.80	1.70	31.50	91.380	52.480	4.632	sehr schlecht sortiert	-0.551	fine skewed	1.134	leptokurtic	Feinsediment	Feinsand
12-L4	47.95	76.08	98.33	99.57	99.77	99.93	100.00	100.00	1.00	97.10	1.90	52.70	34.20	13.10	1.02	240.400	249.200	2.052	schlecht sortiert	0.117	coarse skewed	1.121	leptokurtic	Sand	Mittel- bis Grobsand
12-L8	17.04	31.64	96.00	99.85	100.00	100.00	100.00	100.00	33.30	66.70	0.00	61.20	30.40	8.40	33.30	157.100	73.720	6.250	sehr schlecht sortiert	-0.567	fine skewed	0.959	mesokurtic	Feinsediment	Feinsand
13-L1	2.15	7.77	63.38	99.34	99.81	99.94	99.99	100.00	1.20	97.10	1.70	10.40	87.40	2.10	1.22	342.800	342.800	1.382	gut sortiert	-0.198	symmetrical	1.223	leptokurtic	Sand	Mittelsand
13-L2	2.14	4.72	85.72	99.93	99.99	100.00	100.00	100.00	2.00	90.20	7.80	44.70	42.00	13.30	2.17	287.800	298.400	2.663	schlecht sortiert	0.227	coarse skewed	1.708	very leptokurtic	Grobsediment	Mittel- bis Grobsand
13-L3	2.15	13.64	99.65	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	36.40	63.60	0.00	71.10	25.10	3.80	36.40	97.050	54.860	5.991	sehr schlecht sortiert	-0.449	fine skewed	0.911	mesokurtic	Feinsediment	Feinsand
13-L4	2.12	20.04	99.92	99.99	99.99	99.99	100.00	100.00	6.80	71.00	22.20	66.70	19.10	14.30	8.74	228.200	452.100	6.240	sehr schlecht sortiert	0.351	very coarse skewed	1.028	mesokurtic	Grobsediment	Mittel- bis Grobsand
16-Q1	1.77	2.36	9.16	38.14	78.39	85.76	99.99	100.00	6.48	93.52	0.00	99.60	0.28	0.12	6.48	155.400	142.300	1.776	mäßig sortiert	-0.455	fine skewed	1.754	very leptokurtic	Sand	Mittel- bis Grobsand
16-Q2	14.13	19.77	81.19	97.84	99.20	99.57	100.00	100.00	8.76	89.62	1.62	15.36	72.57	12.06	8.90	335.000	298.900	2.549	schlecht sortiert	-0.442	fine skewed	3.396	extremely leptokurtic	Sand	Mittel- bis Grobsand
16-Q3	4.76	11.06	70.93	99.37	99.75	99.89	99.99	100.00	3.84	96.15	0.00	85.73	13.68	0.59	3.84	177.700	177.100	1.533	mäßig gut sortiert	-0.041	symmetrical	1.513	very leptokurtic	Sand	Feinsand
16-Q4	49.30	53.22	71.38	92.62	99.18	99.74	99.99	100.00	14.59	85.41	0.00	47.32	49.49	3.18	14.59	224.700	186.100	3.169	schlecht sortiert	-0.503	fine skewed	2.018	very leptokurtic	Feinsediment	Mittelsand
16-Q5	1.85	5.82	43.77	98.98	99.55	99.70	99.99	100.00	7.05	92.73	0.23	73.82	24.90	1.28	7.07	181.400	180.000	2.169	schlecht sortiert	-0.224	symmetrical	2.062	very leptokurtic	Sand	Feinsand
17-Q3	2.85	13.69	78.28	97.96	98.85	99.39	100.00	100.00	25.44	74.00	0.56	50.19	28.00	21.81	25.58	188.500	109.900	6.218	sehr schlecht sortiert	-0.454	fine skewed	1.328	leptokurtic	Feinsediment	Mittel- bis Grobsand
17-Q4	2.01	3.02	76.68	99.90	99.97	100.00	100.00	100.00	3.69	96.25	0.06	99.32	0.50	0.18	3.69	132.900	128.200	1.556	mäßig gut sortiert	-0.112	symmetrical	0.746	platykurtic	Sand	Feinsand
7-Q2	6.48	27.30	99.63	99.89	99.95	100.00	100.00	100.00	3.04	96.96	0.00	99.08	0.89	0.03	3.04	166.800	166.800	1.387	gut sortiert	-0.199	symmetrical	1.226	leptokurtic	Sand	Feinsand
7-Q4	8.76	11.55	22.53	87.57	96.68	98.38	100.00	100.00	2.40	97.60	0.00	99.40	0.52	0.08	2.40	165.600	165.100	1.388	gut sortiert	-0.199	symmetrical	1.193	leptokurtic	Sand	Feinsand
8-Q1	3.84	13.35	86.27	99.42	99.99	99.99	99.99	100.00	2.11	97.59	0.30	36.36	62.90	0.75	2.12	166.800	166.800	1.387	gut sortiert	-0.199	symmetrical	1.226	leptokurtic	Sand	Mittelsand
8-Q3	14.59	22.43	55.01	97.28	99.09	100.00	100.00	100.00	2.04	96.60	1.36	28.18	57.49	14.33	2.07	323.900	291.800	1.933	mäßig sortiert	-0.203	symmetrical	1.377	leptokurtic	Sand	Mittel- bis Grobsand
8-Q5	7.05	20.45	75.50	98.59	99.51	99.78	100.01	100.00	2.99	97.00	0.00	99.11	0.82	0.06	2.99	156.800	146.500	1.501	mäßig gut sortiert	-0.286	symmetrical	1.053	mesokurtic	Sand	Feinsand
9-Q3	25.44	31.68	62.58	83.30	95.92	99.44	100.00	100.00	4.89	95.01	0.10	89.16	9.60	1.24	4.89	162.700	151.500	1.663	mäßig sortiert	-0.142	symmetrical	1.312	leptokurtic	Sand	Feinsand
9-Q4	3.69	45.20	99.29	99.77	99.91	99.94	100.00	100.00	11.52	88.31	0.17	94.24	4.33	1.44	11.54	112.000	115.600	2.338	schlecht sortiert	-0.232	symmetrical	1.906	very leptokurtic	Feinsediment	Feinsand
Ems_20201027_03	33.40	38.12	74.12	94.40	97.40	100.00	100.00	100.00	47.95	51.98	0.07	96.92	2.39	0.69	47.98	66.230	34.820	5.358	sehr schlecht sortiert	-0.516	fine skewed	0.773	platykurtic	Feinsediment	Feinsand
Ems_20201027_04	36.51	57.90	81.65	97.61	100.00	100.00	100.00	100.00	55.80	44.20	0.00	98.87	0.90	0.23	55.80	40.960	27.180	5.542	sehr schlecht sortiert	-0.329	fine skewed	0.716	platykurtic	Feinsediment	Feinsand
Ems_20201027_05	1.19	3.13	11.34	96.25	97.88	98.31	99.41	100.00	38.19	61.81	0.00	98.75	0.52	0.73	38.19	76.950	40.280	4.716	sehr schlecht sortiert	-0.582	fine skewed	0.965	mesokurtic	Feinsediment	Feinsand
Ems_20201027_06	0.91	9.83	30.41	93.21	98.78	99.38	99.84	100.00	28.85	69.79	1.36	98.64	1.10	0.26	29.25	92.820	55.480	4.260	sehr schlecht sortiert	-0.568	fine skewed	1.359	leptokurtic	Feinsediment	Feinsand
Ems_20201027_07	0.52	17.46	99.85	99.97	99.97	100.00	100.00	100.00	17.04	82.96	0.00	95.18	4.64	0.18	17.04	152.300	117.900	2.791	schlecht sortiert	-0.643	fine skewed	2.261	very leptokurtic	Feinsediment	Feinsand
Ems_20201027_08	9.55	42.91	97.78	99.35	99.69	99.93	100.00	100.00	2.12	97.87	0.00	99.93	0.07	0.00	2.12	162.100	155.800	1.437	mäßig gut sortiert	-0.265	symmetrical	1.158	leptokurtic	Sand	Feinsand
Ems_20201027_09	31.56	65.54	94.82	98.82	100.00	100.00	100.00	100.00	2.15	97.85	0.00	99.64	0.34	0.02	2.15	167.600	167.600	1.369	gut sortiert	-0.190	symmetrical	1.191	leptokurtic	Sand	Feinsand
Ems_20201027_10	1.05	12.61	52.24	85.42	94.62	98.13	99.38	100.00	2.14	97.86	0.00	85.41	14.52	0.07	2.14	184.200	184.200	1.375	gut sortiert	0.163	coarse skewed	1.095	mesokurtic	Sand	Feinsand
Ems_20201027_11	15.61	51.76	99.56	99.84	100.00	100.00	100.00	100.00	2.15	97.79	0.05	62.61	36.77	0.61	2.15	212.100	222.200	1.635	mäßig sortiert	0.050	symmetrical	0.947	mesokurtic	Sand	Feinsand
Ems_20201027_12	1.40	22.09	86.61	99.13	99.64	99.85	100.00	100.00	1.77	83.99	14.23	8.80	34.50	56.70	2.06	613.200	637.700	2.423	schlecht sortiert	0.133	coarse skewed	1.275	leptokurtic	Grobsediment	Mittel- bis Grobsand
Ems_20201027_13	0.61	6.75	96.72	99.93	99.93	100.00	100.00	100.00	14.13	85.44	0.43	78.49	19.49	2.02	14.19	175.700	157.200	2.769	schlecht sortiert	-0.432	fine skewed	3.367	extremely leptokurtic	Feinsediment	Feinsand
Ems_20201027_14	2.05	9.19	42.31	80.17	90.91	92.20	93.79	100.00	4.76	95.13	0.10	69.56	29.90	0.55	4.77	196.200	207.400	1.703	mäßig sortiert	0.015	symmetrical	1.260	leptokurtic	Sand	Feinsand
Ems_20201027_15	6.86	22.51	54.17	67.72	73.10	77.84	82.08	100.00	49.30	50.44	0.25	43.77	42.11	14.12	49.43	71.140	46.870	7.870	sehr schlecht sortiert	-0.272	symmetrical	0.700	platykurtic	Feinsediment	Mittel- bis Grobsand
Ems_20201027_16	1.26	8.61	35.78	56.17	75.22	82.11	88.15	100.00	1.85	97.85	0.29	42.84	56.42	0.74	1.86	270.300	256.400	1.611	mäßig gut sortiert	-0.196	symmetrical	0.824	platykurtic	Sand	Mittelsand
Ems_20201027_17	3.82	7.41	74.25	99.83	99.87	100.00	100.00	100.00	2.85	96.54	0.61	78.13	20.39	1.48	2.87	184.600	193.400	1.640	mäßig sortiert	0.068	symmetrical	1.399	leptokurtic	Sand	Feinsand
Ems_20201027_18	0.45	6.44	91.74	99.77	99																				

