

Geopotenzial Deutsche Nordsee Modul B

Dokumentation Nr. 1

Erstellung der Karte zur Sedimentverteilung auf dem Meeresboden in der deutschen Nordsee nach der Klassifikation von FIGGE (1981)

Bearbeitet von: Wolf-Udo Laurer, Dr. Michael Naumann, Dr. Manfred Zeiler

[Kartenversion 2.1 vom 30.10.2014](#)

Team Modul B:

BSH: Dr. Manfred Zeiler, Maria Lambers-Huesmann, Wolf-Udo Laurer

LBEG: Dr. Carsten Schwarz, Joachim Fritz, Dr. Stefan Viola, Dirk Djuren, Dr. Michael Naumann

BGR: Dr. Lutz Reinhardt, Dr. Annemiek Vink, Claudia Schnabel

BGR Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

LBEG Landesamt für
Bergbau, Energie
und Geologie



Inhalt

1	VORBEMERKUNGEN	3
2	BEGRIFFE/ABKÜRZUNGEN	3
3	AUFGABENSTELLUNG	4
4	DURCHFÜHRUNG	4
4.1	DATENGRUNDLAGE	4
4.1.1	<i>Sedimentklassen aus Korngrößenanalysen</i>	6
4.1.2	<i>Abgeleitete Sedimentklassen aus Bohrkernbeschreibungen</i>	9
4.1.3	<i>Kartierung der Sedimentverteilung im Rahmen von GPDN</i>	10
4.2	SEDIMENTKLASSIFIKATION NACH FIGGE (1981)	12
4.2.1	<i>Sandtypen</i>	12
4.2.2	<i>Schluff und Ton (Fraktion < 63 µm)</i>	13
4.2.3	<i>Kies und Steine (Fraktion > 2 mm)</i>	14
4.2.4	<i>Legende der Klassifikation nach FIGGE (1981)</i>	14
4.3	ERSTELLUNG DER DIGITALEN KARTE.....	15
4.3.1	<i>Allgemeines</i>	15
4.3.2	<i>Kartographische Grundsätze</i>	15
5	LITERATUR	18

Abbildungen und Tabellen

ABBILDUNG 1: DATENGRUNDLAGE DES GPDN PROJEKTS FÜR DIE SEDIMENTVERTEILUNG AM MEERESBODEN.	6
ABBILDUNG 2: DATENAUSWERTUNG UND KLASSIFIKATION VON LABORDATEN	7
ABBILDUNG 3: DATENAUSWERTUNG UND KLASSIFIKATION VON BOHRDATEN.....	10
ABBILDUNG 4 : LAGE VON GREIFERSTATIONEN IM RAHMEN VON GPDN.....	11
ABBILDUNG 5 :SANDFRAKTIONEN UND SANDTYPEN DER FIGGE-KLASSIFIKATION.....	12
ABBILDUNG 6: UNTERTEILUNGEN DER FRAKTION < 63 µM.....	13
ABBILDUNG 7: LEGENDE DER KLASSIFIKATION NACH FIGGE (1981).....	15
TABELLE 1: GPDN DATENGRUNDLAGE	4
TABELLE 2: DATENDICHTE.....	5
TABELLE 3 : NAME, ZEITRAUM UND PROBENANZAHL DER AUSFAHRTEN IN GPDN	10
TABELLE 4 : ZUSAMMENSETZUNG DER VIER SANDTYPEN AUS DEN DREI SANDFRAKTIONEN.....	13

1 Vorbemerkungen

Mit dieser Dokumentation werden Grundlagen, Vorgehensweise und Arbeitsschritte zur Erstellung der digitalen Karte der Sedimentverteilung auf dem Meeresboden im Bereich der gesamten deutschen Nordsee nach der Klassifikation von FIGGE (1981) beschrieben.

2 Begriffe/Abkürzungen

ASTM	American Standards for Testing and Materials
AWI	Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Außenstelle Sylt
AWZ	ausschließliche Wirtschaftszone
BDN	Bohrdatenbank Niedersachsen des LBEG
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BGS	British Geological Survey
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DHDN	Deutsches Hauptdreiecksnetz
DHI	Deutsches Hydrographisches Institut (heute: BSH)
DIN	Deutsche Industrienorm
GPDN	Geopotenzial Deutsche Nordsee
GIS	Geografisches Informationssystem
HPA	Hamburg Port Authority
ICBM	Institut für Chemie und Biologie des Meeres, Universität Oldenburg
k. A.	keine Angabe
LAT	Latitude (geographische Breite)
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Schleswig-Holstein
LONG	Longitude (geographische Länge)
MeMaS	Methoden-Management-System des LBEG
MUDAB	Meeresumwelt-Datenbank im BSH
NIBIS	Niedersächsischen Bodeninformationssystem des LBEG
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Senckenberg	Senckenberg am Meer, Wilhelmshaven
sm	Seemeile (1.852 Meter)
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (Geologischer Dienst Niederlande)
WGS 84	World Geodetic Datum 1984 (globales geodätisches Bezugssystem)

WSV	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
WTD 71/FWG	Wehrtechnische Dienststelle 71/Forschungsanstalt für Wasserschall und Geophysik der Bundeswehr

3 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Projektarbeiten wurde die Karte der Sedimentverteilung nach der Klassifikation von FIGGE (1981) für den Bereich der gesamten deutschen Nordsee im Maßstab 1:250.000 erstellt. Diese Karte umfasst die Sedimentverteilung auf der Meeresbodenoberfläche bis zu einer Teufe von ca. 20 cm.

4 Durchführung

4.1 Datengrundlage

Für die o. a. Aufgabenstellung wurde eine umfassende Datenrecherche und -abfrage an einer Vielzahl von Institutionen und bei potenziellen Datenhaltern aus der maritimen Wirtschaft durchgeführt. Daraufhin wurden Datenbestände von nachfolgend aufgelisteten Datenhaltern bereitgestellt und qualitätsgesichert (Tabelle 1).

Tabelle 1: GPDN Datengrundlage aufgelistet nach Datenhaltern und qualitätsgesicherten Datenbeständen von Korngrößenverteilungen, gemessen an Proben der Meeresbodenoberfläche (bis 20 cm Eindringtiefe), und petrographischen Bohrkernbeschreibungen (Stand: 29.10.2012).

Datenhalter	Korngrößenverteilungen Probenanzahl gesamt (Siebanalysen / Petrograph. Beschreibungen)	Bohrungen
BSH	18655 (18655 / -)	558
LBEG	133 (133 / -)	5620
WSV	537 (537 / -)	-
BGS	20 (20 / -)	4
BfG	78 (78 / -)	-
TNO	307 (307 / -)	-
WTD 71/FWG	73 (- / 73)	10
Senckenberg	941 (941 / -)	-
Windparkfirmen (BSH - Sammlung aus Anträgen)	4877 (4877 / -)	-
OAM-DEME GmbH	63 (26 / 37)	-
BGR	-	397
NLWKN	-	8
BARD Engineering GmbH	-	1
Jade Weser Port	-	137
LLUR	-	4171

AWI	-	5
HPA	-	124
ICBM	-	49
EnBW AG	-	28
GPDN (BGR, LBEG, BSH)	1408 (1408 / -)	183

Um die Datendichte im Gesamtgebiet zu erhöhen und speziell die Erweiterung des publizierten Kartenblatts: Nr. 2900 - Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht (Deutsches Hydrographisches Institut, FIGGE, 1981) in die äußeren Bereiche der AWZ vornehmen zu können, wurden neben Datensätzen zur Korngrößenverteilung auch Bohrkernbeschreibungen der Sedimente in 20 cm Teufe herangezogen. Zur Minimierung von Blattrandeffekten sind Daten aus Anrainerstaaten in einer Pufferzone von 20 km um die deutsche AWZ bei der Auswertung berücksichtigt worden. Nach Abschluss der Datenakquisition und Qualitätssicherung stand ein Gesamtdatensatz von 27092 Korngrößenverteilungen und 11279 Bohrungen für die Auswertung zur Verfügung. Davon konnten 10441 Bohrungen nach FIGGE (1981) klassifiziert werden, so dass der Datensatz für die digitale Karte der Sedimentverteilung am Meeresboden („FIGGE-Karte“) insgesamt 37533 Datenpunkte enthält. In übrigen Bohrungen wurden in 20 cm Teufe organische Lagen oder Muschelschill angetroffen bzw. die Endteufe nicht erreicht. Der Datensatz entspricht einer durchschnittlichen Datendichte von 0,91 Datenpunkten pro Quadratkilometer (Tabelle 2). Die räumliche Verteilung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Tabelle 2: Datendichte

Gebiet	Fläche [km ²]	Datenpunkte [Anzahl]	Bohrungen	Korngrößen- verteilungen	Datendichte [Daten/km ²]
Dt. Nordsee	41100	37254	10289	26965	0,91
Dt. Bucht	28805	34673	9710	24972	1,20
Entenschnabel + äußere Bereiche	12295	2581	588	1993	0,21

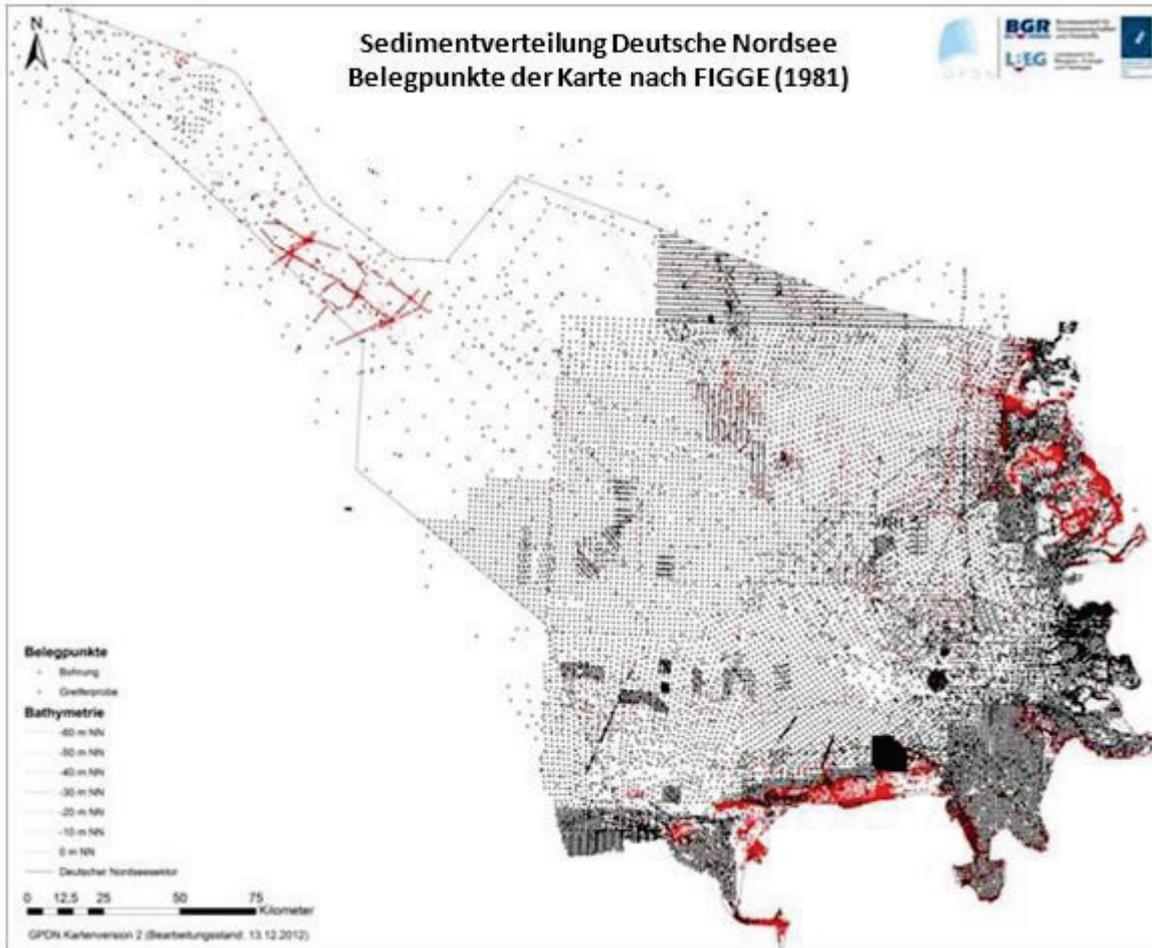


Abbildung 1: Qualitätsgesicherte Datengrundlage des GPDN Projekts für die Sedimentverteilung am Meeresboden (Kartenversion 2, Stand 29.10.2012).

4.1.1 Sedimentklassen aus Korngrößenanalysen

Das allgemeine Vorgehen zur Qualitätssicherung der zur Verfügung stehenden Datensätze ist in mehrere Bearbeitungsschritte unterteilt. Zuerst wurden die Metadaten der Proben im GIS erfasst und der Datensatz mit dem Polygon-Shapefile des Projektgebietes inklusive einer 20 km Pufferzone in Anrainerstaaten verschnitten um ggf. außerhalb liegende Daten zu entfernen. Anschließend wurden die Einzelfraktionen aufaddiert und Analyseergebnisse von Proben mit Siebverlusten von über 3 % entfernt.

Nach DIN 18123 (Bestimmung der Korngrößenverteilung) ist bei Siebverlusten über 1 % das Ergebnis zu verwerfen, jedoch werden dabei wesentlich weniger Siebe verwendet im Vergleich zum Siebsatz in $\frac{1}{4}$ Phi-Graden (Abstufung nach ASTM). Ein Großteil der Korngrößenanalysen liegt in $\frac{1}{4}$ Phi-Graden vor (z.B. BSH, Senckenberg, TNO), so dass aufgrund der höheren Siebanzahl auch höhere Siebverluste zu erwarten sind. Zusammen mit Erfahrungen des Sedimentlabors im Geozentrum Hannover wurde diese Grenze von 3 % Siebverlust als Ausschlusskriterium definiert. Falls an einer Probe zwei Messungen mit unterschiedlichen Probenaufbereitungen durchgeführt wurden, ist das Korngrößenergebnis in den Datensatz übernommen worden, dessen Aufbereitung der DIN 18123 am nächsten kommt. So wurden Ergebnisse vorrangig mit Kalklösung in der Probenaufbereitung verwendet, wenn zwei Ergebnisse pro Probe zur Verfügung standen. Dies betrifft z.B. 876 Analyseergebnisse aus dem BSH-Datensatz.

Anschließend wurden die Korngrößenergebnisse in Summenfraktionen überführt und in der NIBIS-Labordatenbank des LBEG abgelegt.

Zur Normierung der Korngrößenverteilungen (variierende Siebsätze und Methoden) werden basierend auf den Ergebnissen die entsprechenden Kornsummenkurven interpoliert und für die Auswertung benötigte Fraktionen Datenbank gestützt abgegriffen und in einer Datenbanktabelle für berechnete Ergebnisse abgelegt. Für die Auswertung (z.B. Klassifikation nach FIGGE, 1981) wird mit Hilfe des Methoden-Management-Systems des LBEG (MeMaS) auf diese Tabelle zugegriffen. Abbildung 2 verdeutlicht die schrittweise Auswertung der Labordaten.

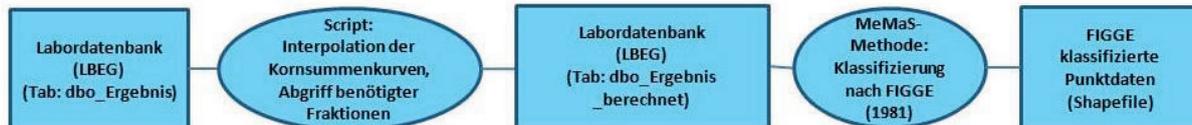


Abbildung 2: Datenauswertung und Klassifikation von Labordaten nach FIGGE (1981).

Kurzbeschreibung der Datensätze:

BSH (MUDAB):

Bei der Mehrzahl der Proben wurden die Fraktionen 0,031 bis 0,063 mm und unterhalb 0,031 mm von der nassen Probe durch Schlämmlung abgetrennt und deren Anteil bestimmt. Bei Proben jüngerer Datums wurde ausschließlich die Fraktion unterhalb 0,063 m durch Schlämmlungen der Nassprobe abgetrennt.

Die verbliebenen Sand- und Feinkiesfraktionen (> 0,063 mm) wurden bei 105° C getrocknet, geteilt und anschließend 10 min trocken gesiebt. Dabei wurde ein Plansiebverfahren mit – zumindest bis Ende der 1970er Jahre – Siebhilfen (Gummiwürfel) angewandt.

Der beim BSH verwendete Siebsatz hat eine Abstufung nach ASTM mit Abständen von ¼ Phi-Graden, wie sie international in der Meeresgeologie üblicherweise verwendet werden. Muscheln, Schill, Steine, größere Steine usw. wurden besonders registriert.

In der MUDAB sind keine Angaben über das geodätische Bezugssystem abgespeichert, auf das sich die Koordinaten der jeweiligen Stationsdatensätze beziehen. Da diese Angaben kaum bzw. nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand recherchierbar sind, wurden alle Koordinaten von Datensätzen, die vor dem 01.01.2000 erhoben wurden, in ArcGIS 9.3 von ED 50 nach WGS 84 (ED50_to_WGS84_2) umgerechnet. Bei den Koordinaten von Datensätzen ab dem 01.01.2000 wurde davon ausgegangen, dass diese auf WGS 84 bezogen sind.

Nach Durchführung der beschriebenen Maßnahmen zur Qualitätssicherung wurden insgesamt 18.655 Analyseergebnisse zur weiteren Kartenerstellung verwendet.

LBEG:

Insgesamt wurden 133 Analyseergebnisse anhand von Proben aus dem oberflächennahen Schichtbereich (bis 30 cm) von Bohrungen zusammen getragen. Es kamen dabei unterschiedliche Methoden und Siebsätze zum Einsatz.

- 3 Analysen mit Schwerkraftsedimentation (Atterberg-Methode): <2 µm, <6,3 µm, <20 µm, <63 µm, <112 µm, <200 µm, <354 µm, <630 µm, <1120 µm
- 39 Analysen mit Trockensiebung: <63 µm, <112 µm, <200 µm, <354 µm, <630 µm, <1120 µm, <2000 µm, >2000 µm
- 91 Analysen mit Kombination Atterberg- und Trockensiebung: <20 µm, <63 µm, <112 µm,

<200 µm, <354 µm, <630 µm, <1120 µm, <2000 µm, >2000 µm

HPA / WSV:

Aus dem Monitoringprogramm von abgelagertem Baggergut der Bundeswasserstraßen an Tonne 3, rund 25 km nordwestlich von Scharhörn wurden 537 Kornverteilungen in die Datenbasis integriert (Sedimentkataster des WSV / HPA, Zeitraum: 07.2005 bis 07.2007, Datenlieferung 25.09.2009).

Siebsatz: <20 µm, <63 µm, <100 µm, <200 µm, <630 µm, <1000 µm, <2000 µm, >2000 µm

BGS:

Es wurden 20 Analysen innerhalb der 20 km Pufferzone im Siebsatz von 1/2 Phi-Graden (<63 µm bis <1410 µm) integriert. (Datenlieferung: 09.2009)

BfG:

Es wurden 78 Analysen aus einem umfangreichen Datensatz von 486 Kornverteilungen übernommen. Aus den Daten sind Ergebnisse außerhalb des Projektgebiets sowie Proben unterhalb von 30 cm Teufe nicht berücksichtigt worden. An einigen Positionen standen Zeitreihen zur Verfügung, von denen das jeweils aktuellste Ergebnis selektiert wurde (Datenlieferung: 29.10.2009).

Siebsatz: <20 µm, <63 µm, <200 µm, <600 µm, <2000 µm, >2000 µm

TNO:

Es wurden 307 Analysen mit einem Siebabständen von ¼ Phi-Graden aus dem niederländischen Nordseesektor importiert. (Datenlieferung: Dezember 2009)

WTD 71/FWG:

Der Datensatz umfasst 73 petrographische Beschreibungen von Proben der Sedimentoberfläche im Gebiet südwestlich und nördlich von Helgoland sowie der Amrum Bank. Aus den petrographischen Beschreibungen wurden Kornverteilungen nach der Methode von NAUMANN et al (eingereicht) berechnet und in der NIBIS-Labordatenbank (Tabelle: dbo_ERGEBNIS_BERECHNET) abgelegt. (Datenlieferung: 22.12.2009)

Senckenberg:

Der Datensatz umfasst 941 Analysen aus dem Küstenvorfeld von Spiekeroog und wurde mit Siebabständen von ¼ Phi-Graden gemessen. (Datenlieferung: 02.02.2011)

Windparkfirmen:

Aus dem Datensatz von 5321 Analysen wurden 4877 Analysen importiert. Ausschlusskriterium bildeten höhere Siebverluste von über 3 %. Es wurde in 1 Phi-Graden (4359 Proben importiert) und nach DIN 18123 (518 Proben importiert) gesiebt. (Datenlieferung: 04.11.2011)

OAM-DEME GmbH:

Der Datensatz umfasst 26 Analysen, die mit einem Siebsatz nach DIN 18123 gemessen wurden, und 37 petrographische Beschreibungen von Proben der Sedimentoberfläche. Aus den petrographischen Beschreibungen wurden Kornverteilungen nach der Methode von NAUMANN et al (eingereicht) berechnet und in der NIBIS-Labordatenbank (Tabelle: dbo_ERGEBNIS_BERECHNET) abgelegt. Die Proben stammen aus den Kiesabbau-Bewilligungsfeldern „Weiße Bank“ und „OAM-III“. (Datenlieferung: 16.11.2011)

GPDN:

Der Datensatz umfasst 1391 Analysen mit Video-optischen Verfahren (Camsizer, Firma Retsch) in $\frac{1}{4}$ Phi-Graden, die im Sedimentlabor des Geozentrums Hannover während der Projektlaufzeit durchgeführt wurden. Die Probenstandorte sind in Abschnitt 4.1.3 beschrieben und dargestellt.

Probenvorbereitung:

Die Proben wurden bei 105° C getrocknet, das Gesamtgewicht ermittelt und die Kies-Stein Fraktion (>2 mm) per Trockensiebung abgetrennt und ausgewogen. Aus der verbleibenden Probenmenge sind Teilproben von etwa 150-180 g durch Rotationsteilung für die weitere Bearbeitung entnommen worden. Der Rest wird zusammen mit der Grobfraction als Archivprobe im Probenlager des BSH gelagert. Anschließend erfolgte Kalklösung, Entfernung von organischen Bestandteilen und die Abtrennung der Fraktion <63 µm durch Nasssiebung.

Analyse:

Die Korngrößenbestimmung der sandigen Teilprobenmenge wurde mit Einsatz eines Video-optischen Verfahrens durchgeführt. Dabei filmt ein kombiniertes System von zwei Kameras (Gesamtprobe und Detailvergrößerung) die Probe beim Durchlauf und errechnet Software-gestützt die Kornverteilung. Diese ist in beliebig viele Intervalle fraktionierbar und zusätzlich werden Informationen über den Rundungsgrad des Materials erzeugt. Die Kornverteilung wurde konform zu dem bestehenden Datensatz in $\frac{1}{4}$ Phi-Graden errechnet. Der Feinanteil kleiner 63 µm wurde durch Schwerkraftsedimentation (Atterberg-Methode) bestimmt. Die Grobfraction ist als Gewichtsverhältnis von Gesamtprobe zu Teilprobe berechnet worden.

4.1.2 Abgeleitete Sedimentklassen aus Bohrkernbeschreibungen

Als Datenbasis dienen Bohrungen, die im Rahmen des Projekts akquiriert wurden. Die Schichtenverzeichnisse sind auf den Symbolschlüssel Geologie (PREUSS et al. 1991) normiert und qualitätsgesichert im SEP3-Format in die Bohrdatenbank Niedersachsen (BDN) übertragen worden. Für die Auswertung nach Sedimentklassifizierungen (FIGGE 1981, FOLK 1954, 1974 ist eine Konvertierung der Schichtbeschreibungen in Kornverteilungen notwendig, die automatisiert als MeMaS-Methode auf die Daten in der Bohrdatenbank zugreift. In Bezug auf die Aussagetiefe der zu erstellenden Karte erfolgt eine Abfrage der Bohrkernbeschreibung auf die jeweilige Schicht in 20 cm Teufe und anschließend eine Zerlegung des SEP3-Eintrags im Feld "Petro" in Haupt-, Nebengemengeanteile (Korngrößenkürzel), Quantifikatoren (1-5) sowie beschreibende Adjektive (z.B. obz = oben zunehmend). Die Parametrisierung der Kornverteilung basiert auf Vorüberlegungen von H.-H. Voss (LBEG Archivbericht: 010930; Voss 1982) und Ergänzung dieser Formel durch Einbeziehung der beschreibenden Adjektive zur Verbesserung der Genauigkeit. Eine Detailbeschreibung dieser Methodenentwicklung im Rahmen des GPDN-Projekts ist in NAUMANN et al. (eingereicht) erläutert. Der Auswertungsprozess ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

Für die Kartenversion 2 wurde eine Datenbasis von 11279 Bohrungen bis 29.10.2012 zusammen getragen, anhand deren eine Konvertierung und Auswertung für 10289

Bohrpositionen erfolgt ist. Bohrungen, in denen Schill- oder organische Ablagerungen in 20 cm Teufe angetroffen wurden, lieferten kein Ergebnis. Zur Generierung eines eindeutigen Datensatzes wurden Ergebnisse von Bohrungen entfernt, aus denen Proben in diesem Schichtbereich entnommen und im Labor analysiert wurden.

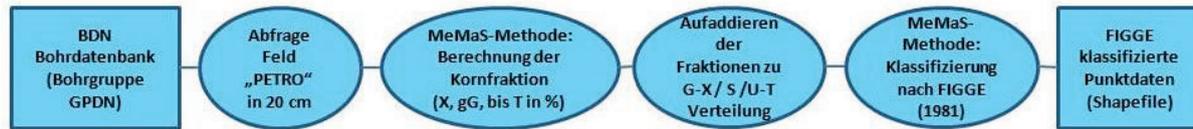


Abbildung 3: Datenauswertung und Klassifikation von Bohrdaten nach FIGGE (1981).

4.1.3 Kartierung der Sedimentverteilung im Rahmen von GPDN

Der zu Projektbeginn 2009 bestehende Datensatz aus Sedimentproben der Meeresbodenoberfläche hat eine hohe Datendichte in der inneren Deutschen Bucht und wurde in einem regelmäßigen Probenraster von 1 sm für die Erstellung des Kartenblattes Nr. 2900 (FIGGE, 1981) erzeugt. Dieses Probenraster wurde in Gebieten mit zu erwartender heterogener Sedimentverteilung in äußeren Bereichen der deutschen AWZ fortgeführt. Dabei lag die Priorität der Probenahme im Rahmen von GPDN auf den Bereichen entlang der dänischen und niederländischen Grenze (Abb. 4). Zusätzlich wurden alle während des Projekts durchgeführten Bohrungen an der Sedimentoberfläche zwischen 10-20 cm Teufe systematisch beprobt.

Die Beprobungen wurden während Forschungsfahrten im Zeitraum 2007 bis 2011 durchgeführt:

Tabelle 3 : Name, Zeitraum und Probenanzahl der Ausfahrten in GPDN.

Fahrt	Zeitraum	Probenanzahl
Atair 151	Juli 2007	5
Wega 94	September 2007	12
Wega 99a	Mai 2008	4
Wega 101a	Juli 2008	8
Wega 103	August.2008	141
Wega 106	März 2009	4
Celtic Explorer 09	Mai-Juni 2009	85
Atair 172	Juni 2009	107
Wega 111	August 2009	224
Atair 182A	Juli 2010	246
Planet 10	Dezember 2010	16
Wega 122	Dezember 2010	4
Celtic Explorer 11	Mai-Juni 2011	165
Atair 191	Juni 2011	312

Wega 129A	Juli 2011	34
Wega 131	Oktober 2011	6
Wega 131A	November 2011	3

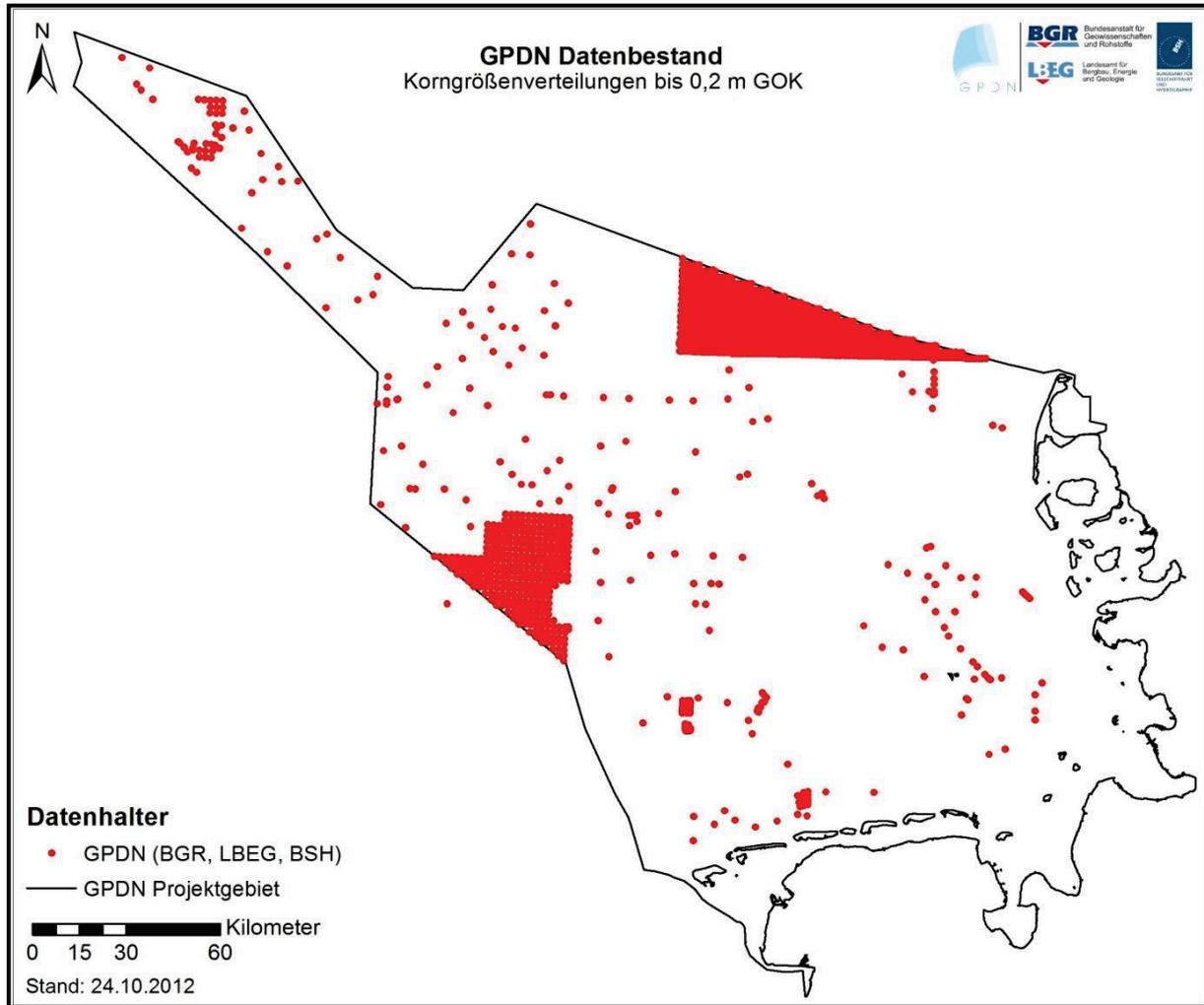


Abbildung 4 : Lage von Greiferstationen, die im Rahmen von GPDN beprobt wurden.

4.2 Sedimentklassifikation nach FIGGE (1981)

FIGGE (1981) entwickelte eine Sedimentklassifikation, deren Vorteil in der hohen Auflösung im Sand- und Feinkornbereich und dessen Kombinationsmöglichkeit liegt. Einerseits können sedimentdynamische Verhältnisse durch die Ausdifferenzierung der Sandfraktionen besonders gut abgebildet werden. Andererseits eignen sich die Unterteilungen der Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ besonders für benthosbiologische Fragestellungen. Diese Klassifikation erlaubt es, prozentuale Anteile der vier von ihm definierten Sandtypen und der Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ (Schluff und Ton) gemeinsam darzustellen.

4.2.1 Sandtypen

Die Einteilung des Sandtyps nach FIGGE (1981) erfolgt, wenn der Sandanteil einer Probe mindestens 20% der gesamten Kornverteilung einnimmt. Hierzu wird der Sandanteil auf 100% normiert und nach dem in Abbildung 5 dargestellten Dreiecksdiagramm klassifiziert.

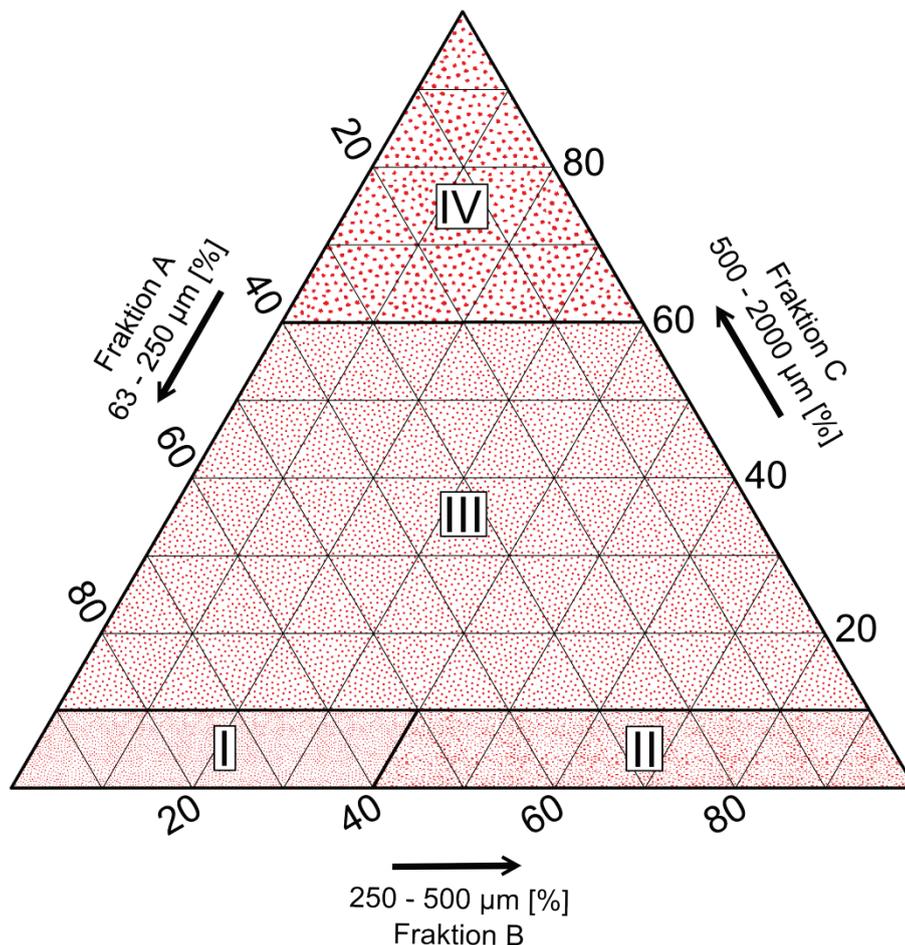


Abbildung 5 : Sandfraktionen und Sandtypen der Klassifikation nach FIGGE (1981). Die römischen Ziffern bezeichnen die vier Sandtypen, die Großbuchstaben in Klammern stehen für die Sandfraktionen.

Aus dem Dreiecksdiagramm lassen sich vier Sandtypen ableiten, deren Zusammensetzung in unten stehender Tabelle dargestellt wird.

Tabelle 4 : Zusammensetzung der vier Sandtypen aus den drei Sandfraktionen.

Sandtyp	Sandfraktion	Anteil [%]
Sandtyp I Feinsand (fine sand)	Fraktion A	50 – 100
	Fraktion B	0 – 40
	Fraktion C	0 – 10
Sandtyp II Mittelsand (medium sand)	Fraktion A	0 – 60
	Fraktion B	40 – 100
	Fraktion C	0 – 10
Sandtyp III Mittel- Grobsand (medium to coarse sand)	Fraktion A	0 – 90
	Fraktion B	0 – 90
	Fraktion C	10 - 60
Sandtyp IV Grobsand (coarse sand)	Fraktion A	0 - 40
	Fraktion B	0 - 40
	Fraktion C	60 - 100

4.2.2 Schluff und Ton (Fraktion < 63 µm)

Für die Fraktion < 63 µm (Schluff und Ton) entwickelte FIGGE (1981) folgende Unterteilungen:



Abbildung 6: Unterteilungen der Fraktion < 63 µm (Schluff und Ton).

4.2.3 Kies und Steine (Fraktion > 2 mm)

Im Gegensatz zu der Darstellung im Kartenblatt von Figge (1981) wurde für die Erstellung der aktuellen Sedimentverteilungskarte die Fraktion > 2 mm (Kiese und Steine) als gesonderte Darstellungsebene auskartiert. Sofern die Fraktion > 2 mm in einer Sedimentprobe vorhanden ist, wird dies in der Karte vermerkt (> 0% Kies- / Steinanteil).

4.2.4 Legende der Klassifikation nach FIGGE (1981)



Abbildung 7: Legende der Klassifikation nach FIGGE (1981)

4.3 Erstellung der digitalen Karte

4.3.1 Allgemeines

Kartographische Festlegungen

Die Koordinaten des Geofachdatensatzes (Shapefile) werden in unprojizierter Form als LAT/LONG (WGS 84) und in Gauß-Krüger-Koordinaten (DHDN Zone 3) vorgehalten. Die Erstellung der digitalen Sedimentverteilung erfolgt für das Seegebiet der deutschen Nordsee nach der Klassifikation von FIGGE (1981).

Berücksichtigung des Einflusses der Morphologie auf die Sedimentverteilung

Die räumliche Verbreitung von Korngrößen ist in Tide-beeinflussten Schelfmeeren wie der deutschen Nordsee in engem Maße an die Bathymetrie bzw. Morphologie sowie die Strömungsverhältnisse gekoppelt. Dieser Ansatz wurde bereits in früheren Kartenwerken zur Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht beachtet (FIGGE 1981). Zur Festlegung der räumlichen Abgrenzung von Sedimentklassen wurde basierend auf Vermessungsdaten des BSH ein Bathymetrie-Shapefile in 1 m-Stufen im GPDN-Projekt interpoliert (Module A2 & F) und für die Kartenzeichnung verwendet (Stand: 21.03.2010). Die Bewertung von bathymetrischen Informationen in Kombination mit Sedimentdaten wird in Abschnitt 4.3.2 detailliert beschrieben.

Berücksichtigung der rezenten Sedimentdynamik

In den Seegebieten mit einer heterogenen Sedimentverteilung wie z. B. auf dem Borkum Riffgrund oder östlich des Elbe-Urstromtals ist nicht auszuschließen, dass im Zuge von wiederkehrenden Probennahmen auf ein und denselben Stationen unterschiedliche Sedimentklassen ermittelt werden. Dies ist i. d. R. auf Umlagerung von mobilen Sanden auf einem grobkörnigen Substrat (Grobsande, Kiese, Restsedimente) zurückzuführen.

Bei der Erstellung der digitalen Karte zur Sedimentverteilung in der deutschen Nordsee wird diese zeitliche Variabilität in Form einer geeigneten heterogenen Sedimentverteilung umgesetzt. An Positionen mit zeitlichen Abfolgen von Beprobungen geschieht dieses, indem die am häufigsten vorgefundene Sedimentklasse innerhalb dieser Abfolge in die Kartenzeichnung eingeht.

Der Bereich mit erhöht zu erwartender Sedimentdynamik umfasst im Wesentlichen den Küstenraum bis etwa zur -20 m NN Linie.

4.3.2 Kartographische Grundsätze

Die vorliegende Kartenversion wurde manuell als digitale Karte in Form eines Geofachdatensatzes unter Verwendung von ArcGIS erstellt.

Grundregeln der Digitalisierung

1. Räume mit hoher Datendichte:

- Mit der Datendichte bei einem Gitterpunktabstand von einer Seemeile innerhalb des regelmäßigen Oberflächenprobenrasters der BSH-Kartierung (FIGGE 1981: Kartenblatt Nr. 2900 – Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht) wurde eine geschlossene Kartenfläche erstellt.
- Punkte in räumlicher Nachbarschaft und mit gleicher Klassifikation wurden in einem Polygon zusammengefasst.
- Den lokalen bathymetrischen Verhältnissen konnte in diesem engeren Datengitter nur untergeordnet Rechnung getragen werden. Die Abgrenzung der Flächen ergab sich hauptsächlich durch die Verteilung unterschiedlich klassifizierter Datenpunkte.
- Liegen auf ein und derselben Position mehrere Datensätze mit unterschiedlicher Klassifizierung als Folge sedimentdynamischer Prozesse (s. o.) vor, so wurden die Sedimentklassen im Kontext zu umliegenden Ergebnissen sinnvoll dargestellt.

Beispiel: In einem Feinsandgebiet wurden an einer Station über mehrere Jahre hinweg Proben entnommen, die in manchen Jahren aus Grobsand bestanden. Dann wird an dieser Station ggf. unter Einbeziehung der Morphologie ein Grobsandvorkommen in sinnvoller Größe auskartiert. Auf diesem Weg wird der heterogenen Sedimentverteilung als Folge natürlicher Sandbewegungen angemessen Rechnung getragen.

- Vorgehensweise zur Bewertung der Bohr- und Labordaten für die Abgrenzung der jeweiligen Sedimentklassen:

Die Verwendung von parametrisierten Bohrdaten erfolgte als Zusatzinformation zum Oberflächenprobenraster von Korngrößenanalysen. Betrug die Abweichung eines einzelnen Bohrpunktes um eine Sedimentklasse im Vergleich zu umliegenden Labordatenpunkten, wurde dieser dem Sedimenttyp der Umgebung zugeschlagen. Sind mindestens zwei oder mehrere abweichende Bohrdatenauswertungen dieser Klasse benachbart, wurde eine eigene Fläche abgrenzt. Umfasst der Unterschied eines einzelnen Bohrpunktes zwei und mehrere Sedimentklassen wurde ebenfalls eine Fläche mit der entsprechenden Sedimentklasse abgrenzt.

2. Räume geringer Datendichte:

- Diese Gebiete befinden sich außerhalb des regelmäßigen Oberflächenprobenrasters in den äußeren Bereichen der deutschen AWZ. In diesem Teilgebiet wurden Punktdaten zu Polygonen zusammengefasst, wenn ihr maximaler Abstand unter 5 sm liegt. Bei größeren Distanzen übernimmt der Einzeldatenpunkt eine Aussage von 0,5 sm Umkreisradius, analog zur Aussagekraft eines Datenpunkts im dichten Datengitter der inneren Deutschen Bucht. Die Abgrenzung erfolgte in diesem Fall als eigenständige Fläche; umliegende Flächen wurden als „no data“ gekennzeichnet.
- Die bathymetrischen und sedimentdynamischen Verhältnisse fanden weitestgehend Berücksichtigung bei der Abgrenzung von Sedimentklassen (z.B. in Senken Ablagerung von feinklastischem Material, Auftragungen sind tendenziell grobklastischer Sedimente). Konnte bei der Auswertung zwischen der Bathymetrie und den punktuellen Sedimenttypen kein plausibler Zusammenhang hergestellt werden, wurde auf halber Distanz zwischen den Datenpunkten die Grenze gezogen.
- Vorgehensweise zur Bewertung der Bohr- und Labordaten für die Abgrenzung der jeweiligen Sedimentklasse:
Die klassifizierten Labordaten erhielten auch in diesen Gebieten den Vorrang bei der Zuordnung der Sedimentklasse auf den jeweiligen Flächen. Das Verfahren zur Bewertung beider Datensätze erfolgte analog zum Vorgehen in Gebieten hoher Datendichte.

Spezielle Regeln bei der Kartenerstellung nach der Klassifikation von FIGGE (1981)

In der Legende für die digitale Version der Sedimentoberflächenkarte nach FIGGE (1981) wurde noch die Signatur „GSt“ verwendet. Diese diente zur Darstellung von Sedimenten, deren Sandanteil < 20 % Vol. betrug und deshalb nur Kies/Stein kombiniert mit Schluff/Ton dargestellt wurde. Auf diesen Legendeneintrag wurde in der aktuellen Darstellungsweise verzichtet und stattdessen ein eigener Layer für die Kies-/Steinfraktion erstellt. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Zunächst wurde ein flächendeckender GIS-Layer für die Sand- sowie Schluff und Ton-Fractionen erstellt. Probenpositionen mit Kies-/Steinvorkommen, wurden ebenfalls in diesen Layer integriert, wobei nur der jeweilige Sand- und Schluff/Ton-Gehalt auskartiert wurde. Lag der Sandgehalt unter 20 % Vol., wurde für die Sandsignatur auf den Gehalt der umgebenden Stationen zurückgegriffen.
 2. An denjenigen Stationen, die Kies-/Steinvorkommen ausweisen, wurde in einem zweiten Schritt ein eigener GIS-Layer erstellt. Kies-/Steinvorkommen sind sowohl bei den im Labor gemessenen Sedimentproben, als auch bei den Bohrungen zu über 90 % an die beiden Sandtypen Grobsand (coarse sand) und Mittel- bis Grobsand (medium to coarse sand) gebunden. Aus diesem Grund wurde für die Abgrenzung der jeweiligen Kies/Steine-Polygone die Form der Sand-Schluff/Ton-Polygone herangezogen, die diese beiden Sandtypen beinhalten.
- Im Bereich der Insel Helgoland wird das Felswatt (bedrock) entlang der 8 m-Isobathe abgegrenzt. Auf eine weitere Ausdifferenzierung nach Sand-, Schluff- und Tonanteilen wurde verzichtet.

Abgrenzung der Sedimentklassen unter Berücksichtigung der regionalgeologischen Verhältnisse

- Entenschnabel, nordwestliche Deutsche Bucht und ehemaliges Elbeurstromtal:
In diesen Bereichen herrschen erfahrungsgemäß überwiegend feinkörnige Sedimente vor. Treten grobkörnige Sedimente in einer Probe auf, kann davon ausgegangen werden, dass diese nur kleinräumig vorkommen. Aus diesem Grund wurde von den kartographischen Grundsätzen abgewichen und der Radius der Polygone von grobkörnigen Sedimenten auf 1/3 der Distanz zum nächsten feinkörnigen Sediment reduziert.
- Borkum Riffgrund und Gebiet östlich des Elbe-Urstromtals:
In diesen Bereichen herrschen i. d. R. grobkörnige Sedimente vor. Treten innerhalb der Grobsedimentgebiete feinkörnige Sedimente auf, wird davon ausgegangen, dass ihr Vorkommen kleinräumig verbreitet ist. In Analogie zur Vorgehensweise im Entenschnabel, in der nordwestlichen Deutschen Bucht und im ehemaligen Elbe-Urstromtal wurde der Radius der Polygone von feinkörnigen Sedimenten auf 1/3 der Distanz zum nächsten grobkörnigen Sediment reduziert.

Abgrenzung der Sedimentklassen im Küstenbereich

- Rinnen zwischen Sylt und Jadebusen:

in den Gezeitenrinnen zwischen Sylt und dem Jadebusen wurden, aus Gründen der hohen Sedimentdynamik, die Probenpositionen der vorherrschenden gröbereren Sedimente großflächig auskartiert. Feinkörnigere Sedimente wurden an ihren jeweiligen Probenpositionen ebenfalls berücksichtigt, allerdings nur als relativ kleine Polygone. Eine Ausnahme bildet hier die Piep westlich von Büsum. Hier treten in der Rinnenstruktur vorwiegend feinkörnige Sedimente auf.

Auf den umliegenden Wattflächen wurden die Probenpositionen der feinkörnigeren Sedimente großflächig zusammengefasst, während die grobkörnigen Sedimente kleinräumig dargestellt werden.

- Rinnen zwischen den Ostfriesischen Inseln:

Westlich des Jadebusens ist die Differenzierung der Sedimente zwischen den Rinnen und den Wattflächen weniger deutlich als zwischen Sylt und dem Jadebusen. Jedoch herrschen i. d. R. auch hier die grobkörnigen Sedimente in den Gezeitenrinnen vor.

- Kartierung der Zungenriffe (shoreface connected sand ridges) nördlich der Ostfriesischen Inseln:

Entsprechend der bisherigen Karte zur Sedimentverteilung nach FIGGE (1981) sowie auf Basis von neueren FuE-Ergebnissen (z. B. ANTIA, E. et al., 1994), weisen die Zungenriffe eine hydrodynamisch verursachte Sedimentverteilung auf. Diese äußert sich im Auftreten von grobkörnigen Sedimenten an der Luv-Seite der Sandrücken und dem Vorkommen von feinkörnigen Sedimenten auf der Lee-Seite. Sofern die Datenbelegung es erlaubt, wurden entlang der Luv-Seiten der Zungenriffe grobkörnige und entlang der Lee-Seiten feinkörnige Sedimente auskartiert.

- Umgang mit mehreren Messpunkten an einer Messstation (sedimentologische Zeitreihen):

Liegen an einer Position mehrere Sedimentproben vor, wurden die jeweils vorhandenen Sedimentklassen ausgezählt und die am Häufigsten vorkommende Klasse berücksichtigt.

5 Literatur

DIN 18123 (2011): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung. DIN Deutsches Institut für Normierung e.V. [Hrsg.]: Beuth Verlag GmbH, Berlin, 24 S.

FIGGE, K. (1981): Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht (Blatt: 2900, Maßstab: 1:250.000). – Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg.

FOLK, R.L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. – *Journal of Geology*, 62, 344-359.

FOLK, R.L. (1974): *Petrology of Sedimentary Rocks*. – Hemphill Publishing Co., Austin, 182 S.

NAUMANN, M.; WALDECK, A.; POBIN, W.; SCHWARZ, C.; FRITZ, J. (eingereicht): Berechnung von Korngrößenverteilungen auf der Basis petrographischer Bohrgutbeschreibungen. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*.

PREUSS, H., VINKEN, R., VOSS, H.-H. (1991): *Symbolschlüssel Geologie - Symbole für die Dokumentation und automatische Datenverarbeitung geologischer Feld- und Aufschlußdaten*. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe [Hrsg.], Hannover, 328 S.

Voss, H.-H. (1982): Unterlagen über Material und Methoden zur Vereinheitlichung der Korngrößenansprache bei der geologischen und bodenkundlichen Landesaufnahme. – unveröffentl. Archivbericht Nr. 010930 des ehem. NLFb (heute LBEG), Hannover.