

Schleswig-Holsteinischer Landtag  
Umdruck 19/6730

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,  
Natur und Digitalisierung | Postfach 71 51 | 24171 Kiel

An den Vorsitzenden des  
Finanzausschusses des Schleswig-  
Holsteinischen Landtages

Herrn Stefan Weber, MdL  
Landeshaus  
24105 Kiel

An den Vorsitzenden des  
Umwelt-, Agrar- und  
Digitalisierungsausschusses

Herrn Oliver Kumbartzky, MdL  
Landeshaus  
24105 Kiel

über

Finanzministerium des Landes Schleswig-  
Holstein

Düsternbrooker Weg 64

24105 Kiel

nachrichtlich

Frau Präsidentin des Landesrechnungshofes

Dr. Gaby Schäfer

Berliner Platz 2

24103 Kiel

Die Staatssekretärin

Ihr Zeichen:  
Ihre Nachricht vom: /  
Mein Zeichen: V 15 - 71450/2021  
Meine Nachricht vom: /

gesehen  
und weitergeleitet  
Kiel, den 23.11.2021



17. November 2021

**Haushaltsaufstellung 2022 – Epl. 13**  
**Berichte des MELUND zu Berichtsaufträgen aus der Finanzausschusssitzung vom**  
**03.11.2021**

Sehr geehrte Herren Vorsitzende,

in der 117. Sitzung des Finanzausschusses und der 63. Sitzung des Umwelt-, Agrar- und Digitalisierungsausschusses am 03.11.2021 war ein Tagesordnungspunkt die Haushaltsanmeldung 2022 des Epl. 13.

Im Rahmen der Diskussion hat der gemeinsam mit dem Umwelt-, Agrar- und Digitalisierungsausschuss tagende Finanzausschuss um Berichte zu unterschiedlichen Sachverhalten gebeten.

Das anliegende Dokument enthält die erbetenen Berichte.

Mit freundlichen Grüßen

gez.

Dr. Dorit Kuhnt

Anlagen:

1. Berichte des MELUND zu Berichtsaufträgen aus der Finanzausschusssitzung 03.11.2021 zur HH-Anmeldung 2022 des Epl. 13
2. LRT-Synthese\_Ostsee\_CAU-Abschlussbericht

**Berichte des MELUND zu Berichtsaufträgen aus der Finanzausschusssitzung  
03.11.2021 zum Haushaltsentwurf 2022 Epl. 13**

In der 117. Finanzausschusssitzung am 03.11.2021 war ein Tagesordnungspunkt die HH-Anmeldung 2022 des Epl.13. Im Rahmen der Diskussion hat der gemeinsam mit dem Umwelt-, Agrar- und Digitalisierungsausschuss tagende Finanzausschuss um nachfolgend aufgeführte Berichte gebeten:

**1. LT-Umdruck 19/6428**

**S. 22 Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1312.00.11114 – Gebühren und Auslagen für Planfeststellungsverfahren und Genehmigungen für Deponien und**

**S. 106 Antwort zur Frage zum HH-Titel 1316.00.53306 – Werkverträge oder andere Auftragsformen im Zusammenhang mit der Zulassung von Deponien**

Der Ausschuss bittet um eine Zusammenstellung der Verfahren, die in der Beantwortung der Landesregierung aufgeführt sind, einschließlich Nennung des Antragstellers/Verfahrens, welcher/-s in der Antwort auf S. 22 erwähnt wird“.

Zu 1316.00.53306: Nennung der Planfeststellungsverfahren (S.106).

**Beitrag MELUND:**

**S.22: HH-Titel 1312.00.11114:**

Das aktuell laufende Planfeststellungsverfahren ist die Erweiterung der Deponie Jahn Wiershop (DKII)

**S. 106: HH-Titel 1316.00.533 06:**

Aktuell laufendes Planfeststellungsverfahren: Erweiterung Deponie Jahn Wiershop (DKII)

Planfeststellungsverfahren, das noch in 2021 erwartet wird: Deponie Großenaspe (DKI)

**In 2022 erwartete Planfeststellungsverfahren:**

Erweiterung Deponie Harrislee (DKI), Erweiterung Deponie Damsdorf/Tensfeld (DKII)

Weiteres mögliches Planfeststellungsverfahren mit ungewissem Zeitpunkt:

Deponie an der B76 Gammelby/Kosel (DKI), hier läuft gerade das Raumordnungsverfahren beim MILIG.

Neuverfahren mit Scoping-Termin: Deponie Albersdorf (DKI) der Otto Timm GmbH & Co. KG

**2. LT-Umdruck 19/6428 S.53**

**S. 53 Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1313.03.68605 – An Stiftungen und Sonstige für Maßnahmen des Natur- und Artenschutzes**

Der Ausschuss bittet um eine Zusammenstellung, in der die geförderten Stiftungen und Sonstige mit Projekt und Zuwendungshöhe aufgeführt sind (für 2020 und 2021).

**Beitrag MELUND:**

In den Jahren 2020 und 2021 wurden Mittel für folgende Projekte ausgezahlt:

<b>2020</b>		
<b>Zuwendungsempfänger</b>	<b>Projekt</b>	<b>Auszahlung</b>
Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein GmbH	Gänsemanagement Westerhever Nonnengänse	70.000,00 €
BUND Inselgruppe Föhr-Amrum	Schutz- und Entwicklungsmaßnahme (SuE): Gemeinschaftlicher Wiesenvogelschutz (GWS)	59.356,45 €
Bündnis Naturschutz in Dithmarschen	SuE: GWS	20.775,10 €
	SuE: GWS	23.026,50 €
	Lachseeschwalbe	74.749,34 €
	SuE	48.850,00 €
Dr. Sönke Martens	Trauerschnäpper	1.350,00 €
Hände für Pfoten e.V.	Winterquartier Amphibien	2.100,00 €
	Edelkrebsschutz	4.373,25 €
Komitee gegen den Vogelmord e.V.	Froschland 2020	125.910,00 €
Kuno e. V.	SuE: GWS	161.528,10 €
Landesjagdverband Schleswig-Holstein	Artenschutzmaßnahme (ASM) Wiesenweihe	24.500,00 €
Landschaftspflegeverein Dummersdorfer Ufer e. V.	Ausstellung Vogelzug Naturerlebniszentrum Lübeck-Travemünde	133.351,89 €
Michael-Otto-Institut im NABU	SuE: GWS	38.000,00 €
	SuE: GWS	4.500,00 €

NABU Hamburg	SuE	3.986,50 €
Naturschutzbund Deutschland	Schutzsystem Kiebitz	3.159,61 €
Otto Harders	SuE: GWS Haaler Au	9.420,00 €
Projektgruppe Seeadlerschutz S-H	Mäusebussardprojekt 2020	45.641,83 €
Stiftung Naturschutz	SuE: Mähraupe	92.128,88 €
	SuE	7.641,27 €
Unabhängiges Kuratorium Landschaft Schleswig-Holstein	Entkusseln Bokseer Moor	5.892,00 €
<i>Rückzahlungen nicht benötigter Zuwendungen</i>		- 72.353,44 €
Gesamt		887.887,28 €

<b>2021</b>		
<b>Zuwendungsempfänger</b>	<b>Projekt</b>	<b>Auszahlung</b>
Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein GmbH	Biotopgestaltende Maßnahme (bgM) Gänsemanagement Süderdithmarschen	57.395,53 €
BUND Inselgruppe Föhr-Amrum	SuE: GWS	85.000,00 €
Bündnis Naturschutz in Dithmarschen	SuE: GWS	24.151,05 €
Hände für Pfoten e.V.	ASM Amphibien	1.100,00 €
Komitee gegen den Vogelmord e.V.	ASM Froschland	6.187,50 €
Kuno e.V.	SuE: GWS	16.025,62 €
NABU Hamburg	SuE	4.106,00 €
Peter Ahlers	SuE: GWS	500,00 €
Stiftung Naturschutz	SuE: Mähraupe	47.500,40 €
Ute Hebbeln	SuE: GWS	6.900,00 €
<i>Rückzahlungen nicht benötigter Zuwendungen</i>		- 65.425,04 €
Gesamt		183.441,06 €

### 3. LT-Umdruck 19/6428 S.79 ff

#### **Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1315.00.53302 – Ausgaben aufgrund von Werkverträgen für Untersuchungen in Küstengewässern zur Umsetzung MSRL**

Der Ausschuss bittet um Zusendung des Abschlussberichts der CAU zum Projekt zur Untersuchung von Riffen in der Ostsee.

#### **Beitrag MELUND:**

Der Abschlussberichts der CAU zum Projekt zur Untersuchung von Riffen in der Ostsee liegt diesem Dokument bei.



LRT\_Synthese\_Ostsee\_Abschlussbericht

### 4. LT-Umdruck 19/6428 S.88

#### **Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1315.00.68602 – Zuschüsse an Sonstige für die Krabbenfischerei im Wattenmeer und zur Stärkung der Nationalpark-Region.**

Der Ausschuss bittet um eine Zusammenstellung der Maßnahmen (einschließlich Beiträge), die in 2021 bezuschusst wurden oder in 2022 gefördert werden sollen. Für 2022 soll dadurch die Kalkulationsgrundlage für den Ansatz in Höhe von 800,0 T€ belegt werden.

#### **Beitrag MELUND:**

Zusammenstellung der Maßnahmen u. Beträge, die in 2021 bezuschusst wurden und in 2022 werden sollen.

#### 2021

Projekte	Beträge 2021 in €	Anmerkungen
Integrierte Station Beltringharder Koog	199.700	Der Bau des Gebäudes für die IS Westküste hat begonnen und verläuft planmäßig. Die Mittel sollen in 2021 noch abfließen.
Innovationsprogramm Krabbenfischerei (1. Tranche)	10.000	5 T € sind abgeflossen, weitere 5 T € sind gebunden.
Cranimpact	53.139	

2022

Die Erhöhung des Ansatzes resultiert daraus, dass 2022 auch Projekte des MELUND zur Stärkung der Nationalpark-Region über diesen Titel umgesetzt werden sollen.

Projekt(vor-schlag)	Kostenschät-zung 2022 in €	Anmerkungen
Projekte zur Stär-kung der Natio-nalpark-Region	200.000	In welche Projekte zur Stärkung der Nationalpark-Region (z.B. Unterstützung der Sterneninsel Pellworm und der Nationalpark-Partnerbetriebe) die Mittel tatsächlich gehen, hängt davon ab, wann Projekte beantragt werden.
Energetische Op-timierung von Fi-schereifahrzeu-gen	550.000	Das Projekt wurde vom Fischerverein Friedrichskoog dem Krabbenfischereibeirat vorgeschlagen und dort dis-kutiert. Vorsorglich wurden Mittel entsprechend einer ersten Kostenschätzung bei den Anmeldungen für den HH 2022 eingeplant.  Zwischenzeitlich wurde der Antrag auf Wunsch des Fi-schervereins zurückgestellt, da dieser sich zunächst mit dem Landesfischereiverband abstimmen wollte. Es bleibt also abzuwarten, ob der Fischerverein an dem Antrag festhält und ggf. der Beirat eine Förderung empfiehlt.
Innovationspro-gramm Krabbenfi-scherei (2. Tran-che)	50.000	Unter dem Dach des Innovationsprogrammes können Krabbenfischer eine Zuwendung i.H.v. 5.000 € beantra-gen, um eine Idee zur Steigerung der Nachhaltigkeit die-ser Nutzungsform (z.B. Anpassungen des Netzes) in der Praxis auszuprobieren. Zunächst wurden bis zu 10 Ein-zelprojekte (Gesamtkosten 50.000 €) eingeplant. Da mittlerweile 9 Projekte bewilligt werden konnten und das Programm weitergeführt werden soll, wurden für eine 2. Tranche mit erneut bis zu 10 Einzelprojekten weitere 50.000 € eingeplant.

**5. LT-Umdruck 19/6428 S.111 f**

**Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1317.00.89202 – Zuschüsse für Maßnahmen zum Um- und Neubau von tierwohlgerechten Ställen.**

Der Ausschuss bittet um Erläuterung zur Teilnahme SH- Landwirtinnen und Landwirten am durch das Bundesprogramm geförderten tierwohlgerechten Stallbaumaßnahmen und zum Konzept für das 2 Mio. Sonderprogramm „Zuschüsse für Maßnahmen zum Um- und Neubau von tierwohlgerechten Ställen“

## **Beitrag MELUND:**

### **Zusammenstellung der durch das Bundesprogramm geförderten tierwohlgerechten Stallbaumaßnahmen**

Mit dem Bundesprogramm förderte die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in den Jahren 2020 und 2021 Stallumbauten und Stallersatzbauten in der Sauenhaltung zur Gewährleistung des Tierwohls. Der Fördersatz für das Bundesprogramm betrug 40 Prozent der förderfähigen Ausgaben. Die Höchstgrenze für die Förderung lag bei 500.000 Euro pro landwirtschaftlichem Betrieb und Investitionsvorhaben.

Im Bundesprogramm war auch die Förderung der Inanspruchnahme einer einzelbetrieblichen Beratung zur Erstellung eines Um- oder Ersatzbaukonzepts enthalten. Es wurden jedoch nur Investitionen gefördert, die nicht mit einer Vergrößerung des Tierbestandes verbunden sind.

Bis zum 30. September 2021 konnten Sauenhalterinnen und Sauenhalter Anträge im Rahmen des Bundesprogramms Stallumbau einreichen. Aus Schleswig-Holstein sind 10 Förderanträge für das Bundesprogramm bei der BLE eingegangen. Konkrete Informationen über die einzelnen geplanten Stallum- und Stallersatzbauten liegen dem MELUND nicht vor.

### **Konzept für das 2 Mio. Sonderprogramm „Zuschüsse für Maßnahmen zum Um- und Neubau von tierwohlgerechten Ställen“**

Im Rahmen der Schlussberatungen im Landtag zum Landeshaushalt 2021 wurde ein Finanzvolumen in Höhe von 2 Mio. € für Maßnahmen zum Um- und Neubau von tierwohlgerechten Ställen bereitgestellt. Haushaltstechnisch können die Mittel bis 2024 eingesetzt werden.

Das MELUND wird sich zur Umsetzung auf die Zukunftssicherung der Sauenhaltung in Schleswig-Holstein konzentrieren. Derzeit gibt es ca. 250 überwiegend bäuerliche Betriebe mit Sauenhaltung. Gerade vor dem Hintergrund der laufenden Koalitionsverhandlungen auf Bundesebene und der aktuell schwachen Ferkelpreise benötigen die Betriebe eine „Perspektive 2040“. Nach intensiven Gesprächen mit Fachleuten u.a. der Landwirtschaftskammer sind zwei Maßnahmen geplant:

#### **Beratungsoffensive:**

Es sollen den ca. 250 sauenhaltenden Betrieben in Schleswig-Holstein zwei Module angeboten werden (Basis und Aufbau). Möglichst viele Betriebe sollen motiviert werden, für

sich ein betriebsindividuelles Zukunftskonzept bis hin zu ersten baulichen Konzepten zu erarbeiten. Mit Blick auf das EU-Beihilferecht ist die Förderung auf 1500 € pro Modul begrenzt. Die Förderung fließt nicht an die Landwirtinnen und Landwirte, sondern direkt an die Beratenden. Es wird von ca. 300 Modulberatungen ausgegangen.

Die zwei Modulgruppen dienen den Beraterinnen und Beratern als Grundlage für verschiedene fachliche Frage- bzw. Problemstellungen der Sauenhaltung und helfen eine weitgehend tierwohl- und klimaschutzorientierte ganzheitliche Beratung durchzuführen. Die Beraterinnen und Berater haben die Aufgabe, mit Hilfe der verschiedenen Beratungsmodul die landwirtschaftliche Betriebsstruktur zu erfassen, die Landwirtinnen und Landwirte bei speziellen Frage- bzw. Problemstellungen ihrer jeweiligen Betriebsausrichtung und Bewirtschaftungsweise unterstützend und aufklärend im Sinne des Tierwohls und des Klimaschutzes zu beraten.

Das Modul 1 ist als „Basisberatung“ charakterisiert. Hierbei werden landwirtschaftliche Betriebe für die Beratung gewonnen und auf Betriebsebene beraten.

Im Fokus stehen dabei folgende Aspekte:

- Wo liegt die Motivation der Betriebsangehörigen?
- Welche Rahmenbedingungen sind besonders relevant?
- Welchen zeitlichen Horizont gibt es für den Betrieb?
- Wie sind die örtlichen Gegebenheiten?
- Bausubstanz
- etc.

Das Beratungsergebnis wird in einem „Modulbericht“ festgehalten und enthält Aussagen zu verschiedenen Fragestellungen, die als Muster zugrunde liegen.

Das Modul 2 ist als „Aufbauberatung“ charakterisiert. Angesprochen sind insbesondere landwirtschaftliche Betriebe, die sich nach einer Basisberatung gemäß Modul 1 für eine intensivere Auseinandersetzung mit möglichen Zukunftsinvestitionen entscheiden. Es können jedoch auch Betriebe teilnehmen, die nicht am Basismodul teilgenommen haben.

Im Fokus stehen dabei folgende Aspekte:

- Genehmigungen
- Bausubstanz
- Ist eher Umbau oder Neubau erstrebenswert
- Finanzielle Situation
- Familiäre Situation / Perspektive

□ Baukonzepte inclusive Grundzüge einer Bauplanung und Emissionsbetrachtung

Diese inhaltlichen Vorgaben an die Beratung werden im Zuge der Ausschreibung angefordert und sind Grundlage für das EU-Freistellungsverfahren. Die sich bewerbenden Institutionen legen für das Auswahlverfahren entsprechend ausdifferenzierte Konzepte vor, die dann Grundlage für den Vertrag werden.

Für die „Beratungsoffensive“ sind ca. 500.000 € aus dem 2 Mio. €-Kontingent für „Zuschüsse für Maßnahmen zum Um- und Neubau von tierwohlgerechten Ställen“ eingeplant.

Über die haushaltsrechtliche Ermächtigung des FM (§ 8 Abs. 17 HG) wurde auf Antrag des MELUND der für die Umsetzung der Beratungsoffensive erforderliche HH-Titel im Kapitel 1317 im Haushaltsvollzug ausgebracht.

Die Ausschreibung zur Beratung erfolgt in Form eines Teilnahmewettbewerbs. Das Verfahren befindet sich auf den Stand der „Interessensbekundung“. Es liegen Teilnahmeanträge von zwei Interessenten vor. Diese Interessenten sollen im nächsten Schritt aufgefordert werden, ein Angebot abzugeben.

**Bau einer Demonstrations- und Forschungsanlage für zukunftsfeste Ferkelerzeugung im Lehr- und Versuchszentrum der Landwirtschaftskammer in Futterkamp:**

Im Lehr- und Versuchszentrum (LVZ) der Landwirtschaftskammer in Futterkamp ist ein Um- bzw. Erweiterungsbau für die dortige Sauenhaltung im Gespräch. Dieses Modernisierungsprojekt kann als Ergänzung, Veranschaulichung und Bezugspunkt der geplanten „Beratungsoffensive“ angesehen werden.

Bei den informellen Gesprächen ist der Landwirtschaftskammer deutlich signalisiert worden, dass eine Förderung mit der Erwartung verbunden wäre, dass das Projekt auch solche Haltungformen zeigt, die zunächst noch nicht für alle Sauenbetriebe interessant sind (z.B. Strohhaltung oder Kriterien aus dem Ökolandbau).

Die Förderung soll das politische Ziel unterstützen, die Sauenhaltung bzw. Ferkelproduktion als starken Wirtschaftszweig in Schleswig-Holstein zu erhalten, im Zusammenhang mit einer flächendeckenden Erhöhung des Tierwohlniveaus.

Ziel ist es, im LVZ Futterkamp ein innovatives Haltungskonzept für die Ferkelerzeugung in Norddeutschland bzw. bundesweit aufzuzeigen und damit ein richtungsweisender Versuchs- und Demonstrationsstall für die zukünftigen Anforderungen in der Sauenhaltung

zu werden. Schwerpunkte des Konzeptes sind Tierwohl, Minimierung von Umweltwirkungen, Verbraucherakzeptanz, Automatisierung und Digitalisierung. Das LVZ kann dabei auf eine langjährige erfolgreiche Erfahrung aufbauen. Das Lehr- und Versuchszentrum verfügt bereits über eine Herde von 400 Sauen mit angeschlossener Ferkelaufzucht und Schweinemast.

Es gibt eine grobe Kostenschätzung für geplante Inhalte bzw. Bauabschnitte. Eine vollständige Umsetzung erfordert nach aktuellem Planungsstand ein Budget von ca. 3 Mio. € und mehr. Bislang hat das MELUND zwar eine Förderung, aber keinen bestimmten Betrag bzw. Anteil in Aussicht gestellt. Eine Größenordnung von ca. 1,5 Mio. € ist im Gespräch.

Die Einhaltung der Bedingungen des europäischen Beihilferechts wird derzeit im MELUND geprüft. Die Geschäftsführung der Landwirtschaftskammer SH plant im Frühjahr 2022 einen konkreten Förderantrag an das MELUND zu stellen.

#### **6. LT-Umdruck 19/6428 S.120 ff**

##### **Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1317.11.68611 – Zuschüsse an Vereine und Verbände.**

Der Ausschuss bittet um Erläuterung, wieso das Land Brandenburg (S. 121) als Zuschussempfänger aufgeführt wurde. Begründung und Betrag.

##### **Beitrag MELUND:**

Schleswig-Holstein ist gemeinsam mit den Ländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Thüringen aktiver Unterstützer des Instituts für Binnenfischerei (IfB) zur Klärung relevanter binnenfischereilicher Fragestellungen. In diesem Zusammenhang wird ein Zuschuss aus dem Epl. 13 für das mehrjährige IfB-Vorhaben „Weiterentwicklung und Vermittlung von Ansätzen und Maßnahmen zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Fischbeständen in Binnengewässern und zur emissionsarmen Aufzucht von Fischen in Anlagen der Aquakultur“ an Brandenburg gezahlt. Endempfänger ist das IfB. Die von SH für dieses Projekt gewährten Zuschüsse beliefen sich im Haushaltsjahr 2020 auf 27.250,- €. Das Vorhaben wird im Haushaltsjahr 2021 fortgesetzt, eine Zahlung ist bisher noch nicht erfolgt.

**7. LT-Umdruck 19/6428 S.124**

**Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1317.12.68512 – Zuschüsse an öffentliche Träger von EMFF/EMFAF-Maßnahmen.**

Der Ausschuss bittet um eine Zusammenstellung, welche öffentlichen Träger von EMFF/EMFAF-Maßnahmen aus diesem Titel gefördert wurden. (Name, Betrag und Zweck) und um Erläuterung, warum der Mittelabfluss so gering ist.

**Beitrag MELUND:**

Der Mittelabfluss in diesem Titel ist abhängig von den vorliegenden Förderanträgen öffentlicher Projektträger auf Fördermittel aus dem EMFF und der dazugehörigen nationalen Kofinanzierung. Eine genaue Prognose über das konkrete Antragsvolumen ist zum Zeitpunkt der Haushaltsanmeldung schwierig. Größere Vorhaben öffentlicher Träger in der noch laufenden EMFF-Förderperiode wurden bereits weitestgehend im Haushaltsjahr 2019 abgeschlossen und schlussgezahlt. Weitere Anträge lagen der Bewilligungsbehörde nicht vor.

Begünstigter	Zuwendungszweck	Betrag
<b>Haushaltsjahr 2019</b>		
Amt Büsum-Wesselburen	Vorhaben „Innovatives Kutterkonzept“	11.067,-- €
Land Mecklenburg-Vorpommern	Anteilige Finanzierung der gemeinsamen Länder-Koordinierung EMFF	318,36 €
Landwirtschaftskammer SH	Vorhaben „Kompetenznetzwerk Aquakultur“	59.502,-- €
Landwirtschaftskammer SH	Vorhaben „Landesdachmarke ‚Wir Fischen.SH‘“	93.863,73 €
LAG AktivRegion Wagrien-Fehmarn	Managementkosten Fischwirtschaftsgebiet	725,-- €
<b>Haushaltsjahr 2020</b>		
Land Mecklenburg-Vorpommern	Anteilige Finanzierung der gemeinsamen Länder-Koordinierung EMFF	1.335,34 €
Darüber hinaus erfolgten Verrechnungen, wie in der Antwort zur Ausgangsfrage beschrieben.		
<b>Haushaltsjahr 2021</b>		
Land Mecklenburg-Vorpommern	Anteilige Finanzierung der gemeinsamen Länder-Koordinierung EMFF	394,11 €
Landwirtschaftskammer SH	Nachzahlung zum „Kompetenznetzwerk Aquakultur“	515,11 €

**8. LT-Umdruck 19/6428 S.136**

**Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1318.03.68608 – Zuwendungen und Projektförderungen.**

Der Ausschuss bittet um eine Zusammenstellung der Ausgaben des HH-Titels, die aus Corona-Mitteln finanziert wurden.

**Beitrag MELUND:**

Zusammenstellung der Corona-Notkredit-Mittel:

Investitionsbank Schleswig-Holstein	Verlängerung EKI 2021-2023  Das Land und die IB.SH haben einen Vertrag zur Übertragung von Beratungsaufgaben im Rahmen der Energie- und Klimaschutzinitiative (EKI) des Landes Schleswig-Holstein 2021-2023 geschlossen. In 2021 wurden für EKI 556.396 € in 2 Tranchen an die Investitionsbank SH (IB.SH) gezahlt.	556.396 €
Investitionsbank Schleswig-Holstein	Aufstockung der landesseitigen Ko-Finanzierung des KfW- Zuschussprogramms Nr. 432 in 2021.  1. 1.Tranche: Das Land und die IB.SH haben einen Aufgabenübertragungsvertrag zur Förderung der energetischen Stadtsanierung zur Ko-Finanzierung des KfW-Zuschussprogramms Nr. 432 geschlossen. Die IB.SH hat die Abwicklung des Förderprogramms übernommen. In 2021 wurde die 1. Tranche für Sanierungsmanagements i.H. von 250.000 € an die IB.SH gezahlt. 2. Die 2. Tranche i.H. von 500.000 € soll zum 15.12.2021 an die IB.SH übergeben werden.	250.000 €
<b>RiLi nachhaltige Wärmeversorgungssysteme</b>		
Renergiewerke Haselund GmbH	Wärmenetzwerk Haselund	511.617,52
Dau Energie GmbH & Co. KG	Wärmenetzwerk Tetenhusen	495.322,91

### 9. LT-Umdruck 19/6430 S.73

#### **Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1613.04.53301 – Ausgaben aufgrund von Werkverträgen oder anderen Auftragsformen für Untersuchungen, Messungen und Gutachten im Rahmen von Gefahrenabwehrmaßnahmen.**

Der Ausschuss bittet um die Zusendung einer Chronologie bzw. eines Verfahrensablaufes der Sanierung / Teilräumung des Altreifenlagers in Groß-Offenseth

#### **Beitrag MELUND:**

Im Auftrag des MLUR erstellte 2008 ein Sachverständiger ein Brandschutzgutachten. Er forderte unbedingt die Herstellung ausreichender Brandgassen. 2009 und 2012 ordnete das LLUR die Räumung gegenüber dem jeweiligen Grundstückseigentümer an. Dem Grundstückseigentümer und ehemaligen Geschäftsführer wurde die Möglichkeit gegeben, selbst Lösungen zu entwickeln. Zwischen 2012 und 2019 gab es erfolglose Bemühungen zur Räumung. Trotz Druck und regelmäßigem Nachhaken durch das Land scheiterten alle Versuche zum Absatz größerer Altreifenmengen an den dafür notwendigen Kosten. Im Nachgang einer Kreistagsbefassung 2019 trug der Landrat des Kreises Pinneberg dem Umweltminister persönlich die Problemlage vor. Das Altreifenlager wurde zunehmend als Brandlast wahrgenommen. Es erfolgte eine neue Bewertung der Gefährdungslage und der Entschluss zum Handeln entstand. Zunächst wurde ein Gutachten zur Ermittlung der Lagermengen und Darstellung möglicher Entsorgungswege in Auftrag gegeben.

Der weitere Verlauf der Teilräumung wird in folgender Tabelle dargestellt:

Dezember 2019	Vorlage des Berichts „Ermittlung von Entsorgungsalternativen für das Altreifenlager Groß Offenseth“ durch die ATUS GmbH  Der im Auftrag des MELUND erstellte Bericht umfasst eine Marktrecherche mit Befragung potentieller Entsorger sowie die Aufnahme der in Groß Offenseth lagernden Mengen und ist Grundlage für die Kostenkalkulation und die nachfolgende Ausschreibung.
23.07.2020	Ausschreibung von Ingenieurleistungen durch die GMSH  Inhalt ist die Erstellung einer Leistungsbeschreibung für die folgende Ausschreibung der Räumung, die Bewertung der Angebote und die Begleitung der Räumung.
10.09.2020	Zuschlag an die ATUS GmbH
14.01.2021	Ausschreibung der Räumung durch die GMSH  Grundlage ist die von ATUS mit dem MELUND und dem LLUR erstellte Leistungsbeschreibung.
06.04.2021	Zuschlag an die REG (Reifen-Entsorgungsgesellschaft mbH)

17.05.2021	Erster Abtransport von Altreifen und Altreifenschnitzeln
30.06.2021	Erste Abschlagsrechnung von REG Weitere Abschlagsrechnungen jeweils zum Monatsende.
Jahresende 2021	Angestrebt wird der Abschluss der Teilräumung noch in 2021. Ggf. müssten Restmittel für Restarbeiten nach 2022 übertragen werden.

#### **10.LT-Umdruck 19/6430 S.74**

#### **Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1613.04.71201 – Tiefbauarbeiten im Zusammenhang mit Gefahrenabwehrmaßnahmen bei Altlasten und Abfallentsorgungsanlagen.**

Der Ausschuss bittet um eine Zusammenstellung der geförderten Maßnahmen und Förderbeträge (Ablauf: zeitlich und finanziell)

#### **Beitrag MELUND:**

Aus dem Titel 1613.04.712 01 wurden in 2021 Tiefbauarbeiten im Zusammenhang mit Gefahrenabwehrmaßnahmen beim Reifenlager Groß-Offenseth und der Deponie Gammelby finanziert. Für 2022 sind Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Abfalllager in Norderstedt vorgesehen.

#### **Maßnahme 1: Teilräumung Reifenlager Groß-Offenseth:**

Für die operativen Maßnahmen (Teilräumung) wurden bisher 1,2 Mio. € (Stand 30.10.) aus dem Titel 1613.04.712 01 ausgegeben. Rechnungen erfolgen entsprechend dem Räumungsfortschritt jeweils zum Monatsende. (30.6. 152.095 €; 30.07. 295.403 €; 26.08. 216.402 €; 30.09. 417.952 €; 29.10. 143.745 €)

#### **Maßnahme 2: Tiefbauarbeiten Deponie Gammelby:**

Ausschreibung Bauleistung 02/2021

Tiefbauarbeiten: Bau der Oberflächenabdichtung und Rekultivierung der Deponie, mit Errichtung der Zufahrt und Abdichtung Sickerwasserbecken sowie Fremdüberwachung mineralisch und Kunststoff für die Oberflächenabdichtung: Baubeginn in 05/2021; bisherige Ausgaben 362.934 € (Rechnungen ab dem 9.7.).

**11.LT-Umdruck 19/6430 S.77**

**Antwort zur Frage zum HH-Titel: 1613.04.88354 – An Kreise und Gemeinden für die Altlastensanierung und das Flächenrecycling**

Der Ausschuss bittet um eine konkrete Darstellung, welche Kommunen mit welchen Beiträgen unterstützt wurde.

**Beitrag MELUND:**

Zusammenstellung der Einzelmaßnahmen in Tabellenform:

Tabelle 1: Einzelmaßnahmen für das HH-Jahr 2021 (Stand Okt. 2021)

<b>Einzelmaßnahme</b>	<b>Förderhöhe [€]</b>	<b>Zuwendungsempf./ Antragssteller</b>	<b>Akt. Stand</b>
Altlastensanierung – Sanierung der Fläche eines ehem. Gaswerkes; Fläche wird nach Sanierung als „Aktivpark“ wieder-hergerichtet	10.894,36	Stadt Friedrichstadt, Kreis Nordfriesland	Mittel bewilligt & ausgezahlt
Altlastensanierung - Förderung einer laufenden Sanierungsmaßnahme einer Boden- und Grundwasserkontamination (Pump-and-Treat-Verfahren) in der Stadt Preetz, Kreis Plön	5.000,00	Kreis Plön	Mittel bewilligt für 2021, mehrjährige Maßnahme, daher auch Mittel für 2022 bereits bewilligt (siehe Tab. 2)
Altlastensanierung - Förderung einer laufenden Sanierungsmaßnahme einer Boden- und Grundwasserkontamination in der Stadt Schenefeld, Kreis Pinneberg	38.812,50	Kreis Pinneberg	Mittel beantragt für 2021; mehrjährige Maßnahme
Altlastensanierung - Förderung einer laufenden Sanierungsmaßnahme einer Boden- und Grundwasserkontamination in der Stadt Uetersen, Kreis Pinneberg	2.500,00	Kreis Pinneberg	Antrag bisher nur angekündigt; mehrjährige Maßnahme
<b>Gesamt</b>	<b>57.206,86</b>		

Tabelle 2: bisher beantragte/bewilligte Einzelmaßnahmen für das HH-Jahr 2022 (Stand Okt. 2021)

<b>Einzelmaßnahme</b>	<b>Förderhöhe [€]</b>	<b>Zuwendungsempf./ Antragssteller</b>	<b>Akt. Stand</b>
Altlastensanierung - Förderung einer laufenden Sanierungsmaßnahme einer Boden- und Grundwasserkontamination in der Stadt Preetz, Kreis Plön	10.000,00	Kreis Plön	Mittel bewilligt für 2022, mehrjährige Maßnahme (siehe Tab: 1)
Altlastensanierung - Förderung einer laufenden Sanierungsmaßnahme einer Boden- und Grundwasserkontamination (Pump-and-Treat-Verfahren) in der Stadt Schenefeld, Kreis Pinneberg	45.450,00	Kreis Pinneberg	Mittel beantragt für 2022; mehrjährige Maßnahme
Altlastensanierung - Förderung einer laufenden Sanierungsmaßnahme einer Boden- und Grundwasserkontamination (Pump-and-Treat-Verfahren) in der Stadt Uetersen, Kreis Pinneberg	2.500,00	Kreis Pinneberg	Antrag angekündigt; mehrjährige Maßnahme
<b>Gesamt</b>	<b>57.950,00</b>		

Ergänzung zu Planungen 2022:

Aktuell liegen dem MELUND Anfragen von 12 potentiellen Projekten für Maßnahmen zur Altlastensanierung und zum Flächenrecycling bzw. zur Flächenrevitalisierung vor. Es ist jedoch bei einer Vielzahl dieser Projekte nicht bekannt, wann genau mit einer Antragsstellung zu rechnen ist. Von diesen Projekten könnten mind. ein bis zwei Projekte bereits 2022 beantragt und bewilligt werden. Dies hängt jedoch zu einem großen Teil von den politischen Entscheidungen innerhalb der Kommunen sowie der Möglichkeit der Kommunen zur Bereitstellung der erforderlichen Eigenmittel ab. Die Gesamtkosten einer solchen Maßnahme belaufen sich in vielen Fällen im sechs- bis siebenstelligen Eurobereich und stellen damit eine große Hürde bei der Umsetzung für die Kommunen dar.

**Abschlussbericht**

**Lebensraumtypen Ostsee Synthese**

**Institut für Geowissenschaften**  
**Christian-Albrechts-Universität, Kiel**



**Klaus Schwarzer & Giuliana Díaz Mendoza**  
**Kiel, Juli 2020**

# **Abschlussbericht**

## **Lebensraumtypen Ostsee Synthese**

**Institut für Geowissenschaften  
Christian-Albrechts-Universität, Kiel**



**Klaus Schwarzer & Giuliana Díaz Mendoza**  
**Kiel, Juli 2020**

Dr. Klaus Schwarzer

*Klaus Schwarzer*

---

MSc Giuliana Díaz Mendoza

*Giuliana Díaz Mendoza*

---

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	1
1.1	Zielsetzung .....	2
2.	Arbeitsgebiet .....	3
2.1	Datengrundlage.....	5
2.2	Sedimente des Meeresbodens .....	9
2.3	Klassifikationsschemata für Habitate .....	10
2.4	Erfassung und Kartierung von Lebensraumtypen .....	13
3.	Methoden .....	15
4.	Ergebnisse .....	23
4.1	Morphologie des Meeresbodens; Geländeparameter unter Verwendung des Benthic Terrain Modeler (BTM) .....	23
4.2	SSS-Mosaik .....	32
4.3	Harmonisierung der Sedimentklassen .....	33
4.4	Vorkommen von Steinen und Blöcken.....	36
4.5	Zusammenstellung der Lebensraumtypen nach der FFH-Richtlinie.....	37
4.6	Klassifikation von Lebensräumen nach Greene et al (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) dargestellt an einem Beispiel der Flensburger Förde .....	40
5.	Diskussion.....	45
5.1	Räumliche Merkmale der Sedimentverteilung in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee .....	45
5.2	Sandkörper.....	46
5.3	Verteilung der FFH - Lebensraumtypen im Bereich der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee .....	49
5.4	Der Vorteil der Anwendung der Greene-Ansatzes bei der Charakterisierung von Habitaten.....	52
6.	Zusammenfassung.....	54
7.	Literaturverzeichnis und Verzeichnis der Arbeitsgrundlagen .....	55

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Die im Rahmen der Lebensraumtypenkartierungen untersuchten Bereiche der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostseeküste. ....	6
Abbildung 2. Das in 22 Bereiche aufgeteilte Untersuchungsgebiet der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee .....	7
Abbildung 3. Verteilung der Oberflächensedimente in der südwestlichen Ostsee nach Hermansen und Jensen (2000), modifiziert nach Reimers (2008). ....	10
Abbildung 4. Kenntnisstand über die marinen FFH-Lebensraumtypen im Bereich der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee zu Beginn der Untersuchungsreihe „Marine Lebensraumtypen“ (Schwarzer et al., 2008) .....	14
Abbildung 5. Schema der für die Synthese durchgeführten Zusammenführung und Harmonisierung der Daten aus den Lebensraumtypenkartierungen, die zur Klassifizierung des Meeresbodens verwendet wurden .....	16
Abbildung 6. Einteilung der Sedimenttypen für klastische Sedimente, modifiziert nach Folk (1954).....	17
Abbildung 7. Diagramm, das die Unterschiede in der Größe von Merkmalen zwischen den Klassen in verschachtelten Hierarchien zeigt.....	20
Abbildung 8. Beispiel für den von Greene et al. (2007) vorgeschlagenen Code. ....	20
Abbildung 9. BPI-Werte für die schleswig-holsteinischen Ostseeküste. ....	24
Abbildung 10. Morphologisches Klassifikationsschema unter Verwendung von Geländemerkmale .....	25
Abbildung 11. Klassifikation der Hangneigungswerte.....	27
Abbildung 12. Hangneigungswerte (Grad) im Untersuchungsgebiet, berechnet in ArcGIS® auf der Basis von Bathymetriedaten mit einer Gitterzellengröße von 50 m.....	28
Abbildung 13. Klassifikation der Rauheitswerte.....	30
Abbildung 14. In ArcGIS® berechnete Rauheitswerte (Grad) des Untersuchungsgebietes .....	31
Abbildung 15. Zusammenstellung Seitensichtsonar-Mosaike für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee. ....	34
Abbildung 16. Die Sedimentverteilung in ausgewählten Bereichen der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee basierend auf der Klassifikation nach Folk (1954).....	35
Abbildung 17. Beispiel der Blockverteilung auf der Sagasbank. ....	37

Abbildung 18. Vorkommen von Sandbänken (FFH-Lebensraumtyp 1110), Sandflächen und Riffen (FFH-Lebensraumtyp 1170) in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee .....	39
Abbildung 19. Ergebnisse der Korngrößenanalyse für Sandakkumulationen an der Südflanke der Abrasionsplattform westlich Fehmarn .....	40
Abbildung 20.. Beispiel aus der Mecklenburger Bucht zur Erläuterung des Attributcodes nach Greene.....	41
Abbildung 21. Beispiel in der Flensburger Innenförde für die Klassifikation nach Greene .....	42
Abbildung 22. Seismische Profile von verschiedenen Sandkörpern im Untersuchungsgebiet. ....	48
Abbildung 23. Vorkommen der Lebensraumtypen Sandbank (1110) und Riff (1170) in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee. Die Abbildung zeigt den vergleich des aktuellen Kenntnisstandes (diese Synthese) mit dem Kenntnisstand von 2008.....	51
Abbildung 24. Beispiel für die Verwendung von Daten aus der GIS-Attributtabelle .....	53

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Daten aus den Projekten zur Kartierung von Lebensraumtypen (LRT) mit Finanzierung durch das LLUR, andere, durch das LLUR geförderte Projekte sowie weitere, am IfG vorhandene Quellen, aus denen Daten in den Bericht eingeflossen sind.....	8
Tabelle 2: Notwendige Kenntnisse für die Einstufung der Bearbeitungsstände von FFH-Lebensraumtypen-Gebieten .....	13
Tabelle 3: Geomorphologische Parameter .....	19
Tabelle 4: Schlüsselparameter zum Habitat-Code, die in der Klassifikation verwendet werden. ....	22
Tabelle 5: Beispiel für die Greene-Attributcode-GIS-Tabelle. ....	43
Tabelle 5: Verteilung der FFH-Lebensraumtypen Riff- und Sandbank in den einzelnen Untersuchungsgebieten der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee auf der Basis der durchgeführten FF-Lebensraumtypen-Kartierungen. ....	44

## **Anhang**

Anhang 1: Erläuterung der Attributtabelle des GIS-Projektes.

Anhang 2: Zusammenstellung von Seitensichtsonar-Mosaiken für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee.

Anhang 3: Sedimentverteilung in ausgewählten Bereichen der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee basierend auf der Klassifikation nach Folk (1954).

Anhang 4: Vorkommen von Sandbänken, Sandflächen und Riffen in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee auf der Grundlage von Informationen aus früheren FFH-LRT- Kartierungen.

## 1. Einleitung

Die Erkenntnis, dass intensive Nutzungen der küstennahen Gewässer oftmals starke Auswirkungen in diesen empfindlichen Lebensräumen hinterlassen, führte in der Vergangenheit zu mehr kontrollierendem Einfluss durch politische Gremien. Mit der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen), im Folgenden auch als FFH-Richtlinie bezeichnet) wurde 1992 ein grundlegendes Gesetz für den Erhalt von Lebensräumen verabschiedet. Bezüglich der Wasserkörper folgte 2000 die Verabschiedung der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik), im Folgenden auch als WRRL bezeichnet, die ein mehrstufiges Bewertungssystem für die Gewässerqualität beinhaltet. Im Jahr 2008 folgte die ebenfalls für alle EU Mitgliedstaaten verbindliche Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt, im Folgenden als MSRL bezeichnet. Mit dieser EU-Richtlinie werden die einzelnen Mitgliedstaaten verpflichtet, den Umweltzustand ihrer Küsten-, Hoheits- und AWZ-Gewässer zu erfassen und anhand definierter Deskriptoren sowohl deren aktuellen Zustand als auch die Veränderungen zu beschreiben, zu monitoren und über Zustand und Veränderungen der EU in regelmäßigen Abständen zu berichten. Ziel dieser Maßgaben ist es, den Zustand der Lebensräume zu bewerten, um gegebenenfalls durch gezielte Maßnahmen den in den Direktiven formulierten "Good Environmental Status" (GES) wiederherzustellen bzw. zu erhalten.

Zur Entwicklung einer Strategie für das Management und die Überwachung von Meeresgebieten mit ihren Ressourcen ist es daher notwendig, diese Meeresumwelt in ihrem Bestand, ihrer Veränderlichkeit und in ihrem Wirkungsgefüge zu verstehen. Bei einem ökosystembasierten Management haben das Vorkommen und die Veränderlichkeit von Habitaten große Bedeutung (Cogan et al., 2009; Harris u. Baker, 2020). Kenntnisse darüber sollten daher bei der Entwicklung und Anwendung eines Klassifizierungssystems einbezogen werden (Gregg et al., 2012). Derzeit existieren mehrere marine Habitatklassifikationen, die entsprechend ihrer Anwendungsbereiche gestaltet sind (BioConsult, 2010; Strong et al., 2018). Um sich aber künftig einer gemeinsamen Sprache und Methodik bei der Klassifizierung mariner Lebensräume bedienen zu können, ist es erforderlich, eine Reihe messbarer Parameter zu identifizieren, über deren Werte Aussagen über den Lebensraum in Küstengewässern möglich sind und anhand derer die abiotischen Bedingungen des Meeresbodens charakterisiert werden können.

Eine solche Standardisierung trägt dazu bei, die Anforderungen, die für das Monitoring und die Berichterstattung nach EU-Rahmenrichtlinien, wie die FFH-Richtlinie, die Wasserrahmenrichtlinie oder der MSRL notwendig sind, besser zu erfüllen. Um alle für eine zusammenfassende Darstellung der Sedimente und Lebensraumtypen bisher erhobenen Daten zusammen zu stellen, zusammen zu führen und zu bewerten, ist eine Synthese all dieser Informationen mit kohärenten Kriterien in Form einer Harmonisierung erforderlich.

Diese Harmonisierung kann mittels eines Geographisches Informationssystems (GIS) und unter der Verwendung eines Attributcodes, wie er von Greene et al., (1995,1999, 2000, 2001,

2002, 2005, 2007, 2008) entwickelt und zur Anwendung für unterschiedliche marine Bereiche vorgeschlagen wird, erfolgen. Dieser auf geomorphologischen Kriterien basierter Klassifizierungscode ist mittlerweile international erprobt und wird zur Ausweisung von Habitaten verwendet (Harris u. Baker, 2012). Für die deutschen Küstengewässer, genauer gesagt für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee, ist eine solche Erfassung und Erprobung bisher nicht erfolgt.

### **1.1 Zielsetzung**

Von 2007 bis 2008 stellte die Arbeitsgruppe Küstengeologie und Sedimentologie des Institutes für Geowissenschaften (IfG) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) zunächst aus unterschiedlichen Datenquellen Informationen über die Geomorphologie und die Sedimentologie der Küstengebiete von Nord- und Ostsee in einem GIS zusammen, deren Kriterien den Anforderungen für FFH (Fauna, Flora, Habitat)-Lebensraumtypen entsprachen. Hierbei galt es, vor allem die Bereiche zu identifizieren, für die noch keine ausreichenden Informationen vorlagen. Es wurde weiterhin ein sich über mehrere Jahre erstreckender Forschungsplan entwickelt, um potentielle FFH-Lebensraumtypen auf der Basis wissenschaftlicher Informationen zu identifizieren (Schwarzer et al., 2008). Im weiteren Verlauf wurden diese Gebiete im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) kartiert und weiterführend wissenschaftlich untersucht, um sie als marine Lebensraumtypen "Sandbank", "Riff" und auch „Flache Meeresarme und Buchten“ in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee zu erfassen und zu charakterisieren.

Im Laufe dieser mehr als zehn Jahre andauernden Datenerfassung und Datenauswertung wurden nicht nur die Messtechniken und die Interpretationsmöglichkeiten der Daten fortwährend verbessert, sondern von behördlicher Seite änderten sich auch die fachlichen Anforderungen aufgrund der fortschreitenden Ausgestaltung der FFH-Richtlinie. Zudem wurden Klassifizierungssysteme und Klassifizierungscodes entwickelt, um international einheitlich marine Habitate sowohl im zeitlichen als auch im räumlichen Kontext beschreiben und vergleichen zu können (Greene et al., 1995, 1999, 2005, 2007, 2008). Für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostseeküste führt es dazu, eine Harmonisierung der über diesen Zeitraum erhobenen, spezifischen Datensätze, mit denen die einzelnen Arbeitsgebiete (Abbildung 1) charakterisiert wurden, anzustreben. Die Synthese der bisher kartierten Meeresbodenbereiche zielt darauf ab, die vorhandenen Daten zu harmonisieren und eine umfassende, hierarchisch aufgebaute Habitatklassifikation auf der Grundlage beschreibender, abiotischer Parameter der Meeresumwelt zu entwickeln. Das Schema zielt nicht darauf ab, ein bestehendes Klassifikationsschema zu ersetzen, sondern es soll unter Adaption des Greene-Ansatzes Informationen bereitstellen, die in flexibler und vergleichbarer Weise in einer Vielzahl von Anwendungen und Verknüpfungen mit Habitatsystemen verwendet werden können, die in der Gesetzgebung verwendet werden (z.B. zur Beurteilung der Habitatverteilung gemäß den Vorgaben der FFH-Richtlinie und der MSRL).

Die Zielsetzung beinhaltet im Einzelnen das Zusammenführen bereits bestehender Seitensicht-Sonarmosaik (im weiteren Text als SSS-Mosaik bezeichnet), die Umsetzung und Zusammenführung von einfachen Substratverteilungskarten in eine zusammenfassende Sedimentverteilungskarte nach FOLK, das Zusammenführen von Informationen zur Darstellung der FFH-Lebensraumtypen Riffe und Sandbänke in einer Karte, die Darstellung relevanter

morphologischer Parameter und die Erarbeitung eines GIS-Templates (nur in digitaler Version) zur Attributierung von Parametern gemäß Greene et al. (1995, 1999, 2005, 2007, 2008). Eine Ergänzung des existierenden Datenbestandes mit den beschreibenden geomorphologischen Kriterien des „Greene Schlüssels“ ist besonders im Zusammenhang der Interoperabilität und Anwendung für verschiedene Richtlinien und Empfehlungen (WRRL, MSRL, FFH, HELCOM, OSPAR u.a.) hilfreich. Es lassen sich aber auch andere Fragestellungen, wie z.B. das Auffinden von Bereichen in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee, die bestimmten geomorphologischen Kriterien unterliegen, bedienen. Die Klassifizierung wird eine übersichtlichere und nachvollziehbare Übertragung in andere Klassifizierungssysteme wie z.B. EUNIS, MSRL Broadscale Habitat Types, HELCOM HUB, §30-Biotop etc. ermöglichen. Ebenso können die Ergebnisse für die Überwachung und Bewertung des Umweltzustandes von Meeresgewässern eingesetzt werden, wie es der Beschluss (EU) 2017/848 fordert.

Mit Schreiben vom 19.11.2018 beauftragte das LLUR die Arbeitsgruppe Küstengeologie und Sedimentologie des IfG der CAU folgende Untersuchungen durchzuführen:

- ✓ Eine Harmonisierung der bestehenden SSS-Mosaik. Je nach Bedarf wird eine Auflösung bis zu 0,25 m angestrebt;
- ✓ Eine Harmonisierung der Sedimentverteilungskarten nach FOLK;
- ✓ Eine Kartendarstellung mit relevanten Morphologie-Parametern, wie z.B. Wassertiefe, Hangneigung, Exposition etc.;
- ✓ Ein GIS-Template für die Attributierung nach Greene et al. (1995, 1999, 2005, 2007, 2008);
- ✓ Neu entwickelte Ergänzungen/Abstufungen des Greene-Schlüssels, mit dem u. a. §30-Biotop (BNatSchG) abbildbar sind;
- ✓ Ein Zusammenbringen der o.g. Daten und GIS-Produkte mit der Auswertung nach Greene et al. und einer anschließenden Diskussion über die räumliche Besonderheiten der Substratverteilung in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee;
- ✓ Abschlussbericht

## **2. Arbeitsgebiet**

Die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee sind ein junges, flaches Meeresmilieu mit hoher Dynamik, die geprägt ist durch das Alternieren von Flach- und Steilküsten. Vor den Steilküsten sind weite Bereiche des Meeresbodens aus pleistozänen Ablagerungen, hauptsächlich aus glazialen Geschiebemergel, aufgebaut (Niedermeyer et al., 2011). Die Morphologie des Meeresbodens ist das Ergebnis verschiedener Erosions-, Umlagerungs- und Ablagerungsprozesse, die seit dem Ausklingen der Eiszeit und während des Holozäns mit dem Anstieg des Meeresspiegels stattfanden (Björck, 2008; Harff u. Meyer, 2011; Niedermeyer et al., 2011). Dieser Meeresboden ist hinsichtlich seiner geologischen und sedimentologischen Ausbildung äußerst variabel (Seibold et al., 1971; Rumohr et al., 1987; Tauber, 2014), was sich z.B. durch das abwechselnde Vorkommen von Sand- und Kiesflächen, aber durch das Vorkommen von Steinen und großen Blöcken auszeichnet. Überwiegen im küstennahen Bereich vor allem vor den Steilufeln die groben Sedimente auf sich teilweise weit seewärts erstreckenden Abrasionsplattformen, so findet man vor den Flachküsten und an den Flanken von Abrasionsflächen primär sandige Ablagerungen. Im Küstenbereich überdecken

diese Sande häufig brackisch/limnische organogene Ablagerungen (Torfe und Mudden). Letztere streichen häufig direkt am Meeresboden aus, was auf zurückweichende Küsten hinweist. Die holozäne Sedimentdecke weist sehr unterschiedliche Mächtigkeiten auf und reicht von 0 m auf den Abrasionsflächen bis zu mehreren Metern an den Flanken von Abrasionsflächen, vor Niederungen und in den tieferen Meeresbereichen. All diese Erosions-, Umlagerungs- und Ablagerungsprozesse dauern bis heute, je nach Küstenexposition, mit unterschiedlicher Intensität an und beeinflussen die Ausbildung und Verteilung der benthischen Lebensräume.

Generell wird das Sediment seewärts mit zunehmender Wassertiefe feiner bis es in den tieferen Becken und in den Rinnen zu Ablagerung von Schlick kommt (Ruck, 1952; Seibold et al., 1971; Hermansen u. Jensen, 2000; Niedermeyer et al., 2011), ein Sediment, das überwiegend aus Silt zusammen mit wenigen Gew-% organischer Substanz besteht. Von dieser Kopplung zwischen morphologischen und sedimentologischen Gradienten gibt es aber gerade in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee auch Abweichungen dahingehend, dass Kies, Steine und Blöcke gemeinsam mit feinkörnigen Sedimenten vorkommen (Bressau, 1957, Schwarzer u. Heinrich, 2016). Dies ist der geologischen Entwicklung und den noch nicht abgeschlossenen Gleichgewichtseinstellungen geschuldet (Niedermeyer et al., 2011). Insgesamt ist die sedimentologische Zusammensetzung des Meeresbodens sehr heterogen, mit Korngrößen, die von Ton bis hin zu Blöcken mit Durchmessern > 1 m reichen. Sie kann zudem kleinräumig äußerst variabel sein. Diese Heterogenität im geologischen Aufbau und der Sedimentverteilung spiegelt sich auch in der komplexen räumlichen Verteilung der benthischen Lebensräume wieder. Das Untersuchungsgebiet umfasst in der Regel Wassertiefen von -5 m bis -36 m NHN (Normal Höhen Null) (Abbildung 1). Es erstreckt sich von der Flensburger Förde, über die Kieler Bucht, die Gewässer rund um Fehmarn, bis in die westliche Mecklenburger Bucht und die Lübecker Bucht als der südwestlichste Bereich der Ostsee.

Die innere **Flensburger Förde** erstreckt sich in Südwest-Nordost-Richtung über etwa 15 km Länge (Abbildung 1). Sie ist gegen Winde aus fast allen Richtungen geschützt. Die ca. 30 km lange Außenförde ist hingegen Ost-West ausgerichtet und nach Osten geöffnet, wodurch sie gegenüber der Innenförde einer höheren Energieeinwirkung ausgesetzt ist. Die Geltinger Bucht liegt im östlichen Teil der Flensburger Außenförde. Sie umfasst ein ausgedehntes Becken mit Wassertiefen zwischen -20 m bis -23 m NHN, das im Süden mit einem steilen Anstieg in eine plattformartige, unebene Fläche übergeht. Sie reicht bis in den küstennahen Flachwasserbereich (Schwarzer u. Heinrich, 2016).

Der zur **Kieler Bucht** gehörende Küstenabschnitt zwischen dem Kalkgrund am Ausgang der Flensburger Förde und Boknis Eck am Ausgang der Eckernförder Bucht ist nach Osten exponiert und umfasst das Gebiet von Schleimünde und Schönhagen (Abbildung 1). Dieses Gebiet wird durch mehrere küstennahe Abrasionsplattformen charakterisiert. Durch ihre unmittelbare Exposition nach Osten sind diese Bereiche einem langen Fetch (Windwirklänge) und einer hohen Energiebelastung durch Wellen mit einer Höhe bis zu 5,5 m bei Sturm aus nordöstlicher Richtung ausgesetzt (Dette u. Stephan, 1979; Schwarzer et al., 2014a). Im südwestlichen Teil der Kieler Bucht gibt es mit dem Mittelgrund (äußere Eckernförder Bucht), dem Stoller Grund, dem Platengrund und auch dem Grasberg in der Kieler Aussenförde aufragende Plattformen, die aus pleistozänem Moränenmaterial aufgebaut sind. Die Sedimentoberfläche auf den Plattformen besteht häufig aus Restsedimenten, wie groben Sanden, Kiesen und Steinen; die Flanken werden eher von Sanden gebildet (Werner, 1967; Werner et al., 1976; Mosch, 2008). Entlang der Küsten wechseln sich Niederungsgebiete mit Steilufern ab. Ist in der Probstei, die

sich entlang der östlichen Kieler Aussenförde erstreckt, noch der Ostwind, der einen Sedimenttransport nach Westen initiiert, prägend, so sind es bei Heiligenhafen und entlang der Westküste Fehmarns die Westwinde (Pansegrau, 2008; Niedermeyer et al., 2011; Schwarzer et al., 2014a). Der Sedimenttransport in der Hohwachter Bucht am Südrand der Kieler Bucht wird sowohl durch West- als auch durch Ostwinde dominiert.

Die Abrasionsplattform westlich von **Fehmarn** ist breit und wird im nördlichen Bereich teilweise von einem Rippelfeld bedeckt (Feldens, 2008; Feldens et al., 2009; Feldens et al., 2015). Im Osten und Süden Fehmarns befinden sich Abrasionsplattformen (Schwarzer u. Unverricht, 2020), die schon dem westlichen Teil der **Mecklenburger Bucht** zugerechnet werden. Weiter nach Süden schließt sich die Sagasbank vor der bis nach Dahmeshöved Nord-Süd ausgerichteten Küste an. Analog zur westlichen Kieler Bucht führen Winde aus östlichen Richtungen hier zu hohen Energieeinträgen, deren Auswirkungen noch in -20 m NHN beobachtet werden können (Schwarzer et al., 2015).

In der **Lübecker Bucht** erstreckt sich in Verlängerung des Brodtener Ufers in nordöstliche Richtung die Abrasionsplattform des Steingriffs über 8,5 km vor der Küste (Abbildung 1) und erreicht Tiefen bis zu -15 m NHN (Seifert, 1952). Diese Plattform ist von unregelmäßig verteilten Steinen, aber auch von länglichen SW-NO ausgerichteten Sandbändern bedeckt, die hauptsächlich aus Mittelsand bestehen (Schwarzer u. Feldens, 2010).

## 2.1 Datengrundlage

Das schleswig-holsteinische Küstengewässers der Ostsee wurde auf der Basis seiner geomorphologischen Ausbildung und der in einzelnen Bereichen durchgeführten Untersuchungen in 22 Gebiete aufgeteilt (Abbildung 2). Die im Rahmen der Untersuchungsreihe „Lebensraumtypenkartierungen“ bearbeiteten Gebiete, die die wesentliche Grundlage für diesen Bericht darstellen, sind in der Abbildung 1 farblich markiert und mit Großbuchstaben versehen. Die Untersuchungen vor Dahmeshöved (LRT VIII, Gebiet F in Abbildung 1) sind noch nicht abgeschlossen. Weitere Gebiete, in denen im Auftrag und gemeinsam mit dem LLUR Untersuchungen durchgeführt wurden, sind in Abbildung 2 dargestellt. Eine weitere Datenquelle sind CAU-eigene Untersuchungen und auch Untersuchungen anderer Einrichtungen mit anderen wissenschaftlichen Fragestellungen, sowie an der CAU durchgeführte wissenschaftliche Qualifizierungsarbeiten. Allen Untersuchungen ist gemeinsam, dass im Gelände weitestgehend die gleichen Methoden zur Datenerhebung angewendet wurden. Der Informationsstand über die geologisch/sedimentologischen Rahmenbedingungen ist für die einzelnen Gebiete unterschiedlich, da er aus Arbeiten resultiert, denen unterschiedliche Fragestellungen zu Grunde lagen (s. Tabelle 1). Gleiche Datengrundlage bedeutet nicht automatisch die Anwendung eines identischen Algorithmusses bei der Auswertung, denn Daten können, je nach Fragestellung, mit unterschiedlicher Auflösung prozessiert werden, und Probenmaterial kann verschiedene Untersuchungsschritte durchlaufen. Häufig standen Untersuchungen zum Küstenschutz im Vordergrund, wie etwa vor der Geltinger Birk, an der Küste der Probstei, vor der Markelsdorfer Huk bei Fehmarn oder in der inneren Lübecker Bucht vor Timmendorfer Strand. Viele dieser Daten, wenn sie älteren Ursprungs sind, liegen ausschliesslich in analoger Form vor. Die Karten und Daten, die im Rahmen dieses Berichtes für die Zusammenstellung eingesehen und ausgewertet wurden, sind in Tabelle 1 aufgelistet.

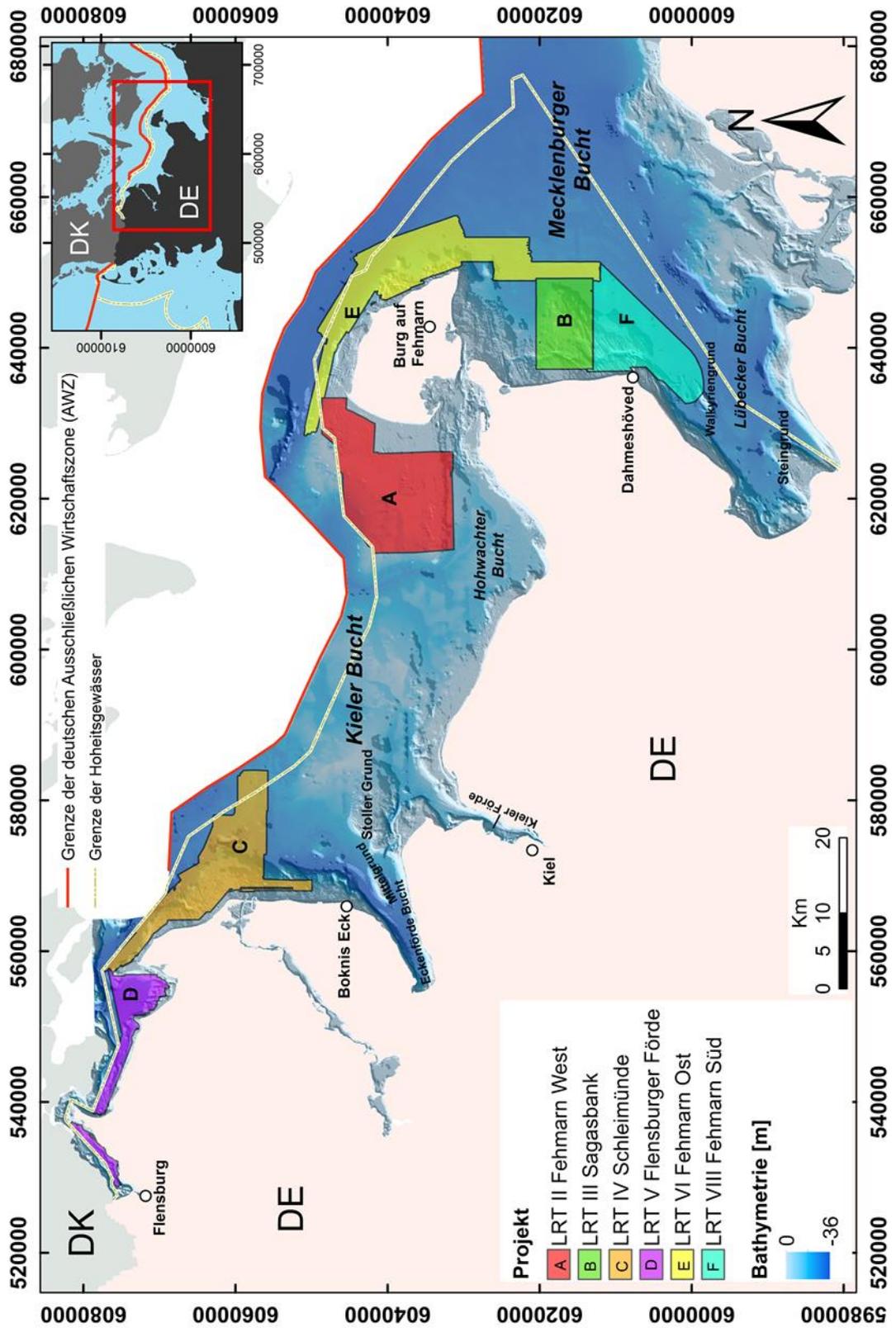


Abbildung 1: Die im Rahmen der Lebensraumtypenkartierungen untersuchten Bereiche der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 27.5.2019).

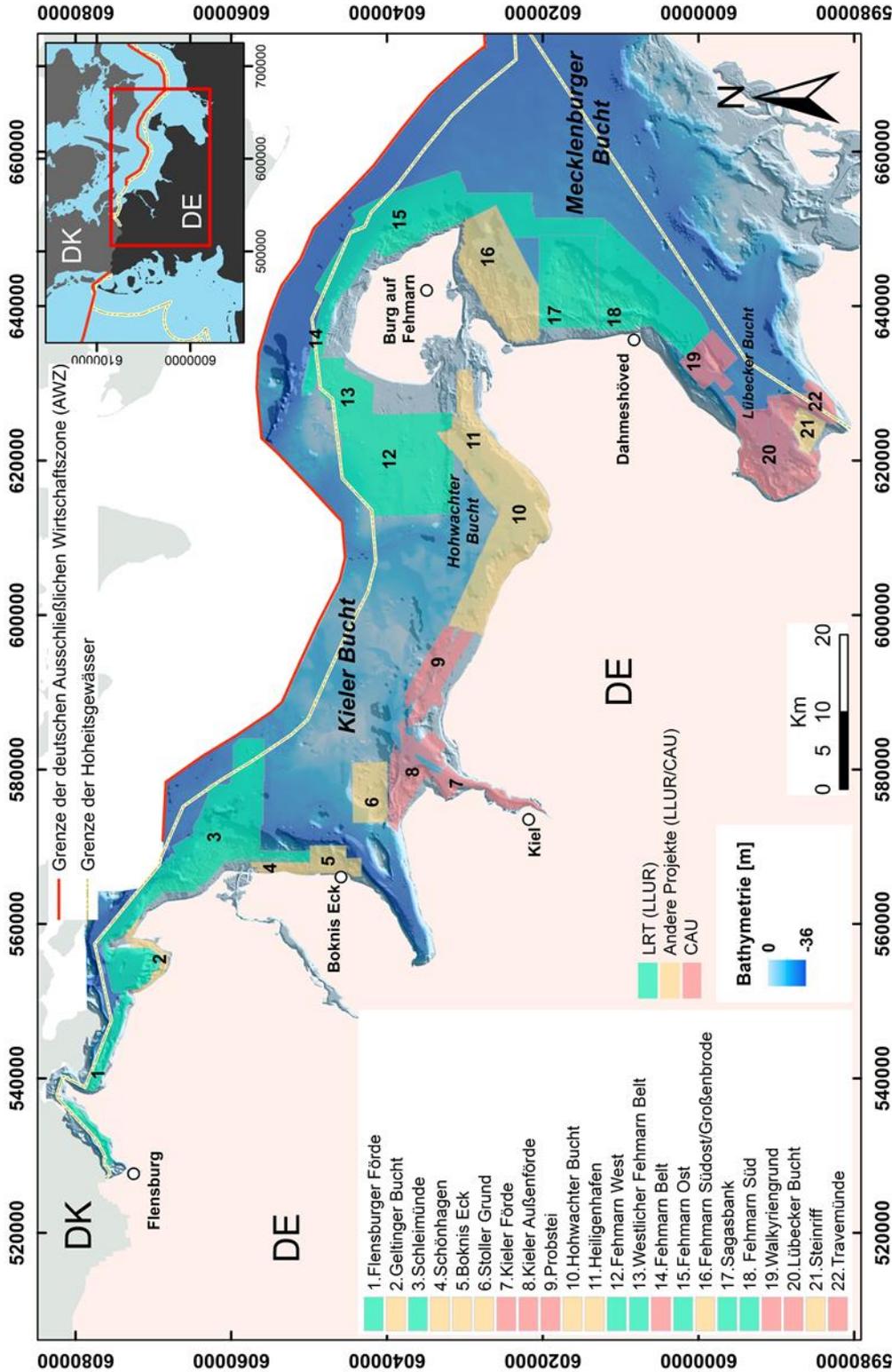


Abbildung 2: Das in 22 Bereiche aufgeteilte Untersuchungsgebiet der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee. Dargestellt sind die Gebiete, in denen unterschiedlichste Untersuchungen durchgeführt wurden und deren Daten für die Synthese benutzt wurden. Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 27.5.2019).

Tabelle 1: Datenquellen; (\*) Daten aus den Projekten zur Kartierung von Lebensraumtypen (LRT) mit Finanzierung durch das LLUR, (+) andere, durch das LLUR geförderte Projekte sowie (°) weitere, am IfG vorhandene Quellen, aus denen Daten in den Bericht eingeflossen sind.

	<b>Region</b>	<b>Projekt/Art</b>	<b>Referenz</b>
1	Flensburger Förde*	LRT V, Kartierung der Flensburger Förde	Schwarzer u. Heinrich, 2016
2	Geltinger Bucht**	GeoHab – BALDESH/Data	Schwarzer u. Heinrich, 2016 Schwarzer u. von Rönn, 2020
3	Schleimünde*	LRT IV /Schleimünde	Schwarzer u. Heinrich, 2017
4	Schönhagen+	GeoHab – BALDESH	Schwarzer u. v. Rönn, 2020
5	Boknis Eck+°	Regeneration subaquatischer Steinfelder in der westlichen Ostsee; Diplomarbeit May	Schwarzer u. Bohling, 2008  May, 2008;
6	Stollergrund+°	Regeneration subaquatischer Steinfelder in der westlichen Ostsee; Diplomarbeit Mosch	Schwarzer u. Bohling, 2008  Mosch, 2008,
7	Kieler Förde°	Diplomarbeit	Themann, 2002
8	Kieler Außenförde°	Sediment Klassifikation (JEDI)	Schwarzer u. Themann, 2009
9	Probstei°	Kurzkartierung Pansegrau Kurzkartierung Heinrich	Pansegrau, 2008 Heinrich, 2008
10	Hohwachter Bucht+°	GeoHab – BALDESH/Data	Schwarzer u. v. Rönn, 2020, v.Rönn et al., 2019
11	Heiligenhafen°	GeoHab – BALDESH/Data	Schwarzer u. v. Rönn, 2020
12	Fehmarn West*	LRT II- Identifizierung mariner Lebensraumtypen in der Kieler Bucht westlich Fehmarn Diplomkartierung König	Schwarzer, et al., 2014b;  König, 2010
13	Westlicher Fehmarn Belt+°	LRT II - Identifizierung mariner Lebensraumtypen in der Kieler Bucht westlich Fehmarn Diplomkartierung Szczygielski	Schwarzer et al., 2014b,  Szczygielski, 2010;
14	Fehmarn Belt°	Diplomarbeit	Feldens, 2008
15	Fehmarn Ost*	LRT VI: Fehmarn Ost	Schwarzer u. Unverricht, 2020a
16	Fehmarn Südost/ Großenbrode*°	GeoHab – BALDESH BSc-Arbeit	Schwarzer u. von Rönn, 2020. Steinfeld, 2017;
17	Sagasbank+°	LRT III: Identifikation mariner Lebensraumtypen in der Mecklenburger Bucht (Kartierung der Sagasbank), MSc-Arbeit Kampmeier	Schwarzer et al., 2014c  Kampmeier, 2014
18	Fehmarn Süd / Dahmeshöved*	LTR VIII	Schwarzer u. Unverricht, 2020b
19	Walkyrengrund°	Lehre	Measuring Techniques in Shallow Water (AL-443)
20	Lübecker Bucht°	Hochwasserschutz Timmendorfer Strand	Schwarzer et al., 2008;
		Kurzkartierungen	Langenbacher, 2007; Riethdorf, 2007; Rohde, 2007.
		Diplomarbeit Harders	Harders, 2004
		Diplomarbeit Dehde	Dehde, 2000
21	Lübecker Bucht, Steinriff+	RADOST (Regional Adaption Strategies for the German Baltic Sea Coast)	Schwarzer u. Feldens, 2010
22	Travemünde°	Kurzkartierungen	Jesußeck, 2008; Strutz, 2008

## 2.2 Sedimente des Meeresbodens

Die granulometrische Zusammensetzung der Oberflächensedimente und deren flächenhafte Verteilung wurden für die südwestliche Ostsee bereits mehrfach beschrieben und in Karten dargestellt (Seibold et al., 1971; Rumohr et al., 1987; Hermansen u. Jensen, 2000; Tauber, 2014; (Abbildung 3). Die am häufigsten vorkommenden faziellen Ausprägungen sind hier noch einmal kurz erläutert.

**Restsedimente** bilden häufig eine gering mächtige, aber mobile Deckschicht aus Lockermaterial über anstehendem Geschiebemergel. Sie bestehen aus Grobsand, Kies und Steinen. Ihre Verbreitung beschränkt sich größtenteils auf die küstennahen Abrasionsplattformen und submarine Schwellen und Hochlagen; sie können aber auch an den Flanken von Abrasionsflächen vorkommen. Ihre Entstehung ist auf die Abrasion des Geschiebemergels zurückzuführen, aus dem, je nach Energieeinwirkung, die feineren Komponenten (Ton, Silt, Fein- bis Mittelsand) abtransportiert wurden. Die gröberen Sedimente bleiben als Relikt zurück und werden durch diesen Prozess fortwährend angereichert. Eine solche Restsedimentdecke kann in den flachen Küstengebieten bis zu mehrere Dezimeter mächtig werden (Schwarzer et al., 1989). Im Bereich der lichtdurchfluteten Zone (Photische Zone) bilden zurückbleibende Steine auf diesen Flächen häufig ein gutes Substrat für benthische Organismen.

**Mischsedimente** bestehen aus Sand- und Kies, enthalten aber auch Feinsedimente (Ton und Schluff). Ihre heterogene Korngrößenzusammensetzung ist häufig auf variierende Strömungsbedingungen zurückzuführen, wie sie z. B. entlang von Rinnen wie dem Fehmarnbelt auftreten (Seibold et al., 1971; Werner et al., 1974). Dabei lagert sich Schwebfracht aus Feinsediment bei geringen Strömungsverhältnissen auf und zwischen dem Grobsediment ab und kann durch Bioturbation in den Sedimentkörper eingearbeitet werden (Seibold et al., 1971).

**Mittel- und Feinsande** sind in der Ostsee häufig anzutreffen. Sie wurden im Zuge des Meeresspiegelanstieges nach der letzten Eiszeit aus dem Küstenrückgang und der Aufarbeitung des Meeresboden eingetragen. Sie sind gut sortiert und entlang der Ränder von submarinen Erosionsgebieten zu finden (Seibold et al., 1971; Niedermeyer-Lange und Werner, 1988; Schwarzer u. Krause, 2008). Ihre Mächtigkeit liegt meist unterhalb 2 m (Seibold et al., 1971), kann jedoch in speziellen Gebieten wie z.B. an den Flanken des Steinriffs vor dem Brodtener Ufer (Schwarzer u. Krause, 2008) auf mehrere Meter ansteigen. Sande in gut sortierter Ausbildung sind in der Regel auch den Flachküsten als sogenannte Sandriffe vogelagert (Schwarzer, 1989).

**Schlick** ist ein Sediment aus feinkörnigem Material. Er kommt in der Regel unterhalb der Wellenbasis vor. Im Bereich der Ostsee können diese Sedimente bis zu 9% Trockensubstanz an organischem Material enthalten (Niedermeyer et al., 2011). Der klastische Anteil besteht vorwiegend aus Schluff und kann tonige und sandige Beimengungen enthalten. Gelegentlich werden diese Sedimente auch als „Beckensedimente“ bezeichnet. Tiefe Rinnenbereiche werden häufig von Übergangstypen wie sandigem Schlick bzw. schlickigem Sand umrandet. Die von Reimers et al. (2008) modifizierte Karte von Hermansen und Jensen (2000) gibt für einige Bereiche ein detaillierteres Bild über die Verteilung und die Zusammensetzung der Oberflä-

chensedimente als die Ursprungskarte (Abbildung 3). Die am häufigsten vorkommenden Sedimente in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee sind Restsedimente, Mischsedimente, Sand, sandiger Schlick und Schlick (Abbildung 3).

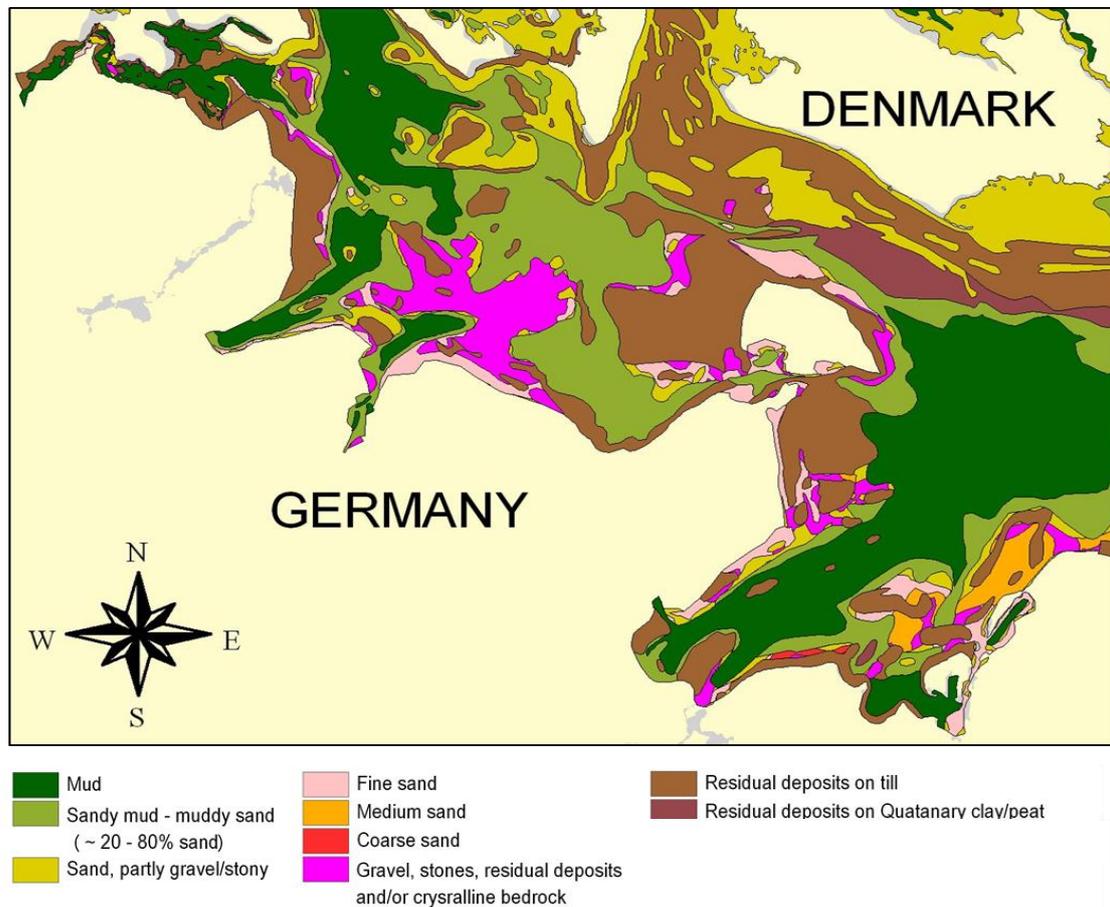


Abbildung 3: Verteilung der Oberflächensedimente in der südwestlichen Ostsee nach Hermansen and Jensen (2000), modifiziert nach Reimers (2008).

### 2.3 Klassifikationsschemata für Habitate

Die EU-Mitgliedstaaten müssen gemäß MSRL gewährleisten, dass es keine signifikanten Risiken für die Meeresökosysteme bei der legitimen Nutzung des Meeres gibt. Im Rahmen der verschiedenen Rechtsvorschriften, die für die Klassifizierung von Lebensraumtypen in Europa relevant sind, sind Anforderungen definiert, die durch EU Richtlinien, wie die FFH-Richtlinie, die Wasserrahmenrichtlinie und die MSRL festgelegt werden. Daneben zielen z. B. OSPAR (Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks) und HELCOM (Ostsee-Kommission zum Schutz der Meeresumwelt - Helsinki-Kommission) ebenfalls auf den Schutz der Lebensräume und der Biodiversität ab. Sie haben zusätzliche, sowohl fachliche als auch gewässerspezifische Anforderungen an die zu verwendenden Klassifizierungen.

Für die Klassifizierungen von Lebensräumen sind verschiedene Ansätze vorgeschrieben, um die spezifischen Anforderungen der einzelnen Richtlinien zu erfüllen. Der Anhang I der FFH-Richtlinie, die EUNIS (European Nature Information System) -Habitatklassifizierung und die HELCOM-Klassifizierung für Unterwasserbiotope (HELCOM HUB) sind breit angelegte Klassifizierungen, die auch für die Ostsee Anwendung finden. Die für die MSRL vorgegebene EUNIS-Klassifizierung ist eine wissenschaftlich basierte, auf biotischen und abiotischen Parametern

aufgebaute, breit- und hierarchisch angelegte Klassifikation mit verschiedenen Detailebenen (Davies et al., 2004). Ziel ist eine möglichst überregionale und vergleichende Anwendung. Wesentliches Kriterium zur Unterscheidung der Habitats ist das Substrat, aber Wassertiefe, Salinität, Exposition und Besiedlung spielen ebenfalls eine Rolle (Bio-Consult, 2010).

Die HELCOM-Klassifikation für Unterwasserbiotope (HELCOM HUB; HELCOM, 2013) wurde geschaffen, um mit EUNIS kompatibel zu sein. Sie bietet eine Struktur für die Definition von Biotopen für die gesamte Ostsee. Die Klassen sind hierarchisch aufgebaut und nach dem Substrattyp und den Tiefenzonen (hydrolittoral, sublittoral-photisch und sublittoral-aphotisch) differenziert. Schiele et al. (2015) zeigen eine Anwendung für den deutschen Ostseebereich.

Die FFH-Richtlinie legt einen gemeinsamen Rahmen für die Erhaltung der natürlichen Lebensräume und der wildlebenden Tier- und Pflanzenarten der Gemeinschaft fest (Natura 2000 - Netzwerk). Nachfolgend stammen die Definitionen der Lebensraumtypen aus dem Interpretation Manual of European Union Habitats (2007, 2013) und den Kartierhinweise des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) (Boedeker et al., 2006) bzw. aus den Steckbriefen und den Kartierhinweisen für FFH Lebensraumtypen des LLUR (LANU, 2007), dem Monitoring-Kennblatt FFH-LRT Riffe (Stand 2012-08-28), den Erläuterungen zur Kartierung der gesetzlich geschützten Biotope in Schleswig-Holstein (LLUR, 2015) und der Landesverordnung über gesetzlich geschützte Biotope (BiotopV SH 2019 (GVOBI.2019 146)).

### **Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie und der Meeresstrategie Rahmenrichtlinie**

Im Rahmen langjähriger Kartierarbeiten sind ein Großteil der in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee vorkommenden Lebensraumtypen gemäß der FFH – Richtlinie bereits identifiziert und kartiert worden (Schwarzer et al., 2008; Schwarzer u. Feldens, 2011; Schwarzer et al., 2014b,c; Schwarzer u. Heinrich, 2016; Schwarzer u. Heinrich, 2017; Schwarzer u. Unverricht, 2020a, s. Tabelle 1). Dabei sind die Habitats "Sandbänke" (NATURA 2000-Code: 1110), "Riffe" (NATURA 2000-Code: 1170) und "Meeresarme und Buchten" (NATURA 2000-Code: 1160) erfasst worden. Nachfolgend sind die Definitionen und die Kartierungshinweise für diese Lebensraumtypen angefügt.

#### **Sandbänke (NATURA 2000-Code: 1110)**

Sandbänke sind Erhebungen des Meeresgrundes insbesondere im oberen Sublittoral, die bis dicht unter die Meeresoberfläche reichen können, aber bei MTNW noch nicht freifallen. Sie sind vegetationsfrei oder haben eine spärliche Makrophytenvegetation.

#### ***Kartierungshinweise:***

*Der Lebensraumtyp Sandbänke stellt Erhebungen des Meeresgrundes dar und ist auf das Sublittoral beschränkt. Dieser reicht in der Nordsee durchschnittlich in größere Tiefen als in der Ostsee. Für die Abgrenzung ist weiterhin das Vorkommen von Sanden (Fein- bis Grobsand) ausschlaggebend. In der Regel unterliegen die Sandbänke einer gewissen Umlagedynamik. Sie können sowohl vollständig aus Sanden bestehen oder als mehr oder weniger mächtige Ablagerungen auf submarinen Geschiebemergelrücken oder anderen Hartsubstraten auftreten. Bei Letzteren können die Übergänge zu Riffen (EU-Code 1170) fließend sein und teilweise besonders in der Ostsee eine enge Verzahnung aufweisen. Eine Zuordnung zur Sandbank erfordert eine flächenhafte Dominanz der Sande mit einer Mindestmächtigkeit von 40 cm, um den typischen Sandbodengemeinschaften einen Lebensraum zu bieten.*

*Einzelne erratische Blöcke können die Oberfläche durchragen. Die Grenze zu den Wattflächen der Nordsee wird durch die mittlere Tide-Niedrigwasserlinie (MTNW) gebildet. Die Abgrenzung kann anhand der Wassertiefenangaben erfolgen. Beispiele für submarine Sandbänke sind die Oderbank (Ostsee) oder die Doggerbank (Nordsee (LANU, 2007)).*

### **Riffe (NATURA 2000-Code: 1170)**

Vom Meeresboden aufragende mineralische oder biogene Hartsubstrate des Eu- und Sublitorals, häufig von Großalgen und Muscheln bewachsen, v.a. in der Ostsee auch mit höheren Pflanzen. Eingeschlossen sind sowohl Felswatten, Riffe entlang der Felsküsten (litoral reefs) als auch im offenen Meer aufragende Riffe (offshore reefs).

#### **Kartierungshinweise:**

*Zu den Riffen zählen dauerhaft überflutete oder bei Niedrigwasser herausragende Erhebungen aus Hartsubstraten, wie Felsen, Felswatt, Geschiebe und biogene Bildungen (z.B. Miesmuschelbänke auf Moränen und Sandkorallen- (Sabellaria)-Riffe), aber auch anstehender Geschiebemergel als submarine, schwellenartige Moränenrücken. Auf Grund der spezifischen glazialen und postglazialen Entwicklung von Nord- und Ostsee treten hier vielfach enge Verzahnungen mit dem Lebensraumtyp 1110 (Sandbank) auf. Geschiebereiche Erhebungen mit Mischsubstraten (z.B. Geschiebe, Mergel, Sande, Schlick) werden zu diesem Typ gestellt, wenn das Hartsubstrat dominiert (LLUR, 2007).*

Zusätzlich wurden folgende Erläuterungen aus dem Monitoring-Kennblatt FFH-LRT Riffe (Bund/Länder Messprogramm Meeresschutz, 2012) berücksichtigt:

#### **Erläuterungen:**

- "Hartsubstrat": Felsen (einschließlich weiches Gestein wie Kreidefelsen), Fels- und Steinbrocken (in der Regel > 64 mm Durchmesser).
- "Biogene Verwachsungen": Verwachsungen, Verkrustungen, Korallenformationen und Muschelbankformationen aus toten oder lebenden Tieren, d. h. biogene Hartsubstrate, die Lebensräume für epibiotische Arten bieten.
- "Geogener Ursprung": aus nicht biogenen Substraten entstandene Riffe.
- "Vom Meeresboden aufragend": Das Riff unterscheidet sich topografisch vom umliegenden Meeresboden.
- "sublitorale und litorale Zone": Die Riffe können sich aus der sublitoralen Zone ohne Unterbrechung in die (litorale) Tidenzone erstrecken oder nur in der sublitoralen Zone vorkommen, die auch Tiefseegebiete wie das Bathyal umfasst.
- Hartsubstrate, die von einer dünnen und beweglichen Sedimentschicht bedeckt sind, werden als Riffe klassifiziert, wenn die darauf lebenden Biota zum Leben eher das Hartsubstrat als die darüber liegenden Sedimentschichten benötigen.
- Soweit eine ununterbrochene Besiedlung durch sublitorale und litorale Gemeinschaften existiert, sollte die Unversehrtheit der ökologischen Einheit bei der Auswahl der Schutzgebiete berücksichtigt werden.
- Unter diese Lebensraumkategorie fallen auch diverse subtidale topografische Elemente wie Hydrothermalquellen-Habitats, Unterwasservulkane (Seamounts), vertikale Felswände, horizontale Abhänge, Überhänge, Felsspitzen, Wasserrinnen, Felskämme, abfallende oder flache Felsen, Fels und Stein- sowie Kieselfelder.

### **Meeresarme und Buchten (NATURA 2000-Code: 1160)**

Flache große Meeresarme und -buchten mit ihren Flachwasserzonen, insbesondere zwischen den Inselketten der Nordsee und dem Festland (soweit nicht Wattflächen), einschließlich Boden und Haffs der Ostsee (soweit nicht den Ästuaren oder Lagunen zuzurechnen); je nach Gebiet unterschiedliche Substrate (Hart-/Weichsubstrate), vegetationsfrei oder mit Seegrasswiesen.

### **Kartierungshinweise:**

Flachwasserzonen des Meeres in Küstennähe, d.h. mit ständiger Wasserbedeckung und in denen durchlichtete Flachwasserzonen dominieren. Die landseitige Grenze wird in der Ostsee durch die Mittelwasserlinie gebildet. Die Abgrenzung zu den Wattflächen der Nordsee erfolgt auf der Grundlage der Linie des mittleren Tide-Niedrigwassers. Innerhalb des Lebensraumtyps liegende Vorkommen von Lebensraumtyp 1110 (Sandbank), 1140 (Watt), 1170 (Riffe) werden ausgegrenzt und dem jeweiligen Typ zugeordnet. Buchten mit einem fjordartigen Charakter die Flachwasserbereiche aufweisen, werden vollständig diesem Typ zugeordnet. Eingedeichte Flächen zählen nicht zu diesem Lebensraumtyp. Im Gegensatz zu Lagunen (1150) besteht ein ständiger Wasseraustausch mit dem offenen Meer, und von Ästuaren (1130) unterscheiden sie sich durch das Fehlen eines deutlichen Süßwasserdurchstroms.

## **2.4 Erfassung und Kartierung von Lebensraumtypen**

Zu Beginn der Untersuchungsreihe „Marine Lebensraumtypen“ im Jahr 2008, die primär der Erarbeitung geologisch/sedimentologischer Grundlagen zur Ausweisung der FFH-Lebensraumtypen Sandbank, Riff und Meeresarme und Buchten in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee diente, erfolgte zunächst eine Sichtung des vorhandenen Literatur- und Kartenmaterials, einschließlich der sogenannten „grauen Literatur“ (unveröffentlichte Berichte, Qualifizierungsarbeiten, nicht publizierte Arbeiten und Karten), um den Kenntnisstand über die Sedimentbeschaffenheit des Meeresbodens zu kategorisieren (Schwarzer et al., 2008). Der Seegrund wurde daraufhin in drei Kategorien ( I – III), die jeweils den unterschiedlichen Kenntnisstand zur Ausweisung von Lebensraumtypen widerspiegeln, unterteilt, (Tabelle 2 und Abbildung 4 ). Als sog. "Status-I-Lebensräume" wurden Gebiete ausgewiesen, zu denen erste grobe Informationen auf der Basis allgemeiner geologischer, hydrologischer, geomorphologischer und biologischer Daten vorliegen (z. B. Satellitenbilder, Luftbilder, bathymetrische Karten, Meeresbodenkarten mit geologisch-sedimentologischer Thematik). Diese Basisinformationen lassen Rückschlüsse auf die jeweils vor Ort vorherrschenden geologisch/sedimentologischen und hydrologischen Verhältnisse zu. Sie geben somit einen Anhaltspunkt für die Zuordnung der Gebiete zu einem spezifischen FFH-Lebensraumtyp. Einem Lebensraum wird der Status II zugewiesen, wenn er durch geowissenschaftliche Felduntersuchungen verifiziert ist. Ein Status III Lebensraum benötigt zusätzlich die biologische Validierung, um auch Aussagen über den Erhaltungszustand nach FFH ableiten zu können. Tabelle 2 zeigt den zur Ausweisung von Lebensraumtypen notwendigen Detailgrad. Der beste, zu erreichende Status III benötigt demnach Kenntnisse über die folgenden Komponenten:

- a) räumliche Dimensionen (geographische Parameter),
- b) Informationen über das Substrat (sedimentologisch/geologische Parameter),
- c) Informationen über die hydrologischen Randbedingungen (hydrologische Parameter)
- d) Kenntnisse über die in dem Bereich lebende Fauna und Flora (biologische Parameter).

Tabelle 2: Notwendige Kenntnisse für die Einstufung der Bearbeitungsstände von FFH-Lebensraumtypen-Gebieten (Schwarzer u. Krause, 2008)

Status	Ausdehnung/ Lokalisierung	Validierung Geologie /Hydrologie	Validierung Biologie
I	X		
II	X	X	
III	X	X	X

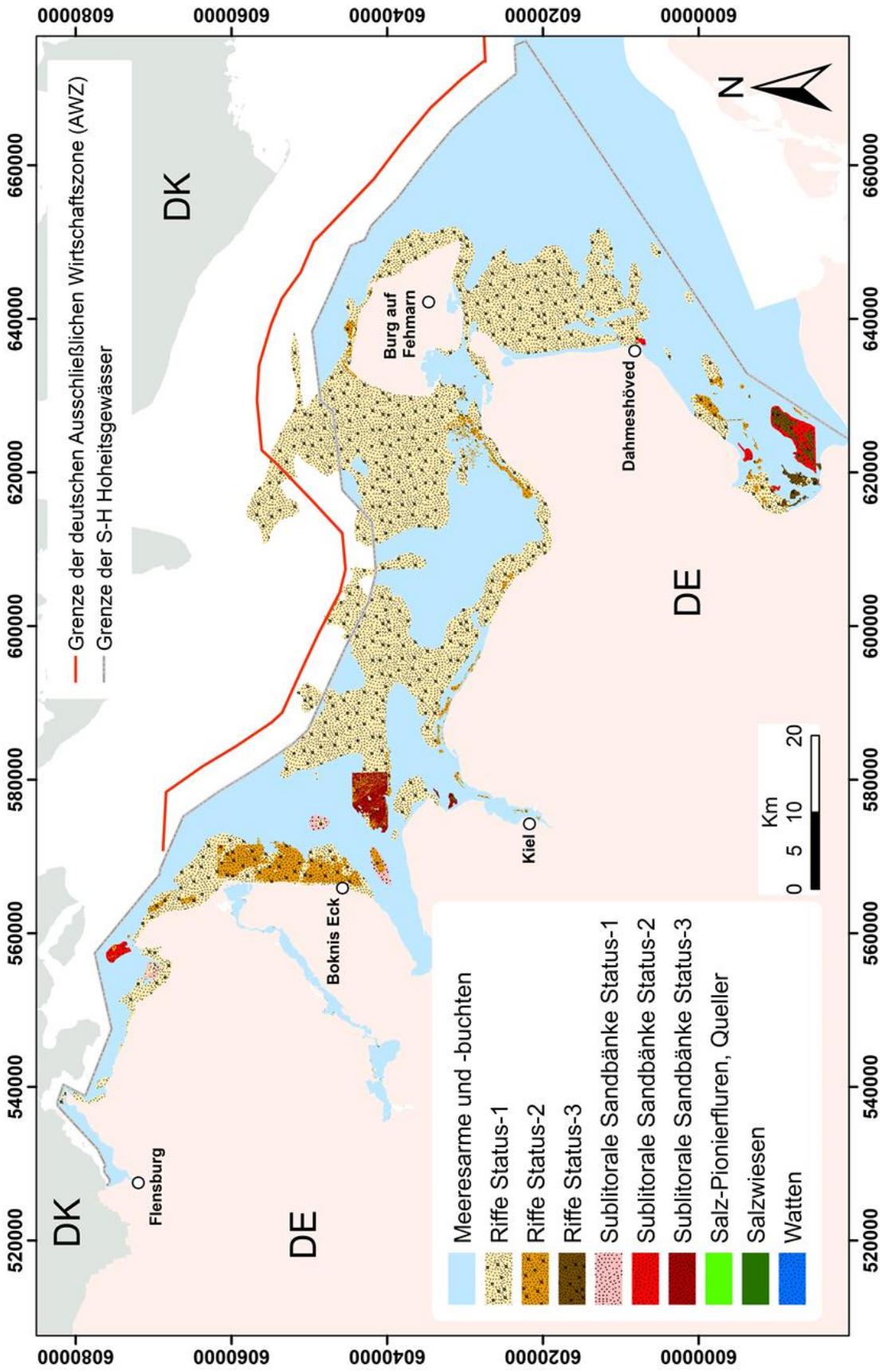


Abbildung 4: Kenntnisstand über die marinen FFH-Lebensraumtypen im Bereich der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee zu Beginn der Untersuchungsreihe „Marine Lebensraumtypen“ (Schwarzer et al., 2008).

### 3. Methoden

Für die Harmonisierung der Resultate aus den in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee durchgeführten Kartierungen zur Charakterisierung von Lebensraumtypen nach FFH waren drei Schritte erforderlich (Abbildung 5):

- ✓ Zusammenstellung der vorhandenen Informationen
- ✓ Organisation, Analyse und Auswertung der Informationen
- ✓ Habitat-Klassifizierung

#### **Zusammenstellung existierender Informationen**

Die zusammengestellten Informationen umfassen Datensätze und verfügbare Berichte im Zusammenhang mit LRT-Projekten und anderen, am IfG durchgeführten Arbeiten wie Dissertationen, Masterarbeiten, Projektarbeiten, etc. (Abbildung 1 und Abbildung 2, Tabelle 1). Das Material besteht aus hydroakustische Daten, die mit unterschiedlichen Systemen erhoben wurden, in situ Beobachtungen durch optische Systeme und wissenschaftliche Taucher sowie aus Sedimentbeprobungen, die über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt sind. Die Daten wurden entsprechend den jeweiligen Anforderungen der verschiedenen Projekte erhoben. Die Mehrzahl der Daten resultiert aus den Kartierungen zur Bestandsaufnahme der Meeresbodeneigenschaften, um sie Lebensraumtypen nach der FFH-Richtlinie zuweisen zu können.

#### **Organisation, Analyse und Auswertung der Informationen**

Dieser Schritt umfasst die Organisation, Differenzierung, Analyse, Auswertung und Verarbeitung der hydroakustischen und geologisch/sedimentologischen Daten (Abbildung 5). Die hydroakustischen Informationen umfassen Messungen mit einem Seitensichtsonar (SSS), einem Fächerecholot (MBES), einem Boomer-System (SBP), einem parametrischen Sedimentecholot (SES) sowie einem akustischen System zur Sedimentklassifizierung (AGDS) (Penrose et al., 2005; Schwarzer u. Heinrich, 2010). Es wurden aber nicht grundsätzlich immer alle Systeme in einem Arbeitsgebiet eingesetzt, sondern der Einsatz der Geräte richtete sich nach den jeweiligen Anforderungen. Je flacher der jeweilige Untersuchungsbereich wurde, umso schwieriger wurde der Geräteeinsatz, da die genutzten Boote kleiner waren und sie somit auf Wellen empfindlicher reagierten. Zudem ist die Energieversorgung für die Messgeräte in kleinen Booten limitiert.

Die SSS-Informationen wurden bei den länger zurückliegenden Untersuchungen mit einem Klein 595 (384 kHz) erhoben, später mit einem Benthos C3D (200 kHz), mit einem Benthos 1624 (100 kHz und 400 kHz) oder mit einem StarFish 452F (450 kHz) bzw. 990F (1 MHz). Zur Datenaufnahme kamen verschiedene Programme zum Einsatz. In den meisten Fällen wurden die Rohdaten mit der Triton-Software aufgezeichnet und mit der Software Sonar Wiz (Chesapeake Technology) nachbearbeitet. Für die StarFish Daten gibt es eine eigene Aufzeichnungssoftware. Die weitere Auswertung der jeweiligen SSS-Mosaik in einer Auflösung von 25 cm erfolgt größtenteils mit der Software ArcGIS 10.6.1. Somit können in den Mosaiken Unterschiede in den Rückstreuintensitäten, die Meeresbodeneigenschaften widerspiegeln, in einem Größenbereich von 50 cm unterschieden werden. Die Rohdaten, die man sich im sogenannten Wasserfallmenü am Bildschirm ansehen kann, liefern für Detailfragen eine höhere Auflösung.

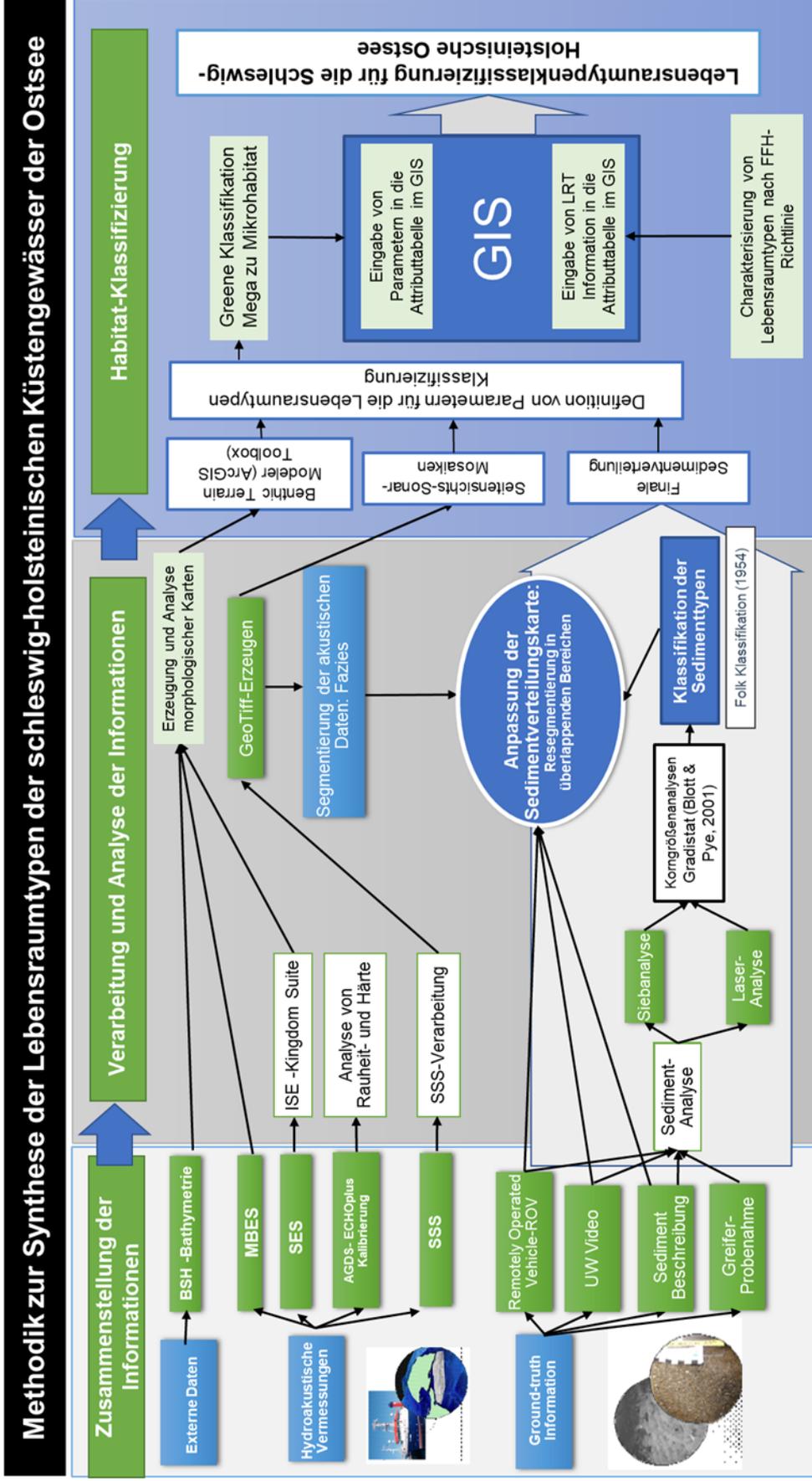


Abbildung 5: Schema der für die Synthese durchgeführten Zusammenführung und Harmonisierung der Daten aus den Lebensraumtypenkartierungen die zur Klassifizierung des Meeresbodens verwendet wurden. AGDS (Acoustic Ground Discrimination System): System zur akustischen Klassifizierung des Meeresbodens mit ECHOPlus; MBES: Fächerecholot. SES: Parametrisches Sedimentecholot; SSS: Seitensicht Sonar.

Die Segmentierung und Klassifizierung von SSS-Daten besteht in der Abgrenzung von Gebieten mit ähnlicher Rückstreuintensität und ähnlichen räumlichen Mustern. Die Rückstreuintensität wird durch die Grauwerte wie hellgrau, mittelgrau und dunkelgrau repräsentiert. Nach der Segmentierung der hydroakustischen Daten werden die Polygone dann je nach den Eigenschaften des Meeresbodens, unter Hinzuziehung der Daten der Korngrößenanalysen, der Bodenrauheit, der Geomorphologie, der Substratzusammensetzung und der benthischen Biologie, bestimmten Sedimenttypen oder Lebensraumtypen zugeordnet. Da die vorliegenden SSS-Mosaik aus den einzelnen Untersuchungsgebieten zu einem einheitlichen Bild zusammengefügt werden mussten, kam es an den Schnittstellen der Mosaik teilweise zu sogenannten „offsets“. Hier passen die Farbwerte der SSS-Mosaik, die Sedimenttypen repräsentieren, nicht aneinander. So etwas kann bedingt sein durch den zeitlichen Versatz bei den Geländearbeiten, Sediment ist mobil und bewegt sich, oder durch unterschiedliche Geräteeinstellungen bei den einzelnen Ausfahrten. Unterschiedliche fachliche Ziele können ebenfalls dazu führen, dass Daten noch einmal bearbeitet werden müssen. In solchen Fällen erfolgte eine Resegmentierung händisch auf den Mosaiken.

Die Informationen aus der Sedimentansprache, den Video- und Fotoaufzeichnungen und den unterschiedlichen Korngrößenanalysen (Trockensiebung, Laseranalyse) wurden zusammengestellt und nach Folk (1954) klassifiziert (Abbildung 6). In der zugehörigen GIS-Attributtabelle wurden diese Informationen über die Charakterisierung des Meeresbodens in Verbindung mit der Verteilung von Steinen und Blöcken und anderen morphologischen Elementen (z.B. Bodenformen) und biologischen Informationen ergänzt, wenn entsprechende Daten verfügbar waren.

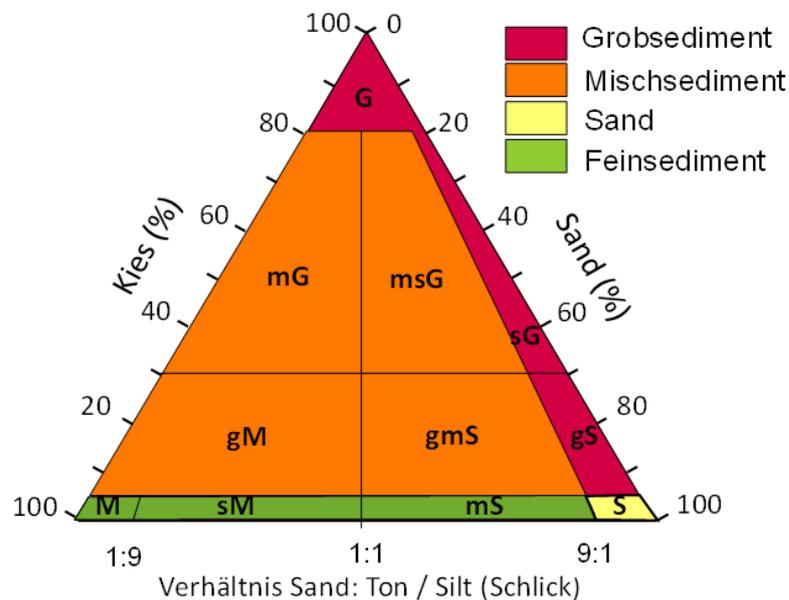


Abbildung 6: Einteilung der Sedimenttypen für klastische Sedimente, modifiziert nach Folk (1954) (BSH, 2016).

Steine und Blöcke sind für marine Organismen wertvolle Siedlungsflächen und haben im Habitatkontext eine besondere Bedeutung. Steine haben eine Mindestgröße von > 6,3 cm. Dies entspricht nach Wentworth (Wentworth, 1922) etwa der Grenze zwischen „pebble“ und „cobble“ (6,4 cm) sowie der Grenze zwischen „coarse gravel“ und „cobble“ (6,3 cm) nach ISO 14688-1:2017. Die Grenze zwischen Steinen und Blöcken liegt bei

einem Durchmesser von 63 cm (Kolp, 1966). Im Gegensatz zu diesen Literaturkenntnissen wird bei den Habitat- und Lebensraumtypen Kartierungen für Steine und Blöcke die Grenze für Blöcke bereits bei 50 cm gezogen (Boedeker u. Heinicke, 2018). Ein derzeit diskutierter Ansatz in den BLANO (Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee) Arbeitsgruppen favorisiert eine weitere Unterteilung für die Küstengewässer. Hier sollen bereits die Objekte ab einem Durchmesser  $> 25$  cm erfasst werden. Dies entspricht einer Steinkartierung. Bei der Erfassung ausschliesslich der Objekte  $> 50$  cm spricht man von einer Blockkartierung. Die Festlegung auf diese Erfassungskriterien ist der Praktikabilität und den technischen Randbedingungen bei den Aufnahmen im Gelände (Schiffsgeschwindigkeit und Breite des zu kartierenden Streifens des Meeresbodens bestimmen die Auflösung) und dem Prozessierungs- und Zählaufwand geschuldet.

Die Verteilung von Steinen/Blöcken wurde manuell auf der Grundlage von SSS-Mosaiken für ausgewählte Gebiete der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee durchgeführt. Als Voraussetzung für einen erkennbaren akustischen Schatten hinter einem Block ist bei der Prozessierung eine Auflösung von 25 cm notwendig. Das Vorkommen von Objekten  $> 50$  cm (eine eindeutige Abgrenzung benötigt mindestens 2 Pixel) kennzeichnet also Gebiete mit Blockvorkommen. Bei der Klassifizierung wird innerhalb der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee auf einem Raster von 25 m Kantenlänge zwischen „viele Blöcke ( $> 5$  Blöcke)“, „einige Blöcke (1-5 Blöcke)“ und keine Blöcke unterschieden. Die Zahl 5 resultiert aus der Simultanerfassung von Objekten, d.h. 5 Objekte können mit einem Blick one grossen Zählaufwand erfasst werden.

Diese Stein/Blockverteilung ist ein geomorphologisches Kriterium, das bei der Greene-Klassifikation Anwendung finden kann. Eine solche Auszählung ist partiell für ausgewählte Bereiche durchgeführt worden, um diese Daten in den Greene-Code einbauen zu können.

### **Geomorphologische Parameter**

Aus bathymetrischen Daten abgeleitete Geländeeigenschaften können quantitativ gemessen und mit marinen Lebensräumen in Beziehung gesetzt werden. Eine Python-Toolbox für ArcGIS, der Benthic Terrain Modeler (BTM), wird benutzt, um die Morphologie auf der Basis eines digitalen Geländemodells zu charakterisieren, z.B. die Darstellung von morphologisch erhöhten Bereichen, Depressionen, Ebenen und Hängen, und um Rückschlüsse auf das Potenzial für benthische Lebensräume zu ziehen. Dieses GIS-Werkzeug wurde von der Abteilung für Geowissenschaften der Oregon State University in Zusammenarbeit mit dem GIS-Integrations- und Entwicklungsprogramm der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) entwickelt (Wright et al., 2005). Der BTM verwendet bathymetrische Daten für die Klassifizierung des Meeresbodens, um Terrain-Attribut-Parameter, wie den bathymetrischen Positionsindex (BPI), die Hangneigung des Meeresbodens und die Rauheit zu ermitteln (s. Tabelle 3). All diese Informationen sind zur Unterstützung bei der Erstellung von Habitatkarten hilfreich (Walbridge et al., 2018).

Die Hangneigungen lassen sich aus den morphologischen Daten, im vorliegenden Fall dem digitalen Geländemodell (DTM) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), das mit einer Auflösung von  $50 \times 50$  m vorliegt, berechnen. Der morphologische Gradient gibt das Gefälle oder die Steilheit des Meeresbodens an. Die Steigungswerte verdeutlichen die Bandbreite der morphologischen Meeresbodengradienten in einem Untersuchungsgebiet. Sie reichen von flachem Gelände bis hin zu steileren Bereichen, die durch höhere Neigungswerte repräsentiert werden. Gemäß des Greene Codes

(Greene et al., 1995, 1999, 2005, 2007, 2008) werden die Steigungen des Meeresbodens in fünf Klassen eingeteilt: flach (0-5°), moderat abfallend (5-30°), steil abfallend (30-60°), vertikal (60-90°) und Überhang (>90°).

Der Bathymetric Position Index (BPI) zeigt, wo sich ein Punkt auf einer bathymetrischen Oberfläche relativ zu den ihn umgebenden Gebieten befindet. Der BPI setzt in einem bathymetrischen Datensatz den Höhenwert einer jeder Zelle in Beziehung zur mittleren Höhe einer bestimmten Nachbarschaft (der Annulus) um diese Zelle herum. Der Annulus ist eine Region, die von zwei konzentrischen Kreisen um den Standort herum begrenzt wird (Walbridge et al., 2018). Um jede Rasterzelle relativ zu ihren Nachbarzellen innerhalb eines Ringes räumlich zu analysieren, wird die BPI-Region durch einen inneren und äußeren Radius definiert.

Tabelle 3: Geomorphologische Parameter

Gelände-Parameter	Beschreibung	Einstellungen
<b>Bathymetric Position Index (BPI)</b>	Auf der Basis benutzerdefinierter Einstellungen berechnet der BPI die Differenz zwischen der Höhe einer Fokuszelle des digitalen bathymetrischen Modells relativ zur durchschnittlichen Höhe benachbarter Zellen. BPI > 0: Fokuszellen haben höhere Werte als ihre Nachbarzellen (z.B. Rippeln) BPI < 0: Fokuszellen haben niedrigere Werte als die Nachbarzellen (z.B. Senken) BPI = 0: horizontale Flächen oder Fläche mit konstantem Gradienten	Digitales bathymetrisches Modell: Rasterzellengröße: 50 x 50 m Annulus / Ringförmige Konfiguration: Feinskaliger BPI: Innenradius 10 Einheiten und ein Außenradius von 25 Einheiten. Großmaßstäblicher BPI: Innenradius 10 Einheiten und Außenradius 100 Einheiten
<b>Hangneigung</b>	Die Hangneigung ist der Gradient in Richtung der maximalen Neigung des Meeresbodens. Er zeigt für jede Zelle die maximale Veränderungsrate von der Zelle zur Nachbarzelle an (Lundblad et al., 2006).	Werden für das jeweilige Gebiet ermittelt.
<b>Rauheit</b>	Die Rauheit ist ein Maß für die Unebenheit der Oberfläche. Sie wird angegeben als das Verhältnis von einer rauen Fläche zu einer ebenen Fläche.	Keine Geländevariation ~ 1 bis maximale Geländevariation > 1.

### Die Greene-Klassifikation

Greene et al. (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) haben über viele Jahre ein GIS-basiertes Klassifikationsschema entwickelt, um Lebensräume in 30 - 300 m Wassertiefe entlang der Pazifikküste Nordamerikas zu kategorisieren und darzustellen. Dieses Klassifikationsschema basiert primär auf geomorphologischen Kriterien. Aufgrund seiner Vielseitigkeit, leichten Anwendbarkeit und möglichen Übertragung auf andere Meeresgebiete hat sich dieses Klassifikationsschema und dessen kontinuierliche Erweiterung für Habitatkartierungen recht weit verbreitet (Jordan et al., 2005; Intelmann u. Cochrane, 2006). Es handelt sich hierbei um ein hierarchisches Schema, das von Mega-Habitaten (geographische Räume in der Größenordnung von km) bis zu Mikrohabitaten (kleine Formen unter 1 m) Anwendbarkeit findet (Abbildung 7).

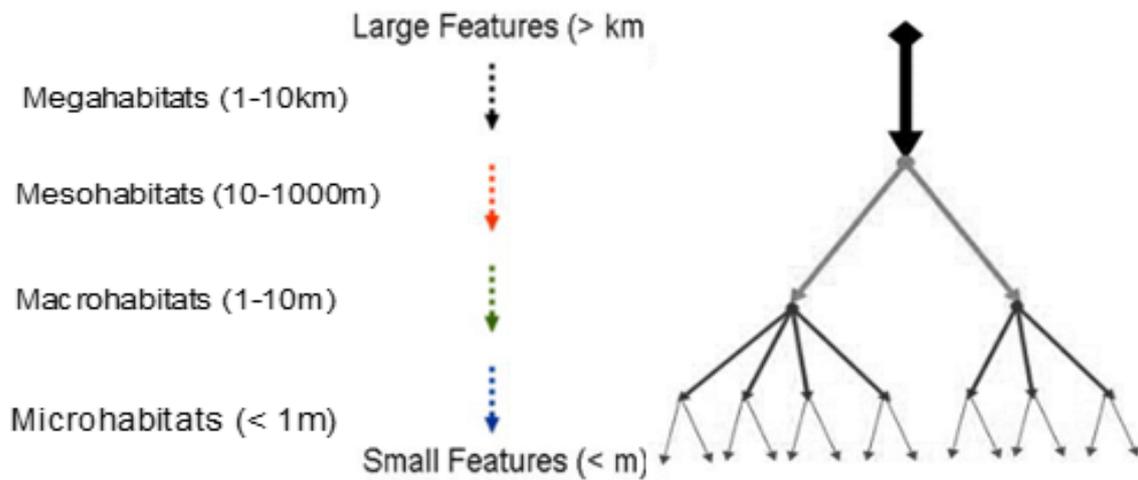


Abbildung 7: Diagramm, das die Unterschiede in der Größe von Merkmalen zwischen den Klassen in verschachtelten Hierarchien zeigt. Geändert, nach Lund u. Wilbur (2007).

Der Einsatz eines GIS hilft wesentlich bei der Analyse der räumlichen Abgrenzung, der Darstellung, der Charakterisierung und der Beschreibung von Meeresbodenbedingungen, die geeignet sind, sie als ein Habitat oder als einen bestimmten Lebensraumtyp zu charakterisieren (Greene et al., 2005). Das Klassifikationsschema von Greene verwendet dabei einen Attributcode zur Klassifizierung von marinen Habitaten, der im Wesentlichen auf der Klassifizierung geomorphologischer Parameter basiert, aber auch geologische und biologische Parameter einbezieht, die für die jeweiligen Lebensraum prägend sind. Der Code wird genutzt, um zwischen den unterschiedlichen geomorphologischen Elementen zu differenzieren. Er kann im GIS in Form von Attributtabelle oder Kartendarstellungen dargestellt werden (Greene et al., 1995, 1999, 2005, 2007, 2008). Die Codierung besteht aus 7 Abschnitten von denen jeder eine Alphanumerische Zeichenfolge hat (Abbildung. 8).



Abbildung 8: Beispiel für den von Greene et al. (2007) vorgeschlagenen Code.

Im Rahmen dieses Berichtes wird ein Ansatz zur Charakterisierung der Meeresbodenbedingungen und zur Klassifizierung des marinen Lebensraums in den schleswig-holsteinischen küstengewässern der Ostsee vorgeschlagen, der auf dem Klassifikationssystem von Greene et al. (1999, 2005, 2007, 2008) basiert. Er stützt sich auf physikalische, geologische und biologische Parameter. Es wird jedoch der GIS-Attributcode, der Informatio-

nen über die Tiefe, den Sedimenttyp, die Bodenrauheit, die Geomorphologie, die Substratzusammensetzung und die benthische Biologie enthält, modifiziert. Die Tabelle 4 zeigt den für diesen Ansatz verwendeten Code, der in der Regel sieben Zeichen in einer hierarchischen Ebene umfasst. In der Tabelle 4 entsprechen die Zeichen Megahabitat (1), Boden Härte (2), Meso-/Makrohabitat (3), Modifikatoren (4), Morphologische Gradienten (z.B. Hangneigung) (5), Rauheit (6), geologische Einheit und in situ Beobachtungen (geologische und biologische Attribute) (7). Modifikationen gab es bei 3, 4, 5 und 6 (in der Tabelle 4 in blauer Schrift). Hangneigung und Rauheit wurden für den vorliegenden Bericht auf Grundlage des Rasters mit einer Zellengröße von 50 mal 50 m berechnet. Darüber hinaus werden die Informationen über die Sedimente und Meeresbodenstrukturen durch Unterwasservideobeobachtungen und Greifer-Probendaten unterstützt. Auch diese Informationen gehen in die Codierungen ein.

Tabelle 4: Schlüsselparameter zum Habitat-Code, die in der Klassifikation verwendet werden (angelehnt an Greene et al. (1995, 1999, 2005, 2007, 2008)<sup>1</sup>.

GIS ID	1_MegalID	2_BottomID	3_Mesolid	4_Modifier	5_Slope	6_Rugosity	Geolog-icID	Biolog-ID
<b>Repräsentation</b>	Physiographie und Tiefe	Härte des Substrats	Geomorphologie (Meso- und Makrohabitat)	Modifikatoren für Textur, Lithologie, Bodenformen und Biologie.	Neigung des Meeresbodens	Rauheit des Meeresbodens	Geologische oder Substrat-Attribute	Biologische Attribute
<b>Beschreibung</b>	Mega-Habitat mit vorgeschlagener Tiefenreichweite.		Bestimmt die Größe des Habitats (Macro-, meso oder minihabitat)	Es beschreibt die Textur, die Bodenform, die Biologie oder den Sedimenttyp.	Es wird für das Untersuchungsgebiet aus x-y-z-Bathymetriedaten berechnet.	Sie wird für die Vermessungsfläche aus gitterförmigen x-y-z-Bathymetriedaten unter Verwendung von Nachbarschaftsstatistiken berechnet.	Ermittelt aus Video-Standbildern oder direkter Beobachtung.	
<b>In dieser Arbeit implementierte Codes</b>	S = Shelf, Kontinental (0-200 m) I = Binnenmeere, Fjorde und enge Buchten oder Passagen (0-200 m).	h= harter Grund (Gesteinsaufschlüsse oder Sedimentpflaster) m= Mischboden (lokale Sedimentbedeckung auf dem Grund) s = Weichbodensedimentabdeckung. Sedimenttypen (b) = boulder (c) = cobble (p) = pebble (g) = gravel (s) = sand (m) = mud, silt, clay	b = beach, relic [(b)/p]= sie sind mit Pinnacles (hier: <b>durchspießende Steine</b> ) assoziiert, die oft schwer von Blöcken zu unterscheiden sind e = Exponiertes Grundgestein (hier: <b>Geschiebemergel</b> ) f = Flächen, Böden g = Gully, Rinne i = eisgeformtes Material (Moräne) m = Hügel; Rücken v = bewachsenes Sediment oder Gestein (See-gras oder Algen bedeckt) <b>w = Sandschleier</b>	a = anthropogen a-c = Kabel a-dd = Dredgespuren (Baggerstörungen) a-dm= Verklappung von Sediment a-td = Fischereispuren (Schleppnetzspuren) a-p= Pipelines b = bimodal (konglomerat, gemischt, umfasst Kies, Steine, Steinpflaster, <b>Schillpflaster</b> ) h = unregelmäßiges Relief r: Rippel u = unkonsolidiertes Sediment	<b>1. Flat (0-5°)</b> <b>*1.1. Very flat (0°-0.2°)</b> <b>*1.2. Flat (0.21°-0.45°)</b> <b>*1.3. Moderately flat (0.46°-1.5°)</b> <b>*1.4. Slightly flat (1.51°-5.0°)</b>	<b>A. Sehr niedrige Rauheit</b> <b>*A.A. 1 to 1 + 2.38 x10<sup>-7</sup></b> <b>*A.B. 1 + 2.39 x10<sup>-7</sup> to 1 + 1.788 x10<sup>-6</sup></b> <b>*A.C. 1 + 1.789 x10<sup>-6</sup> to 1 + 9.894x10<sup>-6</sup></b> <b>*A.D. 1 + 9.895x10<sup>-6</sup> to 1 + 3.490 x10<sup>-3</sup></b>	(u-r) = Ripple [a] = Algen [a-r] = Rotalgen [o] = andere sessile Organismen (Mytilus edulis) [t] = Spuren, Trails oder Spurenfossilien (Bioturbation) [t-b] = Gräben [w] = Bioturbationsspuren	

<sup>1</sup> Manche Ausdrücke bleiben in der englischen Sprache erhalten, da passende Übersetzungen in die deutsche Sprache nicht möglich sind  
\*Parameter, die in dieser Tabelle aufgenommen wurden, sind in blauer Schrift dargestellt und an die Klassifikation von Greene et al. angepasst.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Morphologie des Meeresbodens; Geländeparameter unter Verwendung des Benthic Terrain Modeler (BTM)

Die Kombination von Geländemerkmale, die aus bathymetrischen Daten abgeleitet werden, wie Hangneigung, Rauheit und Bathymetrischer Positionsindex (BPI) beinhaltet eine gute Möglichkeit zur Klassifizierung der submarinen Topographie. Die Verwendung des BTM ermöglicht es, morphologische Gradienten auf unterschiedlichen räumlichen Skalen - einer feinen und einer groben Skala - darzustellen. Beide Skalen können zur Identifizierung potentieller Lebensräume verwendet werden kann.

#### **Bathymetric Position Index (BPI)**

Die Abbildung 9 zeigt den BPI-Index für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee, der aus dem BTM auf der Basis eines Datensatzes mit einer Gitterzellengröße von 50 m berechnet wurde. Damit wird es ermöglicht, großskalige Bereiche mit gleichen morphologischen Merkmalen des Meeresbodens zu identifizieren. Morphologische Merkmale wie Senken werden durch negative Werte (violette Farben) dargestellt. Diese sind häufig mit Rinnen und Becken (z.B. Wattenbergrinne, Kossaurinne, Fehmarnbelt) verbunden. Im Gegensatz dazu ist ein gegenüber der Umgebung ansteigendes Relief wie z.B. der Stollergrund in der Kieler Bucht oder die Sagasbank in der Mecklenburger Bucht mit Abrasionsplattformen und aufragenden Strukturen verbunden (braune Farben in der Abbildung 9). Das gleiche gilt für die küstennahen Regionen, die ja gegenüber dem seewärtigen Seegrund ansteigen. Die Abbildung 9 zeigt ebenfalls deutlich, dass an der Südflanke der Abrasionsplattform westlich von Fehmarn auf Höhe des Flüggesandes eine gegenüber der Umgebung leicht erhabene Ost - West ausgerichtete Struktur liegt, die sich mit einem dort vorhandenen Sandkörper deckt.

Am Beispiel der Flensburger Förde wird gezeigt, wie kleinere morphologische Strukturen durch die feinskaligen BPI-Datensätze identifiziert werden können (siehe Abbildung 10 a – c). Diese kleinskaligen morphologischen Strukturen sind unterschiedlichen Strömungsbedingungen ausgesetzt, da eine erhabene Struktur in ein Strömungsprofil hineinragt, eine Senke hingegen vor Strömungen schützt, sich also beide Bereiche hinsichtlich eines Strömungseinflusses deutlich voneinander unterscheiden. Dieses wiederum könnte Auswirkungen auf die Deposition von Feinsediment haben, sich aber auch auf die Besiedlung durch benthisch lebende Organismen auswirken.

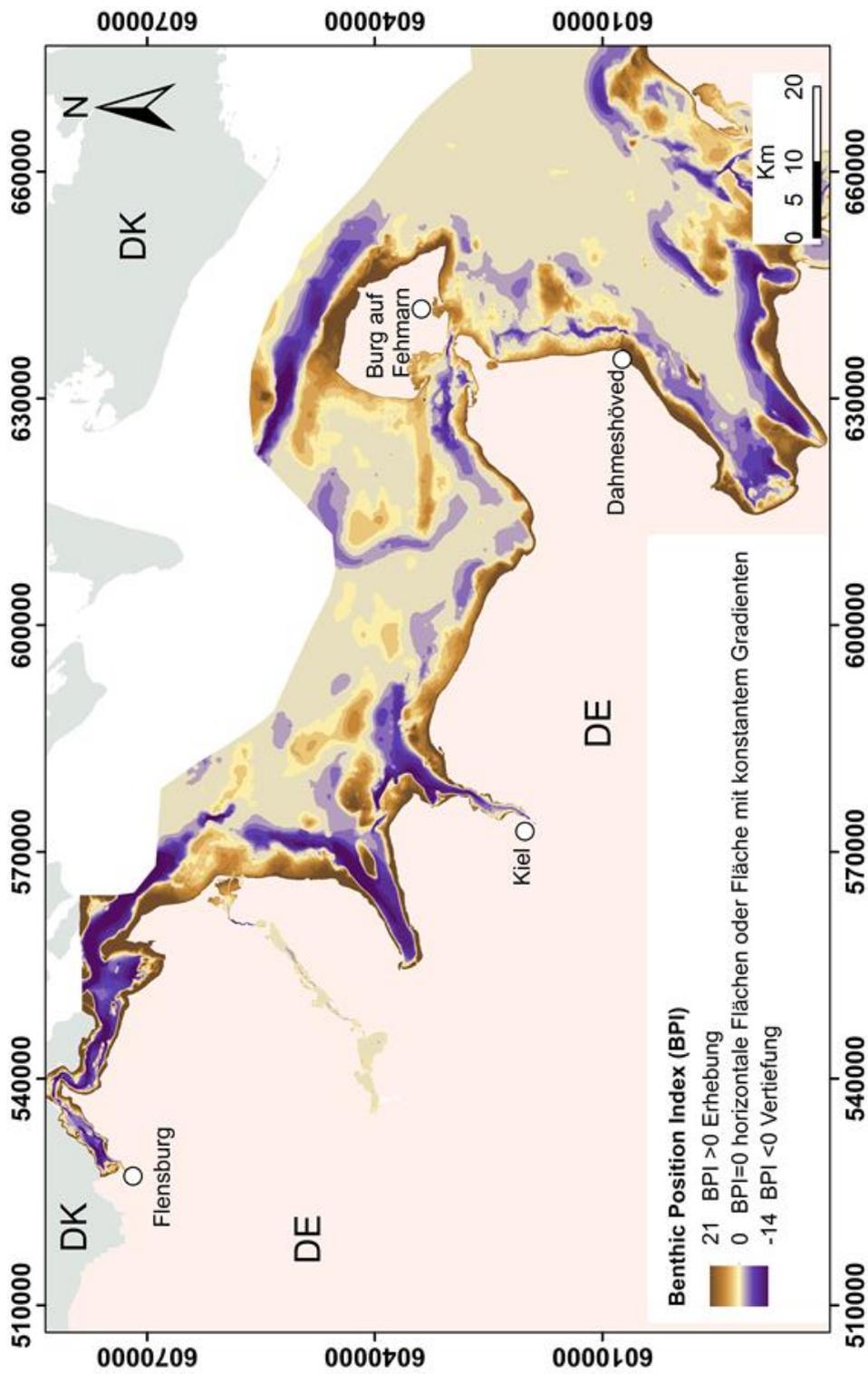


Abbildung 9: Auf einem 50m-Raster (BSH) berechnete BPI-Werte für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostseeküste. Niedrige Werte (violett) repräsentieren gegenüber der Umgebung Vertiefungen, während positive Werte (braun) gegenüber der Umgebung ansteigende Werte darstellen Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 27.5.2019).

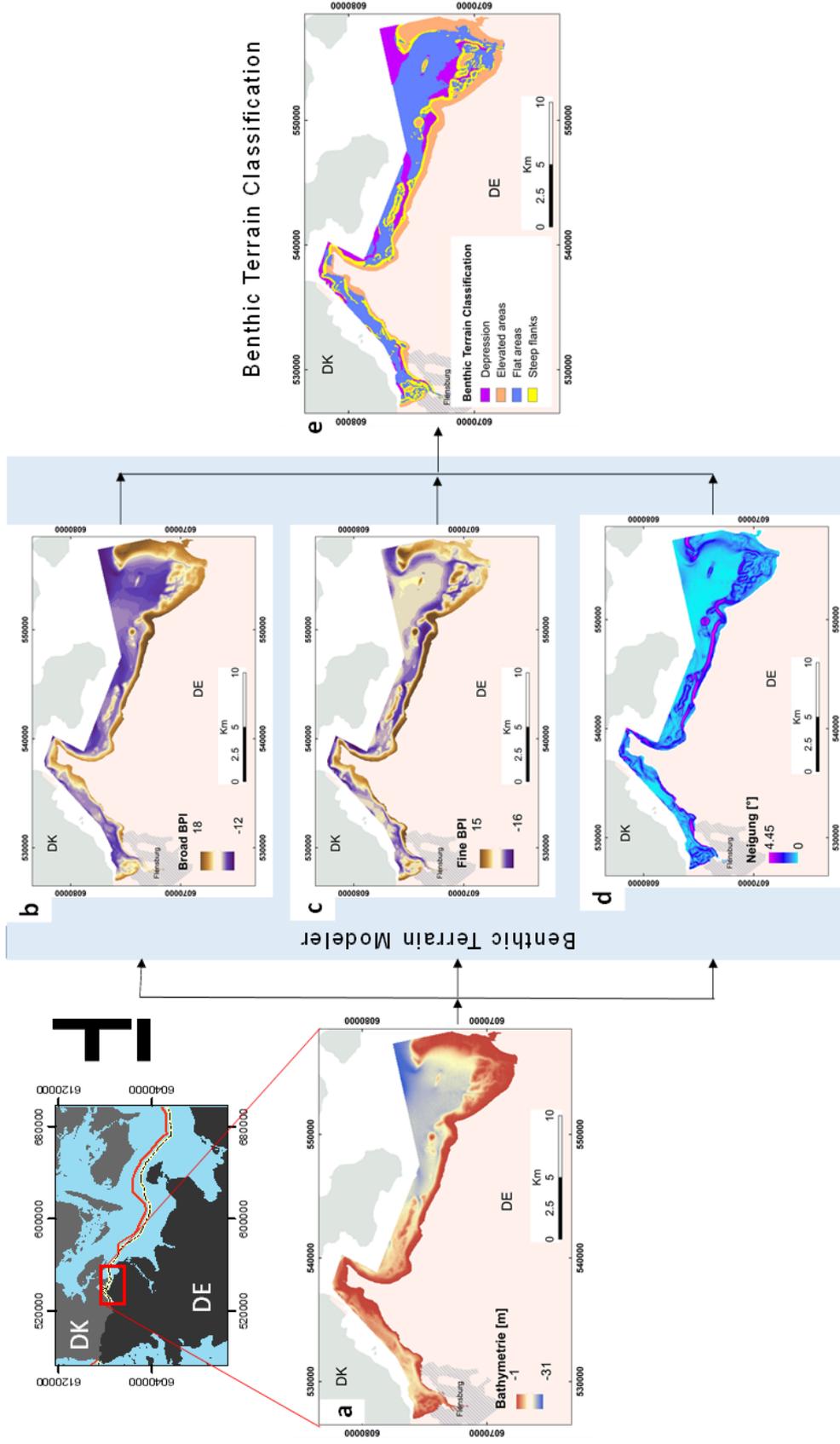


Abbildung 10: Morphologisches Klassifikationsschema unter Verwendung von Geländemerkmale unter Verwendung von digitalen bathymetrischen Modell (a) (50-m-Raster) für die Flensburger Förde abgeleitet wurden. b) Breiter und c) feinkaliger Benthic Position Index (BPI) und Neigungsgradienten (d) werden mit dem ArcGIS-Tool BTM (Benthic Terrain Modeler) erstellt. Die Benthic Terrain Classification (e) definiert geomorphologische Zonen auf der Grundlage der morphologischen Parameter Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 27.5.2019).

## Hangneigung des Meeresbodens

Die morphologischen Gradienten des Meeresbodens sind ein wichtiges Element für die Interpretation von Erosions- und Sedimentationsräumen. Sie werden auch bei der Klassifizierung von Lebensraumtypen, z. B. speziell der Bänke genutzt. Die Hangneigung gibt das Gefälle oder die Steilheit des Meeresbodens an. Die Steigungswerte verdeutlichen die Bandbreite der morphologischen Meeresbodengradienten in einem Untersuchungsgebiet. Sie reichen von flachem Gelände bis hin zu steileren Bereichen, die durch höhere Neigungswerte repräsentiert werden. Gemäß des Greene Codes (1999, 2005, 2007, 2008) werden die Steigungen des Meeresbodens in fünf Klassen eingeteilt: flach ( $0-5^\circ$ ), moderat abfallend ( $5-30^\circ$ ), steil abfallend ( $30-60^\circ$ ), vertikal ( $60-90^\circ$ ) und Überhang ( $>90^\circ$ ).

Die Hangneigungen für das Untersuchungsgebiet lassen sich aus den morphologischen Daten, im vorliegenden Fall dem digitalen Geländemodell (DTM) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH, das in einer Auflösung von  $50 \times 50$  m) vorliegt, berechnen. Danach weist der Meeresboden der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee lediglich Neigungen von  $0^\circ - 4,7^\circ$  auf. Nach Greene befindet er sich damit in der Klasse mit den geringsten Hangneigungswerten. Um dennoch eine geeignete Differenzierung der Hangneigungswerte für das Untersuchungsgebiet darzustellen, wird hier eine weitere Unterteilung von lediglich dieser ersten Klasse vorgeschlagen. Diese Unterteilung wurde mit den Datenklassifikationsmethoden in ArcGIS berechnet.

Für die erste Klasse werden vier Unterklassen vorgeschlagen, in denen die Klassen neu organisiert werden. Die Equal-Intervall-Methode (Abbildung 11a) teilt die Werte in gleich große Intervalle ein. Diese Anwendung zeigt wenig Variation und hat damit wenig Aussagekraft für das Untersuchungsgebiet (Abbildung 11b). Im Gegensatz dazu teilt die Natural Breaks Methode in ungleich große Intervalle auf (Abbildung 11c). Die „Natural Breaks (Jenks) Methode“ definiert Grenzen, die die Klassen in Gruppen mit ähnlichen Werten unterteilen und so die Unterschiede zwischen den Klassen maximieren. Die Grenzen der Klassen wurden dort gesetzt, wo es relativ große Unterschiede in den Datenwerten gibt. Diese Einteilung zeigt eine bessere Verteilung der Klassengrenzen im Vergleich zur Methode mit gleichen Intervallen (Abbildung 11c und d). Auf der Grundlage der Natural Break Methode wird vorgeschlagen, die Unterteilungen der Klasse „flach“ (flat) (Greene et al., 2005, 2007) weiter zu differenzieren. Es werden vier Unterklassen vorgeschlagen: sehr flach ( $0^\circ-0,20^\circ$ ), flach ( $0,21^\circ-0,65^\circ$ ), mäßig flach ( $0,66^\circ-1,5^\circ$ ) und leicht flach ( $1,51^\circ- 5,0^\circ$ ).

Gebiete mit einem starken Relief befinden sich in Küstennähe, während flache und ebene Gebiete häufiger in den Becken anzutreffen sind (Abbildung 12). In den zentralen Teilen der Mecklenburger Bucht, in der Kieler Bucht und in der mittleren Flensburger Förde ist der Meeresboden sehr flach mit nur geringen Neigungswerten bis hin zu leicht ansteigenden Werten ("mäßig flach" - bis zu  $1^\circ$ ). Die seewärtigen Flanken im Bereich der Sagasbank liegen zwischen  $0^\circ$  und  $1,2^\circ$  ("sehr flach bis flach"), wobei die größten Neigungswerte entlang einer Rinne (in einigen Fällen  $> 1^\circ$ ) und an der Ostflanke der Plattform (bis zu  $1^\circ$ ) zu verzeichnen sind. Die morphologischen Neigungen in der Flensburger Förde reichen von  $0^\circ$  bis  $4,5^\circ$ , wobei hier die größten Neigungswerte in Küstennähe (bis zu  $4,5^\circ$ ) auftreten. Generell weisen steile Flanken häufig auf Erosion hin, während tiefer liegende, ebene Flächen häufig mit Sedimentationsräumen gekoppelt sein können (innere Mecklenburger Bucht). Gerade im Bereich der südwestlichen Ostsee, wo sich große Bereiche der Küste im Rückgang befinden, können geringe Hangneigungen auch auf ebene Abrasionsflächen

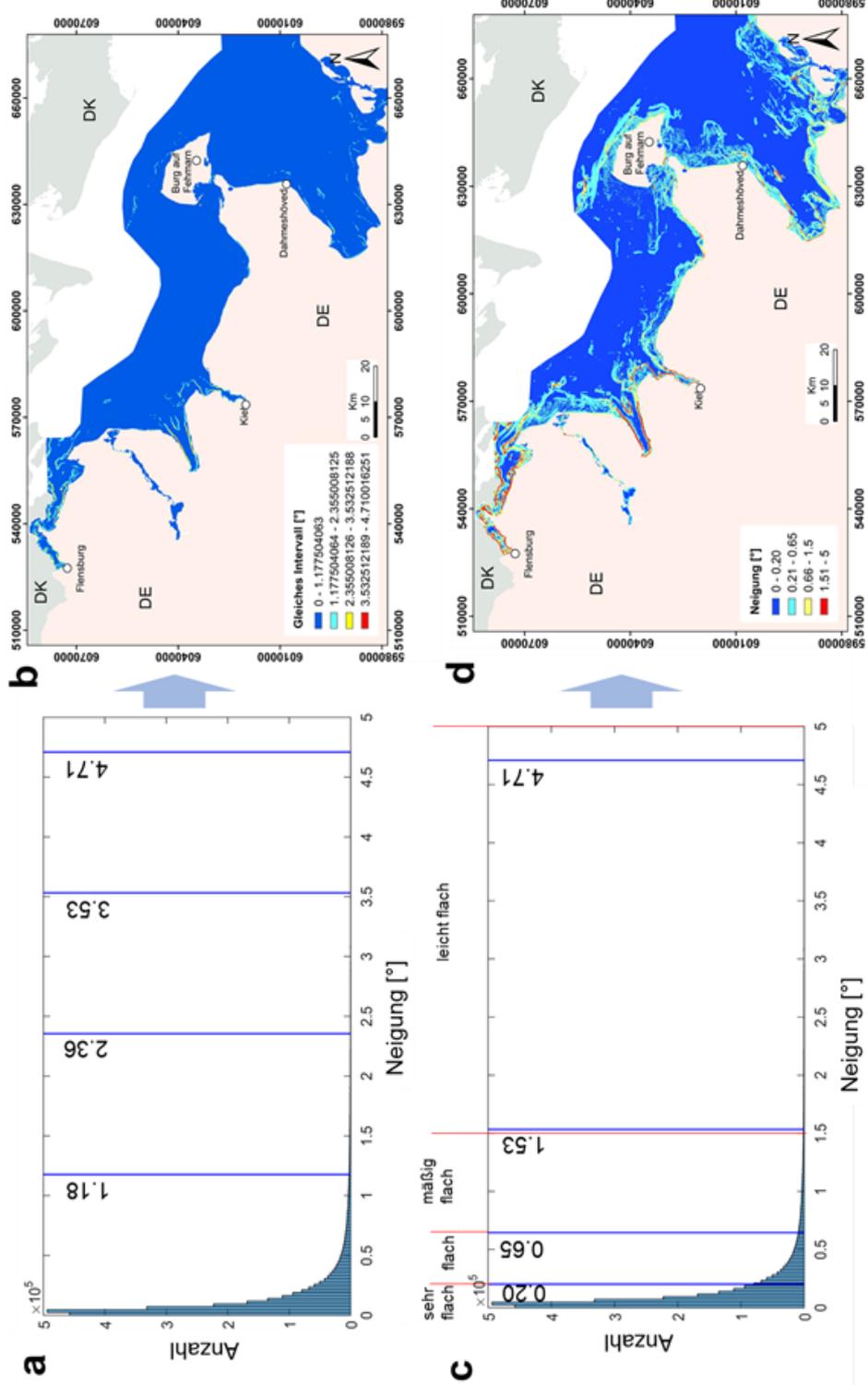


Abbildung 11: In der Equal-Interval-Methode werden für das gesamte Spektrum die Werte für die morphologischen Neigungen in regelmäßige Intervalle klassifiziert. b) Visualisierung der Equal-Interval-Methode für das Untersuchungsgebiet. c) Die Klassen werden anhand der Natural-Break-Klassifizierung aufgeteilt. d) Visualisierung der Natural-Break-Methode mit manuell angepassten und definierten Klassen im Untersuchungsgebiet.

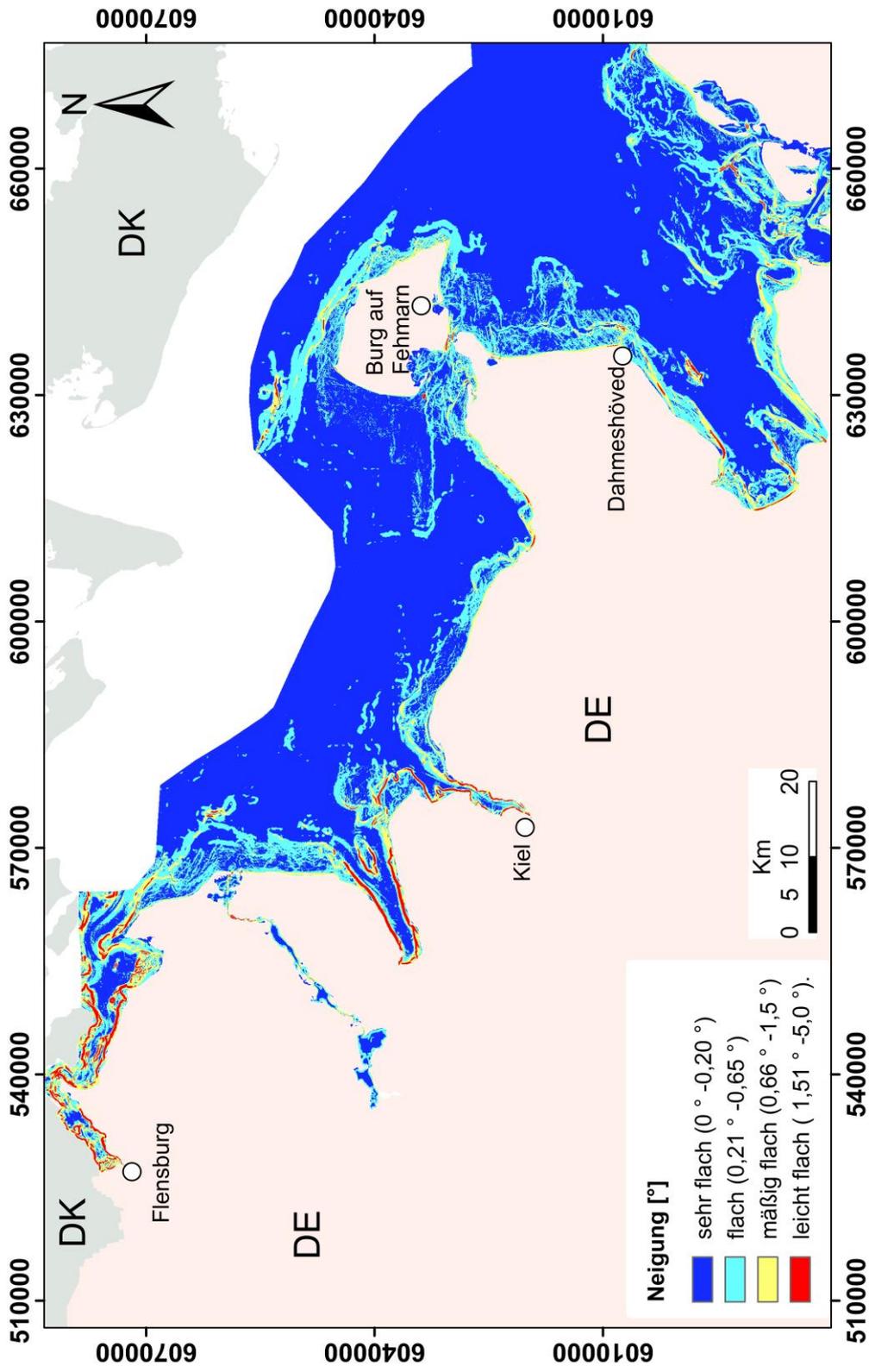


Abbildung 12: Hangneigungswerte (Grad) im Untersuchungsgebiet, berechnet in ArcGIS® auf der Basis von Bathymetriedaten mit einer Gitterzellengröße von 50 m  
 Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 27.5.2019).

hinweisen, wie es besonders deutlich für die Abrasionsfläch westlich von Fehmarn zu erkennen ist (Abbildung 12).

### **Rauheit**

Die Rauheit ist ein wichtiger, geomorphologischer Parameter für die Beschreibung des Meeresbodens, der einen Einfluss auf das Strömungsgeschehen und Ausbreitung von Wasserkörpern hat. Letzteres ist gerade für die westliche Ostsee von Bedeutung, da hier über die meiste Zeit des Jahres ein geschichteter Wasserkörper vorliegt, der zeitlich und räumlich sehr variabel ist. Hohe Rauheiten haben einen stärkeren Einfluss auf die Strömung als geringe Rauheiten. Zur Berechnung der Oberflächenrauheit wurde ein Zellen-gitter mit einer Kantenlänge von 50 m genutzt. Daher werden die Variationen der Rauheit des Meeresbodens lediglich in einem sehr großen Maßstab betrachtet, wodurch auch die morphologische Situation wiedergespiegelt wird.

Bei der Greene-Klassifikation ist die Rauheit in 5 Gruppen unterteilt, mit einem Wertebereich von 1 (sehr niedrige Rauheit) bis 2 (sehr hohe Rauheit). Die für das Untersuchungsgebiet ermittelten, dimensionslosen Werte für die Rauheit reichen von 1 bis ~1,0035. Sie liegen damit alle in der ersten Kategorie der „Greene-Klassifikation“ (Greene et al., 2005, 2007), die einer sehr niedrigen Rauheit („very low rugosity“) entspricht. Sie wird in dem Greene Klassifikationssystem mit dem Buchstaben „A“ bezeichnet. Während bei Greene vier weitere Unterklassen mit höheren Rauheitswerten vorgegeben werden, wird für das hier vorliegende Arbeitsgebiet die Klasse A feiner unterteilt. Es wird eine Unterklassifikation der ersten Klasse von Greene et al., (2005, 2007) vorgeschlagen. Die Unterteilung wird mit den Datenklassifikationsmethoden von ArcGIS berechnet. Die Abbildung 15 zeigt dazu 2 Möglichkeiten.

Die "Natural-Break-Methode" definiert Grenzen, innerhalb derer die Klassen in Gruppen mit ähnlichen Werten unterteilt werden. So werden die Unterschiede zwischen den Klassen maximiert (Abbildung 13a, b). Demgegenüber werden bei der Quantil-Datenklassifizierungsmethode die Werte in Gruppen verteilt, die eine gleiche Anzahl von Werten enthalten. Die Abbildung 13 zeigt, dass für die „Quantil-Methode“ (Abbildung 13c, d) im Vergleich zur „Natural-Break-Methode“ (Abbildung 13a, b) eine bessere Klasseneneinteilung der Rauheitswerte im Untersuchungsgebiet möglich ist. Vier weitere Unterklassen werden auf der Grundlage der Quantil-Statistik angepasst und definiert (A.A, A.B, A.C und A.D) (Abbildung 14).

Basierend auf den Rauheitswerten kann das Untersuchungsgebiet in ebene und unebene Gebiete unterteilt werden, mit den entsprechenden Zwischenstufen. Weite Bereiche des Meeresbodens entsprechen flachen Gebieten mit unverfestigtem Sediment, meist unterhalb von -20 m NHN. Sie zeigen die geringsten Werte für die Rauheit. Demgegenüber stehen an die Küste angrenzende Abrasionsplattformen, isolierte Aufragungen wie z.B. ein namenloser morphologischer Rücken in der Geltinger Bucht, der Mittelgrund in der Eckernförder Bucht, der Stollergrund zwischen Eckernförder Bucht und Kieler Förde, das Gabelsfach in der Kieler Bucht oder der Walkyriengrund in der Lübecker Bucht. Hohe Rauheitswerte zeigt ebenfalls das aus Sanden und Kiesen bestehende Riesenrippelfeld am Westausgang des Fehmarnbelts zur Kieler Bucht (Feldens et al., 2009).

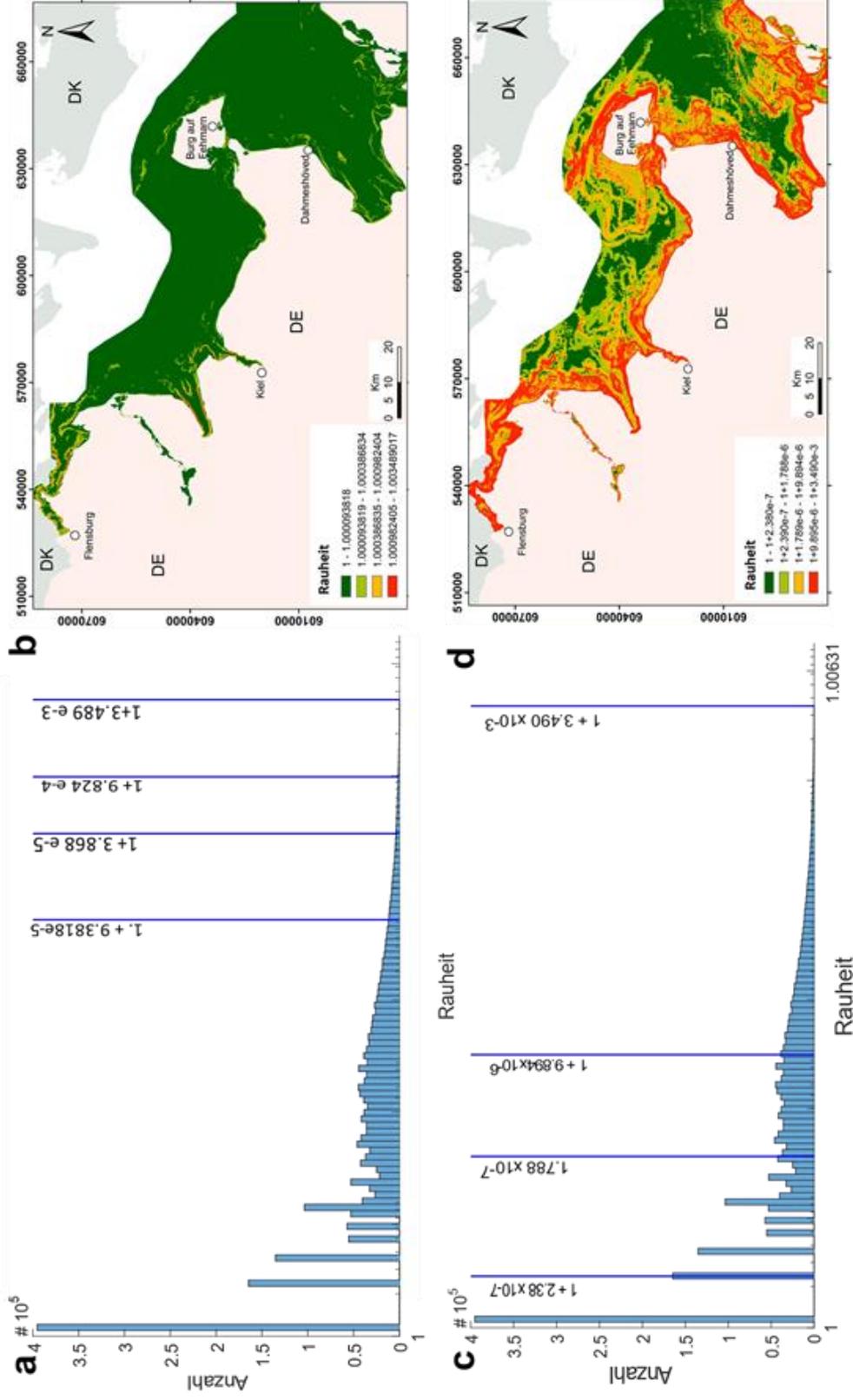


Abbildung 13: Klassifikation der Rauheitswerte mit der Natural-Break-Methode (logarithmische Skala). b) Visualisierung der Natural-Break-Methode im Untersuchungsgebiet. c) Die Klassen werden entsprechend der Klassifikation der Quantilmethode eingeteilt (logarithmische Skala). d) Visualisierung der Quantilmethode im Untersuchungsgebiet.

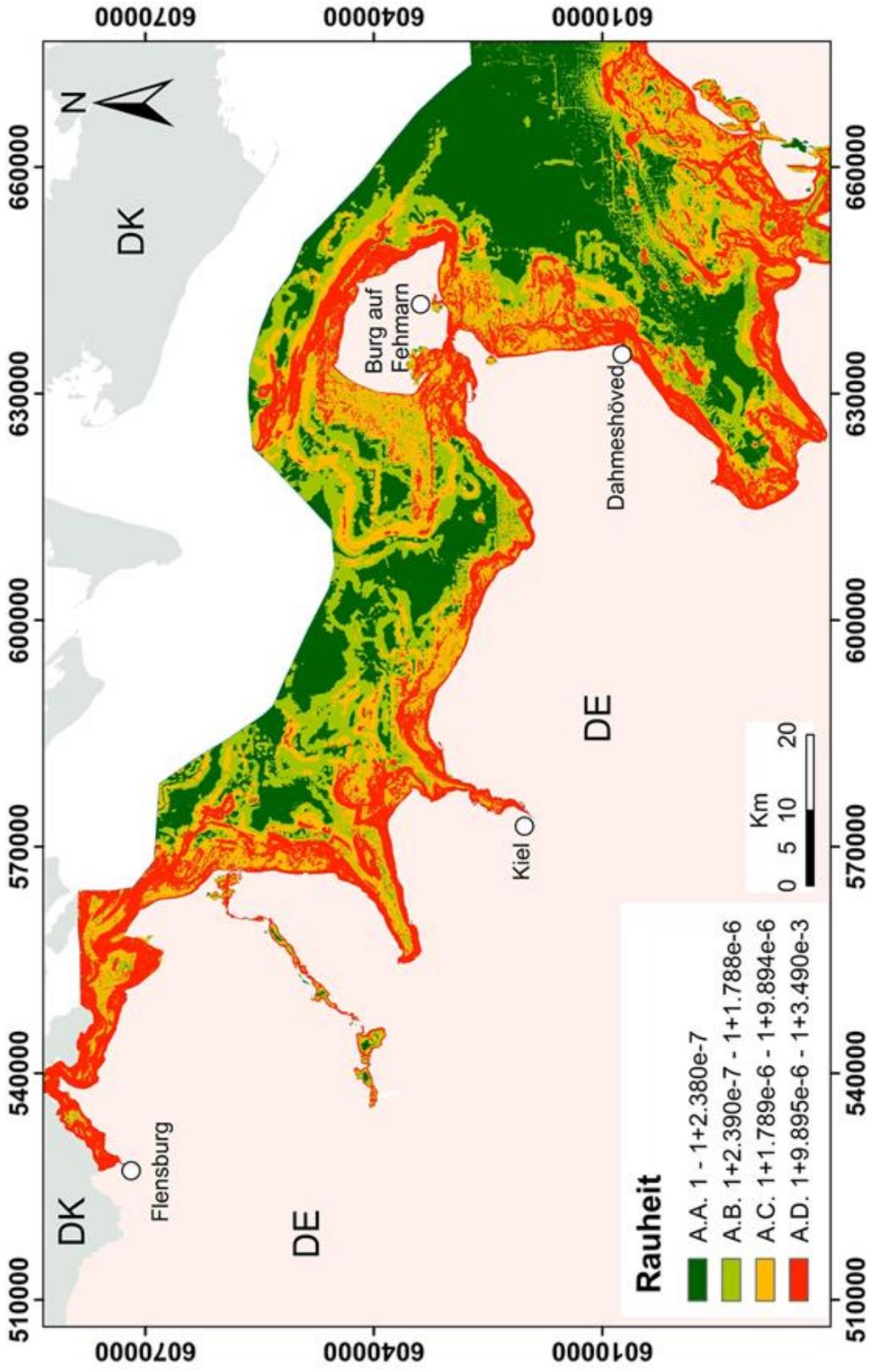


Abbildung 14: In ArcGIS® berechnete Rauheitswerte (Grad) des Untersuchungsgebietes unter Verwendung einer Bathymetriedatengitterzellengröße von 50 m Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 27.5.2019).

Abrasionsplattformen, wie z.B. Fehmarn West, die Sagasbank oder das Steinriff vor dem Brodtener Ufer befinden sich in Wassertiefen von 0 bis zu -20 m NHN. Sie zeigen hohe Rauheiten der Meeresbodenoberfläche. Die seewärtigen Grenzen von Abrasionsflächen, die durch steile Flanken repräsentiert werden, zeigen ebenfalls hohe Rauheitswerte. Einige Bereiche zeigen eine 2-Teilung der Abrasionsfläche. Eine innere Plattform mit überwiegend hohen Rauheitswerten ist von einer äußeren Plattform mit geringeren Rauheitswerten getrennt. Diese Unterteilung wird besonders deutlich an der Westseite der Insel Fehmarn; sie ist aber auch vor Schleimünde zu beobachten. Damit liefern die Rauheitswerte Erkenntnisse über die Abrasionsplattformen, die häufig dem FFH-Lebensraumtyp Riff zugeordnet werden, die allein aus der Darstellung der Hangneigung oder des BPI nicht zu erhalten sind. Die feinere Differenzierung innerhalb des Greenecodes liefert damit wertvolle Informationen für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee.

Zu den weiteren Merkmalen des Meeresbodens gehören Rinnen und Kanäle, die teilweise in Abrasionsplattformen einschneiden. Eine solche Rinne ist die Wattenbergrinne, die die Abrasionsplattform vor Schleimünde in eine küstennahe Plattform und eine tiefere Plattform trennt. Die tiefsten Regionen dieser Bereiche zeigen meist nur eine geringe Rauheit.

#### **4.2. SSS-Mosaik**

Die Abbildung 15 zeigt erstmals ein weitestgehend zusammenhängendes SSS-Mosaik für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostseeküste, das für diesen Bericht aus vielen SSS-Teilmosaik vorangegangener Untersuchungen (z. B. Schwarzer u. Feldens, 2010, Schwarzer et al., 2014b,c; Schwarzer u. Heinrich, 2016, 2017; Schwarzer u. Unverricht, 2020a,b) zusammengestellt wurde (s. Tabelle 1). Die Zusammenfassung der SSS-Mosaik liefert detaillierte Informationen aus einem breiten Spektrum von Rückstreuungsmustern des Meeresbodens für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee. Hohe Rückstreuintensitäten (dunkle Farben) zeigen in der Regel gröberes Material auf dem Meeresboden an. Häufig, aber nicht zwingend ist dies an Erhöhungen des Meeresbodens gebunden. Umgekehrt stehen niedrige Rückstreuintensitäten (hellere Farben) für feinere Sedimente, die einen weichen Meeresboden in den tieferen Teilen von Rinnen und Becken, aber auch in flachen, geschützten Bereichen ausbilden können. Weite helle Flächen finden sich aber auch dicht an der Küste, wo sie Sandflächen repräsentieren können.

In diesem zusammenhängenden SSS-Mosaik ist deutlich die Ausrichtung großer zusammenhängender Gebiete mit ähnlichen Rückstreueigenschaften zu erkennen. Auffällig sind ausladende Flächen mit einer hohen Rückstreuung, die sich weit in den Seebereich erstrecken. Typisch ist dies, wo die Küste durch Steilufer begrenzt wird, wie z.B. vor Schönhagen und Stohl in der Kieler Bucht oder dem Brodtener Ufer in der Lübecker Bucht. Es gibt aber auch weit ausladende Flächen hoher Rückstreuintensitäten vor Niederungsgebieten, wie etwa der Probstei.

Helle Streifen innerhalb einer primär dunklen Fläche lassen sich auf der Abrasionsplattform westlich von Fehmarn und auf der Abrasionsfläche südlich der Insel Fehmarn zwischen Staberhuk und Großenbrode beobachten. Der Unterschied dieser hellen Streifen besteht in ihrer Ausrichtung. Sind sie auf der Abrasionsfläche westlich Fehmarn NNE – SSW ausgerichtet, so zeigen sie südlich von Fehmarn eine deutliche E – W – Ausrichtung. In beiden Fällen handelt es sich um sandige Sedimente. In allen morphologischen Analy-

sen sind diese Strukturen nicht erkennbar. Weitere, textuelle Merkmale in den Rückstreumustern, wie heterogen, homogen, gepunktet, fleckig, gefleckt und gebändert variieren über das gesamte Untersuchungsgebiet. Einige dieser Muster können auf anthropogene Aktivitäten zurückgeführt werden, wie etwas Fischereispuren oder Verklappungen von Sediment, die besonders deutlich in den tieferen Bereichen der Mecklenburger Bucht zu beobachten sind.

Generell dominieren in dem Gesamt-SSS-Mosaik dunkle Bereiche gegenüber hellen Bereichen, was die Dominanz eines Meeresbodens mit hohen Rückstreueigenschaften (Hartsubstraten, grobes Sediment) zeigt. Hier muss aber ausdrücklich betont werden, dass viele der zu untersuchenden Verdachtsflächen für den Lebensraumtyp Riffe (Schwarzer et al., 2008) nach FFH-Kriterien selektiv ausgewählt wurden. Einige Strukturen aus den morphologischen Analysen werden auch im SSS-Mosaik sichtbar. So erscheinen z.B. tiefe Rinnen mit einer hellen Rückstreuung. Aus den Rückstreuwerten des SSS-Mosaiks, unterstützt durch Sedimentanalysen, werden primär Sedimenteigenschaften abgebildet, nicht so sehr die Morphologie. Das SSS-Mosaik liefert daher für die Interpretation der Meeresbodeneigenschaften primär zusätzliche sedimentologische Information, die in den Greene-Code eingehen.

### **4.3. Harmonisierung der Sedimentklassen**

In den bisherigen Berichten der LRT-Kartierserie wurden die sedimentologischen und geomorphologischen Kriterien für FFH-Lebensraumtypen dargestellt, die Informationen aus den sedimentologischen Analysen aber nicht immer zu Sedimentverteilungskarten zusammengestellt. Dies ist im Rahmen der hier vorliegenden LRT-Synthese erstmals erfolgt. Die Abbildung 16 zeigt die Sedimentverteilung im Untersuchungsgebiet, die aufgrund der Übersichtlichkeit auf die wesentlichen Klassen reduziert ist. Feinere Unterteilungen wie z.B. für den Fehmarnbelt (Schwarzer u. Unverricht, 2020a) sind möglich und können in den Greene-Code integriert werden (s. dazu Anhang 1). Die räumliche Ausweisung und sedimentologische Charakterisierung der Oberflächensedimente basiert auf der Auswertung der SSS-Mosaik, der Analyse von Sedimentproben durch die verschiedenen Verfahren und der anschließenden Klassifikation nach Folk (1954). Die Beschreibung der Sedimentproben im Gelände unmittelbar nach der Entnahme und die Validierung durch optische Methoden (UW-Video) ergänzen die Analyse und die Zuordnung zu bestimmten Sedimentklassen.

Danach werden im Rahmen dieses Berichtes die Oberflächensedimente in der südwestlichen Ostsee sedimentologisch hauptsächlich in vier Klassen einheitlich unterteilt (Abb. 16): Grobsedimente aus Kies und Sand (CSed), Mischsedimente, in denen sowohl Kies und Sand, aber auch feinere Partikel enthalten sind (MXSed), Sand (S) und Feinsedimente, in denen der Schluffanteil dominiert (FSed). Dort, wo Gebiete aneinandergrenzen, traten gelegentlich zusammenfallend mit der Grenze Unterschiede in den Sedimentklassen auf. Dies kann mehrere Ursachen haben. Neben einer zeitlichen Differenz in der Datenaufnahme war es auch möglich, dass bei einer Gebietsgrenze das Nachbargebiet noch nicht kartiert war. In diesem Fall wurde das Segment aus dem SSS-Mosaik, das durch eine Sedimentprobe repräsentiert ist, bis an die jeweilige Gebietsgrenze ausgedehnt. Lag in der zeitlich später stattfindenden Kartierung des räumlich angrenzenden Gebietes eine etwas andere Rückstreuung vor sowie eine ähnliche, aber nicht die gleiche Sedimentzusammensetzung, so erfolgte eine Harmonisierung über die visuelle Einschätzung der Grauwerte, bzw. Grauwertgradienten im SSS-Mosaik.

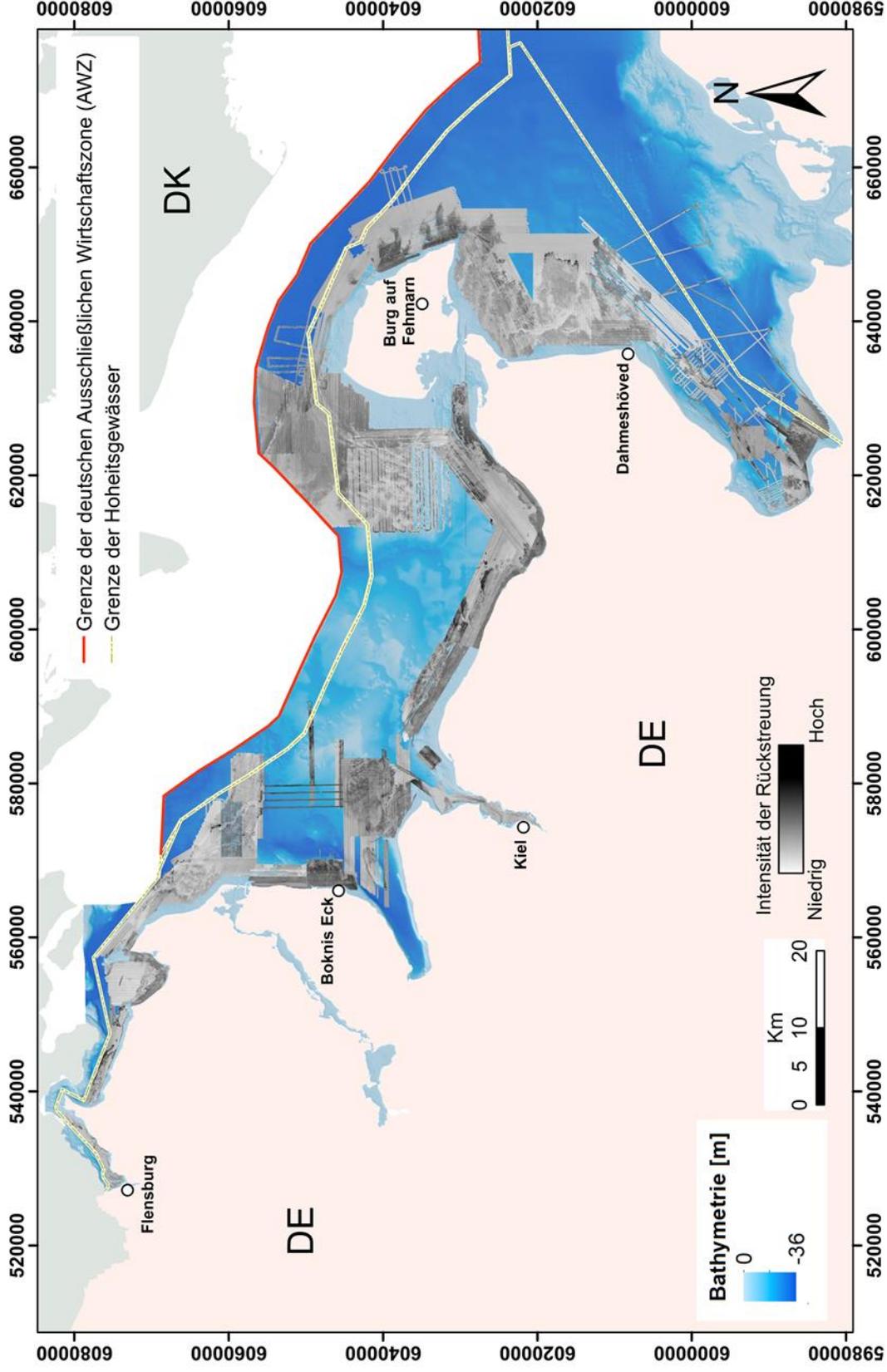


Abbildung 15: Zusammenstellung von SSS-Mosaiken für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee. Seit 2007 werden Meeresbodenkartierungen für verschiedene Aufgaben mit verschiedenen hydroakustischen Geräten (Seitensichtsonare) durchgeführt. Hohe Rückstreuintensitäten stehen für größere / härtere Sedimente, helle Rückstreuintensitäten repräsentieren feinere / weiche Sedimente. Weitere Erläuterungen s. Text. Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 27.5.2019).

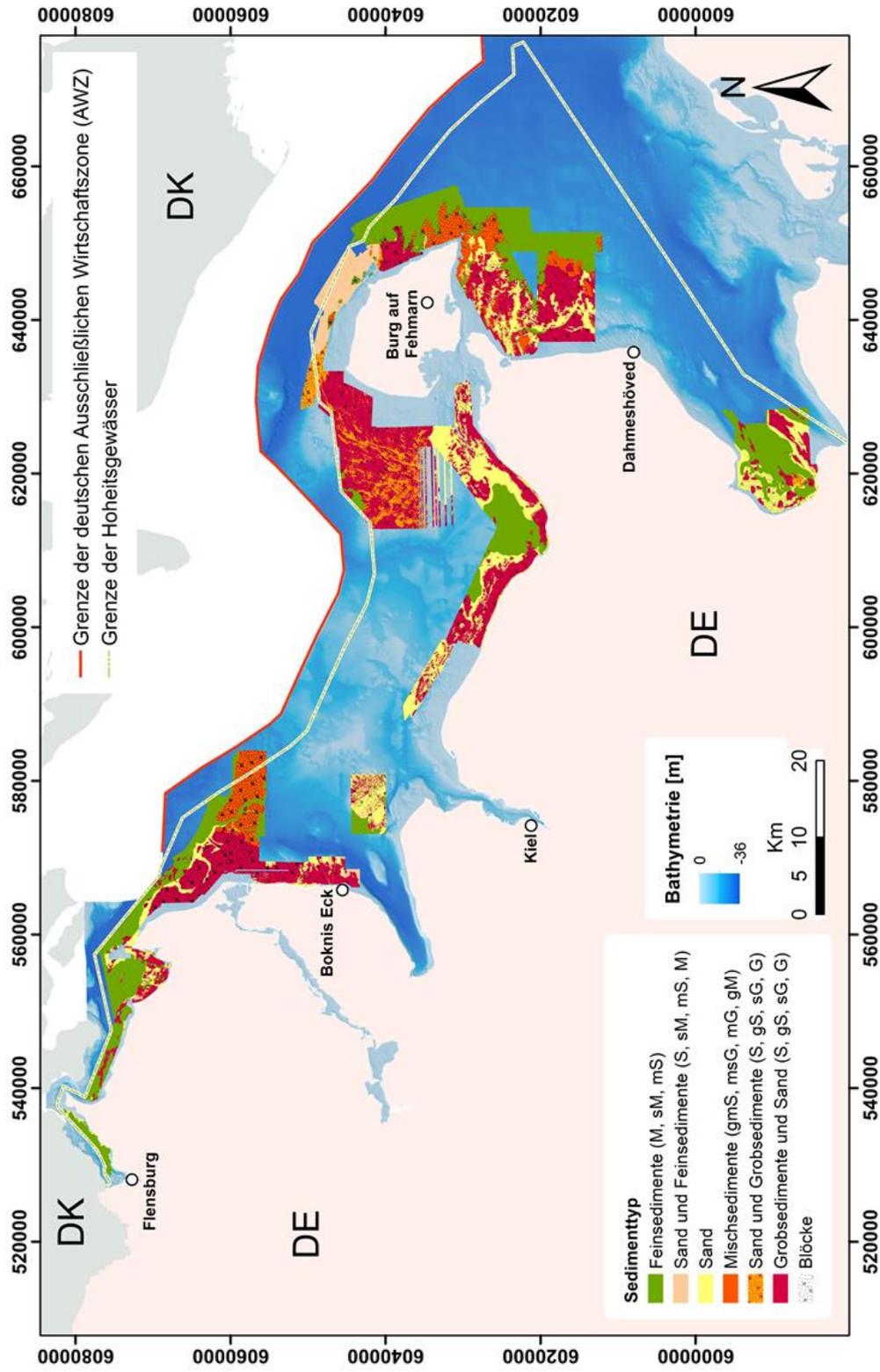


Abbildung 16: Die Sedimentverteilung in ausgewählten Bereichen der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee basierend auf der Klassifikation nach Folk (1954). **Feinsedimente** M = Mud (Schlick), sM = sandy Mud (sandiger Schlick), mS = muddy Sand (schlickiger Sand), S = Sand, Mischsedimente: gM = gravelly Mud (kiesiger Schlick), gmS = gravelly muddy Sand (kiesig-schlickiger Sand), msG = muddy sandy Gravel (schlickig-sandiger Kies), mG = muddy Gravel (schlickiger Kies). **Grobsedimente** gS = gravelly Sand (kiesiger Sand), sG = sandy Gravel (sandiger Kies), G = Gravel (Kies). Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 5.27.2019).

Die Karte der Sedimentverteilung (Abbildung 16) zeigt, dass ein genereller Trend, wonach die Feinanteile mit zunehmender Wassertiefe zunehmen, nicht überall vorhanden ist. Sowohl die Exposition der Küste zur Hauptwellen- und -Windrichtung, aber auch das eiszeitliche Ausgangsmaterial, das am Meeresboden teilweise noch freiliegt und den Einwirkungen von Wellen und Strömungen ausgesetzt ist, bilden die Ursache für diese Heterogenität. So zeigt die Flensburger Förde gegenüber den anderen Küstenbereichen generell feinere Sedimente bis dicht an die Küste. Die Ursache dafür kann in der geringeren Energieeinwirkung durch Wellen und Strömungen liegen. Es ist aber auch bekannt, dass in den Steilufern im Bereich der Flensburger Förde geologisch ältere Formationen mit einem höheren Feinkornanteil enthalten sind, die als Sedimentquelle dienen. Die Karte zeigt weiterhin, dass die Westseite der Insel Fehmarn sedimentologisch anders aufgebaut ist als die Ostseite. Feinsedimente sind auf der Westseite nicht zu finden, wohl aber auf der Ostseite, teilweise bis dicht an die Küste. Hier sind die Gebiete, die im SSS-Mosaik eine hohe Rückstreuung aufweisen, durch Mischsedimente und Sand bis Grobsedimente repräsentiert. Im Bereich Schleimünde treten Sand bis Grobsedimente bis dicht an die Küste auf der Abrasionsplattform auf. Der weiter seewärts liegende tiefere und flache Bereich der Abrasionsplattform wird durch Sand bis Grobsedimente repräsentiert. Die Rauheit (Abbildung 14) spiegelt diese Zweiteilung der Abrasionsfläche ebenso wieder.

#### **4.4. Vorkommen von Steinen und Blöcken**

Steine und Blöcke als ein wichtiger Bestandteil der Meeresbodensedimente der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee sind ein ökologisch wertvolles Habitat für das Phyto- und Zoobenthos, besonders in Gebieten, die keinen felsigen Untergrund besitzen. In den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee wurden bis Anfang der 1970er Jahre Steine vom Ostseeboden durch die sogenannte Steinfischerei entnommen (Bock et al., 2003, Karez et al., 2005), was den übriggebliebenen bzw. jetzt vorkommenden Steinen und Blöcken noch einmal eine höhere Bedeutung zukommen lässt. Die Identifizierung und Klassifizierung von Gebieten mit Steinen und Blöcken zeigt, dass diese hauptsächlich in Küstennähe vor Steiluferbereichen und auf Abrasionsplattformen, die in der Regel aus Geschiebemergel aufgebaut sind, vorkommen. Akkumulationen von Steinen/Blöcken (> 5 Blöcke) sind typisch für Abrasionsplattformen, wo sie oft zusammen mit Restsedimenten auftreten. Ein Beispiel für eine Stein/Blockverteilung wurde für die Sagasbank (Mecklenburger Bucht) erstellt (Abbildung 17). Danach wird diese Abrasionsplattform von Blöcken dominiert, deren Vorkommen bis zu 20 m Wassertiefe hinabreicht. Offensichtlich findet in diesem Bereich keine Sedimentation statt.

Vereinzelte Steine/Blöcke kommen vor allem in den Übergangsbereichen von den Abrasionsflächen zu den Sandflächen vor. Hier ragen sie gelegentlich durch das sandige Oberflächensediment hindurch. Sie werden als durchspießende Steine als erweiterter Schlüsselparameter zum Habitat-Code aufgenommen (s. Tabelle 4). Regionen ohne Blöcke befinden sich zumeist in den tieferen Regionen wie im zentralen Bereich der Flensburger Förde, der Mecklenburger Bucht oder in den tieferen Rinnenbereichen wie der Breitgrundrinne nordöstlich der Geltinger Birk oder dem Vinds Grav nordwestlich von Fehmarn.

Seit einigen Jahren findet in verschiedenen Arbeitsgruppen (BLANO, Sediment-AWZ (das ist eine Forschungs Kooperation zwischen dem BSH und einigen Forschungsinstituten)) ein Prozess zur Erarbeitung einer Kartieranweisung statt, um diese Bereiche nach einem Standardverfahren zu erfassen. In den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der

Ostsee werden derzeit Steine und Blöcke (Durchmesser > 50 cm) nach einheitlicher Vorgehensweise erfasst. Bereiche in denen Steine/Blöcke ab einer Größe von 50 cm auftreten, werden dann als Steinfeld bezeichnet, wenn > 5 Steine/Blöcke in einer Rasterzelle von 25 x 25 m auftreten. Bei weniger als 5 Steinen/Blöcken wird der Bereich lediglich als Stein/Blockvorkommen (einige Steine/Blöcke) bezeichnet. Diese Erfassungsmethode erfordert die Erhebung von Sonardaten mit hoher Qualität, um SSS-Mosaik mit einer hohen Auflösung generieren zu können. Das Vorkommen von Steinen/Blöcken ist im Greene Code integriert (Anhang 1).

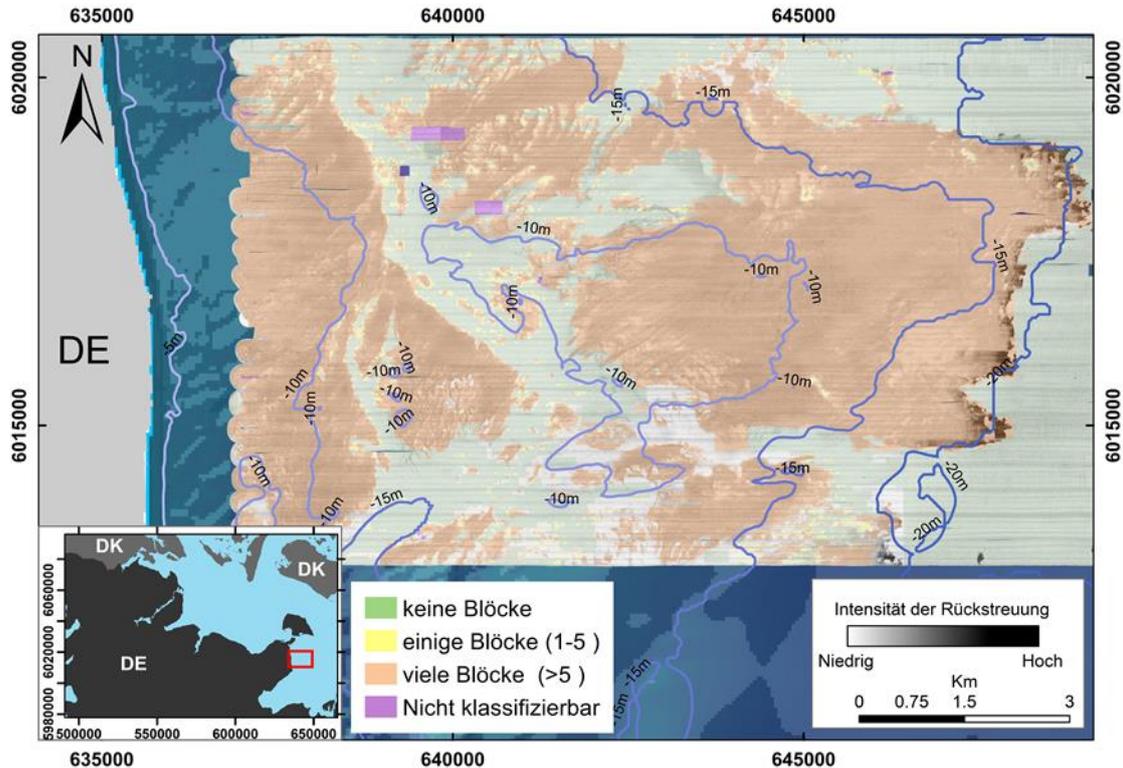


Abbildung 17: Beispiel der Blockverteilung auf der Sagasbank. In der Klassifikation werden Gebiete mit "viele Blöcke (>5)", "einige Blöcke (1-5)" und keine Blöcke unterschieden. Das Raster hat eine Zellengröße von 25 m.

#### 4.5. Zusammenstellung der Lebensraumtypen nach der FFH-Richtlinie

Bei der Habitatklassifizierung werden in den flachmarinen Küstenbereichen der südwestlichen Ostsee überwiegend die beiden FFH-Lebensraumtypen "Riff" (LRT 1170) und "Sandbank" (LRT 1110) unterschieden. In der südwestlichen Ostsee sind geogene Riffe an Abrasionsplattformen, die häufig die seewärtige Fortsetzung von Steiluferbereichen darstellen, und auch an vereinzelt vorkommende Moränenrücken gekoppelt. Letztere sind vom Uferbereich abgelöst und von allen Seiten den Wellen und Strömungsbedingungen ausgesetzt. Die Abbildung 18 zeigt eine Zusammenstellung der geogenen Lebensraumtypen gemäß der FFH-Richtlinie teilweise auf der Grundlage von Informationen aus früheren Kartierungen sowie neuer Kartiererergebnisse, z.B. aus der Hohwachter Bucht und dem Bereich südlich der Insel Fehmarn (s. Tabelle 1). Zusätzlich zu diesen Lebensraumtypen sind in der Abbildung 18 Sandflächen sowie die überwiegend aus Silt bestehenden Schlickbereiche dargestellt. Die Identifizierung als geogene Riffstrukturen basiert bisher primär auf der Auswertung sedimentologischer und geologisch/geomorphologischer Daten, unterstützt durch visuelle Beobachtungen durch Unterwasservideos.

Der FFH-Lebensraumtyp Riff (1170) ist im Untersuchungsgebiet den Bereichen zugeordnet, die mit groben Sedimenten, Steinen und Blöcken belegt sind und die gegebenenfalls sessilen Organismen als Substrat dienen können. Auf den Abrasionsflächen befinden sich häufig dünne, mobile Sandschleier mit einer Mächtigkeit von nur wenigen Dezimetern, die je nach Wellen- und Strömungsbedingungen gelegentlich einen Teil der Hartsubstrate überdecken können. Der Bereich Fehmarn West ist dafür ein typisches Beispiel. Derartige Sandschleier treten speziell im südwestlichen Ostseeraum auf, wo die Sandverfügbarkeit aufgrund geologischer Vorprägung gering ist. Diese Sandschleier sind als Parameter in die Tabelle 4 mit aufgenommen und können als zusätzliches geomorphologisches Kriterium im Greenecode bei Kartendarstellungen oder Gebietsbeschreibungen genutzt werden.

An den Rändern der Abrasionsflächen kommt es ebenfalls zu Sandakkumulationen, die durchaus eine Mächtigkeit von mehreren Metern erreichen können. Diese Sandkörper stellen aber keine morphologischen Erhebungen über den Meeresboden dar, wie es die Kartieranweisung für den FFH Lebensraum Sandbank erfordert (s. Kapitel 2.3). Sie werden in der Abbildung 18 lediglich als „Sand“ bezeichnet. Die Anwendung des BPI zeigt jedoch für den Südteil der Abrasionsfläche westlich Fehmarns positive Werte in dem Bereich der Sandakkumulation (vgl. dazu Abbildung 9). Auch dieser Parameter lässt sich in der Anwendung von Greene mit nutzen.

Im Korngrößenspektrum unterscheiden sich die unterschiedlichen Sande (Sandschleier, Sandakkumulation) sehr deutlich voneinander (Abbildung 19). Während die Sandschleier ein sehr heterogenes Kornspektrum aufweisen, das sich über den gesamten Sandbereich (Fein- bis Grobsand) erstreckt und sogar noch Kiesanteile enthalten kann, bestehen die Sandakkumulationen an den Rändern von Abrasionsflächen lediglich aus Feinsand und sind durch ein enges Kornspektrum (gut sortiert) charakterisiert. Die Anwendung des Kartiercodes von Greene (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) sollte hier zu einer klaren Differenzierung dieser beiden von der Genese und Mobilität sehr unterschiedlichen Sandkörper führen.

Sandkörper mit dem für den FFH- Lebensraumtyp Sandbank (1110) typischen morphologischen Charakter und der entsprechenden Sedimentzusammensetzung (feiner bis mittlerer Sand) befinden sich in der Flensburger Förde, in der Geltinger Bucht, vor Schleimünde und im Fehmarn Belt. Auch auf der Sagasbank gibt es derartige Sandkörper, die den sedimentologischen Kriterien einer Sandbank genügen und morphologisch erhalten sind. Sie keilen aber mit einer Flanke auf den Abrasionsflächen aus. Eine klare Abgrenzung zwischen Sandflächen und Sandbänken ist dort nicht möglich (Schwarzer et al., 2014b). Auf der Sagasbank sind weiterhin mächtige Sandflächen (Mächtigkeit > 40 cm) vorhanden, die überwiegend an morphologische Rinnen gekoppelt sind, die durch diese Sandkörper teilweise verfüllt werden (Schwarzer, 2015).

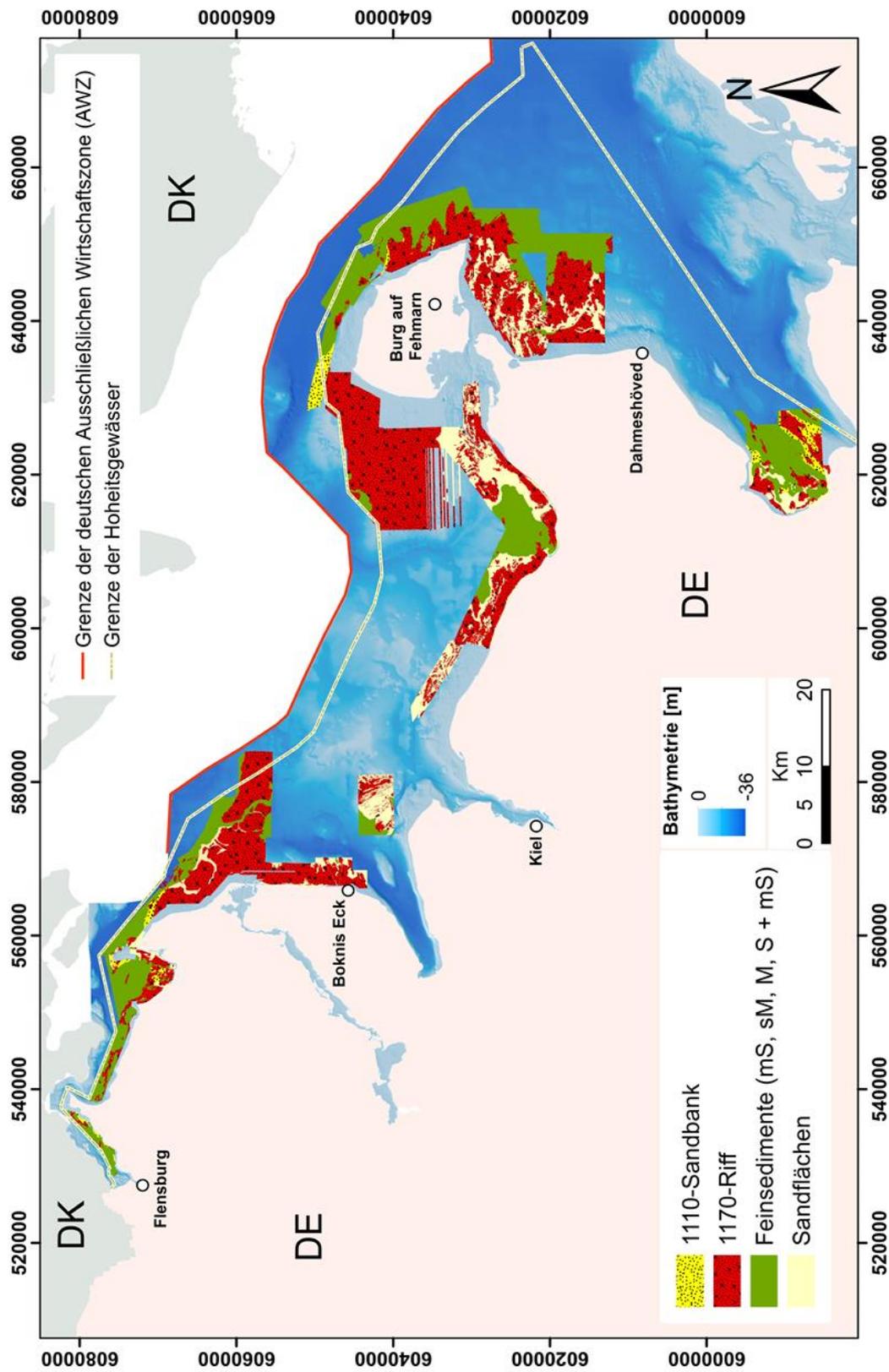


Abbildung 18. Vorkommen von Sandbänken (FFH-Lebensraumtyp 1110), Sandflächen und Riffen (FFH-Lebensraumtyp 1170) in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee auf der Grundlage von Informationen aus früheren FFH-LRT- Kartierungen. (s. Tabelle 1). Weitere potentielle Riffgebiete sind auf der Grundlage von Informationen aus Schwarzer u. v. Rönn, 2020; May, 2008; Mosch, 2008 angegeben. Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geosea-portal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 5.27.2019).

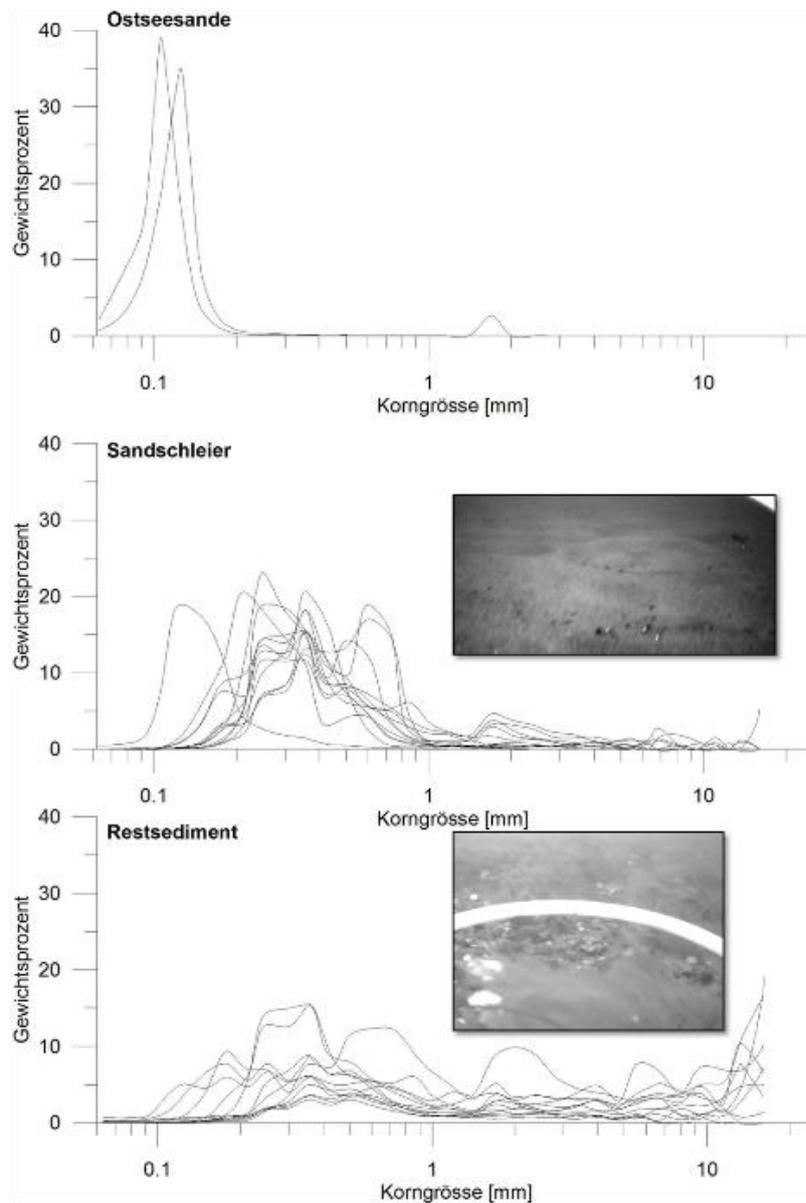


Abbildung 19. Ergebnisse der Korngrößenanalyse für Sandakkumulation an der Südflanke der Abrasionsplattform westlich Fehmarn, den Sandschleiern und den Restsedimenten auf der Abrasionsplattform. Für diese Bereiche liegen Videoaufnahmen vor (aus: Schwarzer et al., 2014b).

**4.6. Klassifikation von Lebensräumen nach Greene et al (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) dargestellt an einem Beispiel der Flensburger Förde**

Die Kartierung, Darstellung und Beschreibung von Habitaten erfolgt auf der Grundlage einer Vielzahl von messbaren und beobachtbaren Eigenschaften eines Meeresraumes. Zu den grundlegenden Daten gehören geomorphologische Daten wie Bathymetrie, Geologie, Geomorphologie, Neigungsgradienten und Bodeneigenschaften. Die Abbildung 20 zeigt an einem Beispiel aus der Mecklenburger Bucht einige solcher Daten, wie sie bei Felduntersuchungen erhoben werden. Der zugehörige Greene-Code ist in der Bildunterschrift zu der Abbildung 20 aufgeführt. Die dargestellten Merkmale korrespondieren mit Parametern, die in dem Klassifikationscode für die Habitats nach Greene et al. (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) erforderlich sind.

Die Anwendung eines solchen Klassifikationsschlüssels ist beispielhaft in der Abbildung 21 für einen Teil der Flensburger Förde dargestellt. Die Karte zeigt eine Kombination von Sedimenttypen, benthischer Besiedlung, Bathymetrie, Beobachtung mit optischen Methoden und Informationen aus den Sedimentproben. Die Attributtabelle zu dieser Karte ist in Tabelle 5 dargestellt. Sie enthält Informationen über Sedimenttypen, das Mega-Habitat, die Härte, Makro- oder Meso-Habitat, Modifikator, die Hangneigung, die Rauheit und in einigen Fällen Daten durch die Verifikation durch Sedimentanalysen. Eine Spalte mit dem Namen "Greene" (Spalte 8 in Tabelle 5, blaue Schrift) entspricht dem von Greene et al., (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) vorgeschlagenen Code. Dieser GIS-basierte hierarchische Ansatz ermöglicht die Integration weiterer Parameter und Attribute. Damit können durch die Kombination mehrerer Layer mit den gewünschten Informationen benutzerorientierte Karten erstellt werden, die helfen Habitate oder andere Lebensräume nach expliziten Anforderungen zu identifizieren.

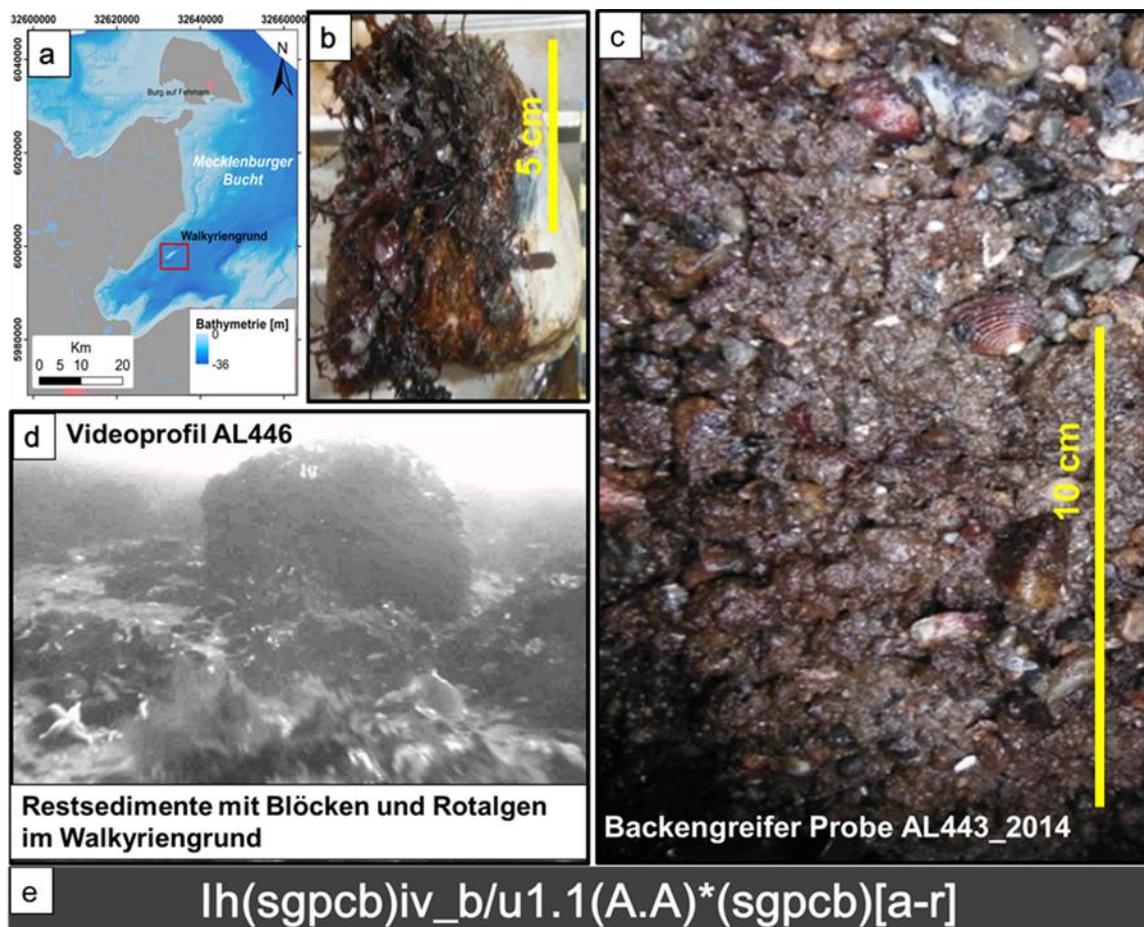


Abbildung 20: Beispiel aus der Mecklenburger Bucht zur Erläuterung des Attributcodes nach Greene (vgl. dazu auch Abb. 7 u. 8). Einige der notwendigen Informationen lassen sich aus den Bildern ableiten. a) Lokation des Walkyriengrund. b) Stein mit Rotalgen bedeckt. c) Greifprobe mit grobem Sediment (Sand und Kies). d) Unterwasservideo, das Blöcke und Vegetation zeigt. e) Greene Code: lh(sgpcb)iv\_b/u1.1(A.A)\*(sgpcb)[a-r]. Mega-Lebensraum: I (Binnenmeere, Fjorde, enge Buchten; Bild a). Bodenbeschaffenheit: h(hart Boden), sgpcb (Sand, Kies, Steine, Blöcke; Bild c). Makrohabitat: iv (eisstruktur / besiedelt; Bild b). Modifikator: \_b/u (konglomeratisch/unkonsolidiertes Sediment; Bild c). Neigung: 1.1 (sehr flach). Rauheit: A.A (sehr geringe Rauheit; aus Bild a, Datensatz zur Morphologie): Direkte Beobachtung: \*(sgpcb): (Silt, Sand, Kies, Steine, Blöcke; Bild d) [a-r]: Rotalgen; Bild b.

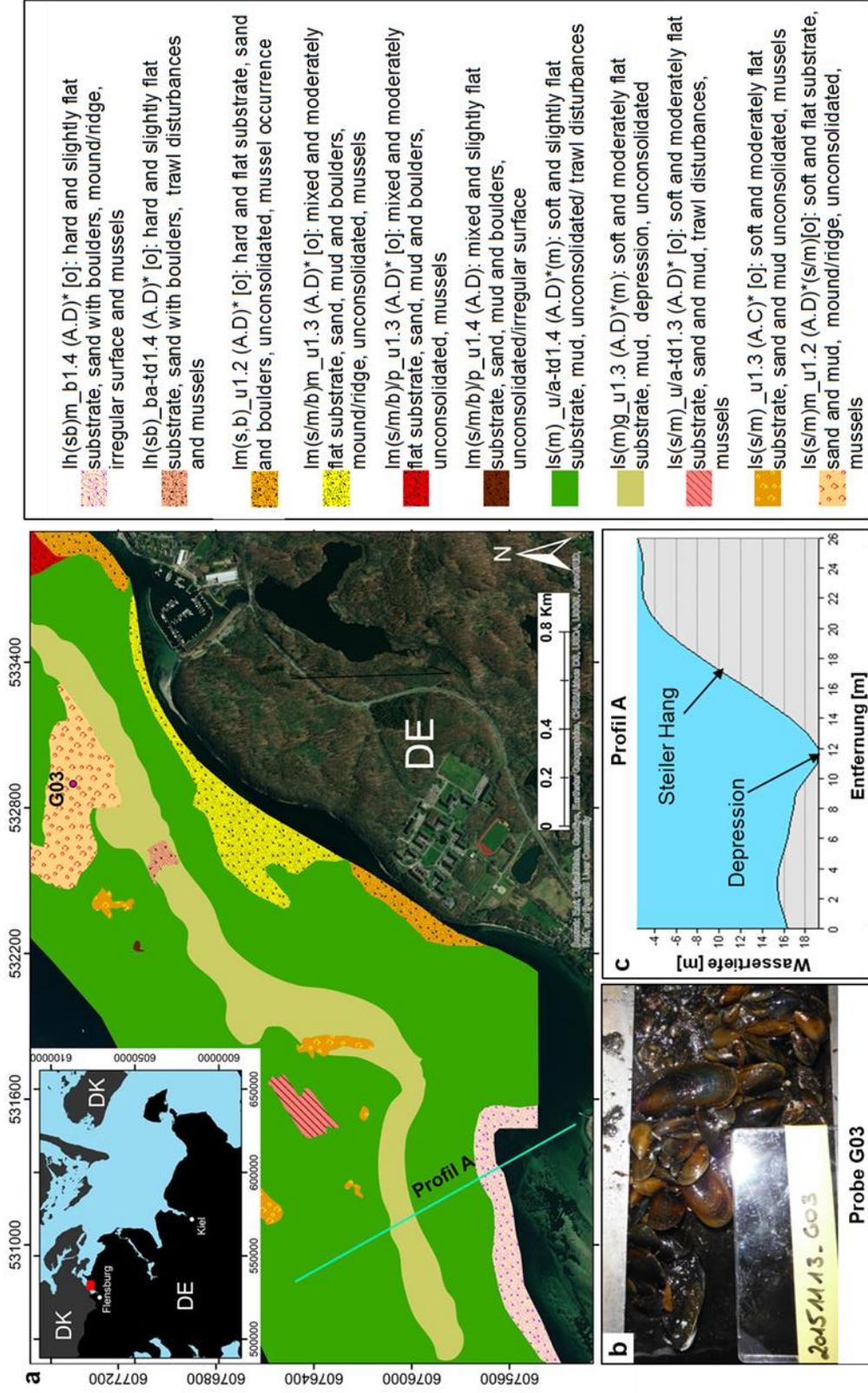


Abbildung 21: Beispiel aus der Flensburger Binnenförde für die Klassifikation nach Greene et al., (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) (Daten modifiziert nach Schwarzer und Heinrich, 2016).

Tabelle 5: Beispiel für die Greene-Attributcode-GIS-Tabelle. Der Attributcode ist in der Tabelle 4 und im Anhang 1 erläutert.

Depth (m)	1 MegaID	Mega	2_BottomID	Ind	3_Mesoid	Mes_Mac	4_Modifier	Modifier	5_Slope	SlopeClass	6_Rugosity	GeologicID	BiologyID	Ground Truthing	Greene	Hab_Desc
-8.5	I	Fjord and narrow inlet	h(sb)	hard	m	Mound/ridge	b	mixed	1,4	Slightly flat	(A.D)		[o]	muschel	lh(sb)m_u1.4 (A.D)* [o]	hard and slightly flat substrate, sand with boulders, mound, irregular surface and mussels
-14.8	I	Fjord and narrow inlet	h(sb)	hard			b/a-td	mixed/ trawl disturbances	1,4	Slightly flat	(A.D)		[o]	muschel	lh(s,b)_b/a-td1.4 (A.D)* [o]	hard and slightly flat substrate, sand with boulders./ trawl disturbances, mussels
-6.7	I	Fjord and narrow inlet	h(sb)	hard			u	unconsolidated	1,2	Flat	(A.D)		[o]	muschel	lm(s,b)_u1.2 (A.D)* [o]	hard and flat substrate, sand and boulders, unconsolidated, mussel
-9.7	I	Fjord and narrow inlet	m(s/m/b)	mixed	m	Mound/ridge	u	unconsolidated	1,3	Moderately flat	(A.D)		[o]	muschel	lm(s/m/b)m_u1.3 (A.D)* [o]	mixed and moderately flat substrate, sand, mud and boulders/ mound, ridge, unconsolidated, mussels
-12.4	I	Fjord and narrow inlet	m(s/m/b)	mixed	m	Mound/ridge	u	unconsolidated	1,3	Moderately flat	(A.D)		[o]	muschel	lm(s/m/b)/p_u1.3 (A.D)* [o]	mixed and moderately flat substrate, sand, mud and boulders, unconsolidated, mussel
13.77	I	Fjord and narrow inlet	m(s/m/b)	soft	p	Pinna- cle	u	unconsolidated	1,4	Slightly flat	(A.D)				lm(s/m/b)/p_u1.4 (A.D)	mixed and slightly flat substrate, sand, mud and boulders, unconsolidated/irregular surface
-13.8	I	Fjord and narrow inlet	s(m)	soft			u/a-td	unconsolidated/ trawl disturbances	1,4	Slightly flat	(A.D)	(m)		mud	ls(m)_u/a-td1.4 (A.D)*(m)	soft and slightly flat substrate, mud, unconsolidated/ trawl disturbances
16.1	I	Fjord and narrow inlet	s(m)	soft	g	depression	u	unconsolidated	1,3	Moderately flat	(A.D)	(m)		mud	ls(m)_g_u1.3 (A.D)*(m)	soft and moderately flat substrate, mud, depression, unconsolidated
-16.1	I	Fjord and narrow inlet	s(s/m)	soft			a-td	trawl disturbances	1,3	Moderately flat	(A.D)		[o]	muschel	ls(s/m)_u/a-td1.3 (A.D)* [o]	soft and moderately flat substrate, sand and mud, trawl disturbances, mussels
-13.5	I	Fjord and narrow inlet	s(s/m)	soft			u	unconsolidated	1,3	Moderately flat	(A.D)		[o]	muschel	ls(s/m)_u1.3 (A.C)* [o]	soft and moderately flat substrate, sand and mud unconsolidated, mussels
11.84	I	Fjord and narrow inlet	s(s/m)	soft	m	Mound/ridge	u	unconsolidated	1,2	Flat	(A.D)	(s/m)	[o]	Sand/mud muschel	ls(s/m)m_u1.2 (A.D)*(s/m)	soft and flat substrate, sand and mud, mound/ridge, unconsolidated, mussel

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über die in den einzelnen Projekten zur Kartierung der FFH-Lebensraumtypen bearbeiteten Gesamtflächen sowie über die Größe der Flächen in den einzelnen Gebieten, die nach den Kriterien für die FFH-Lebensraumtypen „Riffe“ (1170) und „Sandbänke“ (1110) darstellen. Von dem gesamten schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee (3116,62 km<sup>2</sup>) sind bisher ca. 40,2 % kartiert worden. Etwas mehr als 50% dieser kartierten Fläche entsprechen den Kriterien für den FFH-Lebensraumtyp Riff, aber lediglich 2,77 % entsprechen den Kriterien des FFH-Lebensraumtyps Sandbank (Abbildung 18).

Tabelle 6: Verteilung der FFH-Lebensraumtypen Riff- und Sandbank in den einzelnen Untersuchungsgebieten der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee auf der Basis der durchgeführten FFH-Lebensraumtypen-Kartierungen.

	<b>Kartierte Gesamtfläche [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Riff-1170 Fläche [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Riff-1170 Fläche [%]</b>	<b>Sandbank-1110 Fläche [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Sandbank-1110 [%]</b>
LRT II	189,10	175,37	92,74%	0,0	0,0
LRT III	87,18	60,06	68,89%	0,0	0,0
LRT IV	181,23	112,78	62,23%	2,87	1,58%
LRT V	66,78	12,20	18,27%	4,29	6,42%
LRT VI	214,76	53,10	24,73%	13,77	6,41%
Insgesamt Gebiete LRT Projekten	739,05	413,51	55,95%	20,93	2,83%
Zusätzliche Bereiche (LLUR/CAU und CAU)	513,64	215,69	41,99%	13,83	2,69%
<b>Gesamtfläche LRT VII-Harmonisierung (diese Synthese)</b>	<b>1252,69</b>	<b>629,20</b>	<b>50,23%</b>	<b>34,76</b>	<b>2,77%</b>

### Digitale Daten (im Anhang)

Ergebnisse zu den Sedimenttypen gemäß des Codes nach Greene et al. (1999, 2005, 2007, 2008), Informationen zu den FFH-Lebensraumtypen Sandbank (1110) und Riff (1170) und zusätzliche Beschreibungen sind in einem Shapefile mit dem Namen "**LRT\_Ostsee.shp**" aufbereitet. Eine detaillierte Spezifikation der GIS-Attributtabelle zu diesem Shapefile ist in der Tabelle in Anhang 1 enthalten. Die Tabelle gibt einen Überblick über die zugeordneten Attribute und deren Beschreibung.

Zu diesem Bericht wurden weiterhin 3 Karten im Maßstab A0 mit dem Koordinatensystem „EPSG\_25832 / ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_32N“ angefertigt:

- Anhang 2: Zusammenstellung von Seitensichtsonar-Mosaiken für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee.
- Anhang 3: Sedimentverteilung in ausgewählten Bereichen der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee basierend auf der Klassifikation nach Folk (1954).
- Anhang 4: Vorkommen von Sandbänken, Sandflächen und Riffen in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee auf der Grundlage von Informationen aus früheren FFH-LRT-Kartierungen.

Zusätzlich ist eine Sammlung von Geotiffs (TIFF-Format) in digitalem Format enthalten. Sie entsprechen den Seitenansicht - Sonar-Mosaiken, über die in dieser Synthese berichtet wird.

## 5. Diskussion

### 5.1. Räumliche Merkmale der Sedimentverteilung in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee

Die räumliche Verteilung der Oberflächensedimente im gesamten Untersuchungsgebiet (Abbildung 16) steht in engem Zusammenhang mit der Morphologie des Meeresbodens und dem geologischen Aufbau des Untergrundes. Das entspricht den Kenntnissen aus früheren Kartendarstellungen (Seibold et al., 1971; Hermansen u. Jensen, 2000; Zeiler et al., 2008). Der Grad der Exposition gegenüber Strömungen und Wellen ist ebenso von Bedeutung als Faktor für die Verteilung und Umlagerung der Meeresbodensedimente, da Wellentätigkeit, Windrichtung und -dauer proportional zur Menge der an einem bestimmten Ort eingetragenen Energie sind (Dette u. Stephan, 1979; Hupfer et al., 2003). Außerdem zeigt die Verteilung der Sedimente eine starke Beziehung zur Wassertiefe (Seibold et al., 1971). Grobe Sedimente, die mit Steinen und Blöcken vorkommen, finden sich vor allem in den flacheren Bereichen und auf lokalen, aus pleistozänem Geschiebemergel aufgebauten Hochflächen. Umgekehrt bedecken Feinsedimente die tiefsten Gebiete.

Mit den jetzt erarbeiteten Sedimentverteilungskarten, denen flächendeckende SSS-Kartierungen zu Grunde liegen, kann ein wesentlich detaillierteres Bild der Sedimentverteilungen gezeigt werden. Gebiete mit Restsedimenten auf Geschiebemergel korrelieren gut mit den Karten von Seibold et al. (1971) und auch Hermansen u. Jensen (2000). In den exponierten Bereichen liegen aber bis zu -20 m NHN Steine und Blöcke vor, was dem Gradienten der Sedimentverfeinerung hin zu größeren Wassertiefen für einige Gebiete widerspricht. Auf den Abrasionsflächen sind Restsedimente das Ergebnis unterschiedlicher Erosion der unterlagernden glazialen Ablagerungen und des anschließenden Abtransports des Feinmaterials in größere Wassertiefen (Niedermeyer et al., 2011, Schwarzer et al., 2020). Zusammen mit den Restsedimenten kommen Sandschleier auf Abrasionsflächen vor, wie sie westlich von Fehmarn beobachtet wurden. Sie tauchen in keiner der bisherigen Karten auf. Ein Sedimenttyp, der aus bisherigen Untersuchungen ebenso nicht beschrieben ist, ist die Kombination von groben Sedimenten, sogar Steinen und Blöcken mit siltigem Material, wie es z. B. im Fehmarn Belt anzutreffen ist. Dies mag dem dicht unter der Sedimentoberfläche oder in der näheren Umgebung anstehenden Geschiebemergel geschuldet sein. Es ist offensichtlich aber eine untypische Sedimentkombination, die allein durch Strömungsvorgänge nicht erklärt werden kann. Wann die Steine in den größeren Wassertiefen freigelegt wurden, ob zu einer früheren Ostseephase oder erst in der jüngeren Vergangenheit, kann derzeit nicht erklärt werden. In den Übergangsbereichen von den Abrasionsflächen zu den tieferen Bereichen können einzelne Steine und Blöcke als durspießende Steine in den Sandflächen beobachtet werden. Auch hier ist ungeklärt, ob und wann die Steine und Blöcke freigelegt wurden oder ob sie in einem Bereich liegen, in dem aktuell Sediment akkumuliert. Das Freilegen dieser Steine und Blöcke, die aus dem Geschiebemergel stammen, kann zu einer früheren Ostseephase stattgefunden haben, als der Meeresspiegel tiefer lag. Das erneute Überdecken mit Sediment geschah dann nach dem Freilegen. Ob diese Steine derzeit weiter überdeckt werden oder weiter freigelegt werden, ist nicht bekannt.

Dort, wo der Meeresbereich vor Wellen- und Strömungsaktivität stark geschützt ist, wie zum Beispiel in weiten Bereichen der Flensburger Förde, treten wesentlich kleinräumigere Sedimentverteilungsmuster auf. Hier liegen überwiegend feinere Sedimente. Es dominiert weiträumig der Ostseeschlick, und das Vorkommen von grobem Material (grober Sand und Kies), Steinen und Blöcken ist begrenzt.

## 5.2. Sandkörper

Sand wird durch Strömungen transportiert, verteilt und lagert sich in unterschiedlichen geomorphologischen Formen im Untersuchungsgebiet ab. Eine Zusammenstellung solcher Sandkörper zeigt die Abbildung 22. Ausgeprägte Akkumulationszonen feiner Sande werden an den oberen Flanken der Abrasionsplattformen, am Rand von Rinnen, aber auch am Boden lokaler Rinnen abgelagert (Abbildung 22f). Der Sand resultiert aus der Abrasion des Geschiebemergels im marinen Bereich (Niedermeyer-Lange u. Werner, 1988; Schwarzer u. Krause, 2008) und wird über die jeweilige Plattform transportiert. Sand wird zudem durch die Küstenerosion eingetragen (Schwarzer et al., 2020). Die Sandkörper an den Rändern der Abrasionsplattformen weisen Internstrukturen auf, die sie als Transport- und Schüttungskörper definieren (Abbildung 22g). Es ist jedoch ungeklärt, ob diese Strukturen rezent mobil sind oder ob es sich um heute ruhende Transportkörper handelt, was für die Besiedlung durch benthische Organismen von Bedeutung sein kann. Es ist vorstellbar, dass ein mobiles Sediment weniger stark besiedelt wird, als ein sich in Ruhe befindliches Sediment.

Mächtige Sandablagerungen aus Fein- bis Mittelsand mit einer Mächtigkeit zwischen 2 und 3 m treten im Küstenvorfeld der Probstei auf (Pansengrau, 2008). Ausgedehnte Sandflächen im Südwesten der Abrasionsfläche westlich Fehmarns mit einer Mächtigkeit bis zu 4 m werden von Schwarzer et al., (2014b) als Sandakkumulationszonen angesprochen. In diesem Bereich hat bereits Bressau (1953) Sandanhäufungen festgestellt, sie aber hinsichtlich Ausdehnung und Mächtigkeit nicht bestimmen können.

Dünne Sandschichten bedecken gelegentlich die Abrasionsplattformen. Sie werden als Sandschleier interpretiert. Sind sie engräumig begrenzt und länglich ausgerichtet, werden sie auch als Sandbänder bezeichnet. Gemeinsam ist ihnen eine nur geringe Mächtigkeit von wenigen Dezimetern. In den Karten von Seibold (1971) oder Hermannsen und Jensen (2000) sind sie nicht dargestellt. Auf der äußeren Plattform bei Schleimünde von -10 m bis -20 m NHN kommen längliche Sandkörper mit nur geringer Mächtigkeit vor (Schwarzer und Heinrich et al., 2017). Auch fächerförmige Sandbänder, die sowohl NW-SE als auch SW-NE streichen, wurden von Schwarzer et al., (2014b), Feldens et al., (2015) und Szczygielski (2010) im Westen Fehmarns beschrieben. Ihre Orientierung korrespondiert sehr gut mit der Richtung der Oberflächen- (NW) und Bodenströmungen (SE) und deren häufigen Umkehrungen (Mittelstaedt et al., 2008; Feldens et al. 2015). In Richtung Nordosten könnten Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit und des Angebotes an verfügbarem Sand den Übergang von den Sandbändern zu den subaquatischen Dünen im Fehmarnbelt erklären (Feldens et al. 2015; Belderson et al., 1982). Das Sedimentangebot dieser Transportkörper ist im Vergleich zum Dünenfeld geringer. Die Sandschleier bzw. Sandbänder werden von der Abrasionsplattform genährt, während die subaquatischen Dünen möglicherweise auch aus umgearbeitetem Sediment von ertrunkenen, aus einer

Frühphase der Ostsee stammenden, küstennahen Sandakkumulationen gespeist werden (Feldens et al., 2015).

Sandkörper unterschiedlichster Mächtigkeit und Form kommen im gesamten schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee vor. Ein wesentliches Kriterium, um diese Sandkörper als FFH-Lebensraumtyp Sandbank zu kennzeichnen, ist ihre morphologische Erhebung, ihre Ausdehnung (10.000m<sup>2</sup>) und ihr Sedimentbestand, der sowohl Silt als auch Kies beinhalten kann. Ein weiteres entscheidendes Kriterium ist die Abhängigkeit der Fauna und Flora von dem Substrat (LLUR, 2007 – Steckbriefe und Kartierhinweise für Lebensraumtypen; BiotopV SH 2019). Rinnenfüllungen und auch die Sandkörper an den Rändern der Abrasionsflächen erfüllen nicht die geomorphologischen Kriterien für den FFH-Lebensraumtyp Sandbank, können aber gleichwohl vergleichbare Lebensräume sein.

Die Kombination verschiedener Parameter, die in der GIS-Attributtabelle enthalten sind (Tabelle 4), kann zur Identifizierung der Sandablagerungen bzw. von Sandkörpern verwendet werden. Zum Beispiel gibt das zweite Zeichen im Greene-Attributcode (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) Auskunft über den Sedimenttyp (s = Sand). Ebenso entspricht das dritte Zeichen des Attributcodes von Greene (Abbildung 8 und Tabelle 4) einem Deskriptor der geomorphologischen Struktur und der Sedimentmerkmale (w = Sandschleier). Das fünfte Zeichen gibt Auskunft über die Hangneigung. Mit diesen Informationen ist es möglich, Sandablagerungen und die damit verbundenen geomorphologischen Merkmale im gesamten Untersuchungsgebiet zu identifizieren. Daher kann der Attributcode im wesentlichen zur Charakterisierung potenzieller Lebensräume verwendet werden, um die Identifizierung und Darstellung charakteristischer Strukturen des Meeresbodens zu erleichtern.

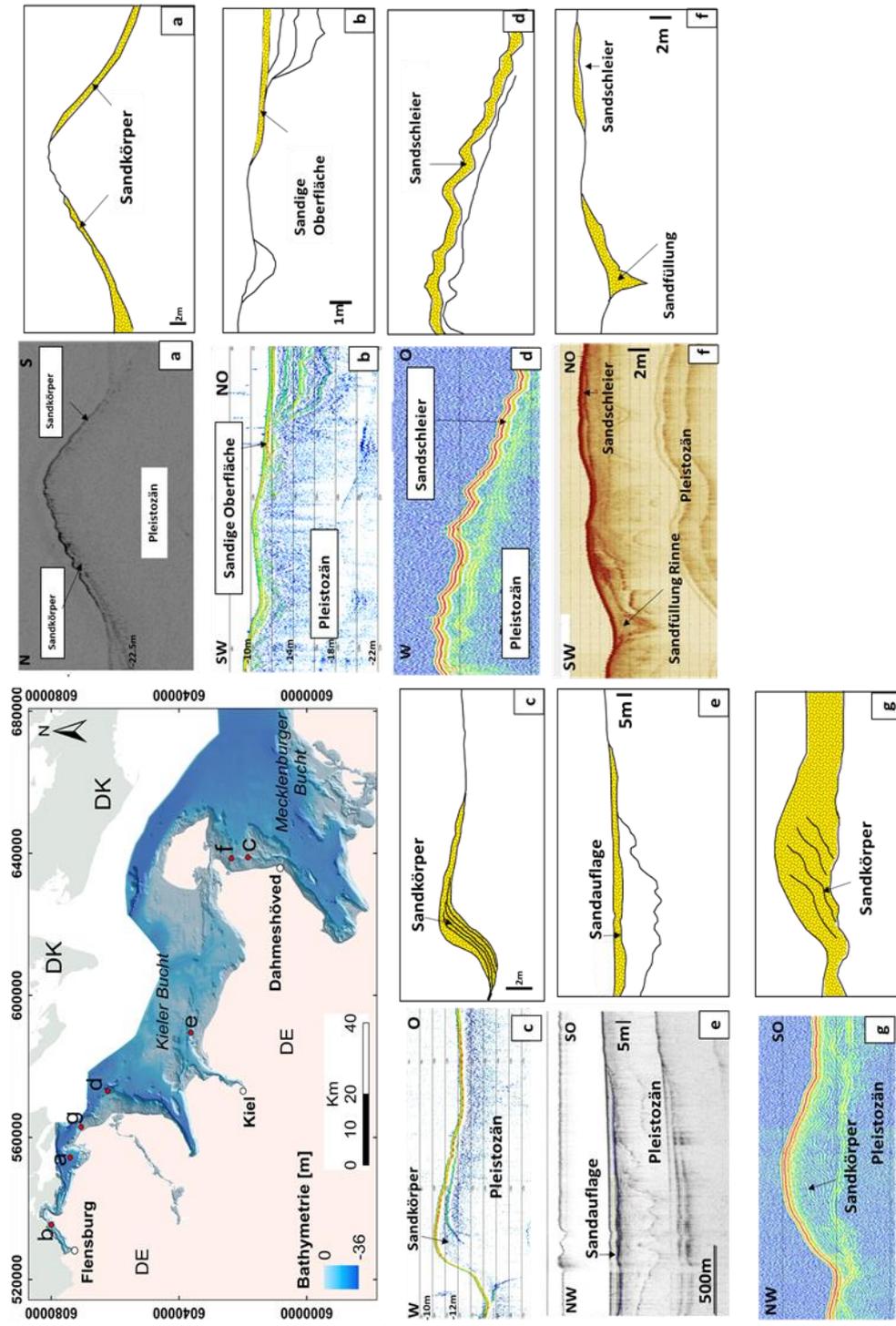


Abbildung 22: Seismische Profile von verschiedenen Sandkörpern im Untersuchungsgebiet. a) Sandablagerungen an den Flanken von aufragendem Geschiebemergel b) dünne Sandbedeckung in der Geltinger Bucht und der Flensburger Außenförde (Schwarzer u. Heinrich, 2016) c) Sandkörper an den Flanken von Rinnen und Abrasionsplattformen auf der Sagasbank (Schwarzer et al., 2014b) d) Sandschleier auf der Abrasionsplattform vor Schleimünde (Schwarzer u. Heinrich, 2017) e) ausgedehnte Gebiete mit Sandbedeckung vor der Probstei (Pansegrau, 2008) f) mit Sand verfüllte Rinnen und Sandschleier auf der Abrasionsplattform vor Großenbrode g) Sandkörper mit Internstruktur der Schüttungsrichtungen anzeigt (Schwarzer u. Heinrich, 2016).

### **5.3. Verteilung der FFH - Lebensraumtypen im Bereich der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee**

Der FFH-Lebensraumtyp Riff unterscheidet sich häufig morphologisch und sedimentologisch von der Umgebung. Er stellt hauptsächlich erhöhte Gebiete dar und ist durch das Vorkommen von Steinen und Blöcken und auch Muschelablagerungen gekennzeichnet. Schwarzer et al., (2008) ordnen weite Bereiche der schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee dem Lebensraumtyp Riff, und hier dem Status I und II zu (Schwarzer et al., 2008). Lediglich für einige Bereiche der Kieler Bucht und in der Lübecker Bucht (Steinriff vor dem Brodtener Ufer) wurde entsprechend des Monitoring Kennblattes zur Bewertung von FFH-Lebensraumtypen (1170) der Status III vergeben. Die Abbildung zeigt für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee eine Aktualisierung der Gebiete, die - basierend auf den aktualisierten geowissenschaftliche Untersuchungen, die mit dieser Synthese erstmals zusammenfassend ausgewertet wurden - den geomorphologischen Kriterien der FFH-Lebensraumtypen Sandbank (1110) und Riff (1170) entsprechen. Die Gebiete sind in der Abbildung 23 auf die Karte von Schwarzer et al. (2008) projiziert.

In der Flensburger Innenförde werden einige Gebiete mit dichtem Muschelvorkommen als Lebensraumtyp Riff klassifiziert (1170), obwohl sie nicht den typischen geogenen Charakter einer Abrasionsplattform und eine exponierte Lage aufweisen (Schwarzer u. Heinrich, 2016). Diese Bereiche entsprechen auch den artenreichen Kies-, Grobsand- und Schillgründen im Meeres- und Küstenbereich (BiotopV SH 2019). Weiterhin wurden in der Flensburger Förde, der Gelting-Bucht, vor Schleimünde, Schönhagen und Boknis Eck, auf dem Stollergrund, in der Hohwacht-Bucht und in der Lübecker Bucht geogene Strukturen entlang morphologischer Erhebungen identifiziert, die von Restsedimenten, groben Sedimenten und Steinen und Blöcken bedeckt sind. Sie entsprechen alle den geogenen Kriterien für den Lebensraumtyp Riff. Sie sind teilweise mit einer Sandfazies verzahnt (Schwarzer u. Heinrich, 2016).

Weitere Bereiche, die aus geologischer Sicht dem FFH-Lebensraumtyp Riff (1170) entsprechen, finden sich auch auf den Abrasionsplattformen westlich, östlich und südlich der Insel Fehmarn, auf der Sagasbank und dem Steinriff vor dem Brodtener Ufer. Sie zeichnen sich durch ein signifikantes Vorkommen von groben Sedimenten mit großen Steinen und Blöcken aus. Im Bereich vor Schleimünde (zwischen Falshöft und Schönhagen) und auch am Fuß der Sagasbank in der Mecklenburger Bucht zieht sich der FFH-Lebensraumtyp Riff (1170) von der Abrasionsfläche bis in - 20 m NHN herunter.

Zwischen -10 m und -20 m NHN treten auf den Abrasionsflächen Sandbänder mit nur geringer Mächtigkeit auf (Schwarzer und Feldens, 2010, 2011; Schwarzer et al., 2014b; Schwarzer u. Heinrich et al., 2017). Diese auch als Sandschleier bezeichneten Strukturen sind typische Transportkörper auf Abrasionsplattformen. Es gibt sie auf der Abrasionsplattform westlich von Fehmarn, auf der Sagasbank und auch auf dem Steinriff vor dem Brodtener Ufer. Diese dünnen länglichen und dynamischen Transportkörper unterliegen keiner Klassifizierung als Lebensraumtyp, sondern sind geomorphologische Elemente, die mit dem Vorkommen des FFH-Lebensraumtyps Riff verbunden sind.

Sandkörper in der Flensburger Förde, der Geltinger Bucht und vor Schleimünde erfüllen auf der Grundlage geowissenschaftlicher Untersuchungen (Schwarzer u. Heinrich, 2016,

2017) die Kriterien, um sie als FFH-Lebensraumtyp „Sandbank“ (1110) zu charakterisieren. Sie wurden an der Ostküste der Flensburger Innenförde, entlang der Flanken des Kalkgrundes in der Flensburger Außenförde und im Süden der Geltinger Bucht mit dem Lebensraumtyp Riff (1170) verzahnt vorgefunden (Schwarzer u. Heinrich, 2016). In dem Seegebiet vor Schleimünde befindet sich der FFH-Lebensraumtyp Sandbank an der Nordflanke der Abrasionsfläche bei Falshöft (Schwarzer u. Heinrich et al., 2017). Auf der Sargasbank und dem Gebiet südlich von Fehmarn kommen entlang von Rinnenstrukturen sandige Bereiche vor, die eine Mächtigkeit von 40 cm überschreiten. Sie streichen jedoch auf der Abrasionsfläche aus und werden nicht den Sandbänken zugerechnet (Schwarzer et al., 2014c). Der Lebensraumtyp „Flache große Meeresarme und Buchten (1160)“ wurde für den Bereich der Flensburger Innen- und Außenförde identifiziert (Schwarzer u. Heinrich, 2016).

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über die in den einzelnen Projekten zur Kartierung der FFH-Lebensraumtypen bearbeiteten Gesamtflächen sowie über die Größe der Flächen in den einzelnen Gebieten, die nach den Kriterien für die FFH-lebensraumtypen „Riffe“ (1170) und „Sandbänke“ (1110) darstellen. Von dem gesamten schleswig-holsteinischen Küstengewässer (3116,62 km<sup>2</sup>) sind bisher ca. 40,2 % kartiert worden. Etwas mehr als 50% dieser kartierten Fläche entsprechen den Kriterien für den FFH-Lebensraumtyp Riff, aber lediglich 2,77 % entsprechen den Kriterien des FFH-Lebensraumtyps Sandbank.

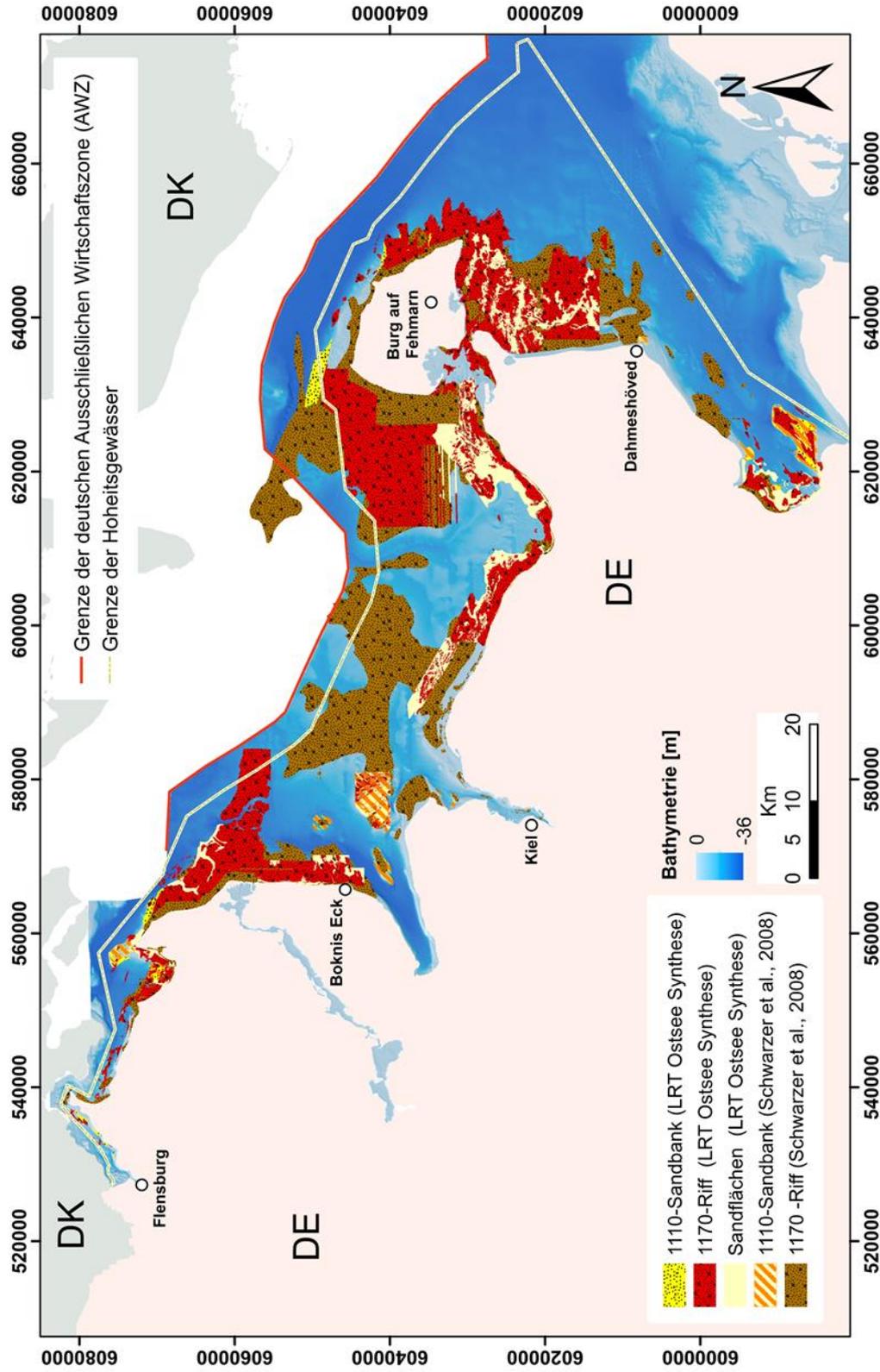


Abbildung 23. Vorkommen der Lebensraumtypen Sandbank (1110) und Riff (1170) in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee. Die Abbildung zeigt den Vergleich des aktuellen Kenntnisstandes (diese Synthese) mit dem Kenntnisstand von 2008 (Schwarzer et al., 2008). Zur Datengrundlage s. Tabelle 1. Bathymetrie: GeoSeaPortal URL <https://www.geoseaportal.de/mapapps/resources/apps/bathymetrie/index.html?lang=de> (accessed 5.27.2019).

#### 5.4. Der Vorteil der Anwendung der Greene-Ansatzes bei der Charakterisierung von Habitaten

Es gibt verschiedene Klassifizierungssysteme zur Charakterisierung von Habitaten und marinen Lebensräumen (Abbildung 24), und häufig kann ein abgegrenzter Lebensraumtyp nicht mit einem anderen Lebensraumtyp, dem ein anderes Klassifizierungssystem zu Grunde liegt, kombiniert werden (Strong et al., 2018). Ebenso überlappen sich Habitats, wie es bei den im Anhang I der Habitat-Richtlinie aufgelisteten Lebensräumen der Fall ist. Im Rahmen der FFH-Lebensraumtypen Charakterisierung kann das Gebiet eines Lebensraumtyps innerhalb eines anderen Lebensraumtyps liegen. So kann z.B. der Lebensraumtyp 1160 – „Große flache Meeresarme und Buchten“ Gebiete von Lebensraumtyp 1110 – „Sandbänke, die ständig leicht von Meerwasser bedeckt sind“ und Lebensraumtyp 1170 – „Riffe“ umfassen, und so zu Überschneidungen führen (Evans u. Arvela, 2011). Es wird daher angestrebt, eine Übertragbarkeit von Parametern, die für ein bestimmtes Klassifizierungssystem erhoben werden, auch für andere Klassifizierungssysteme nutzbar zu machen. Es wurden in der Vergangenheit zahlreiche Anstrengungen unternommen, dies über eine gemeinsame „Sprache“ zwischen den verschiedenen Klassifikationen zu ermöglichen (Evans et al., 2014) und Querbeziehungen zu schaffen, die Übergänge zwischen den verschiedenen Lebensraumklassifikationen unterstützen. Mehr Flexibilität bei der Verwendung und der Mischung verschiedener Attribute würde den spezifischen Zielen der jeweiligen Nutzer gerecht werden.

Hartsubstrat-Lebensräume werden in allen Klassifizierungsschemata identifiziert, aber sie enthalten nicht alle die gleichen Kriterien. Zum Beispiel besteht ein typisches Hartbodensubstrat der südwestlichen Ostsee aus groben Sedimenten (Kies und grober Sand), Steinen und Blöcken und ist mit sessilen Organismen wie der Miesmuschel (*Mytilus edulis*) bedeckt. Dieser Lebensraum könnte als "Riff" (1170) gemäß Anhang 1 der Lebensraumtypen im Interpretationshandbuch der FFH-Richtlinie der EU beschrieben und mit dem Lebensraum Steine und biogene Riffe („Rocks and biogenic reefs“) in der MSRL in Verbindung gebracht werden (Abbildung 24). In der EUNIS-Klassifikation könnte dieser Lebensraum mit vielen Klassen der marinen Lebensräume verbunden sein, die den infralittoralen und zirkalittoralen biogenen Riffen, Felsen und anderen harten Substraten und sublittoralen biogenen Riffen entsprechen, während HELCOM diesen Lebensraumtyp als „Rock and boulders“ klassifiziert.

Das hierarchisch und verschachtelt aufgebaute Greene-System zur Charakterisierung des Meeresbodens hat das Potenzial zur Verwendung verschiedener Parameter auf mehreren Ebenen. Es wurde entwickelt, um sowohl bessere Vergleiche zwischen unterschiedlichen Charakterisierungsschemata, als auch um ein besseres Verständnis zwischen den jeweiligen Bearbeitern zu ermöglichen. Diese von Greene et al. (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) erarbeitete Klassifikation kann angepasst und mit den verschiedenen anderen Klassifikationen in Beziehung gesetzt werden (Abbildung 24), da der Attributcode Parameter enthält, die die Eigenschaften des Habitattyps beschreiben (z.B. Substrathärte, Sedimenttyp, Wassertiefe, Bodenneigung, biologische Besiedlung und Komplexität). Auch die Kombination von mehreren GIS-Ebenen, die eine Reihe von wesentlichen Parametern repräsentieren (z.B. BPI, Neigung, Rauheit), sind bei der Analyse der marinen Umwelt und der Identifizierung von marinen Habitaten hilfreich (s. Kap. 4:1).

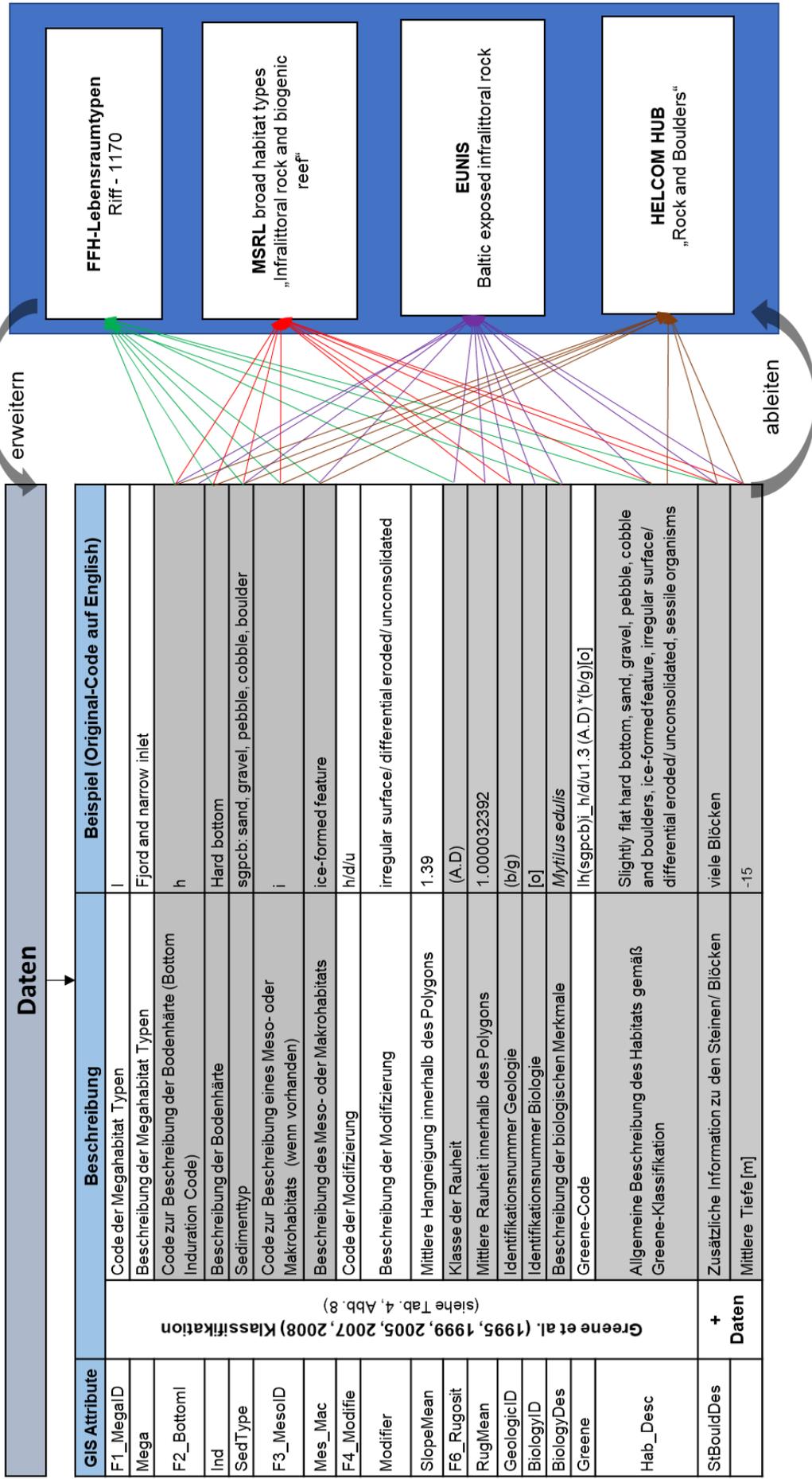


Abbildung 24. Beispiel für die Verwendung von Daten aus der GIS-Attributtabelle (Anhang 1), die als Eingabeinformationen zur Identifizierung potenzieller Lebensraumtypen dienen. Die Abbildung zeigt ein Beispiel für Riffe und wie die verschiedenen Parameter der Greene-Klassifizierungsschemas möglicherweise zur Identifizierung von Lebensräumen gemäß der verschiedenen Richtlinien und Konventionen beitragen können.

## 6. Zusammenfassung

Seit 2007 wurden im Rahmen verschiedener Projekte von der Arbeitsgruppe Küstengeologie und Sedimentologie der Universität Kiel, teilweise im Auftrag aber auch in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR), die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee mit dem Ziel kartiert, FFH-Lebensraumtypen zu erfassen. Dabei wurden die jeweiligen Untersuchungsgebiete mit verschiedenen hydroakustischen Messsystemen immer gebietsweise flächendeckend kartiert. Auf der Basis dieser Kartierungen erfolgten Sedimentbeprobungen und Beobachtungen des Meeresbodens mit optischen Systemen. Dieser umfassende, aus vielen Einzelprojekten bestehende Datensatz aus mehr als 12 Jahren Kartierarbeit ist in dem vorliegenden Abschlussbericht „Synthese Lebensraumtypen Ostsee“ harmonisiert worden. Die Zusammenführung der Informationen führte zu einer umfassenden Erfassung, Zusammenstellung und Auswertung von SSS-Mosaiken, die in einer Karte in diesem Bericht und im digitalen Anhang dargestellt werden. Eine zusammenfassende Sedimentverteilungskarte konnte im Rahmen dieser Synthese erstmals für alle kartierten Bereiche erstellt werden. Weiterhin beinhaltet die Harmonisierung die Identifikation von FFH-Lebensraumtypen auf der Basis geowissenschaftlicher Informationen gemäß den Bestimmungen der Habitat-Richtlinie. Ein weiteres Ergebnis dieser Synthese ist die Differenzierung unterschiedlicher Sandkörper, die über das gesamte Arbeitsgebiet verteilt sind. Diese Sandkörper stellen teilweise mächtige Akkumulationen von Sand dar, sind aber teilweise morphologisch kaum erhaben. Sie könnten den Anforderungen als Lebensraum für benthisch lebende Organismen genauso gerecht werden wie der FFH-Lebensraumtyp Sandbänke.

Ein weiteres Ziel war, das von Greene et al. (2007 u. a.) entwickelte codierte Klassifikationsschema zur Charakterisierung von Habitaten für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee nutzbar zu machen. Die Parameter für die Greene Klassifikation umfassen relevante Informationen wie Morphologie, Geländeparameter, Sedimenttypen, In-situ-Beobachtungen, die Biologie, etc..

Für die Nutzung des Greene-Ansatzes werden typische Parameter für die schleswig-holsteinischen Küstengewässer der Ostsee erarbeitet. So ist es z.B. notwendig, für die Hangneigung für die unterste Klasse „flat“ weitere Unterteilungen zu errechnen, da nur diese Klasse in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern der Ostsee vorkommt. Ähnlich ist es mit der Rauheit. Der Ansatz zur Habitatklassifizierung für das Untersuchungsgebiet schleswig-holsteinische Küstengewässer der Ostsee nach dem Attributcode nach Greene et al. (1995, 1999, 2005, 2007, 2008) wird an einem Beispiel aus der Flensburger Förde vorgestellt. Der Attributcode erweist sich für die Ostseeküste als praktikabel. Darüber hinaus ermöglicht die Klassifikation den Benutzern die Verwendung relevanter Attribute durch die Kombination mehrerer GIS-Ebenen, die eine Reihe von abiotischen Parametern für die Untersuchung der Lebensräume am Meeresboden repräsentieren.

Die Anwendung der Greene Klassifikation verbessert die Möglichkeiten, für unterschiedliche Gewässer den unterschiedlichen Anforderungen verschiedener EU-Richtlinien, Konventionen oder nationaler Bestimmungen leichter und besser gerecht zu werden.

## 7. Literaturverzeichnis und Verzeichnis der Arbeitsgrundlagen

- Belderson, R.H., Johnson, M.A., Kenyon, N.H., 1982. Bedforms. In: Stride, A.H. (Ed.), *Offshore Tidal Sands, Processes and Deposits*, pp. 27–57.
- BioConsult, 2010. *Marine Landschaftstypen der deutschen Nord- und Ostsee*. F+E-Vorhaben im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). – 58 S., Anhänge.
- BiotopV SH 2019, 2019. Landesverordnung über gesetzlich geschützte Biotope (Biotopverordnung) v. 13. Mai 2019, Fundstelle: GVOBl.2019 146.
- Björck, S., 2008. The late Quaternary development of the Baltic Sea basin. – In: H. von Storch (Ed.), *Assessment of climate change for the Baltic Sea Basin*, 398-407, (Springer).
- Blott, S.J. and 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.
- Bock, G. F., Thiermann, H., Rumohr, H., Karze, R., 2003. Ausmaß der Steinfischerei an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. – Jahresbericht Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, LANU, 111 – 116.
- Boedeker, D., Krause, J.C., von Nordheim, H., 2006. Interpretation, identification and ecological assessment of the NATURA 2000 habitats “sandbank” and “reef,”. In: von Nordheim, H., Boedeker, D., Krause, J.C. (Eds.), *Progress in Marine Conservation in Europe*, 47 – 64 (Springer) [https://doi.org/10.1007/3-540-33291-X\\_4](https://doi.org/10.1007/3-540-33291-X_4)
- Boedeker, D., Heinicke, K., 2018. BfN-Kartieranleitung für „Riffe“ in der deutschen ausschliesslichen Wirtschaftszone (AWZ), 70 S.
- Bressau, S., 1957. Abrasion, Transport und Sedimentation in der Beltsee. - *Die Küste* 6 (1), 64 - 102.
- BSH, 2016. Anleitung zur Kartierung des Meeresbodens mittels hochauflösender Sonare in den deutschen Meeresgebieten. BSH Nr. 7201.
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), 2019. BSH WMS Seevermessung Meeresboden\_DGM.
- Cogan, C.B., Todd, B.J., Lawton, P., Noji, T.T., 2009. The role of marine habitat mapping in ecosystem-based management. - *ICES J. Mar. Sci.* 66, 2033–2042. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp214>
- Davies, C.E., Moss, D. and Hill, M.O., 2004. EUNIS habitat classification revised 2004. Report to: European Environment Agency-European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, pp.127-143.
- Detle, H.-H., Stephan, H.-J. 1979. About waves and wave-induced effects in the nearshore zone of the Baltic Sea,. - *Mitt. Leichtweiss-Inst. d. TU Braunschweig*, 65, 89 - 136.
- Evans, D. and Arvela, M., 2011. Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes & Guidelines for the period 2007-2012. *European Commission, Brussels*.
- Evans, D., Condé, S. and Royo Gelabert, E., 2014. Crosswalks between European marine habitat typologies—a contribution to the MAES marine pilot. *ETC/BD Report for the EEA*.
- EU, 1992. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. OJ L, 206, 22.7.1992, 7–50.
- EU, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ L 327, 22.12.2000, 1–73.

- EU, 2007. Interpretation manual of European Union habitats-EU27. *European Commission-DG Environment*.
- EU, 2008. Directive 2008/56/EC des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie), L164/19 – L164/40.
- EU, 2013. Interpretation manual of European Union habitats–EUR28. *European Commission-DG Environment*, 144.
- Feldens, P., Schwarzer, K. and Diesing, C.H.M., 2009. Genesis and sediment dynamics of a subaqueous dune field in Fehmarn Belt (south-western Baltic Sea). *Ergebnisse aktueller Küstenforschung. -Marburger Geographische Schriften*, 145, 80 – 97.
- Feldens, P., Diesing, M., Schwarzer, K., Heinrich, C. and Schlenz, B., 2015. Occurrence of flow parallel and flow transverse bedforms in Fehmarn Belt (SW Baltic Sea) related to the local palaeomorphology. - *Geomorphology*, 231, pp.53-62. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.11.012>
- Folk, R.L., 1954. The Distinction between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary-Rock Nomenclature. - *J. Geol.* 62, 344–359. <https://doi.org/10.1086/626171>
- Greene, H.G., Yoklavich, M.M., Sullivan, D., Cailliet, G.M., 1995. A geophysical approach to classifying marine benthic habitats: Monterey Bay as a model. In: O’Connell, V.M., Wakefield, W., eds., *Applications of Side-scan Sonar and Laser-line Systems in Fisheries Research: Alaska Department of Fish and Game*, SI, 9, 15-30.
- Greene, H.G., Yoklavich, M.M., Starr, R.M., O’Connell, V.M., Wakefield, W.W., Sullivan, D.E., McRea Jr., J.E., and Cailliet, G.M., 1999. A classification scheme for deep sea-floor habitats: - *Oceanologica Acta*, 22 (6), 663-678.
- Greene, H.G., Bizzarro, J.J., Tilden, J.E., Lopez, H.L., Erdey, M.D., 2005. The benefits and pit-falls of geographic information systems in marine benthic habitat mapping. In: Wright, D.J., Scholz, A.J., eds.. *Place Matters Geospatial Tools for Marine Science, Conservation, and Marine Management in the Pacific Northwest: Oregon State Univ. Press, Corvallis, OR*, 34-46.
- Greene, H. G., Bizzarro, J.J., O’Connell, V.M., Brylinsky, C.K., 2007. Construction of Digital Potential Marine Benthic Habitat Maps using a Coded Classification Scheme and its Application. – In: Todd, B.J., Greene, H.G. (Eds.), *Mapping the Seafloor for Habitat Characterization*, Geological Association of Canada Special Paper 47, 141 – 155.
- Greene, H. G., O’Connell, V., Brylinsky, C., Reynolds, J., 2008. Marine Benthic Habitat Classification: What’s Best for Alaska?, in: Reynolds, J., Greene, H. (Eds.), *Marine Habitat Mapping Technology for Alaska*. Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks, pp. 169–184. <https://doi.org/10.4027/mhmta.2008.12>
- HELCOM (2013). HELCOM HUB - Technical report on the HELCOM Underwater Biotope and habitat classification. *Balt. Sea Environ. Proc. No. 139*, 96pp.
- Hermansen, B., Jensen, J. (2000): *Digital Sea Bottom Map around Denmark 1:500.000*. - Hrsg.: GEUS (Geological Survey of Denmark and Greenland); Kopenhagen.
- Gregg, E.J., Ahrens, A.L., Perry, R.I., 2012. Reconciling classifications of ecologically and biologically significant areas in the world’s oceans. – *Marine Policy*, 36, 716 – 726.
- Harff, J., Meyer, M., 2011. Coastlines of the Baltic Sea – Zones of Competition Between Geological Processes and a Changing Climate: Examples from the Southern Baltic, in: Harff, J., Björck, S., Hoth, P. (Eds.), *The Baltic Sea Basin*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 149–164. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-17220-5_7)
- Harris, P., Baker, E.K., 2012. Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat. *Geohab Atlas of Seafloor Geomorphic Features and Benthic Habitats*. 900 S. (Elsevier).

- Harris, P.T., Baker, E.K., 2020. Why map benthic habitats? In: *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat*. Elsevier, pp. 3–15. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814960-7.00001-4>
- Hupfer, P., Harff, J., Sterr, H., Stigge, J.-J., 2003. Die Wasserstände an der Ostseeküste, Entwicklung – Sturmfluten – Klimawandel. – *Die Küste*, 66, 331 S.
- Intelmann, S.S. Cochrane, G.R., 2006. Benthic habitat mapping in the Olympic Coast National Marine Sanctuary: Classification of side scan sonar data from survey HMPR-108-2002-01: Version I.
- Jordan, A., Lawler, M., Halley, V. and Barrett, N., 2005. Seabed habitat mapping in the Kent Group of islands and its role in marine protected area planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(1), 51-70.
- ISO 14688-1:2017. Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of soil — Part 1: Identification and description
- Karez, R., Schories, D., 2005. Die Steinfischerei und ihre Bedeutung für die Wiederansiedlung von *Fucus vesiculosus* in der Tiefe. – *Rostocker Meeresbiologische Beiträge*, 14, 95 – 107.
- Kolp, O., 1966. Die Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee und ihre Darstellung. - *Beiträge zur Meereskunde* 17–18, 9–60.
- LANU-Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, 2007. Steckbriefe und Kartierhinweise für FFH-Lebensraumtypen. 1. Fassung, Flintbek.
- LLUR, 2015. Erläuterungen zur Kartierung der gesetzlich geschützten Biotope in Schleswig-Holstein (nach § 30 BNatSchG i. V. m. § 21 LNatSchG), 131.
- Lund, K., Wilbur, A.R., 2007. Habitat Classification Feasibility Study for Coastal and Marine Environments in Massachusetts [WWW Document]. URL /paper/Habitat-Classification-Feasibility-Study-for-and-in-Lund-Wilbur/f9cc0b8c2bf36fa643f9984791413fd86e3d5000 (accessed 11.19.19).
- Lundblad, E.R., Wright, D.J., Miller, J., Larkin, E.M., Rinehart, R., Naar, D.F., Donahue, B.T., Anderson, S.M., Battista, T., 2006. A Benthic Terrain Classification Scheme for American Samoa. *Mar. Geod.* 29, 89–111. <https://doi.org/10.1080/01490410600738021>
- Mittelstaedt, E., Klein, H., König, P., 2008. Current observations in the Western Baltic Sea. In: Feistel, R., Nausch, G., Wasmund, N. (Eds.), *State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005: A Detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology, and Marine Environment*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 121–141.
- Niedermeyer, R.O., Lampe, R., Jahnke, W., Schwarzer, K., Duphorn, K., Kliewe, H., Werner, F., 2011. *Die deutsche Ostseeküste*. 2. völlig neu bearbeitete Auflage. Gebr. Borntraeger (370 pp.).
- Niedermeyer-Lange, R., Werner, F., 1988. Flachseismische sonographische Aufnahmen im Küstenvorfeld der Hohwachter Bucht (westl. Ostsee) und ihre glazialgeologische Interpretation. - *Senckenbergiana Marit.*, 20, 59 – 79.
- Penrose, J.D., Siwabessy, P.J.W., Gavrillov, A., Parnum, I., Hamilton, L.J., Bickers, A., Brooke, B., Ryan, D.A. and Kennedy, P., 2005. Acoustic techniques for seabed classification. Cooperative Research Centre for Coastal Zone Estuary and Waterway Management, Technical Report, 32.
- Reimers, H.-C., 2008. Sea Bottom Sediment Map of the Western Baltic, State Agency for Nature and Environment Schleswig-Holstein; based on Hermansen & Jensen (2000): Digital Sea Bottom Sediment Map around Denmark and data of the Federal Maritime and Hydrographic Agency, Germany (BSH) and the Christian-Albrechts-University of Kiel; compiled by Sekinker, A. (2002).

- Ruck, K., 1952. Seegrundkartierung der Lübecker Bucht. – *Die Küste* 1 (2), 55 – 57.
- Rumohr, J., Walger, E., Zeitschel, B., 1987. Seawater-Sediment Interactions in Coastal Waters. - *Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies*, 13, 338 S.
- Schiele, K., S., Darr, A., Zettler, M. L., Friedland, R., Tauber, F., v. Weber, M., Voss, J., 2015. Biotope map of the German Baltic Sea. - *Marine Pollution Bulletin*, 96, 127 – 135, <https://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.038>.
- Schwarzer, K., 1989. Sedimentdynamik in Sandriffsystemen einer tidefreien Küste unter Berücksichtigung von Rippströmen. *Berichte – Reports, Geol. Paläont. Inst. Univ. Kiel*, 33, 270 S.
- Schwarzer, K., Diesing, M., Larson, M., Niedermeyer, R.-O, Furmanczyk, K., 2003. Coastal evolution in different time scales - examples from the Mecklenburg Bight (Baltic Sea). - *Mar. Geol*, 194, 79 - 101.
- Schwarzer, K. Krause, R., 2008. Untersuchungen zur Morpho- und Sedimentdynamik im Hinblick auf eine Küstensicherungs- und Hochwasserschutzmaßnahme im Bereich Timmendorfer Strand. – *Bericht AG Sedimentologie, Küsten- und Schelfgeologie*, 58 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Themann, S., Krause, R., 2008. Zusammenstellung der marinen Lebensraumtypen nach FFH. Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abschlussbericht, doi:10.13140/2.1.3342.4164
- Schwarzer, K., Bohling, B., Heinrich, C., 2014a. Submarine hard-bottom substrates in the western Baltic Sea – human impact versus natural development. - *J. Coast. Res.* 70, 145–150. <https://doi.org/10.2112/SI70-025.1>
- Seibold, E., Exon, N., Hartmann, M., Kögler, F.-C., Krumm, H., Lutze, G.F., Newton, R.S., Werner, F., 1971. Marine Geology of Kiel Bay, in: Müller, G. (Ed.), *Sedimentology of Parts of Central Europe: Guidebook to Excursions Held During the VIII International Sedimentological Congress 1971 in Heidelberg, Germany*. Kramer, Frankfurt a.M., pp. 209–235.
- Seifert, G., 1952. Der Aufbau und die geologische Entwicklung des Brodtener Ufers und der angrenzenden Niederungen. – *Die Küste*, 1 (2), 15 – 20.
- Strong, J.A., Clements, A., Lillis, H., Galparsoro, I., Bildtsein, T., Pesch, R., 2018. A review of the influence of marine habitat classification schemes on mapping studies: inherent assumptions, influence on end products, and suggestion for future developments. - *ICES Journal of marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsy161
- von Rönn, G.A.; Schwarzer, K.; Reimers, H.-C.; Winter, C.2009. Limitations of Boulder Detection in Shallow Water Habitats Using High-Resolution Sidescan Sonar Images. - *Geosciences*, 9, 390.
- Walbridge, S., Slocum, N., Pobuda, M. and Wright, D.J., 2018. Unified geomorphological analysis workflows with Benthic Terrain Modeler. *Geosciences*, 8(3), p.94.
- Wentworth, C.K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. - *The Journal of Geology* 30, 377–392, <https://doi.org/10.1086/622910>
- Werner, F., 1967. Sedimentation und Abrasion am Mittelgrund (Eckernförder Bucht, westl. Ostsee. - *Meyniana*, 17, 101 – 110.
- Werner, F., Altenkirch, J., Newton, R.S., Seibold, E., 1976. Sediment patterns and their temporyl variation on abrasion ridges in a moderate flow regime (Stoller Grund, Western Baltic). - *Meyniana* 28, 95 – 105.
- Wright, D. J., E. R. Lundblad, E. M. Larkin, R. W. Rinehart, J. Murphy, L. Cary-Kothera, and K. Draganov. 2005. ArcGIS Benthic Terrain Modeler. Corvallis, Oregon, Oregon State University, Davey Jones Locker Seafloor Mapping/Marine GIS Laboratory and

NOAA Coastal Services Center. Accessible online at: <http://maps.csc.noaa.gov/digitalcoast/tools/btm>.

Zeiler, M., Schwarzer, K., Ricklefs, K. and Bartholomä, A., 2008. Seabed morphology and sediment dynamics. - Die Küste, 74 ICCE, (74), pp.31-44.

## Arbeitsgrundlagen

Bressau, S., 1953. Die geologischen Untersuchungen in dem Raum Fehmarn - Wagrien und in den Gewässern um Fehmarn (Teilbericht 3). Abschnitt II. Seegrundkartierung der Gewässer um Fehmarn. 39 S., 52 Abb. (unveröff.).

Feldens, P., 2008. Genese und Sedimentdynamik eines Riesenrippelfeldes im Fehmarn Belt, Diplomarbeit, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 98 S. (unveröff.).

Dehde, B. 2000. Quartärgeologische Kartierung an der Neustädter Bucht. Diplomarbeit: Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 58 S., (unveröff.).

Harders, R. 2004. Quartärgeologische Großkartierung in der nördlichen Lübecker Bucht mittels hydroakustischer Methoden und Sondierungen bei Pelzerhaken. - Dipl-Arbeit: Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 122 S. (unveröff.).

Jesußek, A., 2008, Aufbau des Seegrundes in der Inneren Lübecker Bucht (westliche Ostsee) - Pleistozänoberfläche, holozäne Ablagerungen und Oberflächensediment-Verteilung. Diplomkartierung Inst. f. Geowissenschaften d. Univ. Kiel (unveröff.)

Kampmeier, M., 2014. Holocene development of the Sagasbank (Mecklenburg Bay) – based on hydroacoustic measurements and sediment core. MSC-Arbeit, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Inst. f. Geowissenschaften, 102 S. (unveröff.).

König, J., 2010. Seegrundkartierung eines Riesenrippelfeldes im Fehmarn Belt (SW Ostsee). Diplomkartierung Christian-Albrechts-Univ. zu Kiel, Inst. f. Geowissenschaften, 50 S. (unveröff.).

Langenbacher, J. M. 2007. Pleistozänoberfläche, Holozänaufbau und Verteilung von Oberflächensedimenten in der inneren Lübecker Bucht – Seegrundkartierung in der westlichen Ostsee. - Kurzkartierung: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; 70 S. (unveröff.).

May, H. 2008. Seegrundkartierung und Analyse der Entwicklung subaquatischer Steinfelder mittels hydroakustischer Methoden bei Boknis Eck (Eckernförder Bucht). – Diplomarb., Math.-Naturwis. Fak. der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 108 S.

Mosch, T. 2008: Veränderungen der Sedimentverteilungen auf dem Stoller Grund seit den siebziger Jahren. - Diplomarbeit an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität, 91 S. (unveröff.).

Pansegrau M., 2008. Probstei – Ostsee. Kurzkartierung. Univ. Kiel, Inst. f. Geowissenschaften, 39 S. (unveröff.).

Riethdorf, J.-R. 2007. Quartärgeologische Seegrundkartierung in der südlichen Lübecker Bucht (westliche Ostsee. – Kurzkartierung: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; Kiel.

Rohde, V. 2007. Rekonstruktion der spätglazialen und holozänen Entwicklung und Verteilung der Oberflächensedimente in der inneren Lübecker Bucht – Quartärgeologische Seegrundkartierung – Kurzkartierung: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; 184 S. (unveröff.).

Schwarzer, K., Bohling, B., 2008. Bericht zu dem Forschungsvorhaben: Regeneration

- subaquatischer Steinfeld in der westlichen Ostsee. Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Themann, S., Krause, R., 2009. Abschlussbericht: Auswertung von Sedimentklassifizierungsdaten der Nord- und Ostsee Schleswig-Holsteins: Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 40 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Feldens, P., 2010. Seitensichtsonar-Kartierung der Abrasionsplattform seewärts des Brodtener Ufers, Abschlussbericht. Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 18 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Heinrich, C., 2010. Abschlussbericht: Auswertung von Sedimentklassifizierungsdaten der Nord und Ostsee Schleswig- Holsteins. Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Schwarzer, K., Heinrich, C., Feldens, P., 2014b. Identifizierung mariner Lebensraumtypen in der Kieler Bucht westlich Fehmarn, Abschlussbericht. - Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Heinrich, C., Papenmeier, S., 2014c. Identifikation mariner Lebensraumtypen in der Mecklenburger Bucht (Kartierung der Sagasbank), Abschlussbericht. - Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Kiel, 39 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., 2015. Identifizierung von Riffkompensationsflächen auf der Sagasbank (Mecklenburger Bucht). – Bericht, Christian-Albrechts- Universität zu Kiel, 9 s. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Heinrich, C., 2016. Lebensraumtypen V - Kartierung der Flensburger Förde, Abschlussbericht. - Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 44 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Heinrich, C., 2017. Identifikation mariner Lebensraumtypen vor Schleimünde (Lebensraumtypen IV), Abschlussbericht, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 36 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., von Rönn., 2020. GeoHab – BALDESH. Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abschlussbericht (in Vorbereitung).
- Schwarzer, K., Unverricht, D., 2020a. Lebensraumtypen VI – Kartierung Fehmarn Ost. Abschlussbericht Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 62 S. (unveröff.).
- Schwarzer, K., Unverricht, D., 2020b. Lebensraumtypen VIII – Kartierung Fehmarn Süd. Institut für Geowissenschaften Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (in Bearbeitung).
- Schwarzer, K., Avers, T., Hinrichsen, A., Hofstede, J., Reimers, H.-C., 2020. Sedimentbudget Ostsee , 51 S. + Anhang, Abschlussbericht (unveröff.).
- Steinfeld , N., 2017. Flächenhafte Kartierung des Meeresbodens zwischen Staber Huk (Fehmarn) und Fehmarnsund mittels hydroakustischer Methoden. Bachelor-Arbeit. Christian-Albrechts-Univ. zu Kiel, Inst. f. Geowissenschaften. Kiel, 41 S. (unveröff.).
- Strutz, T.J. 2008. Quartärgeologischer Aufbau und Sedimentverteilung in der Travemünder Bucht (innere Lübecker Bucht). Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität; Kiel.
- Szczygielski, A., 2010. Sedimentvorkommen und dynamik im Seegebiet im Westen von Fehmarn. Diplomkartierung Christian-Albrechts-Univ. zu Kiel, Inst. f. Geowissenschaften. Kiel, 52 S. (unveröff.).
- Tauber, F. 2014. Regionalized classification of seabed sediments in the German Baltic Sea. The 12th Colloquium on Baltic Sea Marine Geology, Abstract Volume, (Rostock: Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde), 79.
- Themann, S. 2002. Quartärgeologischer Aufbau und Sedimentverteilung in der Kieler Förde. Diplomarbeit an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 108 S., (unveröff.).