

Marines Monitoring Helgoland

Benthosuntersuchungen gemäß Wasserrahmenrichtlinie



Handlungsanweisung
Makrophytobenthos



Version 1- 7.2008

Ralph Kühlenkamp, Inka Bartsch

2008

Im Auftrag des
Landesamtes für Natur und Umwelt, Schleswig Holstein
Auftragsnummer: 4121.3-2007-174F

Die vorliegende Handlungsanweisung beruht in Teilen auf der Muster-Standardarbeitsanweisung (Standard Operating Procedure, SOP) Makrophytobenthos für Laboratorien des Bund/Länder-Messprogramms (BLMP) gültig für die am Bund/Länder-Messprogramm Nord- und Ostsee beteiligten und registrierten Laboratorien einschließlich der Qualitätssicherungsstelle des BLMP am Umweltbundesamt, Fachgebiet II 2.5, Standort Berlin (BLMP 2008).

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck der Anweisung	1
2	Anwendungsgebiet	3
3	Vorbereitungsphase	4
4	Bezug zu gültigen Normen und Zusatzverfahren	4
5	Begriffe/Abkürzungen	5
6	Bewertungsverfahren Makrophyten bei Helgoland: Grundlagen und Module	7
6.1	EU-Wasserrahmenrichtlinie	7
6.2	RSL-Index	7
6.3	Rastermonitoring (Grünalgenmodul <i>Ulva</i>)	8
6.4	Flächenausdehnung des Fucetums (nur <i>Fucus serratus</i>)	8
6.5	Sublitorale Tiefenausbreitung ausgewählter Makroalgen	8
6.6	Gesamt-EQR	9
7	Monitoringgebiete	10
7.1	Eulitoral	10
7.1.1	Übersicht Beprobungsgebiete	10
7.1.2	Gebiet Rastermonitoring	11
7.2	Sublitoral	12
7.2.1	Transekte	12
8	Methoden	13
8.1	Georeferenzierung, GIS	13
8.2	Rahmenbeprobung im Eulitoral (Punkteraster)	13
8.2.1	Gerätschaften	13
8.2.2	Angaben/Begleitparameter	14
8.2.3	Messgrößen und Aufgaben	15
8.2.4	Dokumentation der Probenstationen	15
8.2.5	Durchführung	16
8.2.6	Bedeckungsgrad	16
8.2.7	Datentabelle	17
8.2.8	Auswertung bezogen auf Höhenzonierung	17
8.3	Flächenerfassung im Eulitoral	19
8.3.1	Polygonmessung	19
8.3.2	Flächenermittlung durch Interpolationsverfahren	20
8.4	Transektbeprobung im Sublitoral	21
8.4.1	Gerätschaften	21
8.4.2	Angaben/Begleitparameter	22
8.4.3	Messgröße	22
8.4.4	Durchführung	22
8.4.5	Korrektur der Messwerte	23
8.5	Bestimmung von Arten	24
8.5.1	Probenaufbewahrung	24
8.5.2	Optische Geräte	24
8.5.3	Durchführung/Probenbearbeitung	24
8.6	Belegsammlung	25
8.6.1	Allgemeines	25
8.6.2	Herbarisierung von Algenmaterial	26

9	Methodik Bewertungsverfahren	27
9.1	Modul eulitoraler RSL-Index	27
9.1.1	Gerätschaften	27
9.1.2	Allgemeine Angaben/Begleitparameter	27
9.1.3	Messgröße	27
9.1.4	Probenahmeverfahren	27
9.1.5	Korrekturfaktor Küstenbewertung	28
9.1.6	Datenbearbeitung	28
9.2	Modul Grünalgen (<i>Ulva lactuca</i>)	28
9.2.1	Messgröße	28
9.2.2	Probenahmeverfahren Rahmenbeprobung	28
9.3	Modul Fucetum	29
9.3.1	Messgröße	29
9.3.2	Probenahmeverfahren Flächenerfassung	29
9.4	Modul Tiefengrenzen	29
9.4.1	Messgrößen	29
9.4.2	Probenahmeverfahren sublitorale Transekte	29
9.4.3	Datenbearbeitung	29
10	Matrix-Berechnungen für Einzel-EQR	30
10.1	RSL-Index	30
10.1.1	Berechnung der internen ökologischen Messgrößen	30
10.1.2	Berechnung des metrischen EQR	30
10.2	Modul Grünalgen	32
10.2.1	Mittelwerte der Bedeckungsgrade	32
10.2.2	Berechnung des metrischen EQR	32
10.2.3	EQR über 6 Jahre	33
10.3	Modul Fucetum	34
10.3.1	Umrechnung der Messgröße	34
10.3.2	Berechnung des metrischen EQR	34
10.3.3	EQR über 6 Jahre	35
10.4	Modul Tiefengrenzen	36
10.4.1	Mittelwerte der Messgrößen	36
10.4.2	Berechnung des metrischen EQR	36
10.4.3	Tiefengrenzen-EQR über 6 Jahre	37
11	Gesamtauswertung – Gesamt EQR	38
12	Literatur	39
12.1	Bestimmungsliteratur	39
12.2	Referenzen	39
13	Anhang	41
13.1	Anlage 1: Tabelle mit Positionen der Probenstellen im Raster	41
13.2	Anlage 2: Protokollvorlage Rahmenbeprobung (Punkteraster)	44
	Anlage 3: Angaben Wetter, Seegang	44
	Anlage 3: Angaben Wetter, Seegang	45
13.3	Anlage 4: Tabelle Einteilung Substrata	46
13.4	Anlage 5: Beispiel für Datentabelle Rasterproben	47
13.5	Anlage 6: Küstenbewertung für RSL-Index	48
13.6	Anlage 7: Einteilung der Arten in ESG und Opportunisten	49

1 Zweck der Anweisung

Mit Hilfe der Handlungsanweisung sollen die Monitoringuntersuchungen im Makrophytobenthos sowie die Bewertungsverfahren der ökologischen Daten zur Beurteilung der Wasserqualität standardisiert werden. Die aufgrund der europäischen und deutschen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, Anon. 2000) geforderten Maßnahmen werden mit dieser Anweisung vereinheitlicht, um für die auf regelmäßige Wiederholung ausgerichteten Untersuchungen ein Qualitätsmanagement zu gewährleisten. Vergleichbare Datenaufnahme und –bearbeitung sind wichtige Voraussetzungen für Langzeituntersuchungen wie es die WRRL für das operative und überblicksweises Monitoring vorschreibt.

Das vorgestellte Verfahren dient der Erfassung der benthischen Makroalgen-Lebensgemeinschaften mithilfe verschiedener **qualitativer und quantitativer Beprobungsmethoden**, um natürliche und anthropogen bedingte Veränderungen festzustellen und im Hinblick auf die WRRL zu bewerten. Folgende Bewertungsgrößen werden aufgenommen:

- Zusammensetzung des Benthos (Artenspektrum)
- Quantitative Anteile einzelner Taxa am Gesamtbestand (Abundanzen, Bedeckungsgrad)
- Verbreitungsgrenzen von Taxa im Sublitoral
- Vorkommen von Taxa in einem bestimmten Gebiet (Verbreitung, saisonale Variation)

Einige der wichtigen Zoobenthosarten, die als Weidegänger (wie *Littorina*) oder Raumkonkurrenten (wie *Mytilus*) fungieren, werden zusätzlich erfasst. Insofern wird im weiteren Verlauf im Allgemeinen von Benthos und Benthosdaten gesprochen, auch wenn der Hauptanteil von den Makroalgen gebildet wird.

Die standardisierte Datenauswertung und Analyse der Makroalgendaten erfolgt in Anlehnung an internationale Bewertungsmethoden (Wells 2004, 2006; Wells *et al.* 2007a,b), die auf lokaler Ebene für Helgoland angepasst und mit eigens für Helgoland entwickelten Verfahren verknüpft wurden (Bartsch & Kuhlenkamp 2004, Kuhlenkamp & Bartsch 2007, 2008).

Für folgende **Parameter, die auf bereits getesteten Verfahren beruhen**, werden hier Handlungsanweisungen beschrieben:

- RSL-Index (Bestimmung von Biodiversitätsparametern)
- Ausdehnung des *Fucus serratus* (Hauptart des Fucetums)
- Abundanz *Ulva lactuca* (Chlorophyceae)
- Tiefengrenze ausgewählter sublitoraler Arten

Um den formalen Anforderungen der WRRL zu entsprechen, müssen Ergebnisse als **EQR-Werte** (Ecological Quality Ratio) dargestellt werden, die den jeweiligen Qualitätskategorien und zugehörigen Klassen entsprechen (Tab. 1). Hierfür sind Umrechnungen der gemessenen Parameter entsprechend den Anweisungen notwendig, deren Ergebnisse als metrischer Wert zwischen 0,0 und 1,0 angegeben werden.

Tab. 1: Matrix der Qualitätskategorien gemäß WRRL.

Den Kategorien sind die metrischen EQR-Werte in Blöcken von 0,2 Einheiten zugeordnet.

Klassen	1	2	3	4	5	
WRRL Qualitätskategorien	Schlecht	Unbefriedigend	Mäßig	Gut	Sehr gut	
EQR metrische Skala	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Für die genaue Herleitung und Diskussion der EQR-Bewertungen siehe Bartsch & Kuhlenkamp (2004) und Kuhlenkamp & Bartsch (2007, 2008).

2 Anwendungsgebiet

Wasserkörper: N5, Küstengewässer Helgoland

Beprobungsgebiete (Abb. 1):

Eulitoral:

- Nord-Watt (N-Watt) des Helgoländer Felswattgebietes: zwischen Beginn des felsigen Eulitorals im Osten und Nordmole im Westen
- Substrata: Abrasionsterrassen des Bundsandsteinfelsens sowie Betontrümmer, vereinzelt Flintsteine und Basalt (Trümmerreste)

Sublitoral:

- Gebiet östlich des Endpunktes der Nordmole

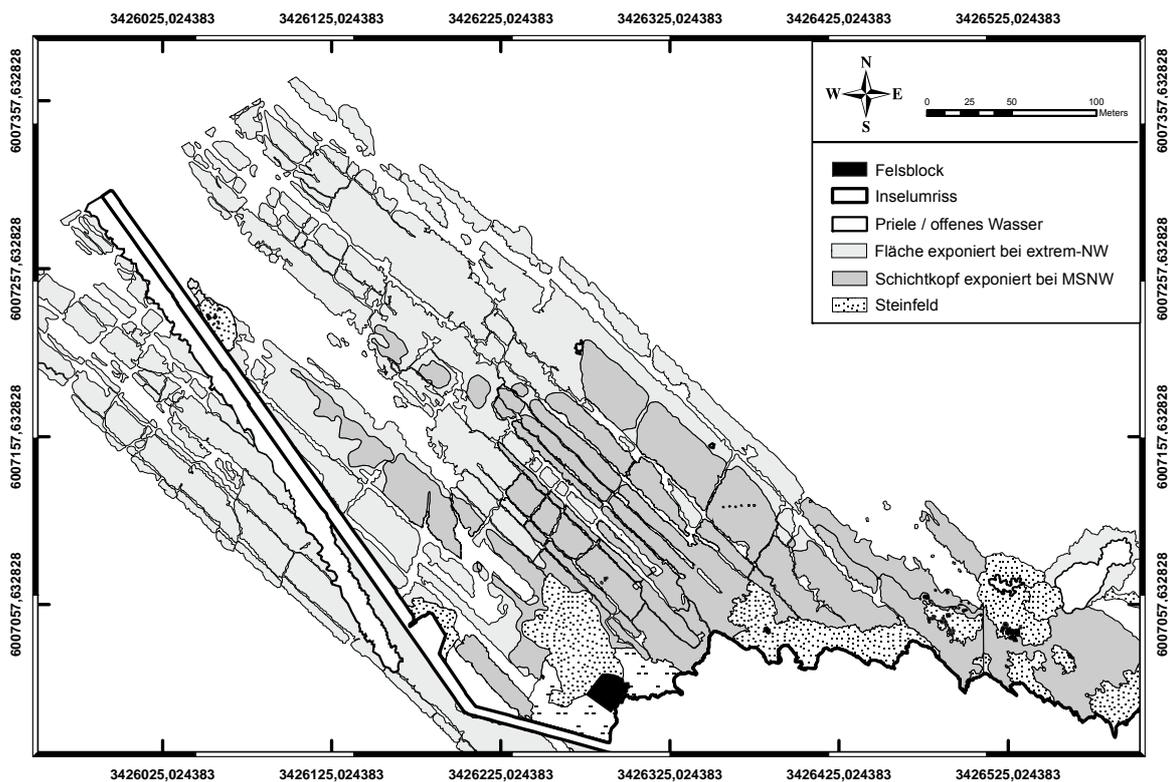


Abb. 1: Nordseite Helgoland, litorale Gebiete und deren Geomorphologie

Darstellung der Geomorphologie mit Bezug auf Höhenunterschiede durch Wasserstand (Tiden). Das eulitorale Gebiet stellt in etwa den Bereich dar, der für den RSL-Index begangen werden soll. Karte verändert nach Bartsch und Tittley (2004).

3 Vorbereitungsphase

Für eine erfolgreiche Untersuchung sollten vor Beginn der gesamte Ablauf anhand der folgenden Liste überdacht und die Vorgänge im Einzelnen unter Berücksichtigung des zu leistenden Umfangs an Datenerhebung und –auswertung geplant werden:

- Zur Absicherung der Vorgehensweise probeweise die Datenanalyse der verschiedenen Parameter mittels Rechenvorlagen mit alten Daten oder Platzhaltern durchführen
- Testlauf einer GPS-Messung und Nachbearbeitung der Daten mit GIS-Programmen
- Vorbereitung der Artenbestimmung im Feld als auch der Nachbestimmung im Labor (ausreichender Kenntnisstand der lokalen Arten)
- Vorbereitung der Herbarisierung
- Planung von Kapazitäten für Analysen und Berichte
- Vorbereitung der praktischen Datenaufnahme im Freiland
- Bei Tauchuntersuchungen Planung gemäß Forschungstaucherrichtlinien und Erfordernissen der betreuenden Einrichtung (hier: Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, AWI)
- Zeitliche Planung der Beprobungen insbesondere im Hinblick auf Wetter, Jahreszeit und Tiden

4 Bezug zu gültigen Normen und Zusatzverfahren

DIN EN 14996 (2006-08):

Wasserbeschaffenheit - Anleitung zur Qualitätssicherung biologischer und ökologischer Untersuchungsverfahren in der aquatischen Umwelt; Deutsche Fassung EN 14996: 2006

DIN EN ISO 19493 (2007-09):

Wasserbeschaffenheit - Anleitung für meeresbiologische Untersuchungen von Hartsubstratgemeinschaften (ISO 19493: 2007); Deutsche Fassung EN ISO 19493: 2007

GUV-R 2112 (2006-01):

Regeln über den Einsatz von Forschungstauchern

Zusätzliche Verfahrensangaben:

Muster-Standardanweisung für Laboratorien des Bund-Länder-Messprogramms. Makrophytobenthos-Untersuchungen auf marinen Substraten des Litorals.

Verfahrensanweisung BLMP-P-SOP-01-01-MPB der Qualitätssicherungsstelle des Bund/Länder-Messprogramms Nord- und Ostsee; Am Umweltbundesamt, FG II 2.5:

5 Begriffe/Abkürzungen

Bedeckungsgrad	Die überdeckte Fläche bei senkrechter Projektion in die Grundfläche; normalerweise in Prozent bezogen auf eine Standardfläche (Beprobungsrahmen) ausgedrückt
ETRS 89	European Terrestrial Reference System 1989, Bezugsellipsoid: GRS80 - Geodätisches Referenzsystem 1980, Projektion: UTM -Universale Transversale Mercatorprojektion
Eulitoral	Gezeitenzone zwischen mittlerer Hochwasser- und mittlerer Niedrigwasserlinie Biologisch wird das Eulitoral als Zone zwischen der oberen Verbreitungsgrenze der Seepocken und der oberen Verbreitungsgrenze der Laminarien definiert. In der gezeitenfreien Ostsee ist das Eulitoral die Zone der kurzlebigen einjährigen Algen
GPS/DGPS	Global Positioning System/Differential GPS
Hartsubstrat	Untergrund bestehend aus Grundgestein, stabil gelagertem Gestein oder festen marinen Bauten
Litoral	Küstenzone
MSTNW	Mittleres Springtiden-Niedrigwasser
NN	Normal-Null: amtlich festgelegte Bezugsebene. Entspricht etwa dem mittleren Meeresspiegel der Nordsee
NMEA 0138	National Marine Electronics Association Standard 1083 definiert einen Datenaustausch zwischen verschiedenen Geräten aus der Marineelektronik, standardisiertes GPS-Format für den einfachen und universellen Datenaustausch
PN, PNP	Pegel-Nullpunkt: Höhenlage eines bestimmten Pegels bezogen auf NN
SKN	Seekartennull: amtlich festgelegte Bezugsebene für Tiefenmessungen auf See und Tidegewässer; ist gleich dem örtlich niedrigstmöglichen Wasserstand
Sublitoral	Obere Grenze bildet die mittlere Springniedrigwassergrenze Biologisch wird das Sublitoral als Bereich zwischen der oberen Verbreitungsgrenze der Laminarien und der unteren Grenze der Algenvegetation definiert. In der Ostsee ist das Sublitoral der Bereich mehrjähriger Algen bis zur unteren Verbreitungsgrenze der Algenvegetation.
Taxon	Eine als systematische Einheit erkannte Gruppe von Lebewesen (Mehrzahl: Taxa), die auf Grund fehlender oder nicht erkennbarer artspezifischer Merkmalen nicht der fachlichen Definition einer Art entsprechen müssen (verschiedene taxonomische Stufen z.B. Familie, Gattung, Art)
Transekt	Ein Satz von Mess- oder Beobachtungspunkten entlang einer Linie
WGS84	World Geodetic System 1984, Bezugsellipsoid: WGS 84, Projektion: UTM -Universale Transversale Mercatorprojektion

Weitere Begriffe sind zusätzlich mit ihren englischen Bezeichnungen aufgeführt:

Begriff	Englische Bezeichnung	Beschreibung
Artenreichtum	Species richness	Numerische Anzahl aller Arten
Checkliste	Check-list	Kumulative Artenliste, in der alle jemals gefundenen Arten des Standortes (einschließlich aller saisonalen, ephemeren und seltenen Arten) aufgeführt sind und die auf mehreren Probenahme-Zeitpunkten beruht.
EQR	Ecological quality ratio	Kategorisierte Maßzahl für den Gewässergütezustand (5 Klassen: sehr gut, gut, mäßig, unbefriedigend, schlecht)
ESG	Ecological state group	Einteilung von Arten gemäß ihrer ökologischen Funktion in schnellwüchsige Arten mit hohem Stoffumsatz und großem Oberflächen: Volumen Verhältnis (ESG1) und langsam wüchsige (pseudo-) perennierende Arten mit dickem Thallus und geringem Oberflächen: Volumen Verhältnis (ESG 2)
Messgröße	Metric	Probenparameter, der während einer Probennahme gemessen wird und der alleine oder zusammen mit anderen Messgrößen die Grundlage für das Bewertungsmodul bildet.
Bewertungsmodul	Module	Der Begriff wird hier verwendet für die Methoden, die die Grundlage des Bewertungsverfahrens bilden. Entspricht einem Element des gesamten Bewertungsverfahrens, welches zu einem Gesamt-EQR führt.
RSL	Reduced species list	Reduzierte Artenliste, je nach Liste etwa 50-70% der Gesamtarten, gemäß den Angaben von Wells <i>et al.</i> (2007b) aus technischen Gesichtspunkten gewählte Referenzliste
WRRL	Water framework directive (WFD)	Wasserrahmenrichtlinie

6 Bewertungsverfahren Makrophyten bei Helgoland: Grundlagen und Module

6.1 EU-Wasserrahmenrichtlinie

Laut WRRL wird die Angabe eines EQR für den betreffenden Wasserkörper nach jeweils 6 Jahren gefordert. Dieser EQR basiert auf den Einzelwerten, die in den entsprechenden Monitoringzeiträumen für jeden Qualitätsparameter gemessen werden.

6.2 RSL-Index

Ursprünglich beruht der RSL-Index (reduced species list) auf reduzierten Artenlisten, die aufgrund langjähriger und umfangreicher Daten über das gesamte Küstengebiet Großbritanniens ermittelt und beschrieben wurden (Wells *et al.* 2006, Wells *et al.* 2007b). Aufgrund der regionalen Unterschiede wurde den Großbereichen jeweils eine eigene Referenzliste zugeordnet, während auf internationaler Basis nur eine speziell angepasste europäische Liste verwendet werden sollte. Diese europäische Artenliste erwies sich für Helgoland jedoch als nicht geeignet (Kuhlenkamp & Bartsch 2007), so dass als Referenz die historisch von Kuckuck zwischen 1892 und 1912 verzeichneten eulitoralen Arten (Bartsch & Kuhlenkamp 2000, verändert) herangezogen wurden.

In der Anwendung für Helgoland kommt die Gesamtartenliste zum Tragen, die auf einer einmalig im Sommer erfolgenden Erfassung aller während einer einzigen Begehung mit 1-2 Personen gefundenen Makrophytenarten besteht. Aus dieser Liste werden verschiedene interne Messgrößen ermittelt und in einem Berechnungsverfahren zu einem RSL-EQR umgewandelt.

Als historische Referenz dient die Artenliste von Kuckuck mit den eulitorale Arten, die zu den Zeiten Kuckucks für Helgoland registriert wurden.

Innerhalb des Berechnungsprozesses werden die durch physikalische Habitat-eigenschaften hervorgerufenen Effekte auf die Artenzusammensetzung und das Vorkommen mittels eines Küstenfaktors berücksichtigt, der über eine spezielle Wertetabelle berechnet wird. Dieser Korrekturfaktor wird dann im endgültigen Bewertungsschema mit den floristischen Messgrößen (siehe EQR-Berechnung) verrechnet.

6.3 Rastermonitoring (Grünalgenmodul *Ulva*)

Das dargestellte Untersuchungsverfahren ist eine quantitative Methode zur Erfassung benthischer Algen und deren Epiphyten, sowie Teile der Begleitfauna des eulitoralischen Küstenbereiches. Die Grundlage bilden die Abundanzwerte in Form von prozentualen Bedeckungsgraden aus Rahmenbeprobungen. Daten werden direkt in einem Berechnungsschema zu EQR-Werten umgewandelt. Hieraus werden die Werte für das Grünalgenmodul und interpolierte Flächenangaben des *Fucus serratus*-Bereiches (hier als Fucetum bezeichnet) berechnet.

6.4 Flächenausdehnung des Fucetums (nur *Fucus serratus*)

Insbesondere bestandsbildende Arten des Phytobenthos sind wichtige Anzeiger für den Zustand eines Gewässers. Hier werden die Ausbreitung der dichten *Fucus serratus*-Bestände ermittelt und über eine Matrix in die EQR-Berechnung eingefügt. Das Modul wurde mit historischen Angaben kalibriert und es wird für die EQR-Berechnung gemäß Vorgabe der WRRL der höchste Wert aus einer Datenerhebung über 6 Jahre genommen, da es zu deutlichen jahreszeitlichen und interannuellen Schwankungen des Fucetums kommt (Valdivia *et al.* 2008).

6.5 Sublitorale Tiefenausbreitung ausgewählter Makroalgen

Algentiefengrenzen sind ein Maß für die Trübungseigenschaften des Wasserkörpers und damit ein indirektes Maß für Eutrophierung. An Standorten, in denen das Substratum in der Tiefe nicht begrenzend für die Ausbreitungsgrenzen von Makrophyten ist, eignet sich dieser Faktor, um Verschiebungen im Lichtklima festzustellen. Die adaptierte Klassifizierung von Bartsch *et al.* (2005) berücksichtigt nur noch Arten, für die es auch historische Angaben gibt. Angelehnt an frühere Taucharbeiten werden 3 Parallel-Transekte im nördlich des eulitoralischen Beprobungsgebietes liegenden Sublitoral für die Bewertung herangezogen.

6.6 Gesamt-EQR

Für jeden der genannten Module wird ein EQR aus den spezifischen Daten errechnet. Diese werden über eine Gewichtung¹ in einem Gesamt-EQR zusammengefasst, so dass zum Schluss der gesamten Anwendung ein einziger EQR für das Bewertungsverfahren zur Verfügung steht.

In der folgenden Tabelle sind die Verfahren im Einzelnen aufgeführt und der Vorgang von der Datenaufnahme bis zum Gesamt-EQR über 6 Jahre schematisch aufgezeichnet (Tab. 2).

Tab. 2: Schematisch dargestellte Vorgänge von der Datenerhebung bis zum Gesamt-EQR

EQR-Module	Interne Messgrößen	Art der Datenerhebung	Datenbearbeitung	Endwert	Erstellung metrischer EQR der Messgröße	EQR des Moduls	Einzel-EQR	Gewichtung	Gesamt-EQR über 6 Jahre
RSL	Artenreichtum	Einmalbegehung Felswatt	Artenliste, Herbar	wie Messwert	Berechnung aus Wert der Messgröße mittels Matrix und Formel	Mittelwert aus allen Einzel-EQR	Mittelwert über 6 Jahre	50 %	Mittelwert aus allen Einzel-EQR über 6 Jahre und gewichtet
	Anteil Grünalgen	Einmalbegehung Felswatt	Berechnung	prozentualer Anteil					
	Anteil Rotalgen	Einmalbegehung Felswatt	Berechnung	prozentualer Anteil					
	ESG Verhältnis	Einmalbegehung Felswatt	Berechnung	prozentualer Anteil					
	Anteil Opportunisten	Einmalbegehung Felswatt	Berechnung	prozentualer Anteil					
	Küstenbewertung	Beurteilung gemäß Tabelle		Endwert aus Tabelle					
Grünalgen	Abundanz <i>Ulva lactuca</i>	Bedeckungsgrade im Probenraster	3 Durchläufe mit zufällig gewählten Probenstationen spezifischer Höhenzonen	Mittlere Abundanz aller Durchläufe	Berechnung aus Mittelwert mittels Matrix und Formel	Direkt aus Wert	Mittelwert über 6 Jahre	10 %	Mittelwert aus allen Einzel-EQR über 6 Jahre und gewichtet
Fucetum	90% Bedeckung <i>Fucus serratus</i>	GPS-Flächenmessung	Umrechnung in GIS	Fläche [m ²]	Berechnung mittels Matrix und Formel	Direkt aus Wert	Höchster EQR aus 6 Jahren	20 %	
Sublitoral Tiefengrenzen	Tiefenvorkommen von 4 Arten	Tauchtransekte, Messung alle 0,5 Tiefenmeter	Korrektur auf Pegelstand, Mittelwert aus 3 Transekten	Mittlere Tiefe [m]	Berechnung mittels Matrix und Formel	Direkt aus Wert	Mittelwert über 6 Jahre	20 %	

¹ Es wird darauf hingewiesen, dass sich bei verbesserter Datenlage die Gewichtung der Einzel-EQR in Zukunft noch verschieben könnte.

7 Monitoringgebiete

7.1 Eulitoral

7.1.1 Übersicht Beprobungsgebiete

- 1) Gesamtes Gebiet zwischen Nordmole im Westen und Anfang des N-Watts im Osten für RSL-Index (Abb. 1)
- 2) Ein nordwärts der Felskante liegendes Gebiet (Abb. 2,3), im Westen in etwa begrenzt durch die Nordmole und im Osten durch tiefer liegende, meistens sublitorale Gebiete. Die Ausdehnung beträgt ungefähr 120 x 150 m.

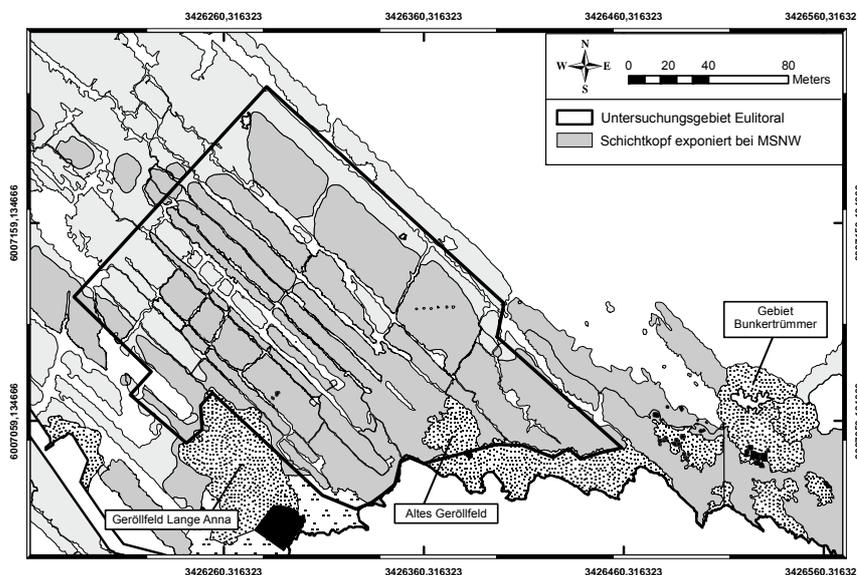


Abb. 2:
Beprobungsgebiet N-Watt Helgoland
Das eulitorale Beprobungsgebiet ist schwarz umrandet

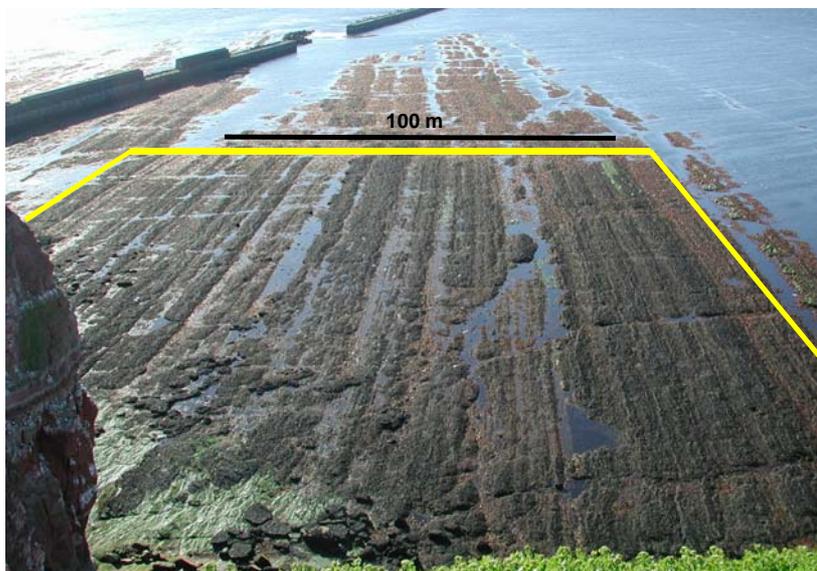


Abb. 3:
Beprobungsgebiet N-Watt Helgoland:
Fotografie von der Felsoberkante, Blickrichtung entlang der Ausrichtung der Schichtköpfe (von Südosten nach Nordwesten). Die gelbumrandete Fläche entspricht etwa dem Beprobungsgebiet

7.1.2 Gebiet Rastermonitoring

- Stationäres Probenraster im N-Watt mit 140 Punkten in regelmäßigen Abständen von 5 - 20 m (Abb. 4) mit festen Koordinaten für jede Probestelle (Anlage 1, Anhang)
- Probenstellen sind durch feste Markierungspunkte mittels Bolzen im Untergrund gekennzeichnet und es ist folgendes zu beachten:
 - im Allgemeinen wird immer die linke obere Ecke des Probenahmerahmens am Markierungspunkt (Bolzen) angelegt²
 - der Probenahmerahmen muss immer dieselbe Ausrichtung bezüglich der geografischen Himmelsrichtungen bzw. der topografischen Gegebenheiten haben:

es wurde festgelegt die Probenahmerahmen in etwa parallel dem Verlauf der Gesteinsformationen (Schichtköpfe des Bundsandsteins) mit ihrer NW-SO Achse auszurichten, wobei die obere Kante des Rahmens dem Supralitoral (also SO-Richtung) zugekehrt ist.
- Das Auffinden des Messpunktes muss trotzdem über eine GPS-Lokalisation erfolgen, da viele Markierungspunkte wegen des dichten Algenbewuchses nur schwer erkennbar sein können.

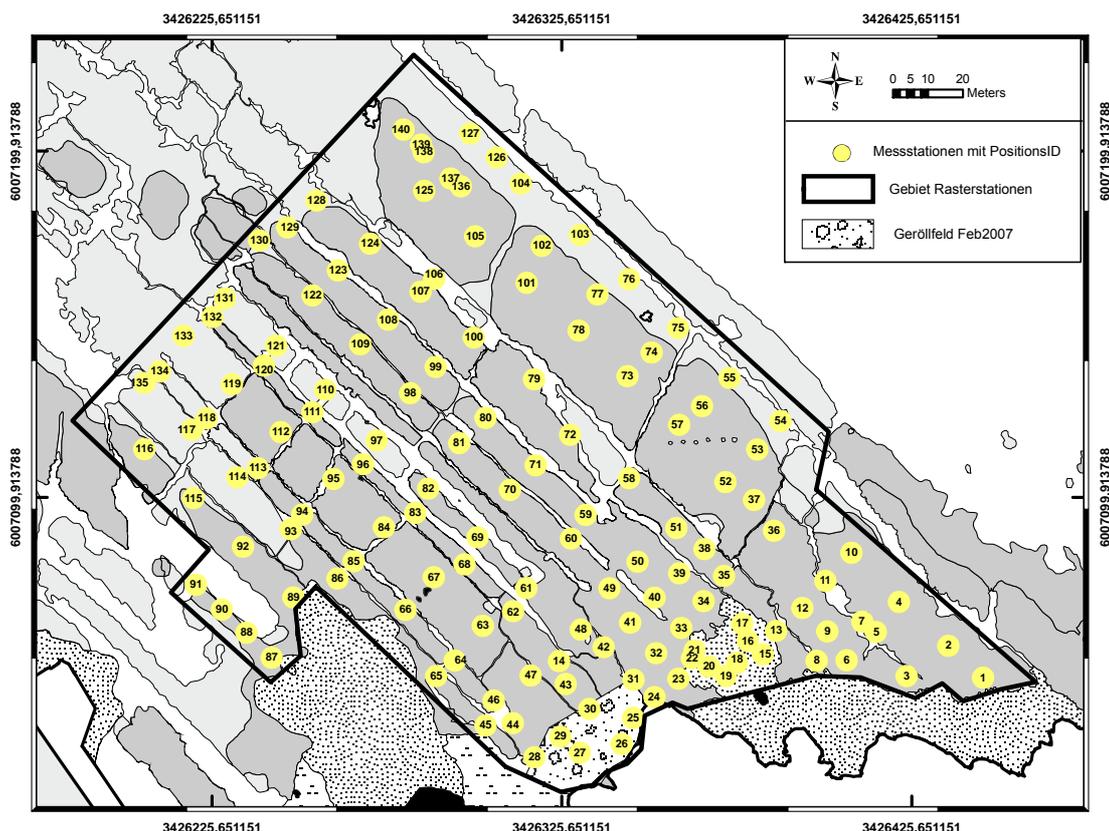


Abb. 4: Stationäres Punkteraster der Probenstellen N-Watt Helgoland

In dem schwarz umrandeten Gebiet liegt das Punkteraster von original 140 geo-referenzierten und nummerierten Messstellen. Die Stationen 24-31 sind seit Feb 2007 von einer neuen Geröllhalde bedeckt und deshalb vorläufig nicht benutzbar.

² Die Markierungsarbeiten werden im Laufe von 2008 abgeschlossen sein und danach liegen genaue Angaben zur Ausrichtung des Probenahmerahmens an jeder Markierung vor.

7.2 Sublitoral

7.2.1 Transekte

- 3 Paralleltransekte (T1, T2, T3) wurden nahe des ehemaligen Transektes P3 von Lüning (1970) etabliert und liegen nordwestlich von Helgoland (seewärts der Nordmole) (Abb. 5)
- Die Transekte liegen mit ihren Anfangspunkten in etwa 14 m Tiefe und enden bei 3 – 4 m Tiefe im oberen Sublitoral (bezogen auf MSTNW)

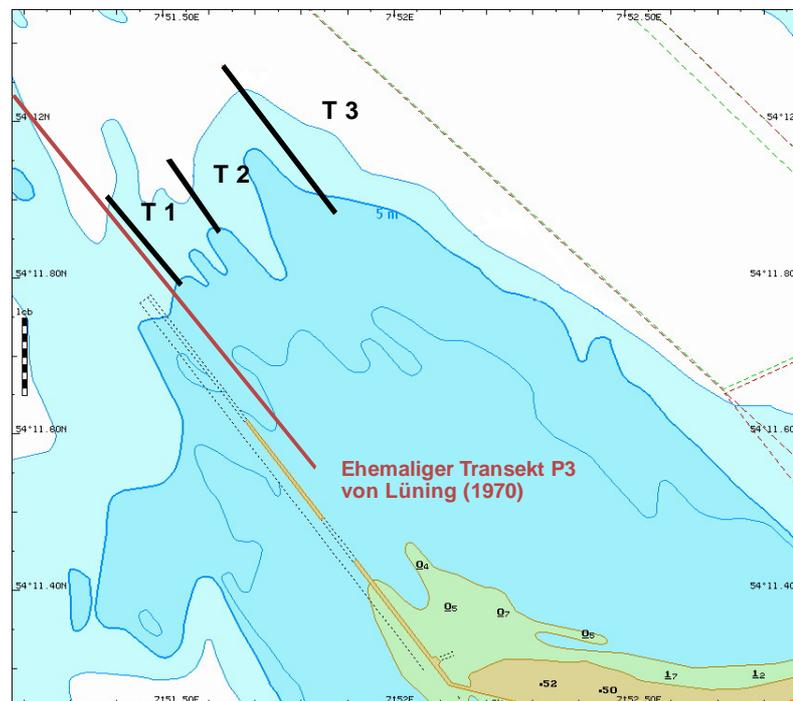


Abb. 5: Tauchtransekte im Sublitoral nordwestlich von Helgoland

Transekt T1 entspricht einem Teil des ehemaligen P3-Transektes von Lüning (1970), T2 und T3 sind Paralleltransekte dazu und dienen der Erhebung von Replikaten.

- Koordinaten der Tauchtransekte (Tab. 2) wurden aufgrund der ersten Tauchuntersuchung festgelegt (Schubert 2007)

Tab. 2: Koordinaten und weitere Angaben zu den sublitoralen Tauchtransekten

Transekt	Beginn	Ende	Peilung	Länge [m]
T 1	7°51.384' E 54°11.900' N	7°51.538' E 54°11.796' N	140°	260
T 2	7°51.512' E 54°11.950' N	7°51.622' E 54°11.859' N	145°	210
T 3	7°51.629' E 54°12.071' N	7°51.873' E 54°11.882' N	143°	440

8 Methoden

In diesem Kapitel werden nur die grundlegenden Methoden beschrieben, die zur Probenahme und Erfassung der Messgrößen verwendet werden. Die eigentlichen Bewertungsverfahren sind in Kapitel 9 dargestellt und die Berechnungsabläufe bis hin zu den EQR-Qualitätswerten erfolgen in Kapitel 10. Für die Herleitung und Diskussion der Methoden siehe Kühlenkamp und Bartsch (2007, 2008). Grundlegende Methoden des Monitorings sind unter anderem zu finden in Davies *et al.* (2001).

8.1 Georeferenzierung, GIS

Ein mobiles Differential-GPS mit Submeter-Genauigkeit ist für die Erfassung präziser Geo-Koordinaten notwendig, entweder für einzelne Probestellen oder auch für die Eckpunkte eines kontinuierlich gemessenen Polygons (Flächenmessung).

Die am Anfang eines Monitoringprogramms festgelegten, geo-referenzierten Probestellen lassen sich mittels der GPS-Ortung für alle folgenden Messungen wieder finden. Vom AWI wird bisher das System von Trimble verwendet (Anleitung siehe Beilage auf CD)

Die Bearbeitung von Geodaten erfolgt in einem GIS-Programm wie ArcGis von ESRI und dient sowohl der Kartenerstellung mittels digitaler Geländedaten oder der visuellen Darstellung von gemessenen Abundanzen bezogen auf die Probenstellen, als auch zur Berechnung von Werten wie der Fläche eines gemessenen Polygons oder der Flächeninterpolation von Punktdaten.

8.2 Rahmenbeprobung im Eulitoral (Punkteraster)

8.2.1 Gerätschaften

Liste der vorzuhaltenden Gerätschaften:

- **DGPS-Gerät**
(Datenausgabeformat NMEA 0138, Bezugssysteme WGS84 oder ETRS89)
- **Bekleidung:**
Wathose/Gummistiefel
Je nach Gegebenheiten sichere Bekleidung und Kopfschutz (Helm) bei Gefahr durch Steinschlag
- **Probenahmerahmen**
Größe: 0,25 m² quadratisch
mit Unterteilung in 25 Kleinflächen

- **Probenaufbewahrungsgefäße**
Wahlweise 250 ml- bis 1000 ml-Weithalskunststoffflaschen oder nummerierte Kunststofftüten zur Aufbewahrung von Proben zwecks Nachbestimmung
- **Protokoll**
Vorgefertigte Protokollbögen wie in Anlage 2 (Anhang); die Abkürzungen für die Arten werden aus den ersten 3 Buchstaben des ersten Wortes und den 3 ersten Buchstaben des zweiten Wortes im Artnamen gebildet; aus Gründen der Zeitersparnis sind einige der häufigen Arten schon fest angegeben; die Abfolge und Auswahl sind frei wählbar (in der Anlage als Beispiel) und sollte je nach saisonaler Zusammensetzung angepasst werden. Die freien Felder dienen für Einträge nicht aufgeführter Arten.
- **Digitalkamera**
Bildauflösung von minimal 300 ppi oder dpi (pixel per inch oder dots per inch) und 24bit Farbtiefe, Bildidentifizierungshilfe
- **Nummernblock**
Es ist möglichst ein vorgefertigter Mechanismus auf einer Kunststoffplatte zu verwenden, mit dem sich die ID-Nummern der Probenahme durch frei zusammenstellbare Zahlen schnell darstellen lassen (Abb. 6). Größe der Ziffern beträgt etwa 3 cm.



Abb. 6: Nummernblock
zur einfachen Darstellung der Stationsnummer bei der fotografischen Dokumentation

8.2.2 Angaben/Begleitparameter

Für jede Probenstelle sind folgende Angaben zu erheben:

- **ID-Nummer** der Probenstelle (Feld-ID), Kurzbezeichnung
- **Datum, Uhrzeit**
- **Substratzusammensetzung** gemäß Anlage 4, Anhang
- Prozentuale Anteile der verschiedenen **Substrata**
- Anteil **unbesiedelter Fläche**
- **Kommentare zur Besiedlung** und andere wichtige Angaben, die zur Charakterisierung der Probenstelle wichtig sind

Für die gesamte Untersuchung sollten folgende Angaben notiert werden:

- **Bezeichnung** des Untersuchungsgebietes
- Namen der/s **Probenehmer/s**
- Spezifikation **Probenrahmen** (Angaben der Grundfläche und Unterteilung)
- **Typ des Positionierungssystems** und dessen Genauigkeit
- **Koordinaten** des Untersuchungsgebietes

- **Koordinaten** jeder Probenstelle bzw. Referenzdaten
- **Lage** über bzw. unter Normalnull, soweit Angabe möglich ist (eventuell für die Eckpunkte des Untersuchungsgebietes)
- **Wetter**-, Wind-, und Seegangsverhältnisse (Anlage 3, Anhang)
- **Besonderheiten** (anthropogene Beeinflussung, besondere Vorkommnisse, etc.)

8.2.3 Messgrößen und Aufgaben

- Die wesentlichen Untersuchungsgrößen bei der Rahmenbeprobung sind **Zusammensetzung und Bedeckungsgrad der Vegetation**
- Folgende Aufgaben müssen durchgeführt werden:
 1. **Identifizierung** aller Makrophyten
 2. **Bedeckung** und/oder Anzahl identifizierbarer Taxa (Arten, Artgruppen) als % Bedeckungsgrad bezogen auf die Gesamtfläche des Probenahmerahmens ermitteln
 3. Manche Arten können eventuell nur als Klasse in einer höheren taxonomischen Einheit als dem Artniveau angegeben werden. Hierzu gehören die Arten von *Ulva* (ausgenommen *U. lactuca*, *U. linza*)
 4. Gesamtbedeckung der Vegetation bzw. **vegetationsfreie Bereiche** bestimmen
- Je nach Fragestellung müssen weitere Messgrößen erfasst werden wie die Bedeckung identifizierbarer Makrozoobenthostaxa (z.B. Austern, Miesmuscheln, Seepocken, Schnecken). Diese können primär als Individuenzahl erfasst und dann in prozentuale Bedeckung anhand von Eichkurven umgewandelt werden.

8.2.4 Dokumentation der Probenstationen

Bei der Ablichtung des Probenahmerahmens an der jeweiligen Probenstelle mittels einer Fotokamera ist auf ein einheitliches Vorgehen zu achten:

- Die Kamera so ausrichten, dass die obere Seite des Rahmens, die immer zum Supralitoral des Untersuchungsgebietes ausgerichtet ist, auch im Bild oben zu liegen kommt
- Immer einen Teil der Umgebung des Probenahmerahmens mit einbeziehen (Abb. 7)
- Für eine systematische und eindeutige Zuordnung der digitalen Fotos ist neben dem Rahmen der Nummernblock mit der darauf eingestellten ID der jeweiligen Probe gleichzeitig mit dem Rahmen zu fotografieren
- Es ist darauf zu achten, dass möglichst keine Verzeichnungen des Fotos (auf paralleles Ausrichten der Fotokamera zur fotografierten Ebene achten) erfolgen und zu kleine Brennweiteinstellung vorgenommen werden



Abb. 7: Rahmenbeprobung der Rasterstationen: Dokumentation

Rahmen mit 0,25 m² Fläche: links auf der Deckschicht liegend, rechts nachdem die Deckschicht beiseite gelegt wurde. Beide Male mit der für diese Messung gültigen Feld-ID (Nummernblock).

8.2.5 Durchführung

Der Ablauf der Untersuchung orientiert sich an folgender Richtlinie:

1. Probenahmerahmen an einen Rasterpunkt platzieren
2. Nummernblock mit der entsprechend der ID-Nummer der Probennahme eingestellten Zahlenfolge neben den Rahmen legen
3. Rahmen mit der unberührten Deckschicht fotografieren (Abb. 7)
4. Bedeckungsgrad der obersten Vegetationsschicht getrennt nach einzelnen Arten bestimmen
5. Oberste Deckschicht vorsichtig beiseite legen und Rahmen in dieselbe Position bringen
6. Rahmen mit der freigelegten Unterschicht fotografieren und dabei möglichst dieselbe Position einnehmen (Abb. 7)
7. Unterschicht in ihrer Bedeckung bestimmen
8. Anteile der jeweiligen Substrata und unbewachsener Flächenanteile in % Bedeckung angeben
9. Diese Prozedur bei jeder Probenstelle wiederholen
10. Das umgebende Untersuchungsgebiet und besondere biologische Charakteristika werden bei Bedarf fotografiert

8.2.6 Bedeckungsgrad

- Für die Bestimmung der Bedeckungsgrade werden alle Pflanzenteile berücksichtigt, die sich innerhalb der Rahmenfläche befinden unabhängig davon ob sie darin angeheftet sind oder nicht.

- Die Angaben zur Bedeckung sind auf mindestens 5 %, möglichst auf 1,0 % genau vorzunehmen. Arten mit weniger als 1,0 % Bedeckung sind mit dem Wert 0,5 in die Datentabelle einzutragen, da Analysenprogramme einen konkreten Wert benötigen. Falls eine Bedeckung bis auf 0,5% gemessen werden soll, so ist dies ebenfalls noch möglich, würde aber einen höheren Zeitaufwand bedeuten.
- Driftalgen werden nicht berücksichtigt. Es ist jedoch zu beachten, dass manche Arten immer lose haftend vorkommen und nicht direkt mit Rhizoiden angewachsen sind, wie *Rhizoclonium tortuosum*, die als wattige Überzüge an anderen Algen vorkommen. Solche Arten zählen zum Bestand des lokalen Makroalgenbenthos.
- Aus praktischen Gründen kann die Häufigkeit bestimmter Organismengruppen (*Mytilus*, *Littorina*) als Individuenzahl verschiedener Größenklassen protokolliert und später anhand von Umrechnungen deren Bedeckungsgrad ermittelt werden. Eine Abschätzung der Flächenanteile vor Ort, beispielsweise durch Absammeln der *Littorina* und Konzentrierung in einer bestimmbarer Fläche, ist dabei aber zu bevorzugen

8.2.7 Datentabelle

Nach der Bestimmung der Bedeckungsgrade im Freiland liegen Prozentwerte für die Gesamtbedeckung der Vegetation, die Bedeckung verschiedener Taxa und/oder übergeordneter Gruppen vor. Diese werden mit den Stationsnummern in einer Excel-Tabelle mit folgenden Titeln erfasst (Beispiel siehe Anlage 5, Anhang):

- Proben ID
- Stations ID (Rasterpunkte)
- Habitat
- Substratum
- Koordinaten
- % Bedeckung Bewuchsfreies Substratum
- Bemerkungen zur Probe
- Fortlaufende Liste aller gefundenen Arten

8.2.8 Auswertung bezogen auf Höhenzonierung

Für manche Daten ist es notwendig, jeweils 5 Probenpunkte zufällig aus jeder Gruppe zu wählen, die mit Hilfe eines digitalen Geländemodells verschiedenen Höhenzonen innerhalb des Probenrasters zugeordnet wurden (Reichert *et al.* 2008). Wie in Abbildung 8 verdeutlicht, wird der Bereich, der vom Raster abgedeckt wird (siehe Karte Abb. 4) in 5 Zonen mit jeweils 30 cm Höhenunterschied bezogen auf Normalnull unterteilt.

Um die Messdaten richtig einzuordnen muss die Tabelle 3 verwendet werden, in der die Stationen des Rasters den jeweiligen Höhenzonen zugeordnet sind.

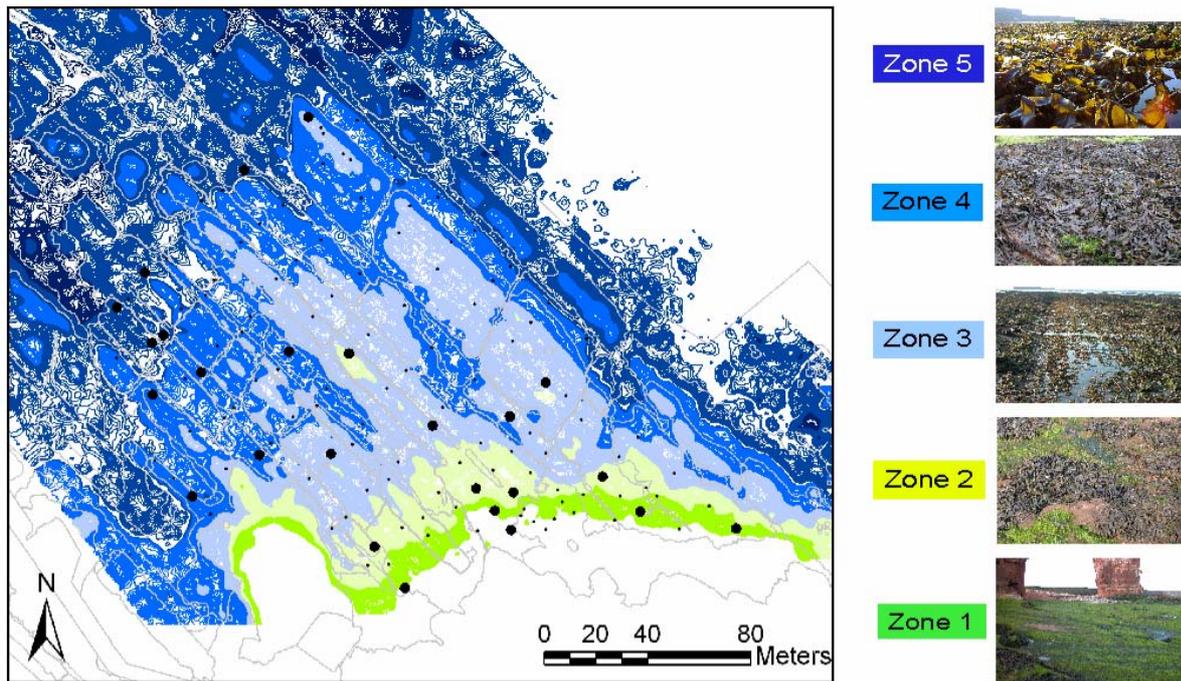


Abb. 8: Höhenzonierung N-Watt Helgoland

Die Zonen haben jeweils einen Unterschied von 30 cm und sind farbig unterschieden (grün ist im oberen Eulitoral). Die verschiedenen Zonen sind in ihrer charakteristischen Besiedlung und Topographie durch Aufnahmen bei Niedrigwasser dargestellt.

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
Höhenangabe [m]	-0,25 bis -0,55	-0,55 bis -0,85	-0,85 bis -1,15	-1,15 bis -1,45	-1,45 bis -1,75
Positions-ID	1 3 6 8 23 31 32	7 12 14 33 40 41 45 46 47 48 49 81	4 67 35 36 37 38 51 52 56 57 60 61 66 70 73 78 80 98 99 101 136 137 138 139 140	58 72 82 85 86 87 88 90 91 93 94 97 100 105 106 107 108 110 111 112 113 114 115 119 123	117 118 128 129 131 132 133 134 135

Tab. 3: Höhenzonen des Probenrasters und zugehörige Probenstellen

Jeder Höhenzone mit ihren Höhenangaben in [m] mit Bezug auf NN sind diejenigen Probenstellen mit ihren Positions-IDs zugeordnet, die sich innerhalb der jeweiligen Zone befinden.

8.3 Flächenerfassung im Eulitoral

8.3.1 Polygonmessung

Um das Ausmaß einer geschlossenen Vegetationsschicht oder einer anderen zusammenhängenden Fläche messen zu können, lassen sich mit GPS-Geräten, die über GIS Funktionen und Polygon- oder Stützpunktmessungen verfügen, die betreffenden Gebiete durch Stützpunktmessungen in ihrer Fläche kartieren. Diese Art der Beprobung ist für das Bewertungsmodul Fucetum die notwendige Grundlage für die weitere Datenanalyse. Für einen Vergleich zwischen kontinuierlichen- und Stützpunktmessungen eines Polygons siehe Bartsch *et al.* (2004).

Vorgehensweise

- Vorab wird das zu messende Gebiet in Augenschein genommen und die Grenzziehung zwischen dem zu messenden Areal und dem Umfeld vorgenommen bzw. festgelegt.
- Dies geschieht meistens durch die Angabe eines Abundanzwertes im Falle einer bestimmten Bewuchsform wie beispielsweise dem Vorkommen von *Fucus* im Fucetum.
- Die Messungen erfolgen mit dem GPS über den Menüpunkt –Polygonmessung– und der Einstellung –Stützpunktmessung– (siehe Anleitung Trimble GPS auf der beiliegenden CD)
- In dieser Einstellung werden an jedem Stützpunkt 50 Koordinaten-Messungen vorgenommen und deren Mittelwert verwendet.
- Werden nacheinander mehrere solcher Stützpunkte gemessen, dann wird nach Beendigung der GPS-Messung die durch die Stützpunkte markierte Fläche als Polygon dargestellt.
- Die Auswahl der Stützpunkte sollte so erfolgen, dass alle Eckpunkte des betreffenden Gebietes erfasst werden, die für die Grenzziehung der zu erfassenden Messgröße wichtig und zeitlich noch vertretbar sind.

Die als shape-Datei vorliegenden Polygonkoordinaten aus der GPS-Messung werden am Rechner in der ArcGis-Software visualisiert. Die kartierten Flächen werden mit den üblichen Methoden im GIS berechnet und die Flächenwerte als Angaben in [m²] für die Bewertung der jeweiligen Messgröße verwendet.

Die Abbildung 9 zeigt die Situation im Sommer 2005, in der verschiedene Flächen im eulitoralen Beprobungsgebiet bestimmt wurden. Im Verlauf des gesamten Monitoringprogramms dienen diese geo-referenzierten Bestandsflächen ausgewählter Organismen als Grundlage für die Darstellung saisonaler Trends als auch langjähriger Veränderungen. Die aus historischen Angaben ermittelte Standardfläche der dichten *Fucus serratus* Bedeckung wird mit 12240 m² zugrunde gelegt (shapefile RefFuc_dicht in Beilage-CD).

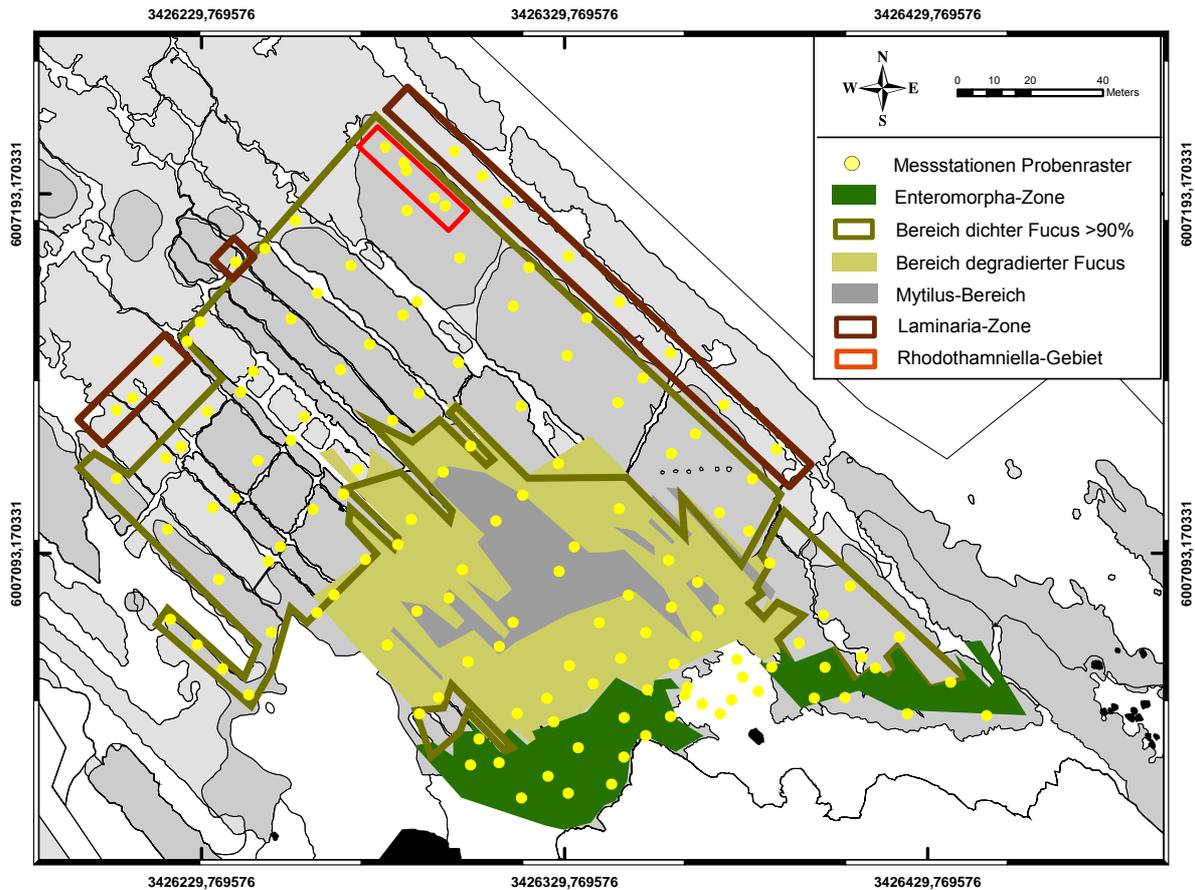


Abb. 9: Georeferenzierte Flächen mit ausgesuchten Vegetationscharakteristika im Sommer 2005

GIS-Polygonmessungen von dichtem *Fucus*-Bestand (90% und mehr), dem *Laminaria digitata*-Gürtel, dem *Rhodothamniella*-Biotop, den *Enteromorpha*-Gebieten, dem Bereich mit stark reduzierter *Fucus*-Bedeckung und dem ehemals vorhandenen *Mytilus*-Bereich.

8.3.2 Flächenermittlung durch Interpolationsverfahren

Neben der direkten Flächenmessung kann durch die Methode der Interpolation von Rasterdaten (Abundanzdaten aus den Rahmenbeprobungen im Monitoringraster) ebenfalls die Fläche des Fucetums berechnet werden. Um die von *Fucus* bedeckte Fläche zu kalkulieren, werden die Daten der 140 geo-referenzierten Rasterpunkte mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (wie ArcInfo 9.2, ESRI, Germany) bearbeitet, indem der metrische Wert für die prozentuale Bedeckung an jedem Punkt mit Hilfe der Schätzmethode 'Inverse Distance Weighting' (IDW) interpoliert wird. Daraus lassen sich kontinuierliche Werte in den nicht beprobten Flächen schätzen (ArcInfo 9.2, Spatial Analyst Tool).

Vorgehensweise

- Die Messgröße 'prozentuale Bedeckung von *Fucus serratus*' dem IDW-Verfahren in ArcInfo unterziehen und eine kalkulierte Verbreitungskarte erstellen. Die Klassifizierung der kalkulierten Messgröße so vornehmen, dass sich eine Darstellung aller Punkte mit einer *Fucus* Bedeckung von 90% oder mehr ergibt (siehe auch Polygon Abb. 9).
- Die geschätzten IDW Flächen in einen Rasterdatensatz transformieren und danach in einen shapefile umwandeln, welcher zur Flächenberechnung herangezogen werden kann.
- Den shapefile mit der zuvor gewählten Standardfläche (shapefile RefFuc_dicht als Beilage auf CD) verschneiden, um eine Vergleichsbasis über die Zeit zu schaffen.
- Aus dieser Analyse lassen sich dann die Werte mit der gewünschten Messgröße filtern (für einen Vergleich zwischen gemessenen Polygonen und kalkulierten Flächen siehe Bartsch *et al.*, 2004)
- Die Daten lassen sich in der GIS-Anwendung visualisieren und die Werte für die Fucetum-Fläche können direkt entnommen werden.

8.4 Transektbeprobung im Sublitoral

8.4.1 Gerätschaften

- **DGPS-Gerät**
(Datenausgabeformat NMEA 0138, Bezugssysteme WGS84 oder ETRS89)
- **Digitaler Tiefenmesser**
- **Erfordernisse für Taucheinsätze:**
 - Tauchausrüstung und Boot gemäß Forschungstaucherrichtlinie und ausgerichtet auf die lokalen Gegebenheiten
 - Einsatzfähige Tauchgruppe gemäß Forschungstaucherrichtlinie
- **Protokoll**
Vorgefertigte Protokollbögen

8.4.2 Angaben/Begleitparameter

Für jede Probenstelle bzw. Probenahmegang sind folgende Angaben zu erheben:

- **ID-Nummer** der Probenstelle (Feld-ID), Kurzbezeichnung
- **Datum, Uhrzeit**
- **Wetter-**, Wind-, und Seegangsverhältnisse (Anlage 3, Anhang)
- **Kommentare zur Besiedlung** und andere wichtige Angaben, die zur Charakterisierung der Probenstelle wichtig sind

Für die gesamte Untersuchung sollten folgende Angaben notiert werden:

- **Bezeichnung** des Untersuchungsgebietes
- Namen der/s **Probenehmer/s**
- **Typ des Positionierungssystems** und dessen Genauigkeit
- **Koordinaten** des Untersuchungsgebietes
- **Koordinaten** jeder Probenstelle bzw. Referenzdaten
- **Besonderheiten** (anthropogene Beeinflussung, besondere Vorkommnisse, etc.)

8.4.3 Messgröße

- **Tiefengrenzen** ausgewählter Makroalgen auf 3 festgelegten Transekten (siehe Angaben unter 7.2)

8.4.4 Durchführung

Der Ablauf orientiert sich an folgender Richtlinie:

1. Taucheinsatz planen
2. Generell Transekt vom tiefsten Punkt zum höchsten abtauchen
3. Taucher zum ersten Einsatzpunkt bringen, Koordinaten siehe 7.2
4. Am Anfangspunkt des Transektes den Taucher abtauchen und (Taucher am Boden) Koordinaten mittels GPS durch Bootsbesatzung festhalten lassen
5. Tiefe messen und genaue Uhrzeit angeben
6. Transekt abtauchen und die relevanten Daten der Messgrößen registrieren (Protokoll führen)
7. Am Endpunkt des Transektes wieder die GPS-Koordinaten durch Bootsbesatzung festhalten lassen
8. Tiefe am Endpunkt messen und genaue Uhrzeit angeben
9. Alle 3 Transekte möglichst innerhalb eines Zeitfensters erfassen, welches kurz genug ist, damit die 3 Transekte als Replikate gelten (ca. 2 Wochen)

8.4.5 Korrektur der Messwerte

Die gemessenen Tiefenwerte müssen mit den Aufzeichnungen der Pegelstelle Helgoland Südhafen (Daten des Wasser- und Schifffahrtsamtes Tönning (WSA), Außenstelle Helgoland) korrigiert werden. Die umgerechneten Tiefenangaben in [m] beziehen sich auf MSTNW, welches zurzeit noch dem Seekartennull entspricht (Beispielrechnung Tab. 4).

Tab. 4: Beispiel der Umrechnung von während des Tauchens gemessenen sublitoralen Tiefenwerten in die korrigierte Tiefe bezogen auf Seekartennull

Gemessene Tiefe [cm]	Pegelstand [cm PN]	MSTNW = Seekartennull [cm PN]	Endwert Tiefe [cm] bezogen auf Seekartennull
160	607	358	- 89
500	618	358	240

Korrekturverfahren:

- Pegelstand vom WSA für die entsprechende Zeit (UTC), in der die Tiefenmessung erfolgte beziehen
- Den zu dem Zeitpunkt der Probenahme gültigen Korrekturwert des MSTNW vom Pegelstand subtrahieren
- Diesen Korrekturwert vom gemessenen Tiefenwert subtrahieren
- Endwert entspricht der Tiefe in [cm] oder [m] bezogen auf Seekartennull oder MSTNW

8.5 Bestimmung von Arten

Flora und Fauna werden bis zum Artniveau oder so genau wie möglich bestimmt. Hierzu dient unter anderem die angegebene Bestimmungsliteratur (Kapitel 12). Von Taxa, die vor Ort nicht eindeutig bestimmbar sind, müssen Belegexemplare entnommen und in markierte Aufbewahrungsgefäße oder Sammelbeutel mit entsprechender Menge an Standortwasser überführt werden (oft bedürfen eulitorale Arten keinerlei Zugabe an extra Seewasser). Wenn möglich sollte repräsentatives Material außerhalb des beprobten Gebietes verwendet werden.

8.5.1 Probenaufbewahrung

Kurzzeitige Aufbewahrung erfolgt in ausreichend frischem Seewasser mit einer etwas niedrigeren Temperatur als der am Standort und darf nicht dem vollen Tageslicht ausgesetzt werden. Eine Bearbeitung von Frischmaterial sollte innerhalb von 24 Stunden erfolgen. Es ist auf eine eindeutige Beschriftung der Probe zu achten.

8.5.2 Optische Geräte

- Stereolupe/Binokular (bis mindestens 40fache Vergrößerung)
- Kaltlichtquelle
- Durchlichtmikroskop (bis mindestens 1000fache Vergrößerung) mit Messokular und Objektmikrometer
- Mikrographische Einrichtung/Mikroskopkamera

8.5.3 Durchführung/Probenbearbeitung

Eine Bestimmung sollte möglichst nur an frischem Material durchgeführt werden und den gültigen taxonomischen Regeln folgen. Für die genaue Bestimmung sind unter Umständen auch Querschnitte anzufertigen oder Färbungen zur Kenntlichmachung von Zellorganellen wie Kernen oder Pyrenoiden vorzunehmen, die an entsprechenden Mikroskopen begutachtet werden (siehe auch Musterstandardanweisung Makrophytobenthos, BLMP-UBA).

Bestimmung

Die Proben werden in eine mit Seewasser gefüllte Wanne überführt und die vorhandenen Taxa bestimmt und nach Taxa getrennt sortiert. Ein Vorsortieren der Probe kann mit bloßem Auge anhand erkennbarer morphologischer Merkmale

erfolgen. Je nach Art und Pflanzengröße erfolgt die Bestimmung ohne weitere Vergrößerungshilfsmittel, mit dem Stereomikroskop oder mit dem Mikroskop.

Die Bestimmung der Taxa soll mit der größtmöglichen taxonomischen Genauigkeit (in der Regel auf Artniveau) erfolgen. Für die korrekte Bezeichnung der Taxa und ihrer Autoren sind aktuelle Artenliste zugrunde zulegen (Guiry & Guiry, 2007). Ist eine Bestimmung auf Artniveau nicht möglich, sollten folgende nomenklatorische Regelungen eingehalten werden:

- *Aglaothamnion* sp.: Pflanzen einer Art der Gattung *Aglaothamnion*, die aber nicht bis zur Art bestimmbar sind.
- *Aglaothamnion* spp.: Pflanzen mehrerer Arten der Gattung *Aglaothamnion*, die aber nicht bis zur Art bestimmbar sind.
- *Aglaothamnion* cf. *tenuissimum*: Pflanze, die einige Merkmale von *A. tenuissimum* aufweist, aber nicht alle Merkmale sind erkennbar bzw. treffen zu.
- *Aglaothamnion* aff. *tenuissimum*: Pflanze, die nicht *A. tenuissimum* ist, dieser aber ähnelt.
- *Aglaothamnion tenuissimum* ssp.: Unterarten
- *Aglaothamnion tenuissimum*-Komplex: Hinter der Art *A. tenuissimum* verbergen sich nach neuesten Erkenntnissen mehrere Arten. Bis zur Klärung der Bestimmung dieser neuen Arten wird die Bezeichnung Komplex verwendet.

Die verwendete Bestimmungsliteratur ist anzugeben (Auswahl unter Kap. Literatur: 12.1 Bestimmungsliteratur).

Die Ergebnisse der Artbestimmungen sind in ein Bestimmungs-Protokoll mit folgenden Angaben einzutragen:

- Name Untersuchungsgebiet
- Stationsname/nummer (ID des Probenahmerahmens)
- Datum der Probenahme
- Tiefe bzw. Tiefenstufe oder -bereich
- Probennummer
- Angabe der beprobten Grundfläche
- Name des Bestimmers (det)
- Datum der Bestimmung

8.6 Belegsammlung

8.6.1 Allgemeines

Es ist eine Belegsammlung anzulegen, um projektbezogenes, taxonomisch erfasstes Organismenmaterial zur Beweissicherung bei eventuell auftretenden Unstimmigkeiten insbesondere von schwer bestimmbar Arten zu Rate ziehen zu

können. Alle Taxa werden mit mindestens einem Exemplar vorgehalten und mit folgender Legende beschriftet:

- genaue Taxabezeichnung einschließlich Autor(en) und Jahr
- Fundort, Funddatum, Sammler (col)
- Probenehmer (leg)
- Bestimmer (det)
- Art der Probenahme, Probenahmetiefe, Substrattyp
- ggf. Bemerkungen zu Fixierung oder anderen Auffälligkeiten
- Aufbewahrungszeiten richten sich nach den entsprechenden Vereinbarungen des Auftrages beziehungsweise werden langfristig an den zuständigen Instituten verwahrt

Belege der RSL-Methode sind im Herbar der Biologischen Anstalt Helgoland (AWI) zu hinterlegen, da für eine langfristige qualitative Zeitserie und die Beweissicherung eine Dauerverwahrung notwendig ist.

Mindestens ein Individuum eines jeden Taxon sollte als gepresstes Belegexemplar dunkel und trocken aufbewahrt werden. Die Mindestgröße für Herbarpapier ist A4 (Standardherbargröße ist A3) und es muss säurefreier Karton benutzt werden mit mindestens 120g/m² Dichte (mögliche Bezugsquelle für Materialien: Macherey & Nagel; Filtrierpapier: MN818, Format 350x450 mm; Zwischenvlies: Faservlies MN 110/60, Format 210x300 mm).

8.6.2 Herbarisierung von Algenmaterial

1. Frisches Material in einer flachen Schale mit Seewasser einbringen
2. Das Herbarblatt mit den notwendigen taxonomischen Details beschriften
3. Unter Wasser dieses Herbarpapier, unterstützt durch eine feste Unterlage (Kunststoffplatte etc.), unter den Algen platzieren
4. Algen so auf das Papier aufziehen, dass beim vorsichtigen Herausheben die Alge möglichst ausgebreitet auf dem Papier liegen bleibt
5. Überschüssiges Wasser abtropfen lassen
6. Alge eventuell noch zurechtrücken, damit Merkmale des Habitus besser zu erkennen sind
7. Danach mit einem Blatt aus nicht haftendem Papier oder Gewebe abdecken
8. Das Ganze zwischen Lagen von saugfähigen Papieren legen und mittels Gewichten oder einer Spannvorrichtung zwischen Holzplatten bei Zimmertemperatur pressen
9. Das Saugpapier ist einmal täglich zu wechseln bis das Material durchgetrocknet ist
10. Trockene Herbarblätter geschützt zwischen Deckblättern an einem dunklen und trockenen Ort aufbewahren

9 Methodik Bewertungsverfahren

Dieses Kapitel behandelt die Verfahrensabfolgen, die für das jeweilige Bewertungsmodul notwendig sind, basierend auf den Probenahmemethoden aus Kapitel 7. Die weitere Auswertung bis hin zum Gesamt-EQR erfolgt in Kapitel 9 und 10.

9.1 Modul eulitoral RSL-Index

9.1.1 Gerätschaften

- **Bekleidung:**
Wathose/Gummistiefel
Je nach Gegebenheiten sichere Bekleidung und Kopfschutz (Helm) bei Gefahr durch Steinschlag
- **Probenaufbewahrungsgefäße**
Wahlweise Weithalskunststoffflaschen und/oder nummerierte Kunststofftüten zur schnellen und leichten Aufbewahrung von Proben

9.1.2 Allgemeine Angaben/Begleitparameter

- **Bezeichnung** des Untersuchungsgebietes
- Namen der/s **Probenehmer/s**
- **Datum, Uhrzeit**
- Probennummer bei **unsicheren Taxa**

9.1.3 Messgröße

- **Artenreichtum** (Liste aller gefundenen Arten)
- Es werden alle Arten grundsätzlich bis Artniveau bestimmt. Falls die Bestimmung im Feld nicht ausreichend durchgeführt werden kann, müssen repräsentative Proben davon im Labor nachbestimmt werden.

9.1.4 Probenahmeverfahren

- **Ort:** N-Watt Helgoland, gesamtes Gebiet gemäß Karte (Abb. 1, 2)
- **Zeitpunkt:** einmal pro Jahr während der Hauptvegetationsperiode im Sommer
- **Personen:** 2 (wegen Sicherheit und Arbeitsaufwand)
- **Datenaufnahme:**
 - Gemäß RSL Index (Wells *et al.* 2007b, Wells *et al.* 2006) gehen die Personen getrennt das Gebiet ab und registrieren jede Makroalgenart. Vorzugsweise wird in Art eines Transektes vom obersten Eulitoral bis zur Niedrigwasserlinie gegangen
 - Wichtig ist es, spezielle Habitate zu erkunden wie Schattenstandorte, Molenwände (Kratzproben), Algenrasen (turf), *Rhodothamniella*-Bereich, verschiedene Substrata (Flintsteine, Beton, Basalt)
 - Insbesondere Taxa der Chlorophyceae, der Krustenalgen und filamentösen Rotalgen sind zu differenzieren

- Die eindeutig bestimmten Arten werden im Freiland in einem Protokollblatt gelistet während Proben von unsicheren Taxa für die weitere Bestimmung (Labor) in entsprechenden Gefäßen gesammelt werden. Krustenalgen müssen evtl. mit entsprechenden Werkzeugen abgeschlagen werden
- Um das qualitative Datenset zu dokumentieren, werden alle Arten gesammelt und herbarisiert

9.1.5 Korrekturfaktor Küstenbewertung

- **Erhebung:** Für das Felswatt Helgoland wurde in einer Benthosbewertung (Kuhlenkamp & Bartsch, 2007) eine Küstentypbewertung gemäß der RSL-Methode vorgenommen. Falls nicht gravierende Veränderungen in der Topographie des N-Watts erfolgen, ist diese Einschätzung für das Beprobungsgebiet vorläufig als konstant anzunehmen.
- **Wert** für das N-Watt Helgoland: 14 (Herleitung in Anlage 6, Anhang)

9.1.6 Datenbearbeitung

- **Fundliste (Gesamtartenliste):**
Alle Arten werden nach den drei Hauptgruppen Rot-, Braun- und Grünalgen getrennt aufgelistet.
- **Ökologische Messgrößen berechnen:**
Folgende Messgrößen mit Daten der Fundliste berechnen:
 1. Artenreichtum (Gesamtartenzahl der Fundliste)
 2. Anzahl Grünalgen
 3. Anzahl Rotalgen
 4. Anzahl der Opportunisten (Einteilung gemäß Anlage 7, Anhang)
 5. Anzahl Arten in ESG 1 (Einteilung gemäß Anlage 7, Anhang)
 6. Anzahl Arten in ESG 2 (Einteilung gemäß Anlage 7, Anhang)

9.2 Modul Grünalgen (*Ulva lactuca*)

9.2.1 Messgröße

- **Bedeckungsgrad** von *Ulva lactuca* Linne

9.2.2 Probenahmeverfahren Rahmenbeprobung

- **Ort:** N-Watt Helgoland, stationäres Probenraster gemäß Karte für das Rastermonitoring (Abb. 4)
- **Zeitpunkt:** einmal pro Jahr nur während der Hauptvegetationsperiode im Sommer (Juli, August)
- **Datenaufnahme:**
 - Die Bedeckungsgrade werden mittels der Rahmenbeprobung (Rastermonitoring) wie unter 8.2 beschrieben erhoben
 - Alle Daten nach Stationen sortiert in einer Kalkulationstabelle erfassen

9.3 Modul Fucetum

9.3.1 Messgröße

- Fläche der **Bedeckung mit 90%** oder mehr an *Fucus serratus* Linne
- Indirekte Messung über die Erfassung von Eckpunkten eines **Flächenpolygons** mit den entsprechenden Bedeckungsgraden

9.3.2 Probenahmeverfahren Flächenerfassung

- **Ort:** N-Watt Helgoland, Probengebiet des stationären Probenrasters gemäß Karte für das Rastermonitoring (Abb. 4, 9)
- **Zeitpunkt:** zweimal pro Jahr: während der Hauptvegetationsperiode im Sommer und zur Abschätzung der Minimalausdehnung auch im Winter (Februar)
- **Datenaufnahme:**
 - Die Flächemessung erfolgt wie unter 7.3 dargestellt als Polygonmessung mittels GPS
 - Die Grenzziehung für die Flächenmessung liegt bei 90%; es wird dementsprechend die Fläche gemessen, die *Fucus serratus* mit einem Bedeckungsgrad von 90% und mehr einnimmt
 - Kann die Fläche, die dieser *Fucus* einnimmt, nicht vollständig umgangen werden, dann muss zumindest die obere, landwärtige Grenze gemessen werden und das Polygon in der GIS-Software gemäß den bekannten Flächen von 2005 im unteren Bereich des Eulitorals geschätzt, nachdigitalisiert und an die Standardfläche angepasst werden

9.4 Modul Tiefengrenzen

9.4.1 Messgrößen

- **Tiefengrenze** in [m] unter MSTNW folgender Arten:
 1. *Laminaria hyperborea*
 2. *Delesseria sanguinea*
 3. *Plocamium cartilagineum*
 4. *Halarachnion ligulatum*

9.4.2 Probenahmeverfahren sublitorale Transekte

- **Ort:** Sublitoral Bereich seewärts der Nordmole (Abb. 5)
- **Zeitpunkt:** einmal pro Jahr nur während der Hauptvegetationsperiode im Sommer
- **Datenaufnahme:**
 - Wie unter 7.4 beschrieben werden die maximalen Tiefen der 4 Messgrößen ermittelt
 - Messwerte der 3 Parallel-Transekte ergeben jeweils 3 Replikate pro Messgröße

9.4.3 Datenbearbeitung

- Alle Werte in einer Tabelle zusammenfassen

10 Matrix-Berechnungen für Einzel-EQR

Bevor ein Gesamt-EQR berechnet werden kann, müssen die Werte der einzelnen Messgrößen innerhalb der Module in EQR-Werte umgewandelt werden. Die Herleitung dieser Umrechnungen ist ausreichend dokumentiert (Wells *et al.* 2006, Kuhlenkamp & Bartsch 2008) und wird hier nicht weiter dargestellt (die Berechnung des metrischen EQR ist eine einfache mathematische Umrechnung von der Messgröße in die Skala von 0 bis 1 des EQR).

Die Klasseneinteilungen der jeweiligen Messgrößen innerhalb einer Matrix sind von verschiedenen Modellen abgeleitet und für Helgoland angepasst worden (Kuhlenkamp & Bartsch 2008).

10.1 RSL-Index

10.1.1 Berechnung der internen ökologischen Messgrößen

- Messgrößen aus 8.1.6 in folgende Matrix (Tab. 5) eintragen und die prozentualen Anteile bezogen auf den Artenreichtum berechnen (beispielsweise in einer Excel-Tabelle mit automatischen Funktionsformeln)

Messgröße	Anzahl	Anteil [%]
Artenreichtum (Gesamtartenzahl)	50	
Anteil Grünalgen	10	20
Anteil Rotalgen	40	80
Anteil Opportunisten	30	60
Summe Arten in ESG 1	20	
Summe Arten in ESG 2	20	
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	1.00	

Tab. 5:
RSL-Index. Matrix für Berechnung der prozentualen Anteile der Messgrößen *(mit Beispielangaben)*

10.1.2 Berechnung des metrischen EQR

- Matrix für die EQR-Berechnung benutzen (Tab. 6) und die Werte der Messgrößen von 9.1.1 in die entsprechende Spalte (grün) eintragen
- Aufbau der Matrix gemäß RSL-Bewertungsverfahren für Helgoland (Kuhlenkamp & Bartsch 2007):

Die metrische EQR-Skala ist in 5 Klassen unterteilt mit jeweils einer Bandbreite von 0,2 Einheiten (Klassen entsprechen den Qualitätskategorien schlecht bis sehr gut). Darunter sind die jeweiligen Bandbreiten für die einzelnen Messgrößen den Klassen zugeordnet. Für die Berechnung des EQR sind die Angaben maßgeblich, in deren Klasse der jeweilige Wert einer Messgröße fällt

Tab. 6: EQR-Matrix für RSL

Klassen	1	2	3	4	5	Wert der Messgröße	Metrischer EQR
EQR metrische Skala	0 - 0,2	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0		
Artenreichtum (Gesamtartenzahl)	0 - 8	9 - 25	26 - 54	55 - 70	71 - 80		
Anteil Grünalgen	100 - 90	91 - 70	71 - 30	31 - 10	9 - 0		
Anteil Rotalgen	0 - 5	6 - 17	18 - 41	42 - 53	54 - 60		
ESG Verhältnis	0 - 0,09	0,1 - 0,29	0,3 - 0,69	0,7 - 0,89	0,9 - 1,0		
Anteil Opportunisten	100 - 90	91 - 70	71 - 30	31 - 10	9 - 0		
Küstenbewertung	N/A	18 - 15	15 - 11	11 - 8	1 - 7	14	0,45
						RSL-EQR:	

- Der metrische EQR-Wert für jede Messgröße wird über eine Formel aus dem Wert der Messgröße und den jeweiligen Klassengrenzen und Bandbreiten der Matrix errechnet:

A Für die Messgrößen **Artenreichtum, Anteil Rotalgen und ESG-Verhältnis** wird folgende Gleichung benutzt (Werte steigen mit steigendem EQR):

$$EQR_A = \text{unterer GW} + \{ (\text{Wert der Messgröße} - \text{untere KG}) \times 0,2 / \text{BK} \}$$

B Für die Messgrößen **Küstenbewertung, Anteil Grünalgen und Opportunisten** wird folgende Gleichung benutzt (Werte fallen mit steigendem EQR):

$$EQR_B = \text{oberer GW} - \{ (\text{Wert der Messgröße} - \text{untere KG}) \times 0,2 / \text{BK} \}$$

KG = untere Klassengrenze (der untere Grenzwert der Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

BK = Bandbreite der Klasse (Differenz zwischen unterem und oberem Grenzwert der maßgeblichen Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

GW = Oberer oder unterer Grenzwert der EQR-Skala für die Klasse in die der Wert der Messgröße fällt

0,2 = Bandbreite des metrischen EQR für alle Klassen

Beispielrechnung für die Messgröße Artenreichtum:

Beispielwert ist 62 (Gesamtartenzahl = 62)

EQR für RSL-Arten = $0,6 + \{ (62 - 55) \times 0,2 / 15 \} = 0,69$ (dieser Wert würde in die Spalte (blau) der Tabelle 6 für den berechneten EQR des Artenreichtums eingetragen)

- Nachdem für alle Messgrößen der EQR berechnet wurde, wird der Gesamt-EQR für den RSL-Index als Mittelwert aus den Messgrößen- EQR berechnet und als RSL-EQR angegeben.

10.2 Modul Grünalgen

10.2.1 Mittelwerte der Bedeckungsgrade

1. Die nach Stationen sortierten Daten von 8.2.2 gemäß Tabelle 3 (Kapitel 7.2.8) den 5 Höhenzonen zuordnen
2. In jeder dieser Gruppen, die zu einer Zone gehören, 5 Stationen zufällig herausuchen (Zufallsgenerator benutzen!)
3. Alle Bedeckungswerte der zufälligen Stationen aller 5 Zonen summieren und Mittelwert bilden (ist repräsentativ für das gesamte Raster)
4. Mit derselben Methode insgesamt 3 Durchläufe mit jeweils verschiedenen Sätzen an zufällig gewählten Stationen durchführen
5. Aus den Mittelwerten der 3 Durchläufe ebenfalls den Mittelwert bilden

10.2.2 Berechnung des metrischen EQR

- Für die Berechnung des metrischen EQR wird der Mittelwert der Bedeckungsgrade in die entsprechende Matrix (Tab. 7) eingetragen
- Aufbau und Benutzung der Matrix gemäß Bewertungsverfahren für Helgoland (Kuhlenkamp & Bartsch 2007) wie unter 9.1.2 beschrieben
- Die Klassengrenzen in dieser Matrix entsprechen denen von Wells *et al.* (2007a) für opportunistische Makroalgen

Tab. 7: EQR-Matrix für Ulva

Klassen	1	2	3	4	5		
EQR metrische Skala	0 - 0,2	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0	Wert der Messgröße	Metrischer Ulva-EQR
Mittelwert Bedeckungsgrad [%]	100 - 75	75 - 25	25 - 15	15 - 5	5 - 0		

- Der metrische EQR-Wert des Moduls wird über eine Formel aus dem Wert der Messgröße und den jeweiligen Klassengrenzen und Bandbreiten der Matrix errechnet:

Für die Messgröße **Ulva (Grünalgen)** wird folgende Gleichung benutzt:

$$EQR_{Ulva} = \text{oberer GW} - \{(\text{Wert der Messgröße} - \text{untere KG}) \times 0,2/\text{BK}\}$$

KG = untere Klassengrenze (der untere Grenzwert der Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

BK = Bandbreite der Klasse (Differenz zwischen unterem und oberem Grenzwert der maßgeblichen Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

GW = Oberer oder unterer Grenzwert der EQR-Skala für die Klasse in die der Wert der Messgröße fällt

0,2 = Bandbreite des metrischen EQR für alle Klassen

Beispielrechnung für die Messgröße Ulva:

Beispielwert: 17 % Bedeckung

$$EQR = 0,6 - \{(17 - 15) \times 0,2 / 10\} = 0,6 - 0,04 = 0,56$$

(dieser Wert würde in die Spalte (blau) der Tabelle 7 für den berechneten Ulva-EQR eingetragen)

10.2.3 EQR über 6 Jahre

Ist der EQR für den Bewirtschaftungszeitraum von 6 Jahren zu erstellen, dann ist der Mittelwert der jeweiligen Jahreswerte über 6 Jahre zu bilden und aus diesem der EQR ebenfalls mit Hilfe der Matrix (Tab. 7) und entsprechenden Formel von 10.2.2 zu berechnen.

10.3 Modul Fucetum

10.3.1 Umrechnung der Messgröße

- Über eine GIS-Anwendung wird das Flächenpolygon in metrische Flächenwerte umgewandelt: Messgröße in [m²] angeben
- Aus Daten der Rasterbeprobung werden die *Fucus*-Bedeckungsgrade für eine Interpolation der gesamten Fucetum-Fläche (*Fucus serratus* ≥ 90%) herangezogen

10.3.2 Berechnung des metrischen EQR

1) Methode Fläche aus Polygonberechnung

- Für die Berechnung des metrischen EQR wird die Flächenangabe für das Fucetum in die entsprechende Matrix (Tab. 8) eingetragen
- Aufbau und Benutzung der Matrix gemäß Bewertungsverfahren für Helgoland (Kuhlenkamp & Bartsch 2007) wie unter 9.1.2 beschrieben

2) Methode Interpolation aus Abundanzwerten der Rasterbeprobung

- Die maßgebliche Fläche wird aus der bearbeiteten shapefile entnommen
- Der interpolierte Wert wird in eine Matrix eingetragen, die ebenfalls der Tabelle 8 entspricht

Tab. 8: EQR-Matrix für Fucetum

Die Werte für 2005-2007 sind beispielhaft eingetragen.

Klassen	0	1	2	3	4		
EQR metrische Skala	0 - 0,2	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0	Wert der Messgröße	Metrischer EQR
Fucetum [m²] 2005	0 - 1220	1221 - 3670	3671 - 8560	8561 - 11010	11011 - 12240	11437	0.87
Fucetum [m²] Juli 2006	0 - 1220	1221 - 3670	3671 - 8560	8561 - 11010	11011 - 12240	11707	0.91
Fucetum [m²] Aug 2007	0 - 1220	1221 - 3670	3671 - 8560	8561 - 11010	11011 - 12240	1274	0.20
Fucetum [m²] xxxxx	0 - 1220	1221 - 3670	3671 - 8560	8561 - 11010	11011 - 12240		

- Der metrische EQR-Wert des Moduls wird über eine Formel aus dem Wert der Messgröße und den jeweiligen Klassengrenzen und Bandbreiten der Matrix errechnet:

Für die Messgröße **Fucetum (*Fucus serratus*)** wird folgende Gleichung benutzt:

$$\text{EQR}_{\text{Fuc}} = \text{unterer GW} + \{ (\text{Wert der Messgröße} - \text{untere KG}) \times 0,2/\text{BK} \}$$

KG = untere Klassengrenze (der untere Grenzwert der Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

BK = Bandbreite der Klasse (Differenz zwischen unterem und oberem Grenzwert der maßgeblichen Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

GW = Oberer oder unterer Grenzwert der EQR-Skala für die Klasse in die der Wert der Messgröße fällt

0,2 = Bandbreite des metrischen EQR für alle Klassen

Beispielrechnung für Messgröße Fucetum:

Beispielwert: 11707 m²

$$\text{EQR} = 0,4 + \{ (11707 - 6260) \times 0,2 / 8330 \} = 0,4 + 0,13 = 0,53$$

(dieser Wert ist für Juli 2006 in der Tabelle 8 eingetragen)

10.3.3 EQR über 6 Jahre

Ist der EQR für den Bewirtschaftungszeitraum von 6 Jahren zu erstellen, dann ist der höchste Wert über diesen Zeitraum der maßgebliche EQR, der für die weitere Berechnung des Gesamt-EQR in Betracht kommt.

10.4 Modul Tiefengrenzen

10.4.1 Mittelwerte der Messgrößen

- Für jede Messgröße den Mittelwert der Tiefengrenze aus den 3 parallelen Transektmessungen von 8.4 bilden

10.4.2 Berechnung des metrischen EQR

- Für die Berechnung des metrischen EQR wird der Mittelwert der jeweiligen Tiefengrenze aus 9.4.1 in die entsprechende Matrix (Tab. 9) eingetragen
- Aufbau und Benutzung der Matrix gemäß Bewertungsverfahren für Helgoland (Kuhlenkamp & Bartsch 2007) wie unter 9.1.2 beschrieben

Tab. 9: EQR-Matrix für Tiefengrenzen

Klassen	1	2	3	4	5		
EQR metrische Skala	0 - 0,2	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0	Wert der Messgröße	Metrischer EQR
Lam_hyp	0 - 1.3	1.4 - 4.1	4.2 - 9.7	9.8 - 12.5	12.6 - 14		
Del_san	0 - 1.7	1.8 - 5.2	5.3 - 12.2	12.3 - 15.7	15.8 - 17.5		
Plo_car	0 - 1.4	1.5 - 4.4	4.5 - 10.4	10.5 - 13.4	13.5 - 15		
Hal_lig	0 - 1.1	1.2 - 3.5	3.6 - 8.3	8.4 - 10.7	10.8 - 12		
Tiefen-EQR (Mittelwert) :							

- Der metrische EQR-Wert des Moduls wird über eine Formel aus dem Wert der Messgröße und den jeweiligen Klassengrenzen und Bandbreiten der Matrix errechnet:

Für alle Messgrößen der **Tiefengrenzen** wird folgende Gleichung benutzt:

$$EQR_{\text{Tief}} = \text{unterer GW} + \{ (\text{Wert der Messgröße} - \text{untere KG}) \times 0,2/\text{BK} \}$$

KG = untere Klassengrenze (der untere Grenzwert der Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

BK = Bandbreite der Klasse (Differenz zwischen unterem und oberem Grenzwert der maßgeblichen Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)

GW = Oberer oder unterer Grenzwert der EQR-Skala für die Klasse in die der Wert der Messgröße fällt

0,2 = Bandbreite des metrischen EQR für alle Klassen

Beispielrechnung für Messgröße Del_san:

Beispielwert: 12,2 m für Del_san

$$EQR = 0,4 + \{ (12,2 - 5,3) \times 0,2 / 6,9 \} = 0,4 + 0,2 = 0,6$$

(dieser Wert würde in die Spalte (blau) der Tabelle 9 für den berechneten Del_san - EQR eingetragen)

10.4.3 Tiefengrenzen-EQR über 6 Jahre

Der EQR für die Tiefengrenzen wird als Mittelwert der EQR-Werte aus 6 Jahren angegeben. Um Veränderungen innerhalb dieser Zeiträume besser abschätzen zu können, werden 2-jährige Beprobungszeiträume angesetzt.

11 Gesamtauswertung – Gesamt EQR

Über den Berichtszeitraum von 6 Jahren werden für jedes Modul die einzelnen, jährlichen EQR-Werte zusammengefasst. Um daraus den geforderten Gesamt-EQR für die Qualitätskomponente Makrophytobenthos zu errechnen, wird jeder Modul-EQR entsprechend der Skala in Tabelle 10 gewichtet und der Gesamt-EQR als Mittelwert errechnet.

Tab. 10: Matrix für Gesamt-EQR.

Der nach 6 Jahre zu nehmende EQR wird durch eine Gewichtung der Einzel-EQR ermittelt

Modul-EQR	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	EQR über 6 Jahre	EQR gewichtet	Gewichtung
RSL							Mittelwert :		50%
Grünalgen							Mittelwert :		10%
Fucetum							Höchster Wert :		20%
Tiefen- grenzen							Mittelwert :		20%
							Gesamt-EQR :		

12 Literatur

12.1 Bestimmungsliteratur

- Burrows EM (1991) Seaweeds of the British Isles. Volume 2. Chlorophyta. - The Natural History Museum, London. 238 Seiten.
- Dixon PS, Irvine LM (1977) Seaweeds of the British Isles. Volume 1. Rhodophyta. Part 1 Introduction, Nemaliales, Gigartinales. - The Natural History Museum, London. 252 Seiten.
- Fletcher RL (1987) Seaweeds of the British Isles. Volume 3. Fucophyceae (Phaeophyceae) Part 1. - The Natural History Museum, London. 359 Seiten.
- Hiscock S (1986) A field guide to the British Red Seaweeds. - FSC Publication 107. 101 Seiten.
- Irvine LM (1983) Seaweeds of the British Isles. Volume 1. Rhodophyta. Part 2A Cryptonemiales (sensu stricto), Palmariales, Rhodymeniales. - The Natural History Museum, London. 115 Seiten.
- Kaminski E, Volkbert K, Kühner E, Pankow H, Schories D (1996) Rote Liste und Artenliste der Makroalgen des deutschen Meeres- und Küstenbereichs der Ostsee. - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 48: 15-28.
- Kornmann P, Sahling P-H (1977) Meeresalgen von Helgoland. Benthische Grün-, Braun- und Rotalgen. - Helgoländer wiss. Meeresunters. 29: 1-289.
- Kornmann P, Sahling P-H (1983) Meeresalgen von Helgoland: Ergänzung. - Helgoländer wiss. Meeresunters. 36: 1-65.
- Kornmann P, Sahling P-H (1994) Meeresalgen von Helgoland. Zweite Ergänzung. - Helgoländer wiss. Meeresunters. 48: 365-406.
- Maggs CA, Hommersand MH (1993) Seaweeds of the British Isles. Volume 1 Rhodophyta. Part 3A Ceramiales. - The Natural History Museum, London. 444 Seiten.

12.2 Referenzen

- Anonym (2000) Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates der Europäischen Union vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Das Europäische Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327/1
- Lüning K (1970) Tauchuntersuchungen zur Vertikalverteilung der sublitoralen Helgoländer Algenvegetation. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen 21: 271-291.

- Bartsch I, Kuhlenkamp R (2000) The marine macroalgae of Helgoland (North Sea): An annotated list of records between 1845 and 1999. *Helgoland Marine Research* 54: 160-189
- Bartsch I, Kuhlenkamp R (2004) WRRL-Klassifizierungssystem WK Helgoland. Bericht an das LANU-SH, Flintbek. 110 Seiten.
- Bartsch I, Kuhlenkamp R, Boos K, Gehling C (2005) Praxistest für das Makrophyten- und Miesmuschel- Monitoring bei Helgoland im Rahmen der WRRL: Küstengewässertyp Helgoland. Bericht an das LANU-SH, Flintbek. 60 Seiten.
- Davies J, Baxter J, Bradley M, Connor D, Khan J, Murray E, Sanderson W, Turnbull C, Vincent M (eds) (2001) *Marine Monitoring Handbook*. Nature Conservation Committee. 405 Seiten
- Guiry MD, Guiry GM (2007) *AlgaeBase* version 4.2. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Kuhlenkamp R, Bartsch I (2007) Benthosbewertung Helgoland. Teil 1: Phytobenthos. Bericht an das LANU-SH, Flintbek. 87 Seiten
- Kuhlenkamp R, Bartsch I (2008) Monitoring Programme Helgoland. Ecological Quality Assessment: EQR Phytobenthos. Bericht an das LANU-SH, Flintbek
- Reichert K, Buchholz F, Bartsch I, Kersten T, Giménez L (2008) Scale-dependent patterns of variability in species assemblages of the rocky intertidal at Helgoland (German Bight, North Sea). *Journal of Marine Biology and Ecology*: accepted
- Wells E (2004) Intertidal Coastal Waters Macroalgae – Reduced Species List. Tools paper of the Water Framework Directive Marine Plants Task Team.
- Wells E (2006) Intertidal Coastal Waters Macroalgae – Rocky Shore Tool. Tools paper of the Water Framework Directive Marine Plants Task Team.
- Wells E, Best M, Scanlan C, Holt S, Foden J (2007a) Opportunistic macroalgae – Abundance. Tools paper of the Water Framework Directive Marine Plants Task Team
- Wells E, Wilkinson M, Wood P, Scanlan C (2007b) The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 151-161.
- Valdivia N, Bartsch I, Molis M (2008) Species compensation buffers community stability against canopy loss in intertidal rockweed assemblages. *J. Ecol.*, submitted

13 Anhang

13.1 Anlage 1: Tabelle mit Positionen der Probenstellen im Raster

- In der Tabelle sind für die jeweilige Monitoringkampagne die IDs der Proben den festen ID-Nummern der Probenstellen (PosID) zugeordnet
- Koordinaten sind als Gauß-Krüger-Koordinaten angegeben; die Bezeichnung der Habitate bezieht sich auf Polygonmessungen in 2005
- In 2007 ist ein neues Geröllfeld durch Felsabbruch hinzugekommen, so dass in diesem Bereich einige Probenstellen ausfallen (PosID 24-30)
- Teilweise ließen sich insbesondere wegen der Wetter- und Tidenverhältnisse keine Messungen durchführen (in der Tabelle mit n.a. markiert)

PosID	GKx	GKy	2005	Mai 2006	Juli 2006	Okt 2006	Dez 2006	Feb 2007	Aug 2007	Feb 2008	Habitat
1	3426446.06	6007047.52	n.a.	1440	1570	1642	1768	1899	1974	2072	Ent
2	3426436.46	6007057.09	1238	1439	1569	1627	1767	1891	1975	n.a.	Ent
3	3426424.51	6007047.37	1237	1438	1568	1626	1723	1898	1976	2071	Ent
4	3426422.23	6007070.00	1118	1424	1562	1720	n.a.	1900	2027	2120	Fuc
5	3426415.82	6007060.87	1121	1419	1463	1628	1766	1892	1977	2067	Fuc_degr
6	3426407.28	6007052.99	1236	1418	1567	1596	1722	1897	1957	2068	Ent
7	3426411.34	6007064.07	1247	1425	1563	1705	n.a.	1893	1926	2066	Fuc
8	3426398.43	6007052.96	1235	1416	1566	1625	1721	1896	1956	2069	Ent
9	3426401.64	6007061.09	1120	1417	1564	1595	n.a.	1894	1958	2064	Ent
10	3426408.41	6007084.19	1117	1423	1553	1719	n.a.	1890	2028	n.a.	Fuc
11	3426401.33	6007074.95	1115	1415	1462	1704	n.a.	1889	1901	2065	Fuc
12	3426395.14	6007067.65	1116	1414	1461	1706	n.a.	1888	1978	2063	Fuc
13	3426387.24	6007061.28	1122	1413	1519	1594	n.a.	1895	1925	2070	Ent
14	3426325.00	6007052.81	1193	1408	1494	1582	n.a.	1817	1913	2101	Fuc_degr
15	3426383.24	6007054.22	n.a.	1436	1565	1609	1762	1881	1980	2073	Geröllfeld
16	3426378.94	6007058.72	n.a.	1432	1557	1624	n.a.	1880	1979	2077	Geröllfeld
17	3426377.25	6007063.62	n.a.	1437	1556	1610	n.a.	1882	1981	2078	Geröllfeld
18	3426376.18	6007052.92	n.a.	1435	1573	1611	n.a.	1879	1982	2074	Geröllfeld
19	3426372.33	6007048.18	n.a.	1433	1572	1641	1736	1878	1984	2075	Geröllfeld
20	3426367.61	6007050.68	n.a.	1434	1571	1612	1735	1885	1983	2076	Geröllfeld
21	3426363.86	6007055.62	n.a.	1431	1561	1623	1734	1883	1968	2079	Geröllfeld
22	3426362.89	6007054.18	n.a.	1430	1560	1613	1733	1884	1972	2080	Geröllfeld
23	3426359.18	6007047.75	1194	1412	1558	1629	1732	1886	1971	2107	Ent
24	3426352.14	6007042.47	1195	1411	1559	1691	n.a.	n.a.	n.a.	2106	Ent
25	3426346.05	6007036.46	1196	1427	1575	1630	1730	n.a.	n.a.	n.a.	Ent
26	3426342.73	6007028.92	1197	1426	1576	1690	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Ent
27	3426330.76	6007026.38	1198	1405	1577	1694	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Ent
28	3426317.86	6007025.10	1177	1404	1579	1695	1728	n.a.	1969	2105	Ent
29	3426325.22	6007031.11	1199	1352	1538	1585	1725	n.a.	n.a.	n.a.	Ent
30	3426333.56	6007039.04	1200	1406	1539	1586	1729	n.a.	n.a.	n.a.	Ent
31	3426346.13	6007047.76	1127	1410	1540	1587	1731	1789	1970	2104	Ent
32	3426352.60	6007055.05	1126	1332	1517	1631	1761	1877	1967	2108	Fuc_degr
33	3426359.98	6007062.43	1125	1333	1518	1640	1763	1876	1906	2109	Fuc_degr
34	3426365.81	6007070.22	1124	1334	1509	1614	1765	1887	1905	2112	Fuc_degr
35	3426372.13	6007077.40	1123	1314	1555	1643	n.a.	1813	1959	2142	Fuc_degr
36	3426386.50	6007090.18	1114	1315	n.a.	1703	1737	1819	1927	2121	Fuc_degr
37	3426380.83	6007099.11	1219	1316	1444	1667	1738	1811	1902	2122	Fuc
38	3426366.70	6007084.92	1218	1317	1445	1699	n.a.	1812	1960	2141	Fuc_degr

PosID	GKx	GKy	2005	Mai 2006	Juli 2006	Okt 2006	Dez 2006	Feb 2007	Aug 2007	Feb 2008	Habitat
39	3426359.49	6007078.31	1217	1335	1508	1588	n.a.	1875	1911	2113	<i>Fuc_degr</i>
40	3426352.48	6007071.19	1216	1336	1452	1639	1764	1814	1910	2111	<i>Fuc_degr</i>
41	3426345.29	6007064.05	1215	1331	1477	1665	1760	1815	1907	2110	<i>Fuc_degr</i>
42	3426337.68	6007056.80	1214	1409	1543	1608	n.a.	1816	1966	2103	<i>Fuc_degr</i>
43	3426326.81	6007046.06	1201	n.a.	n.a.	1593	1724	1788	1924	2119	<i>Ent</i>
44	3426311.91	6007034.75	1176	1351	1537	1584	1726	1818	1965	2098	<i>Ent</i>
45	3426303.21	6007034.68	1161	1364	1541	1591	1727	1787	1963	2097	<i>Ent</i>
46	3426306.46	6007041.46	1175	1365	1492	1592	n.a.	1870	1964	2099	<i>Ent</i>
47	3426316.58	6007048.72	1144	1403	1493	1583	n.a.	1869	1923	2100	<i>Fuc_degr</i>
48	3426331.22	6007061.94	1143	1398	1542	1607	n.a.	1871	1912	2102	<i>Fuc_degr</i>
49	3426339.43	6007073.81	1142	1337	1476	1638	1759	1872	1908	2115	<i>Fuc_degr</i>
50	3426347.86	6007080.73	1178	1319	1453	1702	n.a.	1873	1909	2114	<i>Fuc_degr</i>
51	3426358.67	6007091.08	1128	1318	1446	1698	n.a.	1874	2036	2154	<i>Fuc_degr</i>
52	3426372.42	6007104.13	1105	1300	1443	1668	1739	1810	1904	2062	<i>Fuc</i>
53	3426381.73	6007113.74	n.a.	1422	1554	1669	1740	1820	1928	2123	<i>Fuc</i>
54	3426388.51	6007122.07	1101	1383	1520	n.a.	n.a.	1821	2029	n.a.	<i>Lam</i>
55	3426373.69	6007134.17	1102	1384	1521	n.a.	n.a.	1822	2030	n.a.	<i>Lam</i>
56	3426365.91	6007126.15	1103	1421	1442	1670	1741	1823	1921	2124	<i>Fuc</i>
57	3426359.53	6007120.44	1104	1301	1441	1700	1753	1809	1903	2061	<i>Fuc</i>
58	3426344.93	6007105.28	1129	1363	1447	1644	n.a.	1856	2037	2155	<i>Fuc_degr</i>
59	3426332.55	6007094.66	1179	1320	1448	1697	n.a.	1791	1922	2139	<i>Fuc_degr</i>
60	3426328.46	6007088.26	1159	1338	1454	1597	1758	1790	1914	2116	<i>Fuc_degr</i>
61	3426316.23	6007073.99	1158	1402	1478	1606	n.a.	1868	1987	2140	<i>Fuc_degr</i>
62	3426311.94	6007066.76	1192	1401	1479	1605	n.a.	1783	1954	2117	<i>Fuc_degr</i>
63	3426303.70	6007063.18	1145	1397	1480	1589	n.a.	1784	1955	2118	<i>Fuc_degr</i>
64	3426295.71	6007053.03	1174	1366	1481	1604	n.a.	1785	1986	2095	<i>Fuc_degr</i>
65	3426289.93	6007047.85	1162	1367	1491	1590	n.a.	1786	1985	2096	<i>Fuc</i>
66	3426281.37	6007067.30	1173	1350	1482	1603	n.a.	1855	2025	2156	<i>Fuc_degr</i>
67	3426289.05	6007077.13	1146	1395	1474	1602	n.a.	1866	1952	2094	<i>Fuc_degr</i>
68	3426297.62	6007081.40	1191	1330	1475	1688	n.a.	1782	1953	2091	<i>Fuc_degr</i>
69	3426301.85	6007088.69	1157	1394	1529	1701	n.a.	1867	2026	2090	<i>Fuc_degr</i>
70	3426310.98	6007101.83	1141	1313	1455	1689	1755	1793	1915	2081	<i>Fuc_degr</i>
71	3426318.69	6007109.18	1180	1321	1449	1696	1754	1792	1988	2089	<i>Fuc_degr</i>
72	3426328.27	6007118.30	1224	1362	1528	1645	n.a.	1857	2034	2138	<i>Fuc_degr</i>
73	3426344.77	6007134.52	1106	1302	1460	1671	1752	1808	1930	2126	<i>Fuc</i>
74	3426351.68	6007141.76	1239	1420	1510	1622	1742	1824	1929	2125	<i>Fuc</i>
75	3426359.38	6007148.51	1220	1385	1511	1615	n.a.	1825	2031	n.a.	<i>Lam</i>
76	3426345.11	6007162.69	1221	1356	1522	1616	n.a.	1826	2038	n.a.	<i>Lam</i>
77	3426336.13	6007158.22	1240	1357	1512	1621	1743	1827	1932	2059	<i>Fuc</i>
78	3426331.20	6007147.34	1107	1303	1507	1672	1751	1807	1931	2060	<i>Fuc</i>
79	3426317.66	6007133.82	1130	1361	1495	1632	n.a.	1858	2035	2137	<i>Fuc</i>
80	3426303.98	6007122.81	1181	1339	1450	1598	n.a.	1795	1989	2088	<i>Fuc_degr</i>
81	3426296.66	6007115.40	1140	1312	1451	1664	1757	1794	1961	2082	<i>Fuc_degr</i>
82	3426287.31	6007102.47	1156	1393	1530	1712	n.a.	1861	1949	2171	<i>Fuc_degr</i>
83	3426284.06	6007095.29	1190	1329	1464	1687	n.a.	1781	1950	2092	<i>Fuc_degr</i>
84	3426275.00	6007091.46	1147	1382	1473	1601	n.a.	1862	1951	2170	<i>Fuc_degr</i>
85	3426266.50	6007081.54	1172	1369	1483	1713	n.a.	1863	2024	2157	<i>Fuc_degr</i>
86	3426261.69	6007076.72	1163	1368	n.a.	1714	n.a.	1864	2023	2158	<i>Fuc</i>
87	3426243.05	6007053.77	1213	1400	1545	1716	n.a.	1853	2021	2173	<i>Fuc</i>
88	3426235.58	6007061.10	1212	1399	1490	1715	n.a.	1852	2020	2172	<i>Fuc</i>
89	3426249.74	6007071.17	1203	1396	1544	1717	n.a.	1854	2022	2169	<i>Fuc</i>
90	3426228.65	6007067.75	1211	1349	1489	1718	n.a.	1851	2019	2168	<i>Fuc</i>
91	3426221.48	6007074.77	1210	1348	1488	1683	n.a.	1850	2018	2167	<i>Fuc</i>
92	3426235.09	6007085.60	1204	1347	1487	1684	n.a.	1849	2017	2161	<i>Fuc</i>
93	3426248.14	6007090.85	1164	1371	1484	n.a.	n.a.	1865	2016	2159	<i>Fuc</i>
94	3426251.39	6007094.89	1171	1370	1471	1685	n.a.	1778	2015	2160	<i>Fuc</i>
95	3426260.61	6007104.96	1148	1381	1472	1600	n.a.	1779	1946	2153	<i>Fuc</i>
96	3426268.88	6007109.41	1189	1328	1465	1686	n.a.	1780	1947	2093	<i>Fuc</i>

PosID	GKx	GKy	2005	Mai 2006	Juli 2006	Okt 2006	Dez 2006	Feb 2007	Aug 2007	Feb 2008	Habitat
97	3426273.14	6007116.56	1155	1392	1531	1711	n.a.	1860	1948	n.a.	<i>Fuc</i>
98	3426282.28	6007130.09	1139	1311	1456	1663	1756	1797	1962	2083	<i>Fuc</i>
99	3426289.54	6007137.48	1182	1340	1459	1599	n.a.	1796	1990	2087	<i>Fuc</i>
100	3426300.57	6007145.85	1223	1360	1496	1633	n.a.	1859	2033	2136	<i>Fuc</i>
101	3426315.48	6007161.97	1108	1304	1506	1673	1750	1806	1934	2057	<i>Fuc</i>
102	3426320.12	6007172.70	1241	1358	1513	1620	1744	1828	1933	2056	<i>Fuc</i>
103	3426330.89	6007175.52	1222	1355	1523	1617	n.a.	1829	2039	n.a.	<i>Lam</i>
104	3426314.19	6007190.64	1113	1354	1524	1618	n.a.	1830	2040	n.a.	<i>Lam</i>
105	3426301.37	6007175.13	1109	1305	1514	1674	n.a.	1832	1935	2058	<i>Fuc</i>
106	3426289.42	6007162.92	1131	1391	1552	1646	n.a.	1835	n.a.	n.a.	<i>Fuc</i>
107	3426285.70	6007159.79	1133	1359	1497	1634	n.a.	1836	1937	2135	<i>Fuc</i>
108	3426276.18	6007151.60	1183	1341	1527	1635	n.a.	1769	1941	2086	<i>Fuc</i>
109	3426268.12	6007143.86	1138	1310	1457	1662	n.a.	1798	1942	2084	<i>Fuc</i>
110	3426258.02	6007131.31	1154	1378	1532	1678	n.a.	1846	2049	n.a.	<i>Fuc</i>
111	3426254.91	6007123.82	1188	1379	1466	1679	n.a.	1775	1943	2152	<i>Fuc</i>
112	3426245.76	6007118.54	1149	1380	1469	1680	n.a.	1776	1945	2151	<i>Fuc</i>
113	3426238.88	6007108.34	1170	1373	1470	1637	n.a.	1777	2014	2164	<i>Fuc</i>
114	3426233.00	6007105.93	1165	1372	1485	1681	n.a.	1847	2013	2163	<i>Fuc</i>
115	3426220.36	6007099.77	1205	1346	1486	1682	n.a.	1848	2012	2162	<i>Fuc</i>
116	3426206.99	6007114.02	1206	1345	1546	1658	n.a.	1841	2011	2166	<i>Fuc</i>
117	3426220.20	6007119.70	1166	1375	1547	1656	n.a.	1842	2010	n.a.	<i>Fuc</i>
118	3426224.36	6007122.71	1169	1374	1548	1657	n.a.	1843	2009	n.a.	<i>Fuc</i>
119	3426231.48	6007132.86	1150	1376	1549	1659	n.a.	1844	2008	2165	<i>Fuc</i>
120	3426240.81	6007138.07	1187	1327	1467	1660	n.a.	1774	1944	2150	<i>Fuc</i>
121	3426244.34	6007143.74	1153	1377	1533	1661	n.a.	1845	2032	n.a.	<i>Fuc</i>
122	3426254.47	6007158.22	1137	1309	1458	n.a.	n.a.	1799	1940	2085	<i>Fuc</i>
123	3426261.49	6007165.65	1184	1308	1499	1677	n.a.	1770	1939	2134	<i>Fuc</i>
124	3426270.97	6007172.07	1134	1307	1498	1647	n.a.	1833	1938	2133	<i>Fuc</i>
125	3426286.71	6007188.86	1110	1306	1515	1675	n.a.	1800	1936	2132	<i>Fuc</i>
126	3426307.07	6007198.16	1112	n.a.	1525	1676	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	<i>Lam</i>
127	3426299.68	6007205.01	1111	1353	1526	1619	n.a.	1831	2041	n.a.	<i>Lam</i>
128	3426255.77	6007185.63	1135	1322	1501	1648	n.a.	1834	2042	n.a.	<i>Fuc</i>
129	3426247.27	6007178.19	1185	1323	1500	1649	n.a.	1771	2043	2147	<i>Fuc</i>
130	3426239.51	6007174.07	1136	1324	1551	1650	n.a.	1772	2044	2148	<i>Lam</i>
131	3426229.48	6007157.17	1152	1325	1534	1651	n.a.	1837	n.a.	n.a.	<i>Fuc</i>
132	3426225.61	6007152.16	1186	1326	1468	1652	n.a.	1773	2045	2149	<i>Fuc</i>
133	3426217.70	6007146.56	1151	1342	1535	1653	n.a.	1838	2046	n.a.	<i>Lam</i>
134	3426210.65	6007136.02	1168	1343	1536	1654	n.a.	1839	2047	n.a.	<i>Lam</i>
135	3426206.26	6007132.93	1167	1344	1550	1655	n.a.	1840	2048	n.a.	<i>Lam</i>
136	3426296.90	6007189.25	1229	1386	1516	1666	1745	1805	1920	2127	<i>Rhodothamniella</i>
137	3426294.31	6007192.08	1228	1387	1505	1707	1746	1804	1919	2128	<i>Rhodothamniella</i>
138	3426286.45	6007199.51	1227	1388	1504	1708	1747	1803	1918	2129	<i>Rhodothamniella</i>
139	3426285.85	6007201.32	1226	1389	1503	1709	1748	1802	1917	2130	<i>Rhodothamniella</i>
140	3426280.44	6007206.30	1225	1390	1502	1710	1749	1801	1916	2131	<i>Rhodothamniella</i>

Anlage 3: Angaben Wetter, Seegang

- Bei Küstengewässern wird zur Beschreibung der Wettersituation eine Ziffer nach dem ICES-Wettercode wie folgt verwendet:

Ziffer des ICES-Wettercode	Beschreibung
0	klar
1	teilweise bewölkt
2	geschlossene Wolkendecke
3	Sand- und Schneesturm
4	Nebel, starker Dunst
5	Sprühregen
6	Regen
7	Schnee, Schneeregen
8	Schauer
9	keine Beobachtung

- Bei Küstengewässern wird Seegang nach der nautischen Skala mit Ziffern zwischen 0 und 9 angegeben, die jeweils einem Bereich der Wellenhöhe in Metern entsprechen:

Ziffer der Beaufort-Skala	Beschreibung	Windgeschwindigkeit [m/s]
0	still	< 0,3
1	sehr leicht	0,3 - 1,5
2	leicht	1,6 - 3,3
3	schwach	3,4 - 5,4
4	mäßig	5,5 - 7,9
5	frisch	8,0 - 10,7
6	stark	10,8 - 13,8
7	steif	13,9 - 17,1
8	stürmisch	17,2 - 20,7
9	Sturm	20,8 - 24,4
10	schwerer Sturm	24,5 - 28,4
11	orkanartiger Sturm	28,5 - 32,6
12	Orkan	> 32,6

13.3 Anlage 4: Tabelle Einteilung Substrata

- Die Tabelle beinhaltet sowohl Klassen, die auf das Gebiet N-Watt abgestimmt sind als auch Klassen die auf der Korngrößenklassifikation nach DIN 4022 beruhen.

Hauptklasse	Kurzzeichen	Beschreibung
Bunt- Sandstein	BSS	Hauptsubstratum
Flintstein	Flint	Einzelne Steine verstreut auf den Abrasionsterrassen
Betonblöcke	Beton	Reste von zerstörten Bauten
Muschelkies/-Schill	Schill	Fragmente oder ganze Muschelschalen mit Sand etc. vermengt; liegt in Rinnen oder Vertiefungen auf dem BSS
Krustenalgen	KSS	Große Teile des BSS sind mit Krustenalgen überzogen, die für die Besiedlung mit anderen Algen das eigentliche Substratum bilden
Sand	Sand	bis 2 mm
Feinkies	FKies	bis 20 mm
Grobkies	GKies	bis 63 mm
Steine	Steine	bis 20 cm
Felsblöcke	Block	>20 cm

13.5 Anlage 6: Küstenbewertung für RSL-Index

- Der Küstenkorrekturwert für den RSL-Index wird gemäß Rechenmatrix aus Wells *et al.* (2006) ermittelt
- Für das N-Watt Helgoland ergibt sich für alle RSL-Bewertungsverfahren der Wert 14

			Eingabe	Bewertung
	Werte-Vorgaben		N-Watt	N-Watt
	Ja	Nein		
Spezielle Faktoren				
Vorhandensein von Trübung (nicht anthropogen)	0	2	0	0
Vorhandensein von Sanderosion	0	2	0	0
Vorhandensein von Kalkküste	0	2	2	2
Hauptsächlicher Küstentyp				
Felskanten/herausragende Felsen/Plattformen	4		4	
Unregelmäßiger Felsen	3		3	
Felsblöcke, groß bis klein	3		3	
Steiler oder senkrechter Felsen	2		2	
Unspezifiziertes Hartsubstratum (hier: Flintstein, Beton)	1		1	
Kleine Felsstücke/Steine/Schotter/Kies	0		0	4
Subhabitate				
Gezeitentümpel, breit, flach (>3m breit, <50 cm tief)	4		4	
Gezeitentümpel, groß (> 6 m lang)	4		4	
Gezeitentümpel, tief (50% > 100 cm tief)	4			
Gezeitentümpel, normale?	3		3	
Große Spalten	3			
Große Überhänge/senkrechter Felsen	2		2	
Andere Habitate	2			
Höhlen	1			
Keine	0			4
Gesamtanzahl der Subhabitate				
	0			
	1			
	2			
	3			
	>4		4	4
Korrekturwert (Summe der Einzelbewertungen)				14

13.6 Anlage 7: Einteilung der Arten in ESG und Opportunisten

- Einordnung von Makroalgen in ESG 1 oder ESG 2 gemäß Kuhlenkamp & Bartsch (2008)
- Bezeichnung der Arten als Opportunist gemäß Wells *et al.* (2007b);
1: eindeutig Opportunist; 0: kein Opportunist

Arten	ESG	Opp
<i>Blidingia minima</i>	2	1
<i>Chaetomorpha aerea</i>	2	1
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	2	0
<i>Cladophora rupestris</i>	2	0
<i>Cladophora sericea</i>	2	0
<i>Codium fragile</i>	2	0
<i>Prasiola sp.</i>	2	1
<i>Rhizoclonium tortuosum (Chaetomorpha tortuosa)</i>	2	1
<i>Ulothrix sp.</i>	2	1
<i>Ulva (Enteromorpha) sp.</i>	2	1
<i>Ulva (Enteromorpha) compressa sensu Kornmann</i>	2	1
<i>Ulva (Enteromorpha) intestinalis</i>	2	1
<i>Ulva (Enteromorpha) linza</i>	2	1
<i>Ulva lactuca</i>	2	1
<i>Cladostephus spongiosus</i>	1	0
<i>Dictyota dichotoma</i>	2	1
<i>Ectocarpus sp.</i>	2	1
<i>Ectocarpus confervoides</i>	2	1
<i>Elachista fucicola</i>	2	0
<i>Fucus serratus</i>	1	0
<i>Fucus spiralis</i>	1	0
<i>Fucus vesiculosus</i>	1	0
<i>Halidrys siliquosa</i>	1	0
<i>Hincksia granulosa</i>	2	1
<i>Laminaria digitata</i>	1	0
<i>Leptonematella fasciculatus</i>	2	0
<i>Pilayella littoralis</i>	2	1
<i>Ralfsia verrucosa</i>	1	0
<i>Sargassum muticum</i>	1	0
<i>Sphacelaria radicans</i>	2	0
<i>Sphacelaria rigidula</i>	2	0
<i>Spongonema tomentosum</i>	2	1
<i>Achrochaetium secundatum</i>	2	1
<i>Ahnfeltia plicata</i>	1	0
<i>Audouinella sp.</i>	2	1
<i>Ceramium virgatum(rubrum)</i>	2	1
<i>Chondrus crispus</i>	1	0
<i>Corallina officinalis</i>	1	0
<i>Cystoclonium purpureum</i>	1	1
<i>Dumontia contorta</i>	2	1
<i>Erythrotrichia carnea</i>	2	0
<i>Haemescharia hennedyi (Petrocelis)</i>	1	0

Arten	ESG	Opp
<i>Hildenbrandia rubra</i>	1	0
<i>Rote Krusten verkalkt</i>	1	0
<i>Mastocarpus stellatus</i>	1	0
<i>Membranoptera alata</i>	1	0
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	1	0
<i>Phymatolithon sp (non lenormandii)</i>	1	0
<i>Plocamium cartilagineum</i>	1	0
<i>Plumaria plumosa</i>	2	1
<i>Polyides rotundus</i>	1	1
<i>Polysiphonia fucooides</i>	2	1
<i>Polysiphonia. sp.</i>	2	1
<i>Polysiphonia stricta</i>	2	1
<i>Polysiphonia violacea sensu Kornmann</i>	2	0
<i>Porphyra umbilicalis</i>	2	1
<i>Rhodomela confervoides</i>	2	0
<i>Rhodothamniella floridula</i>	2	1