

Benthosbewertung Helgoland

Teil I: Phytobenthos

Ralph Kuhlenkamp, Inka Bartsch

April 2007

Im Auftrag
des Landesamtes für Natur- und Umwelt, Schleswig Holstein
Auftragsnummer: 4121.3-2006-193 F

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	2
2	Bewertungsmethoden	4
2.1	Index 1: RSL-Index nach Wells zur Qualitätseinstufung gemäß WRRL	5
2.1.1	Grundlagen und Entwicklung der RSL	5
2.1.2	Regionale RSL Listen	6
2.1.3	Korrekturfaktor Küstentyp und Habitate des RSL-Index'	7
2.1.4	Floristische Parameter des RSL-Index'	9
2.1.5	Bewertungstabellen für RSL-Index und Qualitätseinstufung	11
2.2.	Index 2: EEI nach Orfanidis zur Qualitätseinstufung gemäß WRRL	12
2.3.	Index 3: Kombinationsmodell EEI und RSL	13
3	Material und Methoden	14
3.1	Datensätze	14
3.1.1	Datensatz 1: Momentaufnahme Artenreichtum	14
3.1.2	Datensatz 2: Rastermonitoring	16
3.1.3	Datensatz 3: Transekt- und Dauerquadrate des LANU	18
3.2	Anwendung der Indices auf Helgoländer Datensätze	19
3.2.1	Index 1: RSL-Index	19
3.2.2	Index 2: EEI	20
3.2.3	Index 3: Kombinationsmodell RSL-Abundanzen/EEI	21
3.3	Übersicht der Anwendungen	22
4	Ergebnisse	22
4.1	ESG Einteilung und Fundlisten	22
4.1.1	ESG	22
4.1.2	Vergleich der Fundlisten	24
4.2	Bewertung Küstentyp und Habitate	25
4.3	RSL Bewertungsschema	27
4.3.1.	Berechnungen auf Basis Gesamtartenliste	27
4.3.1.1	Datensatz: Momentaufnahme Artenreichtum Helgoland	27
4.3.1.2	Datensatz: Rastermonitoring N-Watt Helgoland	31
4.3.1.3	Datensatz: Transektdaten und Dauerquadratmessungen LANU	34
4.3.1.4	Gesamtartenliste: Einstufung in Qualitätskategorien gemäß WRRL	37
4.3.1.5	Ergebnisdiskussion Gesamtartenliste: Qualitätseinstufungen	38
4.3.2.	Berechnungen auf Basis RSL-Artenliste	38
4.3.2.1	RSL-Datensatz: Momentaufnahme Artenreichtum Eulitoral Helgoland	38
4.3.2.2	RSL-Datensatz: Rastermonitoring N-Watt Helgoland	43
4.3.2.3	RSL-Datensatz: Transektdaten und Dauerquadratmessungen LANU	47
4.3.2.4	RSL-Artenlisten: Einstufung in Qualitätskategorien gemäß WRRL	51
4.3.2.5	Ergebnisdiskussion RSL-Artenlisten: Qualitätseinstufungen	52
4.3.3	Ergebnisdiskussion RSL-Methode	52
4.4	EEI und Kombinationsmodell EEI/RSL	57
4.4.1	Matrix zur Ermittlung der Qualitätsstufe	57
4.4.2	Jahresdaten	57
4.4.2.1	Jahresdaten Rastermonitoring 2005 – 2006	58
4.4.2.2	Ergebnisdiskussion Jahresdaten EEI	58
4.4.3	Einzeldaten	59
4.4.3.1	Einzeldaten Rastermonitoring 2005 – 2006	59
4.4.3.2	Ergebnisse und Ergebnisdiskussion Einzeldaten Rastermonitoring	60
4.4.3.3	Einzeldaten LANU Transekt und Dauerquadrate 2005–2006	62
4.4.3.4	Ergebnisse und Ergebnisdiskussion Einzeldaten LANU	62
4.4.4	Diskussion EEI-Methode	63
5	Diskussion	64
6	Literaturangaben	75
7	Anhang	77

Zusammenfassung

1 Einleitung und Zielsetzung

Das laufende Monitoring der Makroalgenegemeinschaft im Nordwatt Helgolands dient unter anderem einer Bewertung der Wasserqualität des Küstengewässertyps N5 (Nordsee Bereich Helgoland) gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Im nationalen wie internationalen Rahmen wird versucht, ein einheitliches Bewertungssystem der europäischen Küstengewässer auf der Basis von Makrophytendaten zu erstellen. Bisher liegen umfangreiche historische Analysen und Expertenmeinungen für den Helgoländer Bereich vor (Bartsch & Kühlenkamp 2004, Bartsch *et al.* 2005), es fehlen jedoch insbesondere die Auswertung quantitativer Daten und die Berechnungen von ökologischen Indices auf Grundlage bestimmter Organismengruppen. Um diesem Ansatz auch im deutschen Bereich gerecht zu werden, wurden die Helgoländer Makrophytendaten gemäß verschiedener, international angewandeter Bewertungsverfahren ausgewertet:

1. RSL Index nach Wells *et al.* (2004, 2006, 2007):

Dies ist ein in Großbritannien entwickeltes Bewertungsverfahren, basierend auf umfangreichen Makroalgendaten der Meeresküsten Großbritanniens und Irlands, die auf viele, und in biologischer als auch physikalischer Hinsicht sehr unterschiedliche Beprobungsgebiete beruhen. Alle Daten wurden in einer Datenbank zusammengefasst und beinhalten ausführliche Angaben zum gesamten Artenspektrum und der Typologie des betreffenden Küstenabschnittes.

Als Grundlage einer praktikablen Bewertungsmethode wurden aus den Gesamtartenlisten vergleichbarer Standorte Listen mit ausgewählten Arten erstellt, so genannte 'reduzierte Artenlisten' oder *reduced species lists* (RSL). Der Ansatz von Wells *et al.* (2007) verrechnet in einem weiteren Schritt auf der Grundlage der RSL verschiedene Parameter wie 'Anteil der Opportunisten an der RSL' oder 'Verhältnis von Rotalgen zu Grünalgen der RSL' mit physikalisch-topographischen Habitatdaten, klassifiziert jeden Parameter in fünf Gruppen gemäß der WRRL Vorgaben und verrechnet alle Parameter in einem Index. Grunddaten aus nach Expertenmeinung unbelasteten Küstenabschnitten dienen als Referenzwert eines jeden Küstenabschnittes. Das englische RSL Konzept fand Eingang in die europäische Interkalibrationsgruppe (NEA-GIG) und wurde in diesem Zusammenhang weiter verändert, so dass hier sowohl das Konzept für Süd-England als auch der internationale Ansatz (Interkalibrierungsansatz) getestet wurden.

2. Ecological Evaluation Index (EEI) nach Orfanidis *et al.* (2001, 2003) und Tsiamis *et al.* (2006):

Ein anderes, im Mittelmeerraum entwickeltes Bewertungsverfahren benutzt den Gesamtbedeckungsgrad von Makrophyten als Datengrundlage für eine

Bewertung der Wasserqualität. Dieser Index bezieht also im Gegensatz zu dem RSL-Index auch quantitative Daten mit ein, ist aber dahingehend anspruchsvoller, dass er davon ausgeht, alle vorgefundenen Arten zu bestimmen und nicht nur eine reduzierte Artenliste zu verwenden. Der EEI basiert neben der Bedeckungsquantifizierung im Wesentlichen auf einer Einteilung der Arten in 'Ökologische Statusklassen' oder *Ecological Status Groups* (ESG). Diese ESG sind konzeptionell an das '*functional form model*' von Littler und Littler (1980) angelehnt und teilen die Arten in r- und K-Strategen ein (ESG1 und ESG2). Die Methode verwendet die mittleren Abundanzwerte aller Arten, die üblicherweise über ein Jahr in bestimmten Abständen gemessen werden, und verrechnet das Verhältnis von ESG1 und ESG2 Arten in einem Index. Der Index wurde entlang eines Eutrophierungsgradienten in Übergangsgewässern des Mittelmeeres erfolgreich getestet (Orfanidis *et al.* 2003, Panayotides *et al.* 2004, Arevalo *et al.* 2007).

3. Kombinationsmodell EEI und RSL:

Als dritte Bewertungsmethode kombinierten wir den EEI mit dem Konzept der reduzierten Artenlisten von Wells *et al.* (2007). Die reduzierten Artenlisten, wie sie für Großbritannien erstellt worden sind, bilden einen erheblichen Anteil der gesamten Artenzusammensetzung eines bestimmten Küstentyps ab und dienen als Referenz für das gesamte Artenspektrum. Aus Sicht des Bewertungsvorganges und eines Monitoring, welches gut zu bestimmende Arten erfordert, erschien es daher sinnvoll, die RSL auch als Grundlage von Berechnungen des EEI zu verwenden.

Für die Küstengewässer Deutschlands und speziell für Helgoland sind bisher keine reduzierten Artenlisten erstellt worden, so dass wir auf die vorgegebenen RSL's aus Großbritannien beziehungsweise der NEA GIG zurückgreifen müssen. Es ist jedoch wichtig, die Abschätzung der Verfahrensweise und Anwendbarkeit der vorgegebenen RSL's zu prüfen. Deshalb wurden alle Bewertungen zuerst mit der gesamten Artenliste statt der reduzierten Liste durchgeführt.

Drei verschiedene Datensätzen des Helgoländer Eulitorals standen für die Bewertung zur Verfügung:

1. Momentaufnahmen des Artenreichtums im N- und W-Watt, Juli 2006, gemäß der Vorgaben durch Wells *et al.* (2007)
2. Quantitative und qualitative Daten des Rastermonitoring im N-Watt, 2005-2006
3. Quantitative und qualitative Transektdaten des LANU im N-Watt, 2004-2006

In allen Fällen sollte gezeigt werden, ob sich sinnvolle Ergebnisse bei der Bewertung der Wasserqualität um Helgoland ergeben, die den bisherigen Einschätzungen vergleichbar sind (Bartsch & Kuhlenkamp 2004) und den isolierten Standort Helgoland besser in ein Gesamtkonzept einbinden. Wegen fehlender Möglichkeiten musste es bisher ausbleiben, die angewendeten Indexverfahren für den Standort Helgoland zu

kalibrieren oder an einem bestehenden Gradienten von ökologischen Parametern wie Nährstoffgehalt oder Trübung zu testen. Ansatzweise konnten Vergleiche mit anderen Standorten in Europa durchgeführt werden, wobei uns die umfangreichen Untersuchungen in Großbritannien und das Vorhandensein von ähnlich strukturierten Küsten wie in Südengland (Wells 2004, Wells *et al.* 2007) zugute kamen.

Der Bericht ist aufgrund der zahlreichen Bewertungskombinationen stark gegliedert und bietet für jede Betrachtung eigene Ergebnisdiskussionen an. Diese werden teilweise in der Diskussion am Ende wieder aufgegriffen, erlauben jedoch die separate Betrachtung der Szenarien unabhängig von den anderen Methodenkombinationen.

2 Bewertungsmethoden

Die benutzten Bewertungsverfahren arbeiten mit verschiedenen Begriffen, die unterschiedlich die Artenvielfalt abbilden. Der Begriff *species richness* wird allgemein als **Artenreichtum** bezeichnet. Er umfasst die Anzahl aller Arten, die bei **einer** Probenahme erfasst werden und stellt damit eine **Momentaufnahme** der Artenvielfalt dar. Dem gegenüber steht die kumulative Artenliste, die eine **Gesamtartenliste** darstellt und gleichbedeutend mit einer Check-Liste ist, in der alle jemals gefundenen Arten des Standortes (einschließlich aller saisonalen, ephemeren und seltenen Arten) aufgeführt sind und die auf mehreren Probenahme-Zeitpunkten beruht.

2.1 Index 1: RSL-Index nach Wells zur Qualitätseinstufung gemäß WRRL

2.1.1 Grundlagen und Entwicklung der RSL

Zum besseren Verständnis des Bewertungsansatzes werden die wesentlichen Elemente des Verfahrens nach Wells et al. (2006, 2007) im Folgenden Überblicksweise dargestellt:

Das Bewertungsverfahren wurde als nationale Methode von E. Wells (Großbritannien) entwickelt. Inzwischen wurde die RSL-Methode im Rahmen der Interkalibration zwischen den europäischen Staaten, die in der Nordostatlantischen Gruppe für Interkalibration (NEA-GIG) zusammengefasst sind, umgearbeitet und an verschiedenen Datensätzen aus Großbritannien, Irland, Norwegen, und Spanien getestet (Wells *et al.* (2006).

Grundlage des Bewertungsverfahrens waren Erkenntnisse, die Wells und Wilkinson durch das Monitoring diverser Küstenabschnitte noch vor Einführung der WRRL gesammelt hatten. Sie stellten die Gesamtartenzahlen diverser Küstenbereiche, geographischer Regionen und verschiedener ökologischer Qualität fest und erhielten eine umfangreiche Datenbank. Es zeigte sich, dass die Anzahl der Arten bei einer Probenahme (Artenreichtum) konstant blieb, wenn keine Umweltveränderungen stattgefunden hatten (Wilkinson & Tittley 1979). Außerdem konnten Wells *et al.* (2003) eine Konstanz des Artenreichtums, also der Anzahl Arten die bei einer einzelnen Begehung erfasst wurden, an Küsten der Orkneys unabhängig von der Saison feststellen. Demgegenüber wurden die starke saisonale Variation und das variable Auftreten ephemerer Arten deutlich durch das kumulative Ansteigen der Arten in der Gesamtartenliste angezeigt. Der Vorschlag von E. Wells war deshalb, den Parameter 'Artenreichtum' als Messgröße für die Stabilität einer Algengemeinschaft zu nehmen und nicht die Gesamtartenliste. Da die Bestimmung einiger Arten große Probleme insbesondere für weniger erfahrene Taxonomen bereitet, wurde aus der Gesamtartenliste einer Region mittels Expertenmeinung eine reduzierte Artenliste (RSL) erstellt, die das Artenspektrum einer geographischen Region hinreichend darstellen soll. Als Referenz für die Erstellung dieser RSL wurden Küstenabschnitte beziehungsweise Probenahmestandorte gewählt, die nach Expertenmeinung mit einer 'sehr guten' Wasserqualität versorgt waren. Folgende Fragestellungen wurden im weiteren Verlauf bearbeitet, um die RSL-Methode zu entwickeln:

- Wie groß soll die Anzahl Arten in der RSL sein?: festgelegt auf 50-70 Arten je nachdem ob nationale oder internationale Listen verwendet werden (Nationale RSL = 70, Internationale NEA-GIG RSL = 50 Arten)
- Wie einfach sind die Arten zu bestimmen, da nicht immer hohe taxonomische Kenntnisse vorausgesetzt werden können?
- Wie beeinflussen Umweltfaktoren die Artenvielfalt und Gesamtgemeinschaft und damit die RSL und Anzahl Arten?

- Was für einen Einfluss hat die geographische Lage des Untersuchungsgebietes (member states)?
- Wie werden die Grenzen für die Klassen der WRRL gesetzt und wie werden die ökologischen Qualitätsklassen bei Betrachtung der Gesamtartenzahl umgesetzt in jene für die RSL?

Die Attribute (Anzahl der Arten und Bewertungsparameter des Küstenbereiches → siehe folgende Kapitel) wurden mit subjektiven Angaben zum Qualitätsstand (Expertenmeinungen) verglichen. Hieraus ergaben sich Korrelationen, die deutliche Zu- oder Abnahme der Artenzahlen mit der Qualität des Gewässers (hoch, gut, mittel, schwach) zeigten. Die danach entwickelten RSL's sollen solche Arten enthalten, die gut zu bestimmen sind, allgemein verbreitet in dem zu untersuchenden Bereich vorkommen und ausreichend die Artenvielfalt abbilden. Wie die Entscheidungen hierzu genau getroffen werden, wurde jedoch bisher nicht ausreichend veröffentlicht. Diese RSL werden nun bei der Begutachtung eines Küstenabschnittes innerhalb der jeweiligen Region als Basisliste eingesetzt.

2.1.2 Regionale RSL Listen

Aus Vergleichen der Qualitätsstufen und Artenlisten unterschiedlicher Regionen Großbritanniens und Irlands wurden bei Wells *et al.* (2007) drei Großbereiche aufgestellt, die jeweils eigene RSL Listen, gefiltert aus den Gesamtartenlisten, enthielten:

1. Nordirland
2. Nordengland und Schottland
3. Südengland, Wales und Irland (Anhang, Tabelle 45)

Für jede dieser Regionen entstanden demnach unterschiedliche Bewertungsschemata. (siehe 2.1.5, Tabellen 2 - 3).

Im Rahmen der NEA-GIG wurden für eine internationale, einheitliche Bewertungsgrundlage ein weiteres Bewertungsschema und eine dazugehörige europäische RSL (EU-RSL) erstellt (Anhang, Tabelle 46), die für Gesamteuropa (Norwegen bis Portugal) Verwendung finden soll.

2.1.3 Korrekturfaktor Küstentyp und Habitate des RSL-Index'

Wells & Wilkinson (2002) zeigten in einer Studie über die Effekte von physikalischen Habitateigenschaften, dass der Einfluss auf die Artenzahl und Artenzusammensetzung teilweise Habitatgradienten folgt und die Habitatkomponente deshalb bei einer Bewertung der Wasserqualität mit einbezogen werden muss.

Wenig Einfluss auf den Artenreichtum, aber großen Einfluss auf die Abundanzen und die Verteilung der Arten (Zonierung) hatte die **Wellenexposition**:

- Geschützte Küsten sind durch dichten *Fucus*-Bewuchs und relativ hohe Abundanzen charakterisiert.
- Küsten mittlerer Exposition zeigen weniger hohe Abundanzen, aber ein ungleichmäßiges Vorkommen von Arten.
- Exponierte Küsten sind deutlich durch eine geringe Abundanz der Arten und eine großen Flechtenzone im oberen Litoral gekennzeichnet.

Folgerung:

Die Exposition hat keinen direkten Einfluss auf den Artenreichtum, auch wenn in exponierten Lagen eine leicht geringere Artenzahl vorliegt, was eventuell auf das erschwerte Auffinden einiger Arten zurückzuführen ist.

Einen deutlichen Einfluss auf den Artenreichtum hatten der **Küstentyp** und darin auftretende **Subhabitate**:

Küstentyp:

Darunter wird das dominierende Substratum verstanden wie Felsplattformen, Felsblöcke und Kiesel. Die verschiedenen Substrata bedingten eine sehr unterschiedliche Anzahl an Arten insbesondere aufgrund unterschiedlicher Anheftungsbedingungen. Küsten, die hauptsächlich aus Felsblöcken, Kieselsteinen und senkrechten Felswänden bestehen, zeigten eine geringere Anzahl an Arten als Felskanten, herausragende Felsstücke und Plattformen.

Folgerung:

Die Küstentypen haben einen Einfluss auf die Artenzahl in folgender absteigender Wichtigkeit: Felskanten/herausragende Felsstücke/Plattformen > unregelmäßiger Fels/Felsblöcke > steiler oder senkrechter Fels > Kiesel/Steine/kleine Felsen > Schill/Kies/Schotter

Subhabitat-Typen:

Die Anzahl und Art von Subhabitaten hatte ebenfalls einen deutlichen Effekt auf die Zahl der Arten. Bei einer hohen Zahl an Subhabitaten war ein deutlicher Zuwachs der Artenzahl zu verzeichnen, gleichlaufend mit dem Effekt, dass höhere Subhabitatdiversität eine höhere Artendiversität bewirkte.

Folgerung:

Die Subhabitatstypen haben einen Einfluss auf die Artenzahl mit folgender absteigender Wichtigkeit: Gezeitentümpel (weit und flach/groß/tief) > kleine Gezeitentümpel und Spalten > Überhänge > Höhlen

Da nicht für jeden Küsten- und Habitattyp ein eigenes Bewertungssystem erstellt werden konnte, wurde ein eigenständiges System für die Einschätzung dieser Parameter entwickelt (Tabelle 1). Aus der zugrunde gelegten Wertetabelle resultiert ein Korrekturfaktor, der ermöglicht, Küsten mit einer hohen Artenzahl aufgrund von günstigen Habitatbedingungen mit solchen, die aufgrund der schlechteren natürlichen Habitatbedingungen geringe Artenzahlen aufweisen, zu vergleichen. Das Bewertungsschema wichtet den Einfluss der Faktoren auf den Artenreichtum durch Zahlenwerte zwischen 1 und 4. Beispielsweise haben Felskanten und Plattformen den höchsten Wert '4' wohingegen Kies als Substratum den niedrigsten Wert '0' hat, da es nur wenigen Arten ein Habitat bietet. Wenn mehrere Habitat- oder Subhabitat-Typen auftreten, wird im Bewertungsschema nur der höchste Wert verwendet. Dieser Korrekturfaktor wird dann im endgültigen Bewertungsschema mit den floristischen Bewertungsdaten (siehe 2.1.5) verrechnet.

Tab. 1: Bewertungsschema zur Ermittlung des Korrekturfaktors Küste aus Wells *et al.* (2007)

	Werte-Vorgaben	
	Ja	Nein
Spezielle Faktoren		
Vorhandensein von Trübung (nicht anthropogen)	0	2
Vorhandensein von Sanderosion	0	2
Vorhandensein von Kalkküste	0	2
Hauptsächlicher Küstentyp		
Felskanten/herausragende Felsen/Plattformen	4	
Unregelmäßiger Felsen	3	
Felsblöcke, groß bis klein	3	
Steiler oder senkrechter Felsen	2	
Unspezifiziertes Harts substratum	1	
kleine Felsstücke/Steine/Schotter/Kies	0	
Subhabitats		
Gezeitentümpel, breit, flach (>3m breit, <50 cm tief)	4	
Gezeitentümpel, groß (> 6 m lang)	4	
Gezeitentümpel, tief (50% > 100 cm tief)	4	
Gezeitentümpel, normale?	3	
Große Spalten	3	
Große Überhänge/senkrechter Felsen	2	
Andere Habitats:	2	
Höhlen	1	
Keine	0	
Gesamtanzahl der Subhabitats		
	0	
	1	
	2	
	3	
	>4	

2.1.4 Floristische Parameter des RSL-Index'

Neben dem Korrekturfaktor für die Küsten- und Habitatmorphologie wird die wesentliche Bewertung und Qualitätseinstufung eines Küstenbereiches durch die Kalkulation verschiedener floristischer Parameter auf Grundlage der angewendeten RSL-Liste durchgeführt. Die floristische Grundlage wird durch ein Standardverfahren, nämlich eine einmalige Begehung des in Frage kommenden Gezeitenbereiches bei Springniedrigwasser durch zwei Experten geschaffen. Die Experten sollen in diesem Wattgang so viele Arten wie möglich aus allen vorhandenen, zugänglichen Gezeitenhabitaten sammeln, bestimmen und mit der RSL abgleichen. In die Berechnung der verschiedenen Parameter gehen nur diejenigen Arten ein, die in der jeweiligen RSL, GB-RSL oder EU-RSL, vermerkt sind.

Bei den verschiedenen floristischen Parametern, handelt es sich um:

- Artenreichtum gemäß angewendeter RSL Liste
- Grünalgenanteil
- Rotalgenanteil
- Verhältnis von ESG 1- und ESG 2-Arten
- Anteil opportunistischer Arten

Im Folgenden werden diese Parameter näher erläutert:

Anteil Rotalgen und Grünalgen

Aufgrund der Angaben in der Datenbank konnten Wells *et al.* (2007) den Anteil der Rotalgen am Artenreichtum als Parameter für ihre Methode einsetzen, weil ein Ansteigen des relativen Rotalgenanteils mit einer Erhöhung der Wasserqualität einherging. Ein hohes Aufkommen an Grünalgenspezies war demgegenüber ein deutliches Anzeichen für eine Wasserverschlechterung, insbesondere Eutrophierung. Im RSL-Index werden beide Parameter als prozentuale Anteile an der Gesamtzahl gefundener Arten berücksichtigt.

Einteilung in ESG Gruppen

Die Makroalgenarten werden in zwei unterschiedliche ökologische Statusgruppen (Ecological Status Group - ESG) eingeteilt (Orfanidis *et al.* 2001, Wells *et al.* 2007). Daraus wird das Verhältnis von Anzahl Arten in ESG1 zur Anzahl Arten in ESG2 gebildet und als einer der Parameter in die Endbewertung mit einbezogen. Die Arten müssen demgemäß in der RSL den ESG Gruppen zugeordnet werden. Dieses ist nicht immer klar und verschiedene Bearbeiter können zu verschiedenen Gruppierungen gelangen.

Die Einteilung in ESG's erfolgt aufgrund von ökologischen Eigenschaften, die bei Orfanidis *et al.* (2001, 2003) und Wells *et al.* (2007) hauptsächlich auf das 'functional group system' von Littler *et al.* (1983) und der Einteilung in r- und k-Strategen

zurückgehen. Dieses System teilt die Arten aufgrund ihres Habitus, ihrer Saisonalität, der Reproduktionscharakteristika und opportunistischem Verhalten ein:

ESG 1: In der Sukzession spät auftretende oder perennierende Formen

- Stark verzweigte und stark berindete Formen
- Dicke, lederartige und berindete Formen
- Verkalkte Formen
- Krustenförmige Formen einschließlich der epiphytischen und endophytischen Formen

ESG 2: Opportunistische oder annuelle Formen

- Einzellige und epiphytische, epizooische und endozoische mikroskopische Formen
- Blattförmige, dünne, Membranartige Formen
- Uniseriate filamentöse Formen
- Multiseriate und/oder berindete filamentöse Formen

Anteil Opportunisten

Der Parameter 'Anteil opportunistische Arten' setzt voraus, dass die Arten in der RSL als opportunistische oder nicht-opportunistische Arten eingeteilt werden. Hierzu sind jedoch in der RSL-Literatur von Wells *et al.* (2007) oder in Arbeiten anderer Autoren (Krause-Jensen *et al.* 2007) keine klaren Angaben zu finden. Es wird der übliche Ansatz genannt, dass opportunistische Algen solche sind, die gestörte Flächen leicht und schnell besiedeln, die hohe Reproduktionsraten haben und schnell wachsen. Es werden Arten wie *Blidingia* spp., *Chaetomorpha linum*, *Chaetomorpha mediterranea* (vormals *Rhizoclonium tortuosum*), *Enteromorpha* spp., *Pilayella littoralis*, *Porphyra* spp. genannt. Das Vorhandensein von opportunistischen Arten wird negativ bewertet und der Qualitätsfaktor verschlechtert sich je höher der Anteil an Opportunisten ist.

2.1.5 Bewertungstabellen für RSL-Index und Qualitätseinstufung

Jeder der oben genannten Parameter wird auf Basis der RSL errechnet und in einer Bewertungstabelle einer Kategorie zwischen 0 und 4 zugeordnet. Je nach Region werden verschiedene Bewertungstabellen benutzt, die sich neben der jeweiligen RSL vor allen Dingen durch die Klassengrenzen unterscheiden. Die in unseren Berechnungen angewendeten reduzierten Artenlisten, die GB-RSL für Südengland (Tabelle 2) und die EU-RSL für den europäischen Vergleich (Tabelle 3) verdeutlichen diesen Punkt.

Tab. 2: Indexberechnung und Bewertungstabelle für die RSL-Parameter für den Bereich Südengland (GB-RSL). Aus Wells (2004).

Qualitätskategorien	Schlecht	Unbefriedigend	Mäßig	Gut	Sehr gut
Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15
Anteil Rotalgen	0	< 40	N/A	40-50	> 50
ESG Wert	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1
Bewertungskategorien	0	1	2	3	4

Tab. 3: Indexberechnung und Bewertungstabelle für die RSL- Parameter für den internationalen Vergleich der beteiligten EU-Länder (EU-RSL). Aus Wells *et al.* (2006)

Qualitätskategorien	Schlecht	Unbefriedigend	Mäßig	Gut	Sehr gut
Anzahl Arten RSL	< 4	5 - 9	10 - 17	18 - 25	>25
Anteil Grünalgen %	100	100 - 41	40 - 31	30 - 21	≤ 20
Anteil Rotalgen %	0	1 - 19	20 - 29	30 - 39	≥ 40
ESG Wert	0	0.01 - 0.24	0.25 - 0.34	0.35 - 0.49	≥ 0.5
Anteil Opportunisten %	100	N/A	> 20	N/A	≤ 20
Küstenbewertung	N/A	15 - 18	12 - 14	8 - 11	1 - 7
Bewertungskategorien	0	1	2	3	4

Um den eigentlichen Index zu errechnen, werden die Bewertungsergebnisse jedes Parameters und der Küstenkorrekturfaktor addiert (Tabelle 4).

Tab. 4: Index-Berechnung anhand eines Beispiels (Momentaufnahme N-Watt)

Bewertungs-kategorien	Bewertungsschema GB-RSL					N-Watt	
	0	1	2	3	4	Wert des Parameters	Bewertung
Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35	49	4
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15	27	1
Anteil Rotalgen	0	< 40	N/A	40-50	> 50	45	3
ESG Wert Wells	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.53	1
ESG Wert Helg	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.69	2
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15	43	2
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1	14	2
Index							13

Gemäß einer Wertetabelle wird aus dem Index die Wasserqualität des untersuchten Gebietes klassifiziert (Tabelle 5). Der Index als Grundlage für die Einordnung in Kategorien gemäß der WRRL ist der maßgebliche Wert, der den Qualitätszustand beschreibt. Je höher der Index ausfällt, je höher ist die Qualitätsstufe.

Tab. 5: Schema für eine Zuordnung der vorgegebenen Qualitätskategorien aufgrund des ermittelten Index'.

Index aus Bewertungstabelle	0 - 4	5 - 8	9 - 13	14 - 18	19 - 24
Qualitätskategorie	Schlecht	Unbefriedigend	Mäßig	Gut	Sehr gut

2.2. Index 2: EEI nach Orfanidis zur Qualitätseinstufung gemäß WRRL

Der EEI (Ecological Evaluation Index) wurde entwickelt, um Veränderungen in der Struktur und Funktion von Übergangs- und Küstengewässern unter verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen zu quantifizieren (Orfanidis *et al.* 2003). Als Basis dient das ökologische Konzept, in dem innerhalb eines Ökosystems durch anthropogenen Stress wie Eutrophierung eine Verschiebung von einem sehr guten Zustand mit hoher Artenvielfalt und Klimaxarten hin zu einem schlechten Zustand, an

dem opportunistische Arten dominieren, stattfindet. Dieser Vorgang wird beim EEI über den Deckungsgrad von Makroalgen und das Verhältnis der daran beteiligten ESG1- oder ESG2-Arten kalkuliert. Es werden die mittleren Bedeckungsgrade aller gefundenen Algenspezies durch mehrfaches, saisonales Beprobieren über einen Zeitraum von einem Jahr in mehreren Teilgebieten eines Küstenabschnittes, den es zu beurteilen gilt, ermittelt. Diese Werte werden als absolute Abundanzen bezeichnet und entsprechend den zwei ESG sortiert. Die ESG Gruppierung erfolgt wie in Kapitel 2.1.4 beschrieben hauptsächlich aufgrund der r- und K-Strategie und funktionalen Faktoren wie Habitus und Vermehrungsstrategie. Innerhalb einer ESG werden alle Abundanzen addiert und ergeben den Wert für die jeweilige ESG. Um den ökologischen Zustand des beprobten Gebietes zu bestimmen, wird die durchschnittliche absolute Abundanz der jeweiligen ESG in einer Kreuzmatrix nichtlinear fünf ökologischen Statusklassen 'schlecht' bis 'sehr gut' zugeordnet (Tabelle 6).

Tab. 6: Bestimmung des EEI und der ökologischen Statusklassen in Abhängigkeit der Gesamtabundanzen aller Arten innerhalb einer ESG.

Mittlere absolute Abundanz = mittlere Bedeckung in %		Ökologische Statusklassen	EEI
ESG 1	ESG 2		
0 - 30	0 - 30	Mäßig	6
	> 30 - 60	Unbefriedigend	4
	> 60	Schlecht	2
> 30 - 60	0 - 30	Gut	8
	> 30 - 60	Mäßig	6
	> 60	Unbefriedigend	4
> 60	0 - 30	Sehr gut	10
	> 30 - 60	Gut	8
	> 60	Mäßig	6

Für die Berechnung der Fläche, die eine Algenart bedeckt, wurden bei Orfanidis *et al.* (2003) alle gesammelten Individuen nebeneinander ausgebreitet und deren eingenommene Fläche abgeschätzt. Somit können sich sehr hohe Werte insbesondere für flächige Thalli ergeben, die weit über eine 100%ige Bedeckung hinausgehen.

2.3. Index 3: Kombinationsmodell EEI und RSL

Als Erweiterung des EEI setzten wir in dieser von uns veränderten Methode die RSL-Listen zugrunde, um zu überprüfen, ob eine Vereinfachung des Ansatzes (geringerer Bestimmungsbedarf) zu vergleichbaren Resultaten in der Indexberechnung führt wie die Anwendung der Gesamtartenlisten. Die weitere Berechnung erfolgte entsprechend der EEI-Methode mit denselben Bewertungsgrenzen und Kategorien.

3 Material und Methoden

3.1 Datensätze

Taxonomische Angaben

Im Laufe der letzten Jahre wurden einige taxonomische Umbenennungen von Makroalgen vorgenommen, die auch die Artenliste Helgolands betreffen (Tabelle 7). Die in diesem Bericht verwendeten Artnamen entsprechen der gültigen Liste der Seaweed Database in AlgaeBase (Guiry & Guiry 2007). *Rhizoclonium tortuosum* ist deshalb noch nicht als *Chaetomorpha mediterranea* geführt, obwohl sie als solche in den RSL's auftaucht. Um Missverständnisse mit den bisherigen Datenerhebungen im Felswatt Helgolands zu vermeiden, wird der Name *Enteromorpha*-Zone beibehalten, auch wenn die Gattung *Enteromorpha* inzwischen mit *Ulva* zusammengefasst wurde.

Tab. 7: Nomenklatur einzelner Taxa.

Synonym	nach Algaebase gültiges Taxon
<i>Plumaria elegans</i>	<i>Plumaria plumosa</i>
<i>Chaetomorpha mediterranea</i>	<i>Rhizoclonium tortuosum</i>
<i>Enteromorpha</i>	<i>Ulva</i>

3.1.1 Datensatz 1: Momentaufnahme Artenreichtum

Im Juli 2006 wurden im N-Watt und in einem Teil des nördlichen W-Watts alle Makroalgenarten erfasst, die bei einer Begehung bei gutem Niedrigwasser im Eulitoral durch zwei Personen zu finden waren. Die Arten wurden bestimmt, herbarisiert und im Herbarium Helgoland hinterlegt.

Protokolldaten:

- Datum: 25.7.2006 und 26.7.2006
- Niedrigwasser: 19:56 MESZ
- Gebiet N-Watt: gesamtes N-Watt vom westlichen Eingang bis zur Nord-Mole (außer Bereich Lange Anna wegen Gefährlichkeit des Einsturzes)
- Gebiet W-Watt: im nördlichen Bereich vor Beginn der Nord-Mole
- Bearbeiter: Inka Bartsch, Ralph Kuhlenkamp, (Britta Munkes als Praktikantin)

Vorgehensweise:

Gemäß der Anleitung des RSL Index' gehen die Personen getrennt das Gebiet ab und registrieren jede Makroalgenart. Vorzugsweise wird in Art eines Transektes vom obersten Eulitoral bis zur Niedrigwasserlinie gegangen und jede neue Art aufgenommen. Falls manche Arten im Feld nicht eindeutig benannt werden können, sind Proben davon im Labor nachzubestimmen.

Artenliste:

Die während der beiden Wattgänge gefundenen Arten sind in Tabelle 8 gelistet und bildeten die Grundlage für weitere Berechnungen wie den RSL-Index. Es wurden im N-Watt wesentlich mehr Arten als im W-Watt gefunden, wobei der Unterschied am deutlichsten bei den Braunalgen zu verzeichnen ist. Den größten Anteil nehmen jeweils die Rotalgen ein.

Tab. 8: Fundliste Momentaufnahme Artenreichtum 'Helg2006'.

Arten	N-Watt	W-Watt	N-Watt W-Watt	Arten	N-Watt	W-Watt	N-Watt W-Watt
<i>Acrosiphonia arcta</i>		x	x	<i>Aglaothamnion hookeri</i>	x		x
<i>Blidingia minima</i>	x	x	x	<i>Ahnfeltia plicata</i>	x		x
<i>Chaetomorpha linum</i>	x		x	<i>Audouinella</i> sp.	x	x	x
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	x		x	<i>Ceramium deslongchampsii</i>	x		x
<i>Cladophora rupestris</i>	x	x	x	<i>Ceramium virgatum</i>	x	x	x
<i>Cladophora sericea</i>	x	x	x	<i>Chondrus crispus</i>	x	x	x
<i>Cladophora</i> sp.		x	x	<i>Corallina officinalis</i>	x	x	x
<i>Codium fragile</i>	x	x	x	<i>Cystoclonium purpureum</i>	x	x	x
<i>Prasiola</i> sp.	x	x	x	<i>Dumontia contorta</i>	x	x	x
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	x		x	<i>Haemescharia hennedyi</i>	x	x	x
<i>Rosenvingiella polyrhiza</i>	x		x	<i>Hildenbrandia rubra</i>	x	x	x
<i>Ulva (Enteromorpha) compressa</i> sensu Kornmann.	x	x	x	<i>Mastocarpus stellatus</i>	x	x	x
<i>Ulva (Enteromorpha) intestinalis</i>	x		x	<i>Membranoptera alata</i>	x		x
<i>Ulva (Enteromorpha) linza</i>	x	x	x	<i>Phymatolithon lenormandii</i>	x	x	x
<i>Ulva lactuca</i>	x	x	x	<i>Phymatolithon</i> sp. (non lenormandii)	x	x	x
<i>Cladostephus spongiosus</i>	x	x	x	<i>Plocamium cartilagineum</i>		x	x
<i>Dictyota dichotoma</i>	x	x	x	<i>Plumaria plumosa</i>	x	x	x
<i>Elachista fucicola</i>	x	x	x	<i>Polyides rotundus</i>		x	x
<i>Fucus serratus</i>	x	x	x	<i>Polysiphonia stricta</i>	x	x	x
<i>Fucus spiralis</i>	x	x	x	<i>Polysiphonia violacea</i> sensu Kornmann	x		x
<i>Fucus vesiculosus</i>	x	x	x	<i>Porphyra</i> sp. (<i>dioica</i> ?)	x		x
<i>Halidrys siliquosa</i>	x			<i>Porphyra leucosticta</i>		x	x
<i>Laminaria digitata</i>	x	x	x	<i>Porphyra umbilicalis</i>	x	x	x
<i>Laminaria digitata</i> Endophyt	x		x	<i>Rhodochorton</i> sp. (<i>purpureum</i> ?)	x		x
<i>Pilayella littoralis</i>	x		x	<i>Rhodomela confervoides</i>		x	x
<i>Ralfsia verrucosa</i>	x	x	x	<i>Rhodothamniella floridula</i>	x	x	x
<i>Sargassum muticum</i>	x	x	x				
<i>Sphacelaria radicans</i>	x		x	Artenreichtum	49	38	55
<i>Spongonema tomentosum</i>	x		x	Anzahl Grünalgen	13	10	15
				Anzahl Braunalgen	14	9	14
				Anzahl Rotalgen	22	19	26

3.1.2 Datensatz 2: Rastermonitoring

Seit 2005 wird ein festgelegtes Raster von etwa 140 Punkten im N-Watt Helgolands mittels eines Messquadrates ($0,25\text{m}^2$) beprobt, die Bedeckungsgrade der meisten Makroalgen erfasst und Angaben zum Artenvorkommen erhoben (siehe Bericht an das LANU-SH, Bartsch *et al.* 2005 sowie Daten AWI) (Tabelle 9). Die Daten wurden in 2005 über einen Zeitraum von vier Monaten erhoben (Juni – Oktober 2005). Die Beprobungen in 2006 erfolgten jeweils zu verschiedenen Jahreszeiten (Mai, Juli, Oktober) über einen Zeitraum von zwei Wochen und entsprechen gemäß den Vorgaben für eine RSL-Bewertung eher einer Momentaufnahme des Artenreichtums als die Daten aus 2005.

Die sehr umfangreichen quantitativen Daten liegen in georeferenzierten Tabellen vor, wo jedem Rasterpunkt die Artinfos und Abundanzen zugeordnet sind. Für 2005 sind diese Daten beim LANU hinterlegt, für 2006 beim AWI (unveröffentlicht).

Aufgrund der quantitativen Daten wurden die Messungen des Rastermonitoring sowohl zur Berechnung des RSL-Index' als auch für die Kalkulation des EEI eingesetzt.

Tab. 9: Fundliste Rastermonitoring 2005-2006.

Arten	2005	Mai 2006	Juli 2006	Okt 2006
<i>Acrosiphonia arcta</i>	x	x		
<i>Chaetomorpha linum</i>			x	
<i>Cladophora rupestris</i>	x	x	x	x
<i>Cladophora sericea</i>	x	x	x	
<i>Monostroma grevillii</i>		x		
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	x	x	x	x
<i>Ulva (Enteromorpha) compressa</i> sensu Kornmann	x	x	x	x
<i>Ulva (Enteromorpha) intestinalis</i>	x	x	x	x
<i>Ulva (Enteromorpha) linza</i>	x		x	
<i>Ulva lactuca</i>	x	x	x	x
<i>Cladostephus spongiosus</i>	x	x	x	x
<i>Elachista fucicola</i>			x	
<i>Fucus serratus</i>	x	x	x	x
<i>Fucus spiralis</i>			x	
<i>Fucus vesiculosus</i>	x	x	x	x
<i>Isthmoplea sphaerophora</i>		x		
<i>Kützingerella holmesii</i>				x
<i>Laminaria digitata</i>	x	x	x	x
<i>Petalonia zosterifolia</i>		x		
<i>Pilayella littoralis</i>	x	x	x	x
<i>Punctaria</i> sp.		x		
<i>Ralfsia verrucosa</i>	x	x	x	x
<i>Sargassum muticum</i>	x	x	x	x
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		x		x
<i>Sphacelaria radicans</i>		x	x	x
<i>Ahnfeltia plicata</i>	x	x	x	x
<i>Ceramium deslongchampsii</i>	x	x	x	x
<i>Ceramium virgatum</i>	x	x	x	x
<i>Chondrus crispus</i>	x	x	x	x
<i>Corallina officinalis</i>	x	x	x	x
<i>Cystoclonium purpureum</i>	x	x	x	
<i>Dumontia contorta</i>	x	x	x	
<i>Haemescharia hennedyi</i>	x	x	x	x
<i>Hildenbrandia rubra</i>	x	x	x	x
<i>Mastocarpus stellatus</i>	x	x	x	x
<i>Membranoptera alata</i>			x	x
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	x	x	x	x
<i>Phymatolithon</i> sp. (non lenormandii)	x	x	x	x
<i>Plocamium cartilagineum</i>				
<i>Plumaria plumosa</i>	x	x	x	x
<i>Polyides rotundus</i>				x
<i>Polysiphonia stricta</i>		x	x	x
<i>Porphyra</i> sp.		x		
<i>Rhodothamniella floridula</i>	x	x	x	x
Artenreichtum	29	36	34	30
Anzahl Grünalgen	8	8	8	5
Anzahl Braunalgen	7	12	10	10
Anzahl Rotalgen	14	16	16	15

3.1.3 Datensatz 3: Transekt- und Dauerquadrate des LANU

In den Jahren 2004 – 2006 beprobte das LANU-SH ein vorgegebenes Transekt im N-Watt und erfasste die Bedeckungsgrade der Makroalgen (Schubert 2006). Die Messquadrate von 0,25 m² wurden alle 2 m entlang einer Linie von etwa 200 m Länge vom oberen Eulitoral bis zur Niedrigwasserlinie ausgelegt (Transektdaten) und jeweils innerhalb von 2 Wochen beprobt. Die daraus resultierende Artenliste (Tabelle 10) wurde für die Kalkulation des RSL-Index' verwendet, die quantitativen Daten für die Berechnung des EEI'.

Zusätzlich wurden 3 Messquadrate quer zum Transekt beprobt, die in 7 Gruppen über eine Länge von etwa 150 m parallel zum Transekt verteilt wurden (Daten Dauerquadrate). Die Artenliste (Tabelle 11) sowie die quantitativen Daten wurden in gleicher Weise wie die Transektdaten für eine Bewertung herangezogen. Daten aus 2004 jedoch wurden keiner weiteren Berechnung zugeführt, da nur 14 Quadrate beprobt worden waren statt der 21 Messquadrate in 2005 und 2006. Es sollte vermieden werden, dass sich die Bewertung auf ungleiche Beprobungsmethoden stützt.

Tab. 10: Fundliste Transekt LANU 2004-2006.

Arten	2004	2005	2006
<i>Acrosiphonia arcta</i>		x	
<i>Cladophora rupestris</i>	x	x	x
<i>Cladophora sericea</i>	x	x	x
<i>Enteromorpha sp.</i>	x	x	x
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	x	x	x
<i>Ulva lactuca</i>	x	x	x
<i>Cladostephus spongiosus</i>	x		x
<i>Fucus serratus</i>	x	x	x
<i>Fucus vesiculosus</i>	x	x	x
<i>Laminaria digitata</i>	x	x	x
<i>Pilayella littoralis</i>			x
<i>Ralfsia sp.</i>	x	x	x
<i>Sargassum muticum</i>		x	x
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		x	
<i>Spongonema tomentosum</i>		x	

Arten	2004	2005	2006
<i>Ahnfeltia plicata</i>	x	x	x
<i>Ceramium virgatum</i>	x	x	x
<i>Ceramium deslongchampsii</i>		x	x
<i>Chondrus crispus</i>	x	x	x
<i>Corallina officinalis</i>	x	x	x
<i>Cystoclonium purpureum</i>		x	x
<i>Dumontia contorta</i>	x	x	x
<i>Haemescharia hennedyi</i>	x	x	x
<i>Hildenbrandia rubra</i>	x	x	x
<i>Phymatolithon laevigatum</i>		x	x
<i>Phymatolithon lenormandii</i>		x	x
<i>Phymatolithon purpureum</i>	x	x	x
<i>Mastocarpus stellatus</i>	x	x	x
<i>Membranoptera alata</i>	x		
<i>Plumaria plumosa</i>	x	x	x
<i>Polysiphonia stricta</i>		x	x
<i>Polysiphonia violacea</i>	x	x	x
<i>Rhodochorton purpureum</i>			x
<i>Rhodothamniella floridula</i>			x
Gesamtanzahl Arten	22	29	30
Anzahl Grünalgen	5	6	5
Anzahl Braunalgen	5	7	7
Anzahl Rotalgen	12	16	18

Tab. 11: Fundliste Dauerquadrate LANU 2005-2006.

Arten	2004	2005	2006
<i>Cladophora rupestris</i>	x	x	x
<i>Cladophora sericea</i>	x	x	x
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	x	x	x
<i>Ulva lactuca</i>	x	x	x
<i>Fucus serratus</i>	x	x	x
<i>Fucus vesiculosus</i>	x	x	x
<i>Laminaria digitata</i>			x
<i>Ralfsia verrucosa</i>	x	x	x
<i>Sargassum muticum</i>			x

Arten	2004	2005	2006
<i>Ahnfeltia plicata</i>	x		x
<i>Ceramium virgatum</i>			x
<i>Chondrus crispus</i>	x	x	x
<i>Corallina officinalis</i>	x	x	x
<i>Dumontia contorta</i>	x	x	x
<i>Haemescharia hennedyi</i>	x	x	x
<i>Hildenbrandia rubra</i>	x	x	x
<i>Mastocarpus stellatus</i>	x	x	x
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	x	x	x
<i>Phymatolithon</i> sp. (non <i>lenormandii</i>)		x	x
Artenreichtum	15	15	19
Anzahl Grünalgen	4	4	4
Anzahl Braunalgen	3	3	5
Anzahl Rotalgen	8	8	10

3.2 Anwendung der Indices auf Helgoländer Datensätze

3.2.1 Index 1: RSL-Index

Die Anwendung des RSL-Index' wurde in allen Punkten entsprechend den Vorgaben von Wells *et al.* (2006, 2007) durchgeführt und die Berechnungsschemata mit den Wertebereichen übernommen. Die Einteilung der Arten in ESG und Opportunisten wird in der Literatur jedoch nicht für alle Arten der RSL's gelistet. Somit haben wir eine Aufteilung in ESG's wie von Wells *et al.* (2007) beschrieben (ESG Wells) als auch gemäß unserer eigenen Einschätzung (ESG Helg) vorgenommen. Alle in Kapitel 3.1 beschriebenen Datensätze wurden nach dieser Methode getestet.

Als Ersatz für eine individuelle RSL für Helgoland wurde die Liste für Südengland genommen, da sie am ehesten in ihrer Artenzusammensetzung der Helgoländer Algenflora entspricht.

Ein wichtiger Punkt für die Einschätzung der Methode bestand darin, die Anwendung der RSL mit jener der Gesamtartenliste zu vergleichen, da die RSL einen geringeren Monitoringaufwand bedeuten würde. Als erster Berechnungsschritt wurde deshalb die RSL-Methode mit der Gesamtartenliste ausgeführt und dann mit den reduzierten Artenlisten.

Abfolge der Bearbeitung RSL (Arbeitsanweisung)

1. Für den Küstentyp Helgoländer Eulitoral wurden die strukturellen Küstenbewertungen getrennt nach N-Watt, W-Watt und den regionalen Beprobungsgebieten gemäß Vorlage durchgeführt und die Korrekturwerte ermittelt.
2. Alle Arten der Momentaufnahme Artenreichtum, des Rastermonitoring und der LANU-Transektdaten (ohne Abundanzen) wurden in getrennten Listen erfasst (Gesamtartenlisten; siehe Tabellen 8-11).
3. Im ersten Berechnungsansatz wurden die Gesamtartenlisten verwendet. Im zweiten wurden entsprechend der jeweiligen Original-RSL die Gesamtartenlisten gekürzt um Artenlisten zu erzeugen, in denen nur RSL-Arten aufgeführt waren.
4. Die vorhandenen Arten wurden in ESG1 und ESG2 eingeteilt und die Opportunisten gekennzeichnet.
5. Jede RSL wurde getrennt als Grundlage genommen und die folgenden floristischen Parameter berechnet: Artenreichtum, Anteil Rotalgen, Anteil Grünalgen, Anteil Opportunisten, ESG-Verhältnis.
6. Die Werte der Parameter einschließlich des Korrekturwertes Küstentyp wurden in das Schema zur Ermittlung der Qualitätsfaktoren eingetragen und der entsprechende Qualitätswert von 0 – 4 vergeben. Alle Qualitätswerte summiert ergaben den Index für das entsprechende Untersuchungsgebiet. Diese Prozedur wurde jeweils getrennt für die unterschiedlichen Szenarien durchgeführt.
7. Entsprechend des jeweils errechneten Index' wurde in einer gesonderten Tabelle die Qualitätsklasse von 'sehr gut' bis 'schlecht' ermittelt.

3.2.2 Index 2: EEI

Wie in der Darstellung der EEI-Methode beschrieben (siehe Kapitel 2.2), werden bei dieser Methode die Abundanzwerte aller in den Beprobungsquadraten angetroffenen Makroalgen benutzt. Da es bisher keine Angaben darüber gibt, wie groß die beprobte Fläche sein soll, wurden hier die quantitativen Werte des Rastermonitoring und der LANU Transekte verwendet.

Gemäß der EEI-Methode entsprechen die Daten des Rastermonitoring der Monate Mai, Juli und Oktober 2006 am ehesten der Vorgabe, dass der verwendete Datensatz auf mehreren saisonalen, möglichst monatlichen, Probenahmen über ein Jahr hinweg beruhen soll. Insofern wurden diese Daten im ersten Berechnungsansatz zusammengefasst als Jahresdatensatz analysiert. In einem zweiten Schritt wurden zu Vergleichszwecken die Datensätze des Rastermonitoring (2005; Mai, Juli, Okt 2006) einzeln einer Bewertung mittels des EEI unterzogen.

Weil das Probenraster ein Gebiet mit mehreren Zonen oder Gebieten unterschiedlicher Besiedlung umfasst, wurden die Daten als Gesamtheit, sowie entsprechend dieser Areale geteilt und getrennt bewertet. Ein wichtiges Teilareal ist die *Enteromorpha*-Zone im obersten Eulitoral (Bartsch et al. 2005) und die Zone in der *Fucus serratus* mit einer Bedeckung $\geq 90\%$ vorkommt.

Aus Vergleichsgründen wurde eine andere Beprobungsmethode in Form der Transekt-daten mit einbezogen, um heraus zu finden, ob ein kleineres Beprobungsgebiet ähnliche Resultate wie ein großflächiges Raster ergibt.

Abfolge der Bearbeitung EEI (Arbeitsanweisung)

1. Alle Arten des jeweiligen Datensatzes (Rastermonitoring 2005-2006 und LANU-Transekt-daten) wurden mit deren Abundanzen (Bedeckungsgrade in %) pro Messquadrat (eine Messung) in einer Liste erfasst (entspricht den Originaldaten).
2. Alle Bedeckungswerte wurden nach Arten getrennt summiert. Jedes Ergebnis stellte den prozentualen Anteil der Bedeckung der jeweiligen Spezies an allen Transektquadraten beziehungsweise an der gesamten Rasterfläche dar.
3. Die %-Summe der Bedeckung einer Spezies wurde durch die Anzahl der Messquadrate geteilt. Dieser Wert entspricht dem mittleren Bedeckungsgrad in % und wird auch als mittlere Abundanz bezeichnet.
4. Dann wurde jede Art einer ESG zugeordnet.
5. Die mittleren Bedeckungsgrade aller Arten innerhalb derselben ESG-Gruppe wurden aufsummiert und stellten den endgültigen Abundanzwert der jeweiligen ESG für das untersuchte Areal dar.
6. Beide ESG-Werte wurden als Grundlage für die Qualitätsbewertung gemäß der EEI-Matrix benutzt (siehe 2.2, Tabelle 6).

3.2.3 Index 3: Kombinationsmodell RSL-Abundanzen/EEI

Die Berechnung erfolgte wie beim EEI unter 3.2.2 dargestellt. Es wurde nur die GB-RSL benutzt, da sich aus den Berechnungen mittels der RSL-Methode ergab, dass der Ansatz mit der EU-RSL eine zu positive Bewertung zur Folge hatte.

3.3 Übersicht der Anwendungen

Mit jeweils unterschiedlichen Artenlisten und Datensätzen wurden neben den zwei primären Bewertungen, der RSL-Methode und dem EEI, auch das Kombinationsmodell angewendet (Tabelle 12). Bei der EEI-Methode wurde unterschieden in die Bewertung der zusammengefassten Daten der drei Monatsbeprobungen in 2006 und in die Einzeldatensätze.

Tab. 12: Übersicht der in den 3 Verfahren verwendeten Artenlisten und Datensätze.

Verfahren	Artenlisten		Qualitativer Datensatz Momentaufnahme	Quantitative Datensätze			
	Gesamt	RSL		Rastermonitoring		Transekte	Dauerquadrate
				Einzel- datensätze	Jahresdaten 2006		
1 RSL	x	x	x	x		x	x
2 EEI	x			x	x	x	
3 Kombination		x		x	x	x	

4 Ergebnisse

4.1 ESG Einteilung und Fundlisten

4.1.1 ESG

Den für diese Untersuchung maßgeblichen Helgoländer Algen wurden die jeweiligen ESG-Gruppen zugeordnet und der Status als opportunistische Art gekennzeichnet (Tabelle 13). Bei der Einordnung in die ESG hängt viel von der Einschätzung ab, welcher Gruppe die jeweilige Art zuzuordnen ist. Wie in Tabelle 13 gezeigt, ergeben die Einteilungen gemäß Wells *et al.* (2007) und eigener Einschätzung (ESG Helg) bei einigen Arten unterschiedliche Zuordnungen. Im N-Watt Helgolands ist die Grünalge *Cladophora rupestris* sehr standorttreu und kann bei gemäßigten Winterverhältnissen sogar ganzjährig mit perennierenden Beständen auftreten (Kornmann & Sahling 1977, persön. Beobachtungen). Somit wurde diese Alge von uns nicht, im Gegensatz zu Wells *et al.* (2007), in ESG2 und als Opportunist eingeordnet. Die unterschiedliche Einordnung mancher Arten hatte Auswirkungen auf die endgültige Qualitätskategorie bei einigen Bewertungen mittels des RSL-Index' (siehe 4.3.1.4, Tabelle 25).

Tab. 13: Artenliste Helgoland mit Zuordnung in ESG 1 oder 2 (gemäß Wells und Helgoländer Bearbeitern) und Kennzeichnung als Opportunist. Grau unterlegt: Arten mit unterschiedlicher ESG Einordnung.

Spezies	ESG Wells	ESG Helg	Opportunist Helg
<i>Aglaothamnion hookeri</i>	2	2	X
<i>Acrosiphonia arcta</i>	2	2	X
<i>Ahnfeltia plicata</i>	1	1	
<i>Audouinella</i> sp.	2	2	X
<i>Blidingia minima</i>	2	2	X
<i>Ceramium deslongchampsii</i>	2	2	X
<i>Ceramium virgatum</i>	2	2	X
<i>Chaetomorpha aerea</i>	2	2	X
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	2	2	X
<i>Chondrus crispus</i>	1	1	
<i>Cladophora albida</i>	2	2	X
<i>Cladophora rupestris</i>	2	1	
<i>Cladophora sericea</i>	2	2	X
<i>Cladostephus spongiosus</i>	2	1	
<i>Coccotylus truncatus</i>	1	1	
<i>Codium fragile</i>	2	2	X
<i>Corallina officinalis</i>	1	1	
<i>Cystoclonium purpureum</i>	1	1	
<i>Dictyota dichotoma</i>	2	2	
<i>Dumontia contorta</i>	2	2	X
<i>Elachista fucicola</i>	2	2	
<i>Fucus serratus</i>	1	1	
<i>Fucus spiralis</i>	1	1	
<i>Fucus vesiculosus</i>	1	1	
<i>Haemescharia hennedyi</i>	1	1	
<i>Halidrys siliquosa</i>	1	1	
<i>Hildenbrandia rubra</i>	1	1	
<i>Isthmoplea sphaerophora</i>	2	2	X
<i>Kützingerella holmesii</i>	2	2	
<i>Laminaria digitata</i>	1	1	
<i>Laminaria digitata</i> Endophyt	2	2	
<i>Mastocarpus stellatus</i>	1	1	
<i>Membranoptera alata</i>	1	1	
<i>Monostroma grevillii</i>	2	2	X
<i>Petalonia zosterifolia</i>	2	2	
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	1	1	
<i>Phymatolithon</i> sp. (non <i>lenormandii</i>)	1	1	
<i>Pilayella littoralis</i>	2	2	X
<i>Plocamium cartilagineum</i>	1	1	
<i>Plumaria plumosa</i>	2	2	
<i>Polyides rotundus</i>	1	1	
<i>Polysiphonia stricta</i>	2	2	
<i>Polysiphonia violacea</i> sensu Kornmann	2	2	
<i>Porphyra leucosticta</i>	2	2	X
<i>Porphyra</i> sp. (<i>dioica</i> ?)	2	2	X
<i>Porphyra umbilicalis</i>	2	2	X
<i>Prasiola</i> sp.	2	2	
<i>Punctaria</i> sp.	2	2	
<i>Ralfsia verrucosa</i>	1	1	
<i>Rhizoclonium riparium</i>	2	2	X
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	2	2	X
<i>Rhodochorton purpureum</i>	2	2	X
<i>Rhodomela confervoides</i>	2	2	
<i>Rhodothamniella floridula</i>	2	2	X
<i>Rosenvingiella polyrhiza</i>	2	2	
<i>Sargassum muticum</i>	1	1	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	2	2	
<i>Sphacelaria radicans</i>	2	1	
<i>Spongonema tomentosum</i>	2	2	X
<i>Ulva (Enteromorpha) compressa</i> sensu Kornm.	2	2	X
<i>Ulva (Enteromorpha) intestinalis</i>	2	2	X
<i>Ulva (Enteromorpha) linza</i>	2	2	X
<i>Ulva lactuca</i>	2	2	X

4.1.2 Vergleich der Fundlisten

Rastermonitoring 2005, Mai-Okt 2006

Die Gesamtzahl von 29 - 36 Arten für das Rastermonitoring liegt bei etwa 60 - 75% der bei einer einmaligen Begehung im Sommer gefundenen Arten des N-Watts (Tabelle 14). Allerdings sind bei der einmaligen Begehung auch Arten im obersten Eulitoral und in den Subhabitaten wie Priele mit eingeschlossen, wodurch sich die Artenzahl erheblich erhöhen kann.

LANU-Daten 2004-2006

In den Dauerquadraten der LANU Datensätze sind nur 31 - 39% der Arten aufgezeichnet worden, die bei einer Begehung im N-Watt gefunden wurden, was in etwa 41 - 52% der während des Rastermonitoring erfassten Arten entspricht (Tabelle 14). Die im gleichen Bereich liegenden Transektdaten ergeben einen Anteil von 45 - 61% der Gesamtartenzahl der bei einer einmaligen Aufnahme gefundenen Arten.

Tab. 14: Prozentuale Anteile der Gesamtartenzahlen im Vergleich zur Artenzahl der Momentaufnahme.

	Gesamtartenzahl	Prozentualer Anteil Momentaufnahme
Momentaufnahme	49	100 %
Rastermonitoring	29 - 36	60 - 75 %
Transektdaten	22 - 30	45 - 61 %
Dauerquadrate	15 - 19	31 - 39 %

4.2 Bewertung Küstentyp und Habitate

Gemäß den Vorgaben des RSL-Index¹ wurde für das N-Watt und W-Watt eine Bewertung der Küstenfaktoren durchgeführt (Tabelle 15). Aufgrund der unterschiedlichen Beprobungsareale und Habitate aus denen die Datensätze stammen, kamen nicht alle Faktoren zum Tragen. Beim Rastermonitoring und dem LANU-Transekt wurden keine Gezeitentümpel, Priele und Felskanten mit einbezogen während die LANU-Dauerquadrate auch Priele als Subhabitate beprobt hatten.

Tab. 15: Ermittlung des Küstenkorrekturwertes für die Beprobungsgebiete der Momentaufnahme Artenreichtum (N-Watt und W-Watt), des Rastermonitoring, des LANU Transektes und der Dauerquadrate.

	Werte-Vorgaben		Eingabe			Bewertung			Eingabe			Bewertung				
			N-Watt	W-Watt	N-Watt W-Watt	N-Watt	W-Watt	N-Watt W-Watt	Rastermonitoring	LANU Transekt	LANU Dauerquadrate	Rastermonitoring	LANU Transekt	LANU Dauerquadrate		
Spezielle Faktoren	Ja	Nein														
Vorhandensein von Trübung (nicht anthropogen)	0	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorhandensein von Sanderosion	0	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorhandensein von Kalkküste	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Hauptsächlicher Küstentyp																
Felskanten/herausragende Felsen/Plattformen	4		4	4	4				4	4	4					
Unregelmäßiger Felsen	3		3	3	3				3	3	3					
Felsblöcke, groß bis klein	3		3		3				3	3	3					
Steiler oder senkrechter Felsen	2		2	2	2											
Unspezifiziertes Hartsubstratum (hier: Flintstein, Beton)	1		1		1				1	1	1					
Kleine Felsstücke/Steine/Schotter/Kies	0		0	0	0	4	4	4	0	0	0	4	4	4		
Subhabitate																
Gezeitentümpel, breit, flach (>3m breit, <50 cm tief)	4		4	4	4											
Gezeitentümpel, groß (> 6 m lang)	4		4	4	4					4						
Gezeitentümpel, tief (50% > 100 cm tief)	4															
Gezeitentümpel, normale?	3		3	3	3					3						
Große Spalten	3															
Große Überhänge/senkrechter Felsen	2		2	2	2											
Andere Habitate	2															
Höhlen	1															
Keine	0					4	4	4	0	0		0	0	4		
Gesamtanzahl der Subhabitate																
0																
1																
2																
3																
>4			4	4	4	4	4	4	0	0	2	0	0	2		
Korrekturwert (Summe der Einzelbewertungen)						14	18	18				6	6	12		

Vergleichende Betrachtung von W-Watt und N-Watt

Für das N-Watt wurde der Faktor Trübung und Sanderosion als vorhanden gekennzeichnet, da sich Sand und Kiesablagerungen im gesamten Bereich finden lassen (Daten Rastermonitoring N-Watt, AWI). Der Faktor Sanderosion ist jedoch nicht dauernd wirksam, da bei ruhiger Wetterlage und geringer Wasserbewegung sowohl die Erosion des Buntsandsteins, insbesondere der offenen Felskanten im oberen Eulitoral, als auch die Trübung durch Sediment gering sind. Allerdings ist, häufig bei ruhiger Wetterlage und hohen Wassertemperaturen, der Detritusanteil durch Abbau von Driftalgen und Degradation der Biomasse der oberen *Enteromorpha*-Zone recht hoch und damit eine starke Trübung im Wasserkörper des eulitoralischen Bereichs zu verzeichnen (siehe Bartsch & Kuhlenkamp 2004, Bartsch *et al.* 2005).

Das W-Watt ist dagegen stärker exponiert und dem offenen Wasserkörper angebunden, so dass Detritus und Sandpartikel gleich abtransportiert werden können. Dadurch ist anzunehmen, dass sich Trübung und Erosion nur gering auswirken, was sich auch darin zeigt, dass das Wasser hier überwiegend klarer als im N-Watt ist (persönliche Mitteilung Kuhlenkamp).

Durch starke Felsabbrüche im N-Watt existieren kleine und große Felsblöcke sowie Betonstücke und Flintsteine. Obwohl diese Habitate im W-Watt nicht oder nur wenig vorhanden sind, wird aufgrund der Berechnungsweise für beide Gebiete der höchste Wert '4' vergeben, der sich schon allein aus dem Vorhandensein von Felskanten und Plattformen ergibt.

Die Unterschiede in den Subhabitaten haben keine Auswirkung auf eine Bewertung, da in beiden Gebieten breite Gezeitentümpel bzw. Kanäle vorkommen, die den höchsten Wert begründen. Die Anzahl der Subhabitats ist zwar leicht verschieden, da im W-Watt zusätzlich tiefe Gezeitenkanäle vorkommen. In beiden Bereichen liegen jedoch mindestens vier Subhabitats vor und somit ergibt sich ebenfalls der Wert '4' für beide Gebiete. Nur die Einschätzung von Erosion und Trübung bedingt einen unterschiedlichen Korrekturwert, das N-Watt erhält den Korrekturwert '14' und das W-Watt den Korrekturwert '18'. Dementsprechend wird das N-Watt bei der Berechnung des Index' im Vergleich zum W-Watt um einen Wert heraufgesetzt; von Kategorie 2 auf 1 (siehe Tabelle 17 und 18). Damit erfolgt gemäß dem RSL-Ansatz ein Ausgleich aufgrund unterschiedlicher Küstenbeschaffenheiten und in diesem Fall für die geringere Artenvielfalt im W-Watt, die auf Grund der räumlichen Nähe zwischen beiden Standorten nicht Ausdruck für eine schlechtere Wasserqualität sein sollte.

Korrekturwerte der Raster und Transekte

Der Korrekturwert für das N-Watt fällt bei den anderen Datensätzen sehr viel kleiner aus im Vergleich zum Datensatz Momentaufnahme und entspricht jeweils dem eingeschränkten Habitatvorkommen, die dem Raster oder den Transekten zugrunde lag. Die Probenahmen dieser beiden Datensätze beinhalten keine Gezeitentümpel oder Felskanten wodurch sich der Küstenkorrekturwert von 14 für das gesamte N-Watt bei der Momentaufnahme auf 6 für die Beprobungen des Rasters und der Transekte reduziert (Tabelle 15). Bei der nachfolgenden Berechnung des Index' resultiert daraus eine Bewertung des Küstenfaktors, die im Vergleich zum gesamten N-Watt um zwei Stufen höher liegt; statt 'mäßig' (Wert 1) ist die Einstufung 'sehr gut' (Wert 4) (siehe 4.3.1, Tabellen 20-21, 23-24). Dadurch werden die Ergebnisse des Rastermonitoring und der Transekte korrigiert, denn das RSL-Modell beinhaltet aufgrund umfangreicher Datenerhebungen, dass Gebiete mit wenigen Subhabitaten weniger Arten beherbergen.

4.3 RSL Bewertungsschema

4.3.1. Berechnungen auf Basis Gesamtartenliste

4.3.1.1 Datensatz: Momentaufnahme Artenreichtum Helgoland

In der Tabelle 16 wurde das am 25. und 26. Juli 2006 gefundene Artenspektrum in ESG Gruppen gemäß 'Wells' und 'ESG Helg' eingeteilt sowie eine Kategorisierung nach Opportunisten vorgenommen.

Tab. 16: Gesamtartenliste der Momentaufnahme Artenreichtum 2006. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen im N-Watt, W-Watt oder beiden. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Gesamtartenliste	N-Watt			W-Watt			N-Watt, W-Watt		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Acrosiphonia arcta</i>				x	2	2	x	2	2
<i>Blidingia minima</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Chaetomorpha linum</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Chaetomorpha mediterranea</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora sericea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladophora sp.</i>				x	2	2	x	2	2
<i>Codium fragile</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Prasiola sp.</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Rosenvingiella polyrhiza</i>		2	2					2	2
<i>Ulva (Enteromorpha) compressa sensu Kornmann</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva (Enteromorpha) intestinalis</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Ulva (Enteromorpha) linza</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1		2	1		2	1
<i>Dictyota dichotoma</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Elachista fucicola</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus spiralis</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Halidrys siliquosa</i>		1	1					1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Laminaria digitata Endophyt</i>		2	2					2	2
<i>Pilayella littoralis</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Ralfsia sp.</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Sargassum muticum</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Sphacelaria radicans</i>		2	1					2	1
<i>Spongonema tomentosum</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Aglaothamnion/Callithamnion</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1					1	1
<i>Audouinella sp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ceramium deslongchampsii</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Ceramium virgatum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Haemescharia hennedyi</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>		1	1					1	1
<i>Phymatolithon lenormandii</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Phymatolithon sp. (non lenormandii)</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Plocamium cartilagineum</i>					1	1		1	1
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Polyides rotundus</i>					1	1		1	1
<i>Polysiphonia stricta</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Polysiphonia violacea sensu Kornmann</i>		2	2					2	2
<i>Porphyra sp. (dioica?)</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Porphyra leucosticta</i>				x	2	2	x	2	2
<i>Porphyra umbilicalis</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Rhodochorton sp. (purpureum?)</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Rhodomela confervoides</i>					2	2		2	2
<i>Rhodothamniella floridula</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
Anzahl Opportunisten	21			13			24		
Anzahl Arten in ESG 1		17	20		16	18		19	22
Anzahl Arten in ESG 2		32	29		22	20		36	33
Gesamtanzahl Arten		49			38			55	
Anzahl Rotalgen		22			19			26	
Anzahl Grünalgen		13			10			15	

Nach der Umrechnung (Anhang, Tabelle 47) der in Tabelle 16 erarbeiteten floristischen Parameter wurde unter Anwendung des GB- oder EU-Bewertungsschemas und Einbindung des Küstenkorrekturwertes (Kap. 4.1.1) der jeweilige Index berechnet (Tabellen 17, 18). Die unterschiedlichen ESG-Einteilungen nach 'Wells' und 'Helg' sind in beiden Tabellen ersichtlich.

**Tab. 17: Momentaufnahme Artenreichtum 2006.
Indexberechnung nach GB-Bewertungsschema auf Basis Gesamtartenliste.**

Bewertungsschema GB-RSL						N-Watt		W-Watt		N-Watt und W-Watt	
Bewertungskategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35	49	4	38	4	55	4
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15	27	1	26	1	45	1
Anteil Rotalgen	0	< 40	N/A	40-50	> 50	45	3	50	3	47	3
ESG Wert Wells	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.53	1	0.73	2	0.53	1
ESG Wert Helg	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.69	2	0.99	3	0.67	2
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15	43	2	34	2	44	2
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1	14	2	18	1	18	1
Index ESG Wells							13		13		12
Index ESG Helg							14		14		13

**Tab. 18: Momentaufnahme Artenreichtum 2006.
Indexberechnung nach EU-Bewertungsschema auf Basis Gesamtartenliste.**

Bewertungsschema EU-RSL						N-Watt		W-Watt		N-Watt und W-Watt	
Bewertungskategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	< 4	5-9	10-17	18-25	>25	49	4	38	4	55	4
Anteil Grünalgen	100	100-41	40-31	30-21	≤ 20	27	3	26	3	45	1
Anteil Rotalgen	0	1-19	20-29	30-39	≥ 40	45	4	50	4	47	4
ESG Wert Wells	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	0.53	4	0.73	4	0.53	4
ESG Wert Helg	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	0.69	4	0.99	4	0.67	4
Anteil Opportunisten	100	N/A	> 20	N/A	≤ 20	43	2	34	2	44	2
Küstenbewertung	N/A	15-18	12-14	8-11	1-7	14	2	18	1	18	1
Index ESG Wells							19		18		16
Index ESG Helg							19		18		16

Ergebnisse Momentaufnahme Artenreichtum

Unterschied zwischen N-Watt und W-Watt?

Trotz unterschiedlicher Artenzahlen ergeben die Indexberechnungen mit dem GB-Schema keine Unterschiede zwischen N-Watt und W-Watt. Die ESG-Verhältnisse fallen im W-Watt zwar schlechter aus, werden aber durch den besseren Küstenwert wieder ausgeglichen. Das EU-Schema bewertet das N-Watt zwar höher als das W-Watt, allerdings nur mit einer Einheit Unterschied aufgrund einer höheren Küstentypbewertung. Damit decken sich die Berechnungen mit dem erwarteten Ergebnis, dass beide Gebiete eine ähnliche Wasserqualität haben sollten.

ESG-Werte

Die ESG-Bewertung laut 'Wells' zeigt niedrigere Werte als die ESG 'Helg' wodurch sich der Index im GB-Schema um eine Einheit verringert.

Aufgrund des wesentlich niedrigeren Grenzwertes für den ESG-Wert im EU-Schema ergeben die Bewertungen dieses Parameters immer 'sehr gut' (Wert 4), während im GB-Schema alle niedriger liegen und zwei Bewertungen nur 'unbefriedigend' erreichen.

Unterschiede zwischen GB- und EU-Schema

Obwohl die Anzahl Arten für beide Bewertungsschemata sehr hoch liegt und somit in der Bewertung immer der maximale Wert 4 erreicht wird, zeigen sich bei den anderen Parametern deutliche Unterschiede in der Berechnung aufgrund unterschiedlicher Grenzwerte. Im EU-Schema liegt der Index bis zu sechs Einheiten höher, was dementsprechend in der Qualitätsbewertung eine um bis zu zwei Kategorien höhere Einschätzung nach sich zieht (siehe 4.3.1.4). Der Anteil Rotalgen wird mit 'sehr gut' im EU-Schema eine Einheit besser bewertet während der Anteil Grünalgen sogar bis zu zwei Einheiten höher als im GB-Schema eingestuft wird ('gut' statt 'unbefriedigend'). Auch die ESG-Werte werden sehr unterschiedlich behandelt, im EU-Schema ergeben sich bis zu drei Einheiten höhere Bewertungen. Nur der Anteil der Opportunisten liegt in beiden Schemata gleich und wird als 'mäßig' eingestuft.

Wird die Bewertung auf Basis der gemeinsamen Parameter für das N- und W-Watt ausgeführt, zeigt sich eine leichte Verschlechterung des Indexwertes in beiden Bewertungsschemata. Der Hauptteil der Veränderung im EU-Schema ist im wesentlich höheren prozentualen Anteil an Grünalgen begründet, der sich im GB-Schema nicht auswirkt.

4.3.1.2 Datensatz: Rastermonitoring N-Watt Helgoland

In der Tabelle 19 wurde das während des Rastermonitoring in den Jahren 2005 - 2006 gefundene Artenspektrum in ESG Gruppen gemäß 'Wells' und 'Helg' eingeteilt sowie eine Kategorisierung nach Opportunisten vorgenommen.

Tab. 19: Gesamtartenliste des Rastermonitoring. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen in den entsprechenden Beprobungsmonaten. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Gesamtartenliste	2005			Mai 2006			Juli 2006			Okt 2006		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Acrosiphonia arcta</i>	x	2	2	x	2	2						
<i>Chaetomorpha linum</i>							x	2	2			
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora sericea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2			
<i>Monostroma grevillii</i>				x	2	2						
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva (Enteromorpha) compressa sensu Kormann</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva (Enteromorpha) intestinalis</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva (Enteromorpha) linza</i>	x	2	2				x	2	2			
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Elachista fucicola</i>								2	2			
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus spiralis</i>								1	1			
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Isthmoplea sphaerophora</i>				x	2	2						
<i>Kützingerella holmesii</i>											2	2
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Petalonia zosterifolia</i>					2	2						
<i>Pilayella littoralis</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Punctaria sp.</i>					2	2						
<i>Ralfsia verrucosa</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Sargassum muticum</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Scytosiphon lomentaria</i>					2	2					2	2
<i>Sphacelaria radicans</i>					2	1		2	1		2	1
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Ceramium deslongchampsii</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ceramium virgatum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	1		1	1		1	1			
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2			
<i>Haemescharia hennedyi</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>								1	1		1	1
<i>Phymatolithon lenormandii</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Phymatolithon sp. (non lenormandii)</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2		2	2
<i>Polyides rotundus</i>											1	1
<i>Polysiphonia stricta</i>					2	2		2	2		2	2
<i>Porphyra sp.</i>				x	2	2						
<i>Rhodothamniella floridula</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
Anzahl Opportunisten	12			14			12			8		
Anzahl Arten in ESG 1		14	16		14	17		16	19		15	18
Anzahl Arten in ESG 2		15	13		22	19		18	15		15	12
Gesamtanzahl Arten		29			36			34			30	
Anzahl Rotalgen		14			16			16			15	
Anzahl Grünalgen		8			8			8			5	

Nach der Umrechnung (Anhang, Tabelle 48) der in Tabelle 19 erarbeiteten floristischen Parameter wurde unter Anwendung des GB- oder EU-Bewertungsschemas und Einbindung des Küstenkorrekturwertes (Kap. 4.1.1) der jeweilige Index berechnet (Tabellen 20, 21). Die unterschiedlichen ESG-Einteilungen nach Wells und Helg sind in beiden Tabellen ersichtlich.

Tab. 20: Rastermonitoring.
Indexberechnung nach GB-Bewertungsschema auf Basis Gesamtartenliste.

Bewertungsschema GB-RSL						2005		Mai 2006		Juli 2006		Okt 2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
						Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35	29	3
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15	28	1	22	2	24	2	17	3
Anteil Rotalgen	0	< 40	N/A	40-50	> 50	48	3	44	3	47	3	50	3
ESG Wert Wells	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.93	3	0.64	2	0.89	3	1.00	4
ESG Wert Helg	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	1.23	4	0.89	3	1.27	4	1.50	4
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15	41	2	39	2	35	2	25	2
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1	6	4	6	4	6	4	6	4
Index ESG Wells						16		17		17		19	
Index ESG Helg						17		18		18		19	

Tab. 21: Rastermonitoring.
Indexberechnung nach EU-Bewertungsschema auf Basis Gesamtartenliste.

Bewertungsschema EU-RSL						2005		Mai 2006		Juli 2006		Okt 2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
						Anzahl Arten RSL	< 4	5-9	10-17	18-25	>25	29	4
Anteil Grünalgen	100	100-41	40-31	30-21	≤ 20	28	3	22	3	24	3	17	4
Anteil Rotalgen	0	1-19	20-29	30-39	≥ 40	48	4	44	4	47	4	50	4
ESG Wert Wells	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	0.93	4	0.64	4	0.89	4	1.00	4
ESG Wert Helg	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.23	4	0.89	4	1.27	4	1.50	4
Anteil Opportunisten	100	N/A	> 20	N/A	≤ 20	41	2	39	2	35	2	25	2
Küstenbewertung	N/A	15 - 18	12 - 14	8 - 11	1 - 7	6	4	6	4	6	4	6	4
Index ESG Wells						21		21		21		22	
Index ESG Helg						21		21		21		22	

Ergebnisse Rastermonitoring

Welche Faktoren verändern den Index und gibt es Unterschiede zwischen GB- und EU-Schema?

Beginnend mit den Daten in 2005 steigt der Index des GB-Schemas bis zum Oktober 2006 hauptsächlich aufgrund des abnehmenden Anteils an Grünalgen relativ kontinuierlich an. Die Betrachtung der Artenzahl der Grünalgen zeigt innerhalb des Jahres 2006 jedoch erst einen Anstieg von Mai auf Juli bei leicht erniedrigter Gesamtartenzahl ohne Auswirkung auf die Bewertung, um dann im Oktober stark zu fallen.

Im Mai 2006 liegt die Gesamtartenzahl so hoch, dass die Bewertung den Maximalwert von '4' erreicht, während die ESG-Werte wesentlich niedriger als in den anderen Beprobungszeiträumen ausfallen.

Eine Berechnung mittels des EU-Schemas ergibt Indexwerte, die bis auf den Oktober 2006 alle identisch sind. Im Oktober 2006 macht sich ebenfalls der niedrige Anteil an Grünalgen bemerkbar und erhöht den Index um eine Einheit im Vergleich zu den anderen Werten. Während der Index mittels des GB-Schemas von 16 bis 19 reicht, liegen die Werte im EU-Schema bei 21 (2005, Mai - Juli 2006) und 22 (Oktober 2006) und damit um 3 – 5 Einheiten höher.

ESG-Werte

Aufgrund der saisonalen Schwankungen der ESG2-Arten sind die ESG-Werte im Mai 2006 am niedrigsten, weil die Anzahl an ESG2-Arten von 15 in 2005 auf 22 zugenommen hatte während die Anzahl der ESG1-Arten über den gesamten Beobachtungszeitraum relativ konstant blieb (zwischen 14 und 16 Arten). Nur im GB-Schema haben diese Schwankungen jedoch eine Auswirkung auf den Index, das EU-Schema zeigt keine Unterschiede in der Bewertung.

4.3.1.3 Datensatz: Transektdaten und Dauerquadratmessungen LANU

In der Tabelle 22 wurde das im Rahmen des LANU Monitoring erfasste Artenspektrum in ESG Gruppen gemäß 'Wells' und 'Helg' eingeteilt sowie eine Kategorisierung nach Opportunisten vorgenommen.

Tab. 22: Gesamtartenliste der LANU-Daten. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen in den entsprechenden Beprobungsmonaten. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Gesamtartenliste	LANU Transekt						LANU Dauerquadrate								
	2004			2005			2006			2005			2006		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Acrosiphonia arcta</i>				x	2	2									
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1					2	1
<i>Cladophora sericea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Enteromorpha sp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2						
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1					2	1						
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1					1	1
<i>Pilayella littoralis</i>							x	2	2						
<i>Ralfsia verrucosa</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Sargassum muticum</i>					1	1		1	1					1	1
<i>Scytosiphon lomentaria</i>					2	2									
<i>Spongonema tomentosum</i>				x	2	2									
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1		1	1		1	1					1	1
<i>Ceramium deslongchampsii</i>				x	2	2	x	2	2						
<i>Ceramium virgatum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2				x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>					1	1		1	1						
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Haemescharia hennedyi</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>		2	2												
<i>Phymatolithon laevigatum</i>					1	1		1	1						
<i>Phymatolithon lenormandii</i>					1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Phymatolithon purpureum</i>					1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2						
<i>Polysiphonia stricta</i>					2	2		2	2						
<i>Polysiphonia violacea</i>		2	2		2	2		2	2						
<i>Rhodochorton purpureum</i>							x	2	2						
<i>Rhodothamniella floridula</i>							x	2	2						
Anzahl Opportunisten	6			9			10			4			5		
Anzahl Arten in ESG 1	11	13		15	16		15	17		10	11		13	14	
Anzahl Arten in ESG 2	11	9		14	13		15	13		5	4		6	5	
Gesamtanzahl Arten	22			29			30			15			19		
Anzahl Rotalgen	12			16			18			8			10		
Anzahl Grünalgen	5			6			5			4			4		

Nach der Umrechnung (Anhang, Tabelle 49) der in Tabelle 22 erarbeiteten floristischen Parameter wurde unter Anwendung des GB- oder EU-Bewertungsschemas und Einbindung des Küstenkorrekturwertes (Kap. 4.1.1) der jeweilige Index berechnet (Tabellen 23, 24). Die unterschiedlichen ESG-Einteilungen nach 'Wells' und 'Helg' sind in beiden Tabellen ersichtlich.

Tab. 23: LANU Transekt- und Dauerquadrat-Daten. Indexberechnung nach GB-Bewertungsschema auf Basis Gesamtartenliste.

Bewertungsschema GB-RSL						LANU Transekt						LANU Dauerquadrate			
						2004		2005		2006		2005		2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35	22	2	29	3	30	3	15	2	19	2
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15	23	2	21	2	17	3	27	1	21	2
Anteil Rotalgen	0	<40	N/A	40-50	> 50	55	4	55	4	60	4	53	4	53	4
ESG Wert Wells	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	1.00	4	1.07	4	1.00	4	2.00	4	2.17	4
ESG Wert Helg	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	1.44	4	1.31	4	1.31	4	2.75	4	2.80	4
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15	27	2	31	2	33	2	27	2	26	2
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1	6	4	6	4	6	4	12	2	12	2
Index ESG Wells						18		19		20		15		16	
Index ESG Helg						18		19		20		15		16	

Tab. 24: LANU Transekt- und Dauerquadrat-Daten. Indexberechnung nach EU-Bewertungsschema auf Basis Gesamtartenliste.

Bewertungsschema EU-RSL						LANU Transekt						LANU Dauerquadrate			
						2004		2005		2006		2005		2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	< 4	5-9	10-17	18-25	>25	22	3	29	4	30	4	15	2	19	3
Anteil Grünalgen	100	100-41	40-31	30-21	≤ 20	23	3	21	3	17	4	27	3	21	3
Anteil Rotalgen	0	1-19	20-29	30-39	≥ 40	55	4	55	4	60	4	53	4	53	4
ESG Wert Wells	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.00	4	1.07	4	1.00	4	2.00	4	2.17	4
ESG Wert Helg	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.44	4	1.31	4	1.31	4	2.75	4	2.80	4
Anteil Opportunisten	100	N/A	> 20	N/A	≤ 20	27	2	31	2	33	2	27	2	26	2
Küstenbewertung	N/A	15 - 18	12 - 14	8 - 11	1 - 7	6	4	6	4	6	4	12	2	12	2
Index ESG Wells						20		21		22		17		18	
Index ESG Helg						20		21		22		17		18	

Ergebnisse LANU-Daten

Welche Faktoren verändern den Index?

In beiden Bewertungsschemata (GB und EU) zeigen die Indexwerte mit fortschreitenden Beobachtungsjahren eine kontinuierliche Zunahme, die fast ausschließlich auf der von Jahr zu Jahr zunehmenden Gesamtartenzahl beruht (bei den Transektdaten in 2006 eine Zunahme um mehr als 35% gegenüber 2004). Obwohl sich die Anzahl an Grünalgenarten über die drei Beprobungsjahre kaum verändert hat, bewirkt die steigende Gesamtartenzahl einen niedrigeren prozentualen Anteil der Grünalgen im letzten Jahr und damit einen höheren (qualitativ besseren) Indexwert. Alle anderen Werte verändern sich nicht und sind in beiden Bewertungstabellen gleich.

ESG-Werte

Die ESG-Werte sind in allen Beprobungszeiträumen sehr hoch und es lassen sich keine Unterschiede in den Bewertungen differenzieren; alle Werte erreichen den höchsten Wert '4'. Teilweise wurde das Zweifache des ESG-Wertes berechnet, der in den beiden anderen Datensätzen verwendet wurde. Aus der Artenliste (siehe Tabelle 22) lässt sich ersehen, dass dies im Vergleich zu den Werten der Momentaufnahme (siehe Tabelle 16) oder des Rasters (siehe Tabelle 19) im geringen Anteil an ESG2-Arten in den LANU-Datensätzen begründet ist.

Unterschiede zwischen GB- und EU-Schema

Da im EU-Schema die Grenzwerte für die von den Artenzahlen abhängigen Werte niedriger als in der GB-Tabelle angesetzt sind, erreichen die Werte des Transektes trotz relativ geringer Artenzahlen eine höhere Bewertung als mit dem GB-Schema. Der EU-Index liegt immer um zwei Einheiten höher.

4.3.1.4 Gesamtartenliste: Einstufung in Qualitätskategorien gemäß WRRL

Für eine bessere Übersicht werden alle Ergebnisse aus den unterschiedlichen Datensätzen in Tabelle 25 aufgeführt und gemäß Schema von Tabelle 4 der jeweiligen Wasserqualitätskategorie 'Sehr gut' bis 'Mäßig' zugeordnet.

Tab. 25: Gesamtartenlisten. Endergebnisse der Einstufungen in Qualitätskategorien. Werte auf Basis der EU-RSL sind grau unterlegt.

Artenliste	Bewertungsgrundlage	Daten	Qualitätskategorie		Index	
			ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Momentaufnahme Artenreichtum 2006	GB RSL	N-Watt	mäßig	gut	13	14
		W-Watt	mäßig	gut	13	14
		N-Watt und W-Watt	mäßig	mäßig	12	13
	EU RSL	N-Watt	sehr gut	sehr gut	19	19
		W-Watt	gut	gut	18	18
		N-Watt und W-Watt	gut	gut	16	16
Rastermonitoring	GB RSL	2005	gut	gut	16	17
		Mai 2006	gut	gut	17	18
		Juli 2006	gut	gut	17	18
		Okt 2006	sehr gut	sehr gut	19	19
	EU RSL	2005	sehr gut	sehr gut	21	21
		Mai 2006	sehr gut	sehr gut	21	21
		Juli 2006	sehr gut	sehr gut	21	21
		Okt 2006	sehr gut	sehr gut	22	22
LANU Transekt	GB RSL	2004	gut	gut	18	18
		2005	sehr gut	sehr gut	19	19
		2006	sehr gut	sehr gut	20	20
	EU RSL	2004	sehr gut	sehr gut	20	20
		2005	sehr gut	sehr gut	21	21
		2006	sehr gut	sehr gut	22	22
LANU Dauerquadrat	GB RSL	2005	gut	gut	15	15
		2006	gut	gut	16	16
	EU RSL	2005	gut	gut	17	17
		2006	gut	gut	18	18

4.3.1.5 Ergebnisdiskussion Gesamtartenliste: Qualitätseinstufungen

Vergleich der Qualitätseinstufungen mittels GB- oder EU-Bewertungsschema

Generell fallen die Qualitätsbewertungen mittels des EU-Schemas höher aus als beim GB-Schema (Tabelle 25). Im EU-Schema werden in den beiden Datensätzen Momentaufnahme und Rastermonitoring die meisten Berechnungen eine Kategorie höher eingestuft als mit dem GB-Schema. Das N-Watt wird bei der Momentaufnahme immer als 'gut' oder 'sehr gut' bewertet, während das GB-Schema dieses Gebiet als 'gut' oder 'mäßig' einschätzt. Mit den LANU-Datensätzen zeigen sich kaum Unterschiede in der Anwendung der zwei Bewertungsschemata. Die Dauerquadrate werden immer als 'gut' eingestuft und die Transektdaten als 'sehr gut' bis auf die Daten in 2004, die im GB-Schema als 'gut' bewertet werden.

Vergleich der unterschiedlichen ESG-Einstufungen

Nur die mittels GB-Bewertungsschema bearbeiteten Daten der Momentaufnahme Artenreichtum zeigen einen Unterschied in der Qualitätskategorie je nach angewendeter ESG-Einordnung. Das N- und W-Watt werden jedes für sich mit der 'ESG Helg' als 'gut' bewertet, mit der 'ESG Wells' als 'mäßig'. Beide Gebiete zusammen werden in beiden Schemata als 'mäßig' eingestuft. Alle anderen Daten ergeben dieselbe Qualitätsstufe unabhängig von der ESG-Einordnung.

Gesamtergebnis

In Übereinstimmung mit der bisherigen Expertenmeinung und Analysen historischer Referenzzustände des Helgoländer Felswatts (Bartsch & Kuhlenkamp 2004) ergeben die Bewertungen der Momentaufnahme des N- und W-Watts mittels der GB-RSL einen 'guten' bis 'mäßigen' Zustand. Die Anwendung der ESG Einordnung nach Helg tendiert zu einer besseren Bewertung, jedoch sind die jeweiligen Indexwerte der beiden Methoden immer nur um eine Einheit verschieden auf einer Bewertungsskala von 0 bis 24.

Eine Bewertung mittels der EU-RSL ist in diesem Zusammenhang nicht zu befürworten, da sie zu weit von der bisherigen Einschätzung (Bartsch & Kuhlenkamp 2004) abweicht und beispielsweise für das N-Watt einen 'sehr guten' Zustand angibt.

4.3.2. Berechnungen auf Basis RSL-Artenliste

4.3.2.1 RSL-Datensatz: Momentaufnahme Artenreichtum Eulitoral Helgoland

In den Tabellen 26 und 27 wurde das am 25. und 26. Juli 2006 im Helgoländer N- und W-Watt gefundene Artenspektrum gemäß den reduzierten Artenlisten GB- und EU-RSL neu aufgestellt und eine Einteilung in ESG Gruppen gemäß 'Wells' und 'Helg' sowie eine Kategorisierung nach Opportunisten vorgenommen.

Tab. 26: GB-RSL Artenliste der Momentaufnahme Artenreichtum 2006. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen im N-Watt, W-Watt oder beiden. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Arten GB-RSL	N-Watt			W-Watt			N-Watt, W-Watt		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Blidingia</i> spp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Chaetomorpha mediterranea</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora sericea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Enteromorpha</i> sp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1		2	1		2	1
<i>Dictyota dichotoma</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Elachista fucicola</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus spiralis</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Halidrys siliquosa</i>		1	1					1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1					1	1
<i>Pilayella littoralis</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Ralfsia</i> sp.		1	1		1	1		1	1
<i>Aglaothamnion/Callithamnion</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1					1	1
<i>Ceramium virgatum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ceramium</i> sp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1
Krusten verkalkt		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>		1	1					1	1
<i>Plocamium cartilagineum</i>					1	1		1	1
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Polyides rotundus</i>					1	1		1	1
<i>Polysiphonia</i> sp.		2	2		2	2		2	2
<i>Porphyra umbilicalis</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Rhodomela confervoides</i>					2	2		2	2
<i>Rhodothamniella floridula</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
Anzahl Opportunisten	13			9			13		
Anzahl Arten in ESG 1		14	16		12	14		16	18
Anzahl Arten in ESG 2		19	17		16	14		10	18
Gesamtanzahl Arten		33			28			36	
Anzahl Rotalgen		16			16			19	
Anzahl Grünalgen		7			5			7	

Tab. 27: EU-RSL Artenliste der Momentaufnahme Artenreichtum 2006. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen im N-Watt, W-Watt oder beiden. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Arten EU-RSL	N-Watt			W-Watt			N-Watt, W-Watt		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Acrosiphonia arcta</i>				x	2	2	x	2	2
<i>Blidingia minima</i>	x	2	2	x	2	2		2	2
<i>Chaetomorpha spp.</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora spp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Codium fragile</i>	x	2	2		2	2	x	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva spp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1		2	1		2	1
<i>Dictyota dichotoma</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Elachista fucicola</i>		2	2		2	2		2	2
Filamentöse Braunalgen	x	2	2				x	2	2
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus spiralis</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Halidrys siliquosa</i>		1	1					1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Ralfsia verrucosa</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Sphacelaria spp.</i>		2	1					2	1
<i>Aglaothamnion hookeri</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1					1	1
<i>Audouinella sp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ceramium spp.</i>	x	2	2				x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1
Krusten verkalkt		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>		1	1					1	1
<i>Plocamium cartilagineum</i>					1	1		1	1
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Polydides rotundus</i>					1	1		1	1
<i>Polysiphonia spp.</i>		2	2		2	2		2	2
<i>Porphyra spp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Rhodomela confervoides</i>					2	2		2	2
Anzahl Opportunisten	12			8			12		
Anzahl Arten in ESG 1		14	17		13	15		16	19
Anzahl Arten in ESG 2		19	16		16	14		21	18
Gesamtanzahl Arten		33			29			37	
Anzahl Rotalgen		15			15			18	
Anzahl Grünalgen		7			7			8	

Nach der Umrechnung (Anhang; Tabellen 50, 51) der in den Tabellen 26 und 27 erarbeiteten floristischen Parameter wurde unter Anwendung des GB- oder EU-Bewertungsschemas und Einbindung des Küstenkorrekturwertes (Kap. 4.1.1) der jeweilige Index berechnet (Tabellen 28, 29). Die unterschiedlichen ESG-Einteilungen nach 'Wells' und 'Helg' sind in beiden Tabellen ersichtlich.

Tab. 28: Momentaufnahme Artenreichtum 2006. Indexberechnung nach GB-RSL Schema.

Bewertungsschema GB-RSL					N-Watt		W-Watt		N-Watt und W-Watt		
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35	33	3	28	3	36	4
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15	21	2	18	3	19	3
Anteil Rotalgen	0	<40	N/A	40-50	> 50	48	3	57	4	53	4
ESG Wert Wells	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.74	2	0.75	2	1.60	4
ESG Wert Helg	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.94	3	1.00	4	1.00	4
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15	39	2	32	2	36	2
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1	14	2	18	1	18	1
Index ESG Wells							14		15		18
Index ESG Helg							15		17		18

Tab. 29: Momentaufnahme Artenreichtum 2006. Indexberechnung nach EU-RSL Schema.

Bewertungsschema EU-RSL					N-Watt		W-Watt		N-Watt und W-Watt		
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	< 4	5-9	10-17	18-25	>25	33	4	29	4	37	4
Anteil Grünalgen	100	100-41	40-31	30-21	≤ 20	21	3	24	3	22	3
Anteil Rotalgen	0	1-19	20-29	30-39	≥ 40	45	4	52	4	49	4
ESG Wert Wells	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	0.74	4	0.81	4	0.76	4
ESG Wert Helg	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.06	4	1.07	4	1.06	4
Anteil Opportunisten	100	N/A	> 20	N/A	≤ 20	39	2	32	2	36	2
Küstenbewertung	N/A	15 - 18	12 - 14	8 - 11	1 - 7	14	2	18	1	18	1
Index ESG Wells							19		18		18
Index ESG Helg							19		18		18

Ergebnisse Momentaufnahme Artenreichtum

Unterschied zwischen N-Watt und W-Watt?

Gemeinsam mit einem höheren Anteil an Rotalgen und einem niedrigeren Anteil an Grünalgen bewirkt die bessere Küstentypeneinschätzung, dass der Index im GB-Schema für das W-Watt 1 oder 2 Einheiten höher ausfällt als für das N-Watt. Die Gesamtbetrachtung beider Gebiete ergibt den höchsten Wert in diesem Vergleich.

Im EU-Schema fallen die Werte für alle Gebiete identisch aus, bis auf den um eine Einheit erhöhten Index für das N-Watt aufgrund der höheren Küstenbewertung.

ESG-Werte

Wie schon bei der Bewertung mittels der Gesamtartenliste diskutiert, liegen die ESG-Werte im EU-Schema aufgrund der Grenzwerte immer beim Maximalwert '4', während im GB-Schema unterschiedliche Werte vergeben werden abhängig von der ESG-Methode. Die Einschätzung gemäß 'Wells' ergibt für beide Gebiete niedrigere Werte, bei der gemeinsamen Betrachtung von N- und W-Watt wird jedoch der Maximalwert für beide ESG-Einstufungen erreicht.

Unterschiede zwischen GB- und EU-Schema

Um bis zu fünf Einheiten höher liegen die Indexwerte für das N- und W-Watt im EU-Schema im Vergleich zu den Werten im GB-Schema. Ähnlich wie bei den Berechnungen mittels der Gesamtartenliste liegt der Grund hauptsächlich in den Grenzwerten des EU-Schemas, wodurch die Parameter höher bewertet werden als im GB-Schema.

4.3.2.2 RSL-Datensatz: Rastermonitoring N-Watt Helgoland

In den Tabellen 30 und 31 wurde das Artenspektrum, welches im Rahmen des Rastermonitoring erfasst wurde, gemäß den reduzierten Artenlisten GB- und EU-RSL neu aufgestellt und eine Einteilung in ESG Gruppen gemäß 'Wells' und 'Helg' sowie eine Kategorisierung nach Opportunisten vorgenommen.

Tab. 30: GB-RSL Artenliste des Rastermonitoring. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen in den entsprechenden Beprobungsmonaten. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Arten GB-RSL	2005			Mai 2006			Juli 2006			Okt 2006		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Chaetomorpha mediterranea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora sericea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2			
<i>Enteromorpha</i> sp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Elachista fucicola</i>								2	2			
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus spiralis</i>								1	1			
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Pilayella littoralis</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ralfsia</i> sp.		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Scytosiphon lomentaria</i>					2	2					2	2
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Ceramium</i> sp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ceramium virgatum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	1		1	1		1	1			
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2			
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
Krusten verkalkt		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>								1	1		1	1
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2		2	2
<i>Polysiphonia</i> sp.					2	2		2	2		2	2
<i>Rhodothamniella floridula</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
Anzahl Opportunisten	9			9			9			7		
Anzahl Arten in ESG 1		11	13		11	13		13	15		11	13
Anzahl Arten in ESG 2		12	10		14	12		14	12		12	10
Gesamtanzahl Arten		23			25			27			23	
Anzahl Rotalgen		12			13			14			12	
Anzahl Grünalgen		5			5			5			4	

Tab. 31: EU-RSL Artenliste des Rastermonitoring. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen in den entsprechenden Beprobungsmonaten. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Arten EU-RSL	2005			Mai 2006			Juli 2006			Okt 2006		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Acrosiphonia arcta</i>	x	2	2	x	2	2						
<i>Chaetomorpha</i> spp.							x	2	2	x	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora</i> spp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2			
<i>Enteromorpha</i> spp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Elachista fucicola</i>								2	2			
Filamentöse Braunalgen	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus spiralis</i>								1	1			
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Ralfsia verrucosa</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Scytosiphon</i> spp.					2	2					2	2
<i>Sphacelaria</i> spp.					2	1		2	1		2	1
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Ceramium</i> spp.	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina</i> spp.		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	1		1	1		1	1			
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2			
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
Krusten verkalkt		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>								1	1		1	1
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2		2	2
<i>Polysiphonia</i> spp.					2	2		2	2		2	2
<i>Porphyra</i> spp.				x	2	2						
Anzahl Opportunisten	6			7			7			5		
Anzahl Arten in ESG 1		11	13		11	14		13	16		11	14
Anzahl Arten in ESG 2		10	8		14	11		13	10		11	8
Gesamtanzahl Arten		21			25			26			22	
Anzahl Rotalgen		10			12			12			10	
Anzahl Grünalgen		5			5			5			4	

Nach der Umrechnung (Anhang; Tabellen 52, 53) der in den Tabellen 30 und 31 erarbeiteten floristischen Parameter wurde unter Anwendung des GB- oder EU-Bewertungsschemas und Einbindung des Küstenkorrekturwertes (Kap. 4.1.1) der jeweilige Index berechnet (Tabellen 32, 33). Die unterschiedlichen ESG-Einteilungen nach 'Wells' und 'Helg' sind in beiden Tabellen ersichtlich.

Tab. 32: Rastermonitoring. Indexberechnung nach GB-RSL Schema.

Bewertungsschema GB-RSL						2005		Mai 2006		Juli 2006		Okt 2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
						Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35	23	2
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15	22	2	20	2	19	3	18	3
Anteil Rotalgen	0	<40	N/A	40-50	> 50	52	4	52	4	52	4	45	3
ESG Wert Wells	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	0.92	3	0.79	2	0.93	3	1.00	4
ESG Wert Helg	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	1.30	4	1.08	4	1.25	4	1.75	4
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15	39	2	36	2	33	2	23	2
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1	6	4	6	4	6	4	6	4
Index ESG Wells							17		16		19		18
Index ESG Helg							18		18		20		18

Tab. 33: Rastermonitoring. Indexberechnung nach EU-RSL Schema.

Bewertungsschema EU-RSL						2005		Mai 2006		Juli 2006		Okt 2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
						Anzahl Arten RSL	< 4	5-9	10-17	18-25	>25	21	3
Anteil Grünalgen	100	100-41	40-31	30-21	≤ 20	24	3	20	4	19	4	18	4
Anteil Rotalgen	0	1-19	20-29	30-39	≥ 40	48	4	48	4	46	4	45	4
ESG Wert Wells	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.10	4	0.79	4	1.00	4	1.00	4
ESG Wert Helg	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.63	4	1.27	4	1.60	4	1.75	4
Anteil Opportunisten	100	N/A	> 20	N/A	≤ 20	29	2	28	2	27	2	23	2
Küstenbewertung	N/A	15 - 18	12 - 14	8 - 11	1 - 7	6	4	6	4	6	4	6	4
Index ESG Wells							20		21		22		21
Index ESG Helg							20		21		22		21

Ergebnisse Rastermonitoring N-Watt Helgoland

Welche Faktoren verändern den Index?

In beiden Bewertungstabellen zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der Indexwerte von 2005 bis Juli 2006, um dann im folgenden Beprobungsmonat Oktober 2006 wieder zu fallen. Die Ursache liegt im abnehmenden Anteil der Grünalgen von 2005 bis Oktober 2006 und einer hohen Artenzahl im Juli. Die Abnahme im Oktober begründet sich zudem in der geringen Artenzahl und dem niedrigem Anteil an Rotalgen. Im Vergleich der beiden Bewertungsschemata sind wiederum die Werte mittels des EU-Schemas wesentlich höher als beim GB-Schema.

ESG-Werte

Die ESG-Werte im EU-Schema liegen aufgrund der Grenzwerte immer beim Maximalwert '4', während im GB-Schema unterschiedliche Werte vergeben werden abhängig von der ESG-Methode. Die Einschätzung gemäß 'Wells' ergibt für alle Beprobungen bis auf Oktober 2006 niedrigere Werte ohne erkennbaren Trend. Die erhöhte Anzahl an ESG2-Arten im Mai 2006 führt jedoch gemäß 'ESG Wells' wiederum zum niedrigsten ESG-Wert.

4.3.2.3 RSL-Datensatz: Transektdaten und Dauerquadratmessungen LANU

In den Tabellen 34 und 35 wurde das Artenspektrum, welches im Rahmen des LANU Monitoring erfasst wurde, gemäß den reduzierten Artenlisten GB- und EU-RSL neu aufgestellt und eine Einteilung in ESG Gruppen gemäß 'Wells' und 'Helg' sowie eine Kategorisierung nach Opportunisten vorgenommen.

Tab. 34: GB-RSL Artenliste der LANU-Daten. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen in den entsprechenden Beprobungsmonaten. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Arten GB-RSL	LANU Transekt						LANU Dauerquadrate								
	2004			2005			2006			2005			2006		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Chaetomorpha mediterranea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora sericea</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Enteromorpha sp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2						
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1					2	1						
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1					1	1
<i>Pilayella littoralis</i>							x	2	2						
<i>Ralfsia sp.</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Scytosiphon lomentaria</i>					2	2									
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1		1	1		1	1					1	1
<i>Ceramium virgatum</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2				x	2	2
<i>Ceramium sp.</i>				x	2	2	x	2	2						
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>								1	1						
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
Krusten verkalkt		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>		2	2												
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2						
<i>Polysiphonia sp.</i>		2	2		2	2		2	2						
<i>Rhodothamniella floridula</i>							x	2	2						
Anzahl Opportunisten	6			7			9			4			5		
Anzahl Arten in ESG 1	10		11	10		11	11		12	8		9	10		11
Anzahl Arten in ESG 2	10		9	10		9	12		11	5		4	6		5
Gesamtanzahl Arten	20			20			23			13			16		
Anzahl Rotalgen	11			11			13			5			8		
Anzahl Grünalgen	5			5			5			4			4		

Tab. 35: EU-RSL Artenliste der LANU-Daten. Einordnung in die ESG-Gruppen zeigt das Vorkommen in den entsprechenden Beprobungsmonaten. Der jeweilige Anteil Opportunisten (Opp), Rotalgen und Grünalgen ist vermerkt.

Arten EU-RSL	LANU Transekt						LANU Dauerquadrate								
	2004			2005			2006			2005			2006		
	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg	Opp	ESG Wells	ESG Helg
<i>Acrosiphonia arcta</i>				x	2	2									
<i>Chaetomorpha spp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>		2	1		2	1		2	1		2	1		2	1
<i>Cladophora spp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Enteromorpha spp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2						
<i>Ulva lactuca</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	1					2	1						
Filamentöse Braunalgen							x	2	2						
<i>Fucus serratus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Laminaria digitata</i>		1	1		1	1		1	1					1	1
<i>Ralfsia verrucosa</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Scytosiphon spp.</i>					2	2									
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1		1	1		1	1					1	1
<i>Ceramium spp.</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2				x	2	2
<i>Chondrus crispus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Corallina officinalis</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Cystoclonium purpureum</i>					1	1		1	1						
<i>Dumontia contorta</i>	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2	x	2	2
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
Krusten verkalkt		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	1		1	1		1	1		1	1		1	1
<i>Membranoptera alata</i>		1	1												
<i>Polysiphonia sp.</i>		2	2		2	2		2	2						
<i>Plumaria plumosa</i>		2	2		2	2		2	2						
Anzahl Opportunisten	6			7			7			4			5		
Anzahl Arten in ESG 1		11	13		11	12		11	13		8	9		10	11
Anzahl Arten in ESG 2		10	8		11	10		11	9		5	4		6	5
Gesamtanzahl Arten		21			22			22			13			16	
Anzahl Grünalgen		5			6			5			4			4	
Anzahl Braunalgen		5			5			6			3			4	
Anzahl Rotalgen		11			11			11			6			8	

Nach der Umrechnung (Anhang; Tabellen 54, 55) der in den Tabellen 34 und 35 erarbeiteten floristischen Parameter wurde unter Anwendung des GB- oder EU-Bewertungsschemas und Einbindung des Küstenkorrekturwertes (Kap. 4.1.1) der jeweilige Index berechnet (Tabellen 36, 37). Die unterschiedlichen ESG-Einteilungen nach 'Wells' und 'Helg' sind in beiden Tabellen ersichtlich.

Tab. 36: LANU Transekt- und Dauerquadrat. Indexberechnung nach GB-RSL Schema.

Bewertungsschema GB-RSL						LANU Transekt						LANU Dauerquadrate			
						2004		2005		2006		2005		2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	0	< 14	14-25	26-34	≥ 35	20	2	20	2	23	2	13	1	16	2
Anteil Grünalgen	100	> 25	25-20	19-16	< 15	25	2	25	2	22	2	31	1	25	2
Anteil Rotalgen	0	<40	N/A	40-50	> 50	55	4	55	4	57	4	38	1	50	3
ESG Wert Wells	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	1.00	4	1.00	4	0.77	2	1.60	4	1.67	4
ESG Wert Helg	0	< 0.55	0.55-0.79	0.8-0.99	≥ 1.0	1.22	4	1.22	4	0.92	3	2.25	4	2.20	4
Anteil Opportunisten	100		> 15		≤ 15	30	2	35	2	39	2	31	2	31	2
Küstenbewertung	N/A	18-15	15-11	11-8	7-1	6	4	6	4	6	4	12	2	12	2
Index ESG Wells						18		18		16		11		15	
Index ESG Helg						18		18		17		11		15	

Tab. 37: LANU Transekt- und Dauerquadrat. Indexberechnung nach EU-RSL Schema.

Bewertungsschema EU-RSL						LANU Transekt						LANU Dauerquadrate			
						2004		2005		2006		2005		2006	
Bewertungs-kategorien	0	1	2	3	4	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert	Eingabe	Wert
Anzahl Arten RSL	< 4	5-9	10-17	18-25	>25	21	3	22	3	22	3	13	2	16	2
Anteil Grünalgen	100	100-41	40-31	30-21	≤ 20	24	3	27	3	23	3	31	2	25	3
Anteil Rotalgen	0	1-19	20-29	30-39	≥ 40	52	4	50	4	50	4	46	4	50	4
ESG Wert Wells	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.10	4	0.83	4	1.00	4	1.60	4	1.67	4
ESG Wert Helg	0	0.01-0.24	0.25-0.34	0.35-0.49	≥ 0.5	1.63	4	1.00	4	1.44	4	2.25	4	2.20	4
Anteil Opportunisten	100	N/A	> 20	N/A	≤ 20	29	2	32	2	32	2	31	2	31	2
Küstenbewertung	N/A	15 - 18	12 - 14	8 - 11	1 - 7	6	4	6	4	6	4	12	2	12	2
Index ESG Wells						20		20		20		16		17	
Index ESG Helg						20		20		20		16		17	

Ergebnisse LANU-Daten

Welche Faktoren verändern den Index?

In beiden Bewertungsschemata sind die Indexwerte der Dauerquadrate in 2006 am höchsten. Im EU-Schema ist dies im geringeren Anteil der Grünalgen im Vergleich zu 2005 begründet. Bei der Berechnung mittels des GB-Schemas wirken zusätzlich die Erhöhung der Artenzahl und der wesentlich höhere Anteil an Rotalgen dahingehend, dass der Index für 2006 um 4 Einheiten höher liegt als in 2005.

Bei der Bewertung der Transektdaten sind die Ergebnisse von 16 bis 18 für die Indices beim GB-Schema wesentlich niedriger als die vom EU-Schema, welches für alle Szenarien den gleichen Indexwert von 20 erzeugt. Hier sind es hauptsächlich die Grenzwerte für die ersten drei Parameter, Artenanzahl und Anteile Grün- oder Rotalgen, die eine höhere Klassifizierung bewirken.

ESG-Werte

Innerhalb der GB-Bewertungstabelle ergeben die Transektdaten für jeden Parameter identische Werte bei allen drei Probenahmejahren, bis auf die ESG-Werte, die in 2006 um 1 – 2 Einheiten niedriger als in den anderen Jahren liegen.

Die sehr hohen ESG-Werte bei den Dauerquadraten weisen auf einen hohen Anteil an ESG1-Arten hin und sind für eine Bewertung mit dem Maximalwert '4' verantwortlich.

Wie schon bei der Bewertung mittels der Gesamtartenliste diskutiert, erhalten im EU-Schema die ESG-Werte für alle Datensätze aufgrund der niedrigen Grenzwerte immer den Maximalwert '4'.

4.3.2.4 RSL-Artenlisten: Einstufung in Qualitätskategorien gemäß WRRL

Für eine bessere Übersicht werden alle Ergebnisse aus den unterschiedlichen Datensätzen in Tabelle 38 aufgeführt und gemäß Schema von Tabelle 4 der jeweiligen Wasserqualitätskategorie 'Sehr gut' bis 'Mäßig' zugeordnet.

Tab. 38: RSL-Artenlisten. Endergebnisse der Einstufungen in Qualitätskategorien. Werte auf Basis der EU-RSL sind grau unterlegt.

Artenliste	Bewertungsgrundlage	Daten	Qualitätskategorie		Index	
			ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Momentaufnahme Artenreichtum 2006	GB RSL	N-Watt	gut	gut	14	15
		W-Watt	gut	gut	15	17
		N-Watt und W-Watt	gut	gut	18	18
	EU RSL	N-Watt	sehr gut	sehr gut	19	19
		W-Watt	gut	gut	18	18
		N-Watt und W-Watt	gut	gut	18	18
Rastermonitoring	GB RSL	2005	gut	gut	17	18
		Mai 2006	gut	gut	16	18
		Juli 2006	sehr gut	sehr gut	19	20
		Okt 2006	gut	gut	18	18
	EU RSL	2005	sehr gut	sehr gut	20	20
		Mai 2006	sehr gut	sehr gut	21	21
		Juli 2006	sehr gut	sehr gut	22	22
		Okt 2006	sehr gut	sehr gut	21	21
LANU Transekt	GB RSL	2004	gut	gut	18	18
		2005	gut	gut	18	18
		2006	gut	gut	16	17
	EU RSL	2004	sehr gut	sehr gut	20	20
		2005	sehr gut	sehr gut	20	20
		2006	sehr gut	sehr gut	20	20
LANU Dauerquadrate	GB RSL	2005	mäßig	mäßig	11	11
		2006	gut	gut	15	15
	EU RSL	2005	gut	gut	16	16
		2006	gut	gut	17	17

4.3.2.5 Ergebnisdiskussion RSL-Artenlisten: Qualitätseinstufungen

Anwendung EU- oder GB-RSL

Ein Vergleich der Indexwerte (Tabelle 38) zeigt eine einheitliche Tendenz. Teilweise sind die resultierenden Qualitätseinstufungen identisch trotz verschiedener Parameter- und Indexwerte, andererseits sind deutliche Unterschiede je nach verwendeter RSL vorhanden, weil das EU-Schema die Qualität eine Stufe höher bewertet als das GB-Schema.

Auswirkung der ESG-Einteilung

Die unterschiedliche Einordnung der Arten in ESG's je nach Methode 'Wells' oder 'Helg' zeigt keine Auswirkung auf die Qualitätsstufe, obwohl manche Indexwerte je nach ESG-Methode um bis zu 2 Einheiten verschieden ausfallen.

Gesamtergebnis

Ähnlich der Endergebnisse auf Grundlage von Gesamtartenlisten ergeben sich bei der Anwendung von RSL-Listen eine höhere Einschätzung der Qualität wenn mit der EU-RSL bewertet wird statt mit der GB-RSL.

Insgesamt beurteilen beide Schemata entweder mit 'gut' oder 'sehr gut' und damit im Vergleich zu der bisherigen Bewertung des Helgoländer Eulitorals (Bartsch & Kuhlenkamp 2004) zu hoch. Die Einschätzung 'mäßig' mit dem Datensatz Dauerquadrate in 2004 beruht auf der sehr geringen Anzahl an Arten in den Probenahmen.

4.3.3 Ergebnisdiskussion RSL-Methode

Die endgültige Einordnung in eine Qualitätskategorie beruht auf der Indexberechnung ausgehend von den errechneten physikalischen und biologischen Parametern gemäß den Vorgaben der RSL-Methode. Insofern sind die Schemata zur Ermittlung des Index von großer Bedeutung. Sobald die Wertegrenzen anders gesetzt sind, ergeben sich deutliche Verschiebungen. Zudem werden je nach geographischer Region unterschiedliche RSL's benutzt. In unserem Ansatz haben wir die europäische Liste und die Artenliste für Südengland eingesetzt, da für die deutsche Küste und speziell Helgoland keine eigene RSL existiert. Als weitere Variation kommen die unterschiedlichen Einteilungen von Makroalgenarten in ESG1 und ESG2 zum Tragen.

Vergleich EU- und GB-Liste bezüglich Helgoländer Artenspektrum

Obwohl die RSL's nicht für Helgoland angepasst wurden, deckt ein relativ hoher Anteil dieser Listen das Artenspektrum in Helgoland ab. Von den zwei verwendeten RSL's erschien die EU-Liste für Helgoland im Vorfeld der Untersuchungen viel versprechender, da die Übereinstimmung der Arten mit dem Helgoländer Artenspektrum größer ist als mit der GB-RSL. Von den 69 Makroalgen in der GB-RSL sind 53 Arten und damit ein Anteil von etwa 77 % für Helgoland vermerkt. Über 60 %

(49 Arten) dieser Helgoländer GB-RSL Arten wurden während der Momentaufnahme der Artenvielfalt 2006 im N-Watt gefunden.

Ein Abgleich der EU-RSL mit den Helgoländer Arten ergibt einen wesentlich besseren Wert. Etwa 90 %, d.h. 46 der 52 EU-RSL Arten sind auch in Helgoland vertreten, wovon etwa 63 % (32 Arten) während einer einmaligen Begehung im N-Watt gefunden wurden. Da die beiden RSL sehr unterschiedliche Artenzahlen aufweisen (52 Arten in der EU-RSL und 69 Arten in der GB-RSL), ist die bessere Übereinstimmung des Artenspektrums zwischen EU-RSL und Helgoland nur bedingt aussagekräftig. Wegen ihrer geografischen Nähe zu Helgoland haben wir die südenenglische Liste bevorzugt und wurden durch die Bewertungsergebnisse bestätigt.

Übersicht Ergebnisse Indexwerte

In allen Berechnungskombinationen werden mittels des EU-Bewertungsschema höhere Indexwerte berechnet als mit dem GB-Schema (Abbildungen 1-3). Die Indices der gemeinsamen Betrachtung von N- und W-Watt sind bei Anwendung der RSL-Artenliste als einzige identisch in beiden Bewertungsschemata.

Das GB-Schema berechnet, trotz des lokalen Bewertungsschemas für Südengland, die Qualität des N-Watts (Datensatz Momentaufnahme) vergleichbar zu den bisherigen Erhebungen (Bartsch & Kuhlenkamp 2004), während die Indexberechnung mittels des Länderübergreifenden EU-Schemas immer 'sehr gut' ermittelt.

Zudem wird der Datensatz Momentaufnahme von den RSL-Schemata gegenläufig berechnet, im EU-Schema sind die Indexwerte mit beiden Artenlisten am höchsten für das N-Watt, während beim GB-Schema mit der RSL-Artenliste innerhalb des Datensatzes der Wert für das N-Watt am niedrigsten ist (Abbildung 1).

Eine Betrachtung der Daten des Rastermonitoring mittels des GB-Schemas ergibt zwar niedrigere Indexwerte als mit dem EU-Schema, allerdings werden alle mit 'gut' bis 'sehr gut' eingestuft (Abbildung 2). Die im GB-Schema und Gesamtartenliste gleichmäßig ansteigenden Indexwerte über den Zeitverlauf des Rastermonitoring scheinen eine saisonale Abhängigkeit der Bewertung wiederzugeben, ähnlich wie bei den mit der Gesamtartenliste berechneten Daten im EU-Schema, die ebenfalls für Oktober den höchsten Wert zeigen. Diese Tendenz ist jedoch bei den Bewertungskombinationen mit der RSL-Artenliste nicht zu sehen, in diesem Fall werden für Juli die höchsten Werte errechnet.

Innerhalb des GB-Bewertungsschemas verlaufen die Indexwerte für das LANU-Transekt je nach Artenliste gegenläufig, von 2004 bis 2006 steigen die Werte bei Anwendung der Gesamtliste, mit der RSL-Artenliste fallen die Werte (Abbildung 3). Bei den Dauerquadraten ergibt die Gesamtartenliste höhere Werte als die RSL-Liste (Abbildung 3), allerdings sind die Daten dieser Probenahmen kritisch zu sehen (siehe Diskussion) und nicht für einen Vergleich der Bewertungsverfahren geeignet.

Nicht immer werden die Unterschiede in den Indexwerten auch in der Qualitätseinstufung abgebildet, denn eine Kategorie umfasst 4 bis 6 Indexeinheiten.

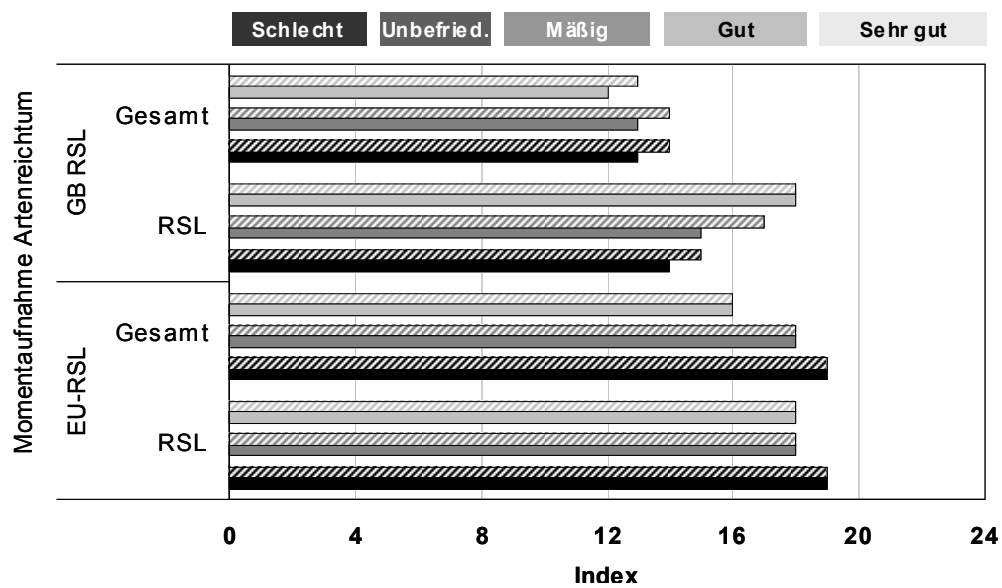


Abb. 1: Momentaufnahme Artenreichtum Helg.
Unterteilung Schemata GB-RSL und EU-RSL sowie Artenliste Gesamt und RSL.
Qualitätskategorien sind in ihrer Breite den Grenzwerten entsprechend dargestellt.
 Ausgefüllte Balken: ESG-Schema Wells, gerasterte Balken: ESG-Schema Helg.
 Balkenfarben: schwarz: N-Watt; grau: W-Watt; hellgrau: W-Watt und W-Watt.

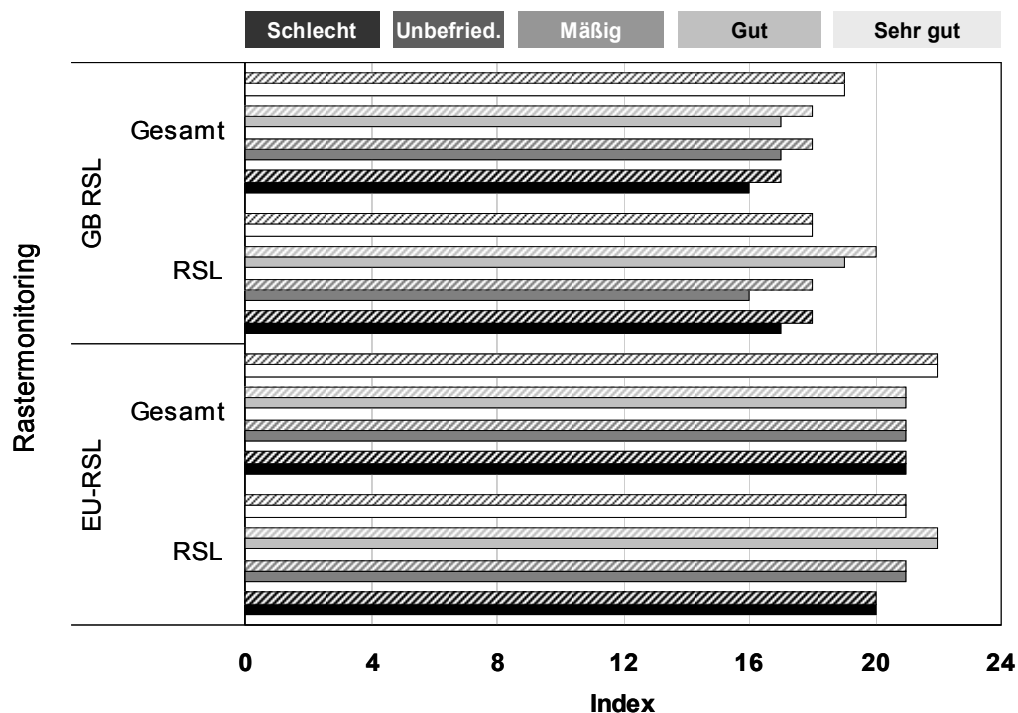


Abb. 2: Rastermonitoring. Vergleich der Indexwerte.
Unterteilung Schemata GB-RSL und EU-RSL sowie Artenliste Gesamt und RSL.
Qualitätskategorien sind in ihrer Breite den Grenzwerten entsprechend dargestellt.
 Ausgefüllte Balken: ESG-Schema Wells, gerasterte Balken: ESG-Schema Helg.
 Balkenfarben: schwarz: 2005; grau: Mai 2006; hellgrau: Juli 2006; weiß: Okt 2006.

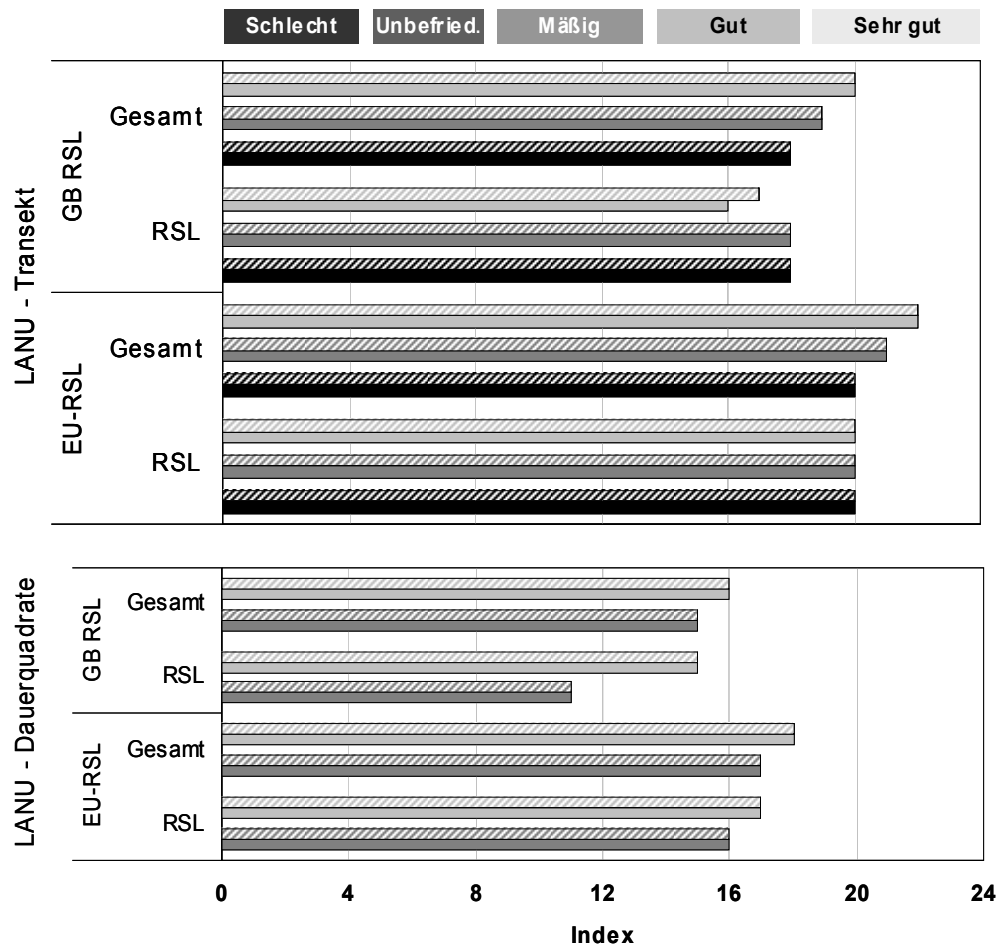


Abb. 3: Vergleich der Indexwerte, LANU-Daten.

Unterteilung Schemata GB-RSL und EU-RSL sowie Artenliste Gesamt und RSL.

Qualitätskategorien sind in ihrer Breite den Grenzwerten entsprechend dargestellt.

Ausgefüllte Balken: ESG-Schema Wells, gerasterte Balken: ESG-Schema Helg.

Balkenfarben: schwarz: 2004; grau: 2005; hellgrau: 2006.

Betrachtung der Ergebnisse für das N-Watt

In allen Datensätzen wurde das N-Watt mit vielen Probenahmen bearbeitet und ist das Hauptgebiet für ein Monitoring gemäß WRRL. Wenn die GB-RSL und ESG Wells als Methoden betrachtet werden, die unseren Berechnungen zufolge gute Ergebnisse erbringen (Tabelle 39), dann entsprechen nur die Bewertungen mit dem Datensatz Momentaufnahme der bisherigen Einstufung gemäß Bartsch und Kuhlenkamp (2004) von 'mäßig bis gut' wobei das Ergebnis mit der Gesamtartenliste 'gut' lautet und mit der RSL-Liste 'mäßig'. Allerdings liegen beide Indexwerte auf dem jeweiligen Grenzwert der entsprechenden Qualitätskategorie und damit nur eine Einheit auseinander. Insofern sind beide Bewertungen zwischen 'mäßig' und 'gut' einzustufen. Die anderen Datensätze ergeben Indexwerte, die mindestens 2 Einheiten höher liegen. Damit bewerten diese Datensätze den Zustand des N-Watts etwas besser als die Momentaufnahme oder sogar als 'sehr gut'. Die Werte der Dauerquadrate wurden aus Gründen der Datenlage nicht berücksichtigt (siehe 4.3.1.3).

Das N-Watt Helgolands ist jedoch aufgrund anthropogener Einflüsse nicht mehr als unberührter Standort mit einer nicht beeinflussten litoralen Benthosgemeinschaft zu beurteilen (Bartsch & Kuhlenkamp 2004). Insofern liegen die Bewertungen mittels der EU-RSL und -Bewertungsschema ein bis zwei Kategorien zu hoch und sind für eine Qualitätsbewertung des Helgoländer Eulitorals nicht geeignet. Es wird jedoch empfohlen, Helgoland in die NEA-GIG mit einzubeziehen und eine Anpassung der RSL und des Bewertungsschemas anzustreben, welches den Zustand der Wasserqualität besser widerspiegelt. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass die RSL-Index Methode durch eine Ausweitung beziehungsweise Verschiebung der Bewertungsgrenzen und Artenlisten in ihrer Anwendung weniger robust wird.

**Tab. 39: Qualitätsbewertungen auf Basis GB-Schema und ESG Wells.
Nur Datensätze für das N-Watt berücksichtigt.**

Datensatz	Daten	Artenliste	Qualitätskategorie	Index
Momentaufnahme Artenreichtum 2006	N-Watt	Gesamtliste	mäßig	13
		RSL	gut	14
Rastermonitoring	2005	Gesamtliste	gut	16
		RSL	gut	17
	Mai 2006	Gesamtliste	gut	17
		RSL	gut	16
	Juli 2006	Gesamtliste	gut	17
		RSL	sehr gut	19
	Okt 2006	Gesamtliste	sehr gut	19
		RSL	gut	18
LANU Transekt	2004	Gesamtliste	gut	18
		RSL	gut	18
	2005	Gesamtliste	sehr gut	19
		RSL	gut	18
	2006	Gesamtliste	sehr gut	20
		RSL	gut	16

4.4 EEI und Kombinationsmodell EEI/RSL

Das Berechnungsschema für diese beiden Methoden ist identisch bis auf die verwendete Artenliste. Die originale EEI-Methode mit der Gesamtartenliste wurde zudem mit den Jahresdaten und einmal mit den einzelnen Probenahmedatensätzen berechnet.

Wie aus den RSL-Bewertungsmethoden hervorgeht (siehe 4.3.3), ist die EU-RSL für eine Bewertung des Helgoländer N-Watts nicht zu befürworten und wurde deshalb im Kombinationsmodell nicht angewendet.

4.4.1 Matrix zur Ermittlung der Qualitätsstufe

Zur Bestimmung des EEI wird eine Matrix von Orfanidis benutzt (Tabelle 40), die sich aus dem Aufbau des EEI-Bewertungsschemas (Tabelle 5) ableitet. Die Qualitätskategorien werden aufgrund der berechneten Gesamtabundanzen der jeweiligen ESG ermittelt.

Tab. 40: Matrix zur Bestimmung der ökologischen Statusklasse von Übergangs- und Küstengewässern aufgrund der Einordnung der Arten in ESG gemäß Orfanidis et al. (2001, 2003). Abundanz ist als Bedeckungsgrad in % angegeben. Die Zahlen geben die metrischen Qualitätsstufen an.

Mittlere Abundanz von ESG 2	> 60	Schlecht 2	Unbefriedigend 4	Mäßig 6
	> 30 - 60	Unbefriedigend 4	Mäßig 6	Gut 8
	0 - 30	Mäßig 6	Gut 8	Sehr gut 10
		0 - 30	> 30 - 60	> 60
		Mittlere Abundanz von ESG 1		

4.4.2 Jahresdaten

Nur die saisonalen Datensätze des Rastermonitoring 2006 können zusammengefasst als Jahresdaten gemäß der EEI-Methode verwendet werden. Zu beachten ist jedoch, dass es keine monatlichen Datensätze sind, sondern nur drei Beprobungen innerhalb eines Jahres, die in etwa die drei Jahreszeiten Frühjahr, Sommer und Herbst abdecken.

4.4.2.1 Jahresdaten Rastermonitoring 2005 – 2006

Ausgehend von den mittleren Bedeckungsgraden für jede Art bezogen auf das gesamte Probenraster wurden die Gesamtabundanzen je ESG errechnet (Summe der Abundanzen aller Arten einer ESG). Es wurden beide ESG-Methoden (Wells und Helg) angewendet und die berechneten EEI-Werte in Tabelle 41 verzeichnet. Die Ergebnisse beruhen auf den kumulativen Abundanzwerten der drei Probenahmen in 2006 (Mai, Juli und Oktober) und sind jeweils mit der Gesamtartenliste und der GB-RSL als Basis berechnet worden.

Tab. 41: Jahresdaten EEI. Daten Rastermonitoring 2006.
Jährliche Gesamtabundanzen in %, Qualitätsstufen gemäß EEI-Matrix.

EEI auf Basis Gesamtarten und RSL	Gesamtliste		RSL	
	Wells	Helg	Wells	Helg
ESG 1	124	139	131	147
ESG 2	36	22	34	18
Bewertung	gut	sehr gut	gut	sehr gut

4.4.2.2 Ergebnisdiskussion Jahresdaten EEI

Die kumulativen Berechnungen der drei Probenahmen im Jahr 2006 (Tabelle 41) ergeben mittlere Abundanzen der ESG1-Gruppe von 124 % bis 147 %, die alle oberhalb des Maximum-Grenzwertes von 60 in der EEI-Matrix liegen (siehe Tabelle 40). Trotz unterschiedlicher Werte aufgrund der jeweils benutzten Methode können sie deshalb keine Auswirkung auf den EEI haben. Die relativ niedrigen ESG2-Gesamtabundanzen jedoch, ergeben bei Anwendung der 'ESG Wells' die Qualitätsstufe 'gut' und bei 'ESG Helg' die Stufe 'sehr gut'. Es zeigen sich keine Unterschiede durch Anwendung der zwei verschiedenen Artenlisten.

Die Unterschiede in den ESG2-Werten sind hauptsächlich in der Einordnung von *Cladophora rupestris* begründet, die bei unserer Einschätzung nicht als ESG1-Art eingeordnet wird. Diese Alge kommt mit relativ großen Bedeckungsgraden im N-Watt vor, insbesondere im dichten *Fucus serratus*-Bereich (Bartsch *et al.* 2005).

Im Vergleich zu den bisherigen Bewertungen des N-Watts (Bartsch & Kuhlenkamp 2004) sind die Qualitätsberechnungen mit den Jahresdaten tendenziell zu hoch, mit der Methode 'ESG Helg' wird sogar eine Kategorie höher eingestuft.

4.4.3.2 Ergebnisse und Ergebnisdiskussion Einzeldaten Rastermonitoring

Es sind nur in zwei Fällen verschiedene Qualitätskategorien aufgrund der zwei unterschiedlichen Artenlisten berechnet worden, ansonsten ergeben alle Berechnungen mit der Gesamtartenliste identische Werte wie mit der RSL.

ESG-Einordnung

Die Anwendung der 'ESG Helg' bedingt in allen Analysen höhere ESG2-Werte als mit 'ESG Wells' und in manchen Fällen daraus abgeleitet höhere Bewertungen. Unterschiede in den ESG1-Werten bleiben ohne Auswirkung auf die Bewertung gemäß EEI-Matrix, weil fast alle über dem Maximalwert von 60 liegen. Nur mit dem Datensatz *Enteromorpha*-Zone liegen alle ESG1-Werte deutlich unter 60, weisen jedoch nur geringe Unterschiede aufgrund der beiden ESG-Einordnungen auf, da *Cladophora rupestris* in diesem Gebiet kaum vorhanden ist (Daten Rastermonitoring, AWI).

Betrachtung des Gesamtgebietes

Insgesamt wird das N-Watt mittels der beiden EEI-Methoden als 'gut' bis 'sehr gut' eingestuft und somit etwa eine Qualitätskategorie höher als bei Bartsch & Kuhlenkamp (2004).

Mit der Methode 'ESG Wells' sind die Bewertungen mittels Gesamtartenliste und RSL identisch: die Daten 2005, Mai und Juli werden als 'gut' eingestuft und Oktober als 'sehr gut'. Die höhere Bewertung für Oktober beruht auf den niedrigen ESG2-Werten aufgrund geringer Abundanzen der Grün- und Rotalgen. Die ESG1-Werte sind ebenfalls stark reduziert im Vergleich zu den Juli-Werten, fallen jedoch nicht unter den Grenzwert von 60 für die oberste Klasse der ESG1 in der EEI-Matrix und haben somit keine direkte Auswirkung auf den EEI.

Die relative Abnahme des ESG1-Wertes von Juli bis Oktober fällt in den beiden *Fucus*-Untergebieten geringer aus als mit den Daten des Gesamtgebietes, im Gebiet mit weniger als 90 % *Fucus* steigt der Wert sogar an. Hinzu kommt, dass die ESG2-Werte dieser Gebiete relativ stärker abnehmen als die ESG1-Werte. Eine generell bessere Bewertung der Oktober-Daten aufgrund der Gesamtartenliste und ESG 'Wells' scheint somit gerechtfertigt zu sein. Es muss jedoch diskutiert werden, inwieweit die deutliche Abnahme der *Fucus*-Bestände im Oktober mit dieser Bewertung übereinstimmt.

Mittels ESG-Einordnung 'Helg' werden die vier Probenahmen bei Betrachtung des Gesamtgebietes alle als 'sehr gut' eingestuft, bis auf die Daten vom Mai, die mit 'gut' bewertet werden.

Betrachtung der Gebiete innerhalb des Rasters

Es wurde eine räumliche Unterteilung der Daten durchgeführt, da das Raster Besiedlungspolygone enthält, die sehr unterschiedlich in ihrer Struktur der Lebensgemeinschaften sind. Insbesondere die *Enteromorpha*-Zone im oberen Eulitoral ist konsistent in ihrer Ausbreitung und wird als charakteristische Gemeinschaft im N-Watt eingestuft ohne ein Anzeichen anthropogener Verschlechterung der Wasserqualität zu sein. Diese Zone wird vergleichbar zu den methodischen Vorgaben, die einen hohen Anteil an Opportunisten und Grünalgen als einen schlechten Zustand bewerten, durchweg als 'unbefriedigend' oder 'schlecht' eingestuft, obwohl der Anteil an ESG 1 Arten aufgrund der vorhandenen *Fucus*-Inseln recht hoch ist. Das restliche Gebiet ohne *Enteromorpha*-Zone erfährt nur für die Daten des Mai 2006 eine geringfügig höhere Einstufung im Vergleich zu den Gesamtdaten. Die Einbindung der *Enteromorpha*-Zone hat somit nur wenig Einfluss auf die Qualitätskategorie des gesamten Rasters, auch wenn dadurch die ESG1-Werte wesentlich geringer ausfallen, jedoch wie schon dargestellt nicht unter den Grenzwert der höchsten EEI-Stufe.

Das dichte *Fucus*-Gebiet mit einer Bedeckung von *Fucus serratus* $\geq 90\%$ wird als 'sehr gut' und die Gebiete mit wenig *Fucus*-Bedeckung ($\text{Fuc} < 90\%$) überwiegend als 'gut' eingestuft.

Die Kategorien 'gut' bis 'sehr gut' für das N-Watt sind aus demselben Grund wie für die RSL-Methode diskutiert wurde nicht gerechtfertigt. Auch die bei der ESG-Einteilung 'Wells' überwiegend als 'gut' eingestuften Bewertungen sind dementsprechend zu hoch, da die Gesamtabundanzwerte für die ESG1 Algengruppe immer sehr hoch liegen, sogar im Bereich mit wenig *Fucus*-Bedeckung ($\text{Fuc} < 90\%$) und deshalb eine niedrigere Qualitätsstufe ohne ein hohes Aufkommen an ESG2 Arten nicht möglich ist.

4.4.3.3 Einzeldaten LANU Transekt und Dauerquadrate 2005–2006

Die Daten des LANU Transektes und der Dauerquadrate wurden entsprechend der Analyse des Rastermonitoring (siehe 4.4.3.1) mit Hilfe des Original-EEI und des Kombinationsmodells bewertet (Tabelle 43). Eine Unterteilung der Daten in verschiedene Areale/Zonen wurde bei diesen Daten nicht durchgeführt, da das Transekt nur einen kleinen Gebiet des N-Watts abdeckte.

Tab. 43: Daten LANU Transekte und LANU Dauerquadrate.
Werte als Gesamtartbunzen in %, Qualitätsstufe gemäß EEI-Matrix.

EEI auf Basis Gesamtarten oder RSL			Gesamtliste		RSL	
			Wells	Helg	Wells	Helg
LANU Transekt	2005	ESG 1	116	127	110	121
		ESG 2	31	20	19	19
		sehr gut	sehr gut	gut	gut	
	2006	ESG 1	107	116	104	113
ESG 2		20	11	20	11	
		sehr gut	sehr gut	gut	gut	
LANU Dauerquadrate	2005	ESG 1	130	138	130	138
		ESG 2	41	33	41	33
		gut	gut	gut	gut	
	2006	ESG 1	112	120	111	119
ESG 2		24	16	24	16	
		sehr gut	sehr gut	gut	gut	

4.4.3.4 Ergebnisse und Ergebnisdiskussion Einzeldaten LANU

Die ESG-Einordnungen zeigen keinen Einfluss auf die Bewertung der LANU-Daten mittels der EEI-Methode. Deutlich sind jedoch die Auswirkungen der Gesamtartenliste zu erkennen, die alle Daten außer denen der Dauerquadrate in 2005 mit 'sehr gut' bewertet während die RSL als Basis genommen alle Bewertungen als 'gut' einstuft.

Die Bewertung durch das Kombinationsmodell der EEI-Methode entspricht zwar eher den Angaben von Bartsch & Kuhlenkamp (2004) als die Ergebnisse mit der Gesamtartenliste, sie berechnet jedoch tendenziell zu hohe Werte, insbesondere wenn die geringe Anzahl an Arten bedacht wird, auf die sich die Daten der Dauerquadrate stützen.

4.4.4 Diskussion EEI-Methode

Die Gesamtabundanzwerte der ESG1-Algenarten liegen bei den LANU Datensätzen insgesamt wesentlich niedriger als beim Rastermonitoring (siehe Tabellen 42 und 43). Beispielsweise liegen die Werte der Transektdaten 2005 zwischen 116 und 127 % und beim Rastermonitoring 2005 zwischen 148 und 169 %. Dies mag teilweise an dem geringen Anteil an der Gesamtfläche des N-Watts liegen, die die Messquadrate bei den LANU-Datensätzen abdecken, auch wenn die Anzahl der Proben sehr hoch ist.

Ein wichtiger Faktor sind jedoch die Bedeckungsgrade der Rotalgenkrusten als Anteil an den Abundanzwerten der ESG1-Arten, die im Vergleich zu den LANU-Datensätzen im Gesamtgebiet des Rastermonitoring etwa doppelt so hohe Werte erreichen (Tabelle 44), im Gebiet ohne die *Enteromorpha*-Zone bis zu 73 % höhere Werte. Ein Grund dafür ist sicherlich das kleinere Areal, welches durch das Transekt abgedeckt wurde. Eventuell lag ein relativ großer Teil der Messquadrate in Gebieten mit generell geringen Bedeckungsgraden an Krustenrotalgen wie der *Mytilus*-Zone oder der *Enteromorpha*-Zone (Daten Rastermonitoring, AWI).

Tab. 44: Mittlerer Bedeckungsgrad in % der Krustenrotalgen pro Messquadrat. Daten des Rastermonitoring und LANU –Messungen 2005-2006.

Datensatz	Rastermonitoring			LANU Transekt		LANU Dauerquadrate	
	2005	Mai 2006	Juli 2006	2005	2006	2005	2006
Gesamtgebiet	63	55	57	27	19	42	26
Gebiet ohne <i>Enteromorpha</i> -Zone	73	63	68				

5 Diskussion

RSL-Methode

ESG-Einordnung

Gemäß EU-Bewertungsschema ergeben sich trotz unterschiedlicher ESG-Einordnung einiger Algenarten keine Veränderungen im Index oder der Qualitätseinstufung, weil die ESG-Werte immer über dem obersten Grenzwert (Bewertungsstufe 4) des ESG1:ESG2-Verhältnisses von 0,5 liegen (siehe Anhang, Tabellen Parameterberechnungen). Im Gegensatz dazu verwendet das GB-Schema als obere Grenze den doppelt so hohen Wert 1,0 und kann somit einige der unterschiedlichen ESG-Werte auflösen. Eventuell müssen die Grenzwerte den Helgoländer Verhältnissen angepasst werden, denn es besteht die Möglichkeit, dass der Anteil an ESG1-Arten in Helgoland höher ist im Vergleich zu den in der englischen Datenbank bearbeiteten Küstengebieten, wodurch für die Bewertungsschemata zu hohe ESG-Werte berechnet werden.

Der Hauptunterschied zwischen den beiden ESG-Methoden beruht auf der Einordnung von *Cladophora rupestris*, die aufgrund ihrer relativ hohen Abundanzen je nach Zuordnung in ESG1 oder ESG2 den ESG-Wert deutlich beeinflusst. Wir sehen es als begründet an, *Cladophora rupestris* in ESG1 einzuordnen, weil diese Alge im N-Watt Helgolands den Großteil des Jahres vorhanden ist und nur wenig ihren Standort und ihre Ausbreitung insbesondere als understorey-Art des dichten *Fucus*-Bereiches verändert (Daten Rastermonitoring, AWI).

Gemäß dem Anspruch der Bewertungsverfahren, international vergleichbar zu sein, sollte die Einteilung von Arten in eine der ESG-Gruppen einheitlich erfolgen und in offen zugänglichen Listen bereitgestellt werden. Zu beachten ist jedoch, dass manche Arten bezüglich ihrer Reaktionen auf Umweltfaktoren phenotypisch unterschiedlich reagieren (South & Whittick 1987) und nicht dauerhaft einer ESG zugeordnet werden können. Viele Arten besitzen Krustenförmige Stadien mit anderen Eigenschaften als die aufrechte Pflanze oder reagieren je nach Habitatbeschaffenheit unabhängig von der Wasserqualität wie anhand von *Enteromorpha* im oberen Eulitoral des N-Watts dargestellt wurde (Bartsch & Kuhlenkamp 2004).

EU- oder GB-Bewertungsschema?

Aus allen Bewertungsszenarien lässt sich eindeutig ableiten, dass das EU-Bewertungsschema den Küstenbereich des Helgoländer N- und W-Watts zu positiv abbildet und somit nicht geeignet ist für die Einschätzung der momentanen Wasserqualität gemäß WRRL. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu der Intention der EU-RSL, die Liste für viele europäische Küsten von Portugal bis Norwegen zu verwenden (Wells *et al.* 2006). Helgoland ist ein sehr kleiner Standort und es bestehen keine Vergleichsmöglichkeiten mit nahe gelegenen Küstenstrichen, die das Erstellen einer RSL und Kalibrierung der Methode für Helgoland ohne Einschätzung von

Experten zulassen. Für eine weitere Bearbeitung muss die RSL-Methode für Helgoland spezifiziert und angepasst werden. Eventuell besteht die Möglichkeit, Helgoland in die bestehenden internationalen Vergleiche und Anwendungen auf Basis der RSL-Methode zu integrieren indem Korrekturfaktoren für bestimmte Parameter wie den ESG-Wert eingebaut werden.

Artenlisten

Die Bewertung des für die Methodenbetrachtung wichtigen Datensatzes Momentaufnahme verläuft mit beiden Artenlisten fast identisch. Insofern können wir die Aussage treffen, dass beide Listen mit ähnlichen Ergebnissen anwendbar sind. Für die Zwecke des Monitoring ist die RSL zu bevorzugen, da sie weniger Bestimmungsaufwand erfordert, allerdings muss sich in weiteren Tests zeigen, ob die Anwendung der GB-RSL den Zustand wirklich mit 'gut' im Grenzbereich zu 'mäßig' abbildet oder doch zu positiv bewertet. Die sinnvollste Vorgehensweise wäre die Erstellung einer spezifischen Helgoländer RSL, denn die Einbindung in die internationale EU-RSL bildete die Helgoländer Situation im Eulitoral zu positiv ab.

Datensätze

Es werden im Weiteren nur die Bewertungen auf Basis des GB-Berechnungsschemas und ESG 'Wells' betrachtet, da die EU-RSL sich als wenig geeignet erwiesen hat und die Einteilung gemäß ESG 'Helg' in manchen Fällen zu hohe Qualitätsstufen bewirkt.

Momentaufnahme Artenreichtum

Dieser Datensatz wurde genau nach der Vorgabe von Wells et al. (2007) erhoben, die eine einmalige Begehung des zu untersuchenden Küstenabschnittes fordert. Es ergaben sich identische Qualitätskategorien für beide Gebiete, N- und W-Watt, und auf Basis der Gesamtartenliste entsprechen sie der bisherigen Einschätzung von Bartsch & Kuhlenkamp (2004). Obwohl im W-Watt der Anteil an Grünalgen und Opportunisten geringer und der Anteil an Rotalgen höher war als im N-Watt, wird die Wasserqualität der beiden Küstenabschnitte identisch bewertet, was aufgrund der Nähe der beiden Abschnitte zueinander zu erwarten ist. Das N-Watt zeigt jedoch ein höheres Artenvorkommen, wahrscheinlich bedingt durch das höhere Angebot an Substrata wie Flintstein und Betonreste von zerstörten Bauwerken. Zudem zeigen Standorte mit sich wiederholenden leichten Störungen eine höhere Artenvielfalt als solche mit gleichmäßigen Zuständen (Davies & Wilce 1987, Sousa 1984).

Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, ob die Qualitätskategorie bei mehrfachen Bewertungsabläufen gleich ausfällt, denn es ist ebenfalls möglich eine unterschiedliche Bewertung der beiden Küstenabschnitte zu postulieren, da im N-Watt ein geringerer Austausch des lokalen Wasserkörpers stattfindet und damit Abbauprozesse der Driftbiomasse und der Eintrag von Ammonium durch die Vogelkolonien wahrscheinlich einen generell höheren Nährstoffgehalt bedingen. Es besteht deshalb die Möglichkeit, dass der exponierte westliche Bereich die

Wasserqualität des Wasserkörpers N5 besser abbildet als der geschützte Nordbereich. Obwohl das W-Watt schwerer zugänglich ist und auch partielle Zugangsbeschränkungen auf Grund der geschützten Vogelkolonie aufweist, wird empfohlen, diesen Bereich in zukünftige Untersuchungen stärker einzubeziehen.

Rastermonitoring

Die Daten aus 2005 wurden über einen Zeitraum von einigen Monaten gesammelt und entsprechen damit nicht dem Parameter 'Artenreichtum' sondern stellen eher eine 'kumulative Liste' dar. Trotzdem sind die Qualitätskategorien nicht verschieden verglichen mit den Daten aus 2006, in denen die Beprobungszeiträume jeweils nur etwa zwei Wochen betragen.

Mittels dieses Datensatzes liegen die Qualitätseinstufungen des N-Watts etwa eine Kategorie höher als die der Momentaufnahme und somit zu hoch im Vergleich zur bisherigen Bewertung (Bartsch & Kuhlenkamp 2004).

Obwohl die Abundanzen der dominanten und sehr häufigen Art *Fucus serratus* sich im Oktober um etwa 25 % reduziert haben, verglichen mit Juli (Daten Rastermonitoring, AWI), wird dies in der RSL-Methode nicht erfasst. Eventuell ist es jedoch ein Zeichen für die Robustheit der RSL-Methode, die erst bei Veränderung mehrerer Parameter eine Veränderung der Wasserqualität dokumentiert und auf die relative Reduzierung der Abundanz von ESG1-Arten nicht sofort reagiert.

LANU Datensätze

Die Daten der Dauerquadrate sind aufgrund der geringen Zahl von 13-16 Arten laut RSL-Artenliste (15-19 Arten in der Fundliste) als Grundlage für eine Bewertung des Helgoländer N-Watts gemäß RSL-Index nicht zu empfehlen. Im gleichen Beprobungsmonat zeigt der Datensatz Rastermonitoring mit 23-27 Arten auf Basis der GB-RSL fast doppelt so viele Arten und 29-36 Arten in der Fundliste. Zu geringe Artenzahlen verschlechtern den Index überproportional und verfälschen die Aussage, wenn es sich nicht um die Bewertung einer als 'schlecht' beurteilten Küste handelt, die durch Qualitätsverlust des Wasserkörpers eine geringe Artenzahl aufweist (Wells *et al.* 2007). Die sehr niedrigen Indexwerte der Dauerquadrate aufgrund geringer Artenzahlen und damit erhöhter relativer Anteile an Grünalgen werden durch den sehr hohen ESG-Wert wieder aufgefangen. Sehr hohe ESG1 und niedrige ESG2-Artenzahlen tragen somit dazu bei, ähnliche Indexwerte wie beim Datensatz Momentaufnahme zu berechnen. Allerdings bilden ESG-Werte, die weit über den Grenzwerten der Berechnungsschemata und derer anderer Datensätze liegen, das Artenspektrums sicher nicht korrekt ab.

Der Transektdatensatz ist mit 19 – 23 Arten gemäß GB-RSL wesentlich umfangreicher und lässt erwarten, dass die Berechnung der floristischen Parameter wie ESG-Verhältnis, Anteil Opportunisten etc. besser abgesichert ist. Wie die endgültige Qualitätsbewertung zeigt, ergibt dieser Datensatz ähnliche Werte wie das Rastermonitoring und ist nur mit modifizierten Bewertungs-schemata anwendbar.

Vergleich der Datensätze

Einen maßgeblichen Anteil an den unterschiedlichen Ergebnissen der verschiedenen Datensätze ist in dem Küstentyp-Parameter begründet, der die Daten des Rastermonitoring und der LANU-Daten aufgrund der geringeren Habitatanzahl um zwei Indexeinheiten besser bewertet. Außerdem ist der Anteil an ESG2-Arten in diesen Datensätzen wesentlich geringer (siehe Anhang, Tabellen Parameterberechnungen), weil aufgrund der kleineren Beprobungsfläche weniger der seltenen Makroalgen oder solcher mit geringer Verbreitung im N-Watt erfasst werden. Um diese Datensätze weiterhin für die RSL-Methode zu verwenden, sollten die Parameter mit Korrekturwerten versehen werden.

Saisonalität

Im Gegensatz zu den anderen Datensätzen, deren Probenahmen nur einmal im Jahr erfolgten, erlaubt der Datensatz des Rastermonitoring von 2006 die Analyse möglicher saisonaler Einflüsse auf die Qualitätsbewertung. Bisher lässt sich jedoch keine zuverlässige Aussage darüber machen, inwieweit eine saisonal veränderte Makroalgenzusammensetzung die Qualitätseinstufung beeinflusst. Die Daten von Herbst 2005 bis Oktober 2006 mit der Methode ESG 'Wells' steigen zwar kontinuierlich von 16 auf 19 an, jedoch müssen wir annehmen, dass die Wasserqualität von saisonal verschiedenen Probenahmepunkten in etwa gleich bewertet werden sollte, weil eine Veränderung der Wasserqualität innerhalb kurzer Zeit (Monate) nicht zwingend eine Veränderung der Makroalgencommunity in ebenso kurzer Zeit bedingt. Wenn wir annehmen, dass sich die Wasserqualität im Probenzeitraum bezüglich Nährstoffe, Sauerstoffgehalt und anderen WRRL-Qualitätsparametern nicht anders verhalten hat, als in mittelfristigen Datenserien ermittelt wurde (siehe in Bartsch & Kuhlenkamp 2004), dann ist eine kurzfristige Qualitätsverbesserung von Herbst 2005 bis Oktober 2006 wie sie bei den Rastermonitoringdaten mittels GB-Schema und Gesamtartenliste erkennbar ist, nicht zu erwarten. Es wurden zwar in der Literatur monatliche Messungen einer schottischen Station (Westküste Großbritanniens) dargestellt, die aufgrund der geringen Anzahl an Grünalgen und Opportunisten eine leichte Qualitätsverbesserung in den Wintermonaten verzeichneten (Wells *et al.* 2004), jedoch bezog sich das auf die Monate Dezember bis Februar und nicht Oktober, der auch in Helgoland noch sommerliche Aspekte in der Algenflora verzeichnet (Daten Rastermonitoring, AWI). Innerhalb der Messperiode von 1,5 Jahren lagen die Indexwerte der schottischen Station alle zwischen 15 und 18 (Qualitätskategorie 'gut'), was als Nachweis für die relative Robustheit der Methode angesehen wurde. Da unsere Indexwerte von 16 bis 19 in einem vergleichbaren Bereich liegen, allerdings mit einer Einstufung in 'gut' oder 'sehr gut', ist abschließend zu konstatieren, dass eine saisonale Abhängigkeit vorläufig nicht festzustellen ist und die Schwankungen der Indexwerte für das N-Watt mit anderen Messungen vergleichbar sind. Gleichzeitig sprach man sich dafür aus, die Beprobungen für die RSL-Methode in der Zeit des Vegetationshöhepunktes zu legen, im Allgemeinen im Sommer (Wells *et al.* 2004). Für Helgoland ist es zudem ratsam, die regulären winterlichen Höchststände an

Nährstoffen im Wasserkörper abzuwarten, um eventuelle Eutrophierungserscheinungen in den Sommermonaten zu erfassen, die ansonsten im Winteraspekt verloren gehen würden.

Eine diesbezügliche Nachauswertung der Daten von Dezember 2006 sowie Februar 2007 (AWI-Daten und LANU Auftrag Nr. 4121.3 2006-505 F), auch hinsichtlich der von Wells *et al.* (2007) postulierten Konstanz des Artenreichtums, wird empfohlen, weil wichtige Faktoren wie Wellenbewegung, Veränderung der Exposition etc. ebenfalls einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung haben.

Opportunisten

Relativ kompliziert stellt sich die Frage, welche Konsequenzen sich aus der Einschätzung ergeben, welche Arten für ein bestimmtes Gebiet als opportunistisch anzusehen sind. Wie in bisherigen Studien zur Situation der Makrophyten im Eulitoral des Helgoländer N-Watt (Bartsch & Kühlenkamp 2004, Bartsch *et al.* 2005) gezeigt wurde, ist aus dem Vorkommen der opportunistischen Arten der Gattung *Ulva* (*Enteromorpha*) im oberen Eulitoral nicht automatisch zu folgern, dass damit eine schlechte Wasserqualität angezeigt wird. Es ist vielmehr Anzeichen einer oft physisch gestörten Besiedlungsfläche (Abrasion im oberen Eulitoral durch Abraum von der Felskante). Ähnliches wurde durch Arevalo *et al.* (2007) im Mittelmeer beobachtet. Eine Zunahme der Biomasse von Opportunisten im gesamten Eulitoral Helgolands ist jedoch durch historischen Vergleich anzunehmen und wahrscheinlich auf erhöhte Nährstoffwerte in den letzten 50 Jahren zurückzuführen. Somit muss das Vorkommen opportunistischer Arten und damit die negative Bewertung im Sinne der Wasserqualität dahingehend überprüft werden, in welchem Habitat die opportunistischen Arten vorwiegend angetroffen werden. Anwesenheit und hohe Abundanz in vorwiegend physikalisch gestörten Habitaten kann ein natürlicher Prozess sein und muss nicht auf Eutrophierung hindeuten. In Parallelluntersuchungen von Kreidefelsen wurde die Veränderung der Qualitätskategorie hauptsächlich mit der Variation des Anteils an Grünalgenarten begründet, der sich je nach Intensität temporärer Bauaktivitäten und der allgemein vorhandenen Instabilitäten des Felsmaterials änderte (Wells *et al.* 2004).

Veränderungen unter hypothetischen Annahmen

Inwieweit sich die Bewertung ändert, wenn der Anteil an Opportunisten durch eine unterschiedliche Einordnung der Arten variiert, lässt sich relativ gut abschätzen. In den Berechnungsschemata ist, abgesehen vom 100 % Anteil, nur ein Grenzwert enthalten, in der GB-RSL der Wert 15 %, beziehungsweise in der EU-RSL der Wert 20 %. Es wird mit '4' bewertet, wenn die berechneten Anteile unter diesen Grenzwerten liegen und mit '2' wenn sie darüber liegen. In allen Datensätzen liegen die Werte über 20 % und oft sogar weit darüber (Momentaufnahme N-Watt bei 36-43 %). Eine Erhöhung des Anteils an Opportunisten am Gesamtspektrum würde somit ohne jegliche Auswirkung bleiben bis der 100 %ige Anteil erreicht wird.

Eine Reduzierung des Anteils muss einen erheblichen Teil der Arten betreffen, bevor sich der Index verändert. Beim Datensatz Momentaufnahme wäre bei einer Berechnung mit der EU-RSL eine Reduzierung der Anzahl an Opportunisten von bisher 12 auf 7 Arten notwendig, um auf einen Anteil von 21 % zu kommen (siehe Anhang, Tabelle 51). Die Berechnung mittels GB-RSL erfordert die Reduktion der Anzahl an Opportunisten von 13 auf 5 Arten, um den Grenzwert von 15 % zu erreichen (siehe Anhang, Tabelle 50), also eine Reduktion um etwa 60 %. Somit würde auch eine Reduzierung der Anzahl an Opportunisten um nur einige Arten keine Auswirkung auf den Index haben. Angesichts der Tatsache, dass wir schon weniger Arten als Opportunisten bezeichnet haben als Wells *et al.* (2007), ist es nicht realistisch, noch mehr Arten aus der Gruppe der Opportunisten herauszunehmen.

Wie bei der ESG-Gruppeneinteilung diskutiert, sollte die Zuordnung von Arten als opportunistischer Organismus einheitlich und vergleichbar dargestellt werden, damit Verfahren, die diesen Parameter beinhalten, vergleichbare Basislisten benutzen.

EEI-Methode

ESG-Einteilung

Diesbezüglich sind einige Punkte schon bei der Diskussion der ESG-Einteilung für die RSL-Methode erwähnt worden.

In unseren Berechnungen werden die Daten mit der Methode 'Helg' außer für die *Enteromorpha*-Zone fast alle eine Kategorie besser eingestuft als mit der Methode 'Wells'. Auch hier ist eine Anpassung der ESG-Artenlisten für Helgoland zu befürworten, die jedoch eine Veränderung der Grenzwerte für den EEI nach sich ziehen müsste, da sonst die Bewertungen zu hoch ausfallen.

Allerdings beruht die ESG-Einteilung auf Habitus und Saisonalität der Arten und ist damit ökologisch nicht eindeutig. Viele Arten überdauern mit mikroskopischen Stadien oder mit alten Thallustrieben und treiben später an denselben Orten zur gegebenen Jahreszeit neu aus. Andere Arten im Eulitoral wie *Cladophora rupestris* überleben gemäßigte Winter ohne längere oder starke Frostperioden. Somit sind einige dieser Makroalgen generell nicht als Opportunisten oder ephemere zu bezeichnen und damit nicht in ESG2 einzuordnen; Beispiele: *Dumontia contorta*, *Cladophora rupestris*, *Sphacelaria radicans*, *Cladostephus spongiosus*.

Eine veränderte Zuordnung kann sich in dieser Methode viel stärker als in der RSL auswirken, da der EEI sich hauptsächlich auf quantitative Werte stützt.

Artenlisten

Für die relativ umfangreichen Artenlisten des Rastermonitoring spielen bei der Qualitätseinstufung mittels der EEI-Methode die Abundanzen der Arten, die in der RSL fehlen, kaum eine Rolle. Beide Artenliste, die Gesamtliste und die RSL erzielen fast immer identische Ergebnisse. Die Transektdaten jedoch werden mit der Gesamtliste eine Kategorie besser eingestuft, bei den Dauerquadraten die Daten von 2006.

Die Kombination aus EEI und RSL verspricht außerdem eine praktikable Arbeitsweise, da die RSL's die Arten enthalten, die sicher zu bestimmen sind und trotz der geringeren Anzahl das gesamte Artenspektrum repräsentativ abbilden. Die RSL's sind aus einem großen Datensatz über verschiedene Küstenbereiche und Qualitätsstufen entstanden und beruhen deshalb auf umfangreichen Analysen. Allerdings sind diese Artenlisten für die Küsten Großbritanniens und Irlands entwickelt worden und für eine Anwendung in Helgoland sicher nicht völlig kompatibel.

Wenn das Artenspektrum der Probenahmen den Artenreichtum des Untersuchungsgebietes ausreichend abdeckt, kann eine für Helgoland modifizierte RSL ohne Einbuße der Ergebnisqualität angewendet werden und ist vorrangig für eine Qualitätsbewertung mittels des EEI zu empfehlen.

Jahresdaten

Über den Zeitraum eines Jahres sollte die EEI-Methode möglichst auf monatlichen Probenahmen verschiedener Stellen eines Küstengebietes basieren, aus deren Ergebnissen der EEI für das gesamte Untersuchungsgebiet berechnet wird. Als zusammengefasste Jahresdaten, sind die Monatsbeprobungen von Mai, Juli und Oktober 2006 somit nicht nur vom technischen Ansatz her gerechtfertigt, sondern auch weil die EEI-Methode einen Mittelwert des ökologischen Zustandes darstellt und saisonale Unterschiede im Vorkommen oder den Abundanzen der Algen mit einbezogen werden sollen (Orfanidis *et al.* 2003). Dadurch ist eine gewisse Robustheit dieser Methode zu erwarten. Zumindest wird das N-Watt mit dieser Methode und der ESG 'Wells' als 'gut' eingestuft, obwohl die Abundanzen der ESG1-Gruppe alle so hoch liegen, dass für diese Gruppe immer die beste Bewertungsstufe vergeben wird.

Einzeldaten

Die Analysen einzelner Beprobungen konnte neben den Daten des Rastermonitoring auch mit den LANU-Datensätzen erfolgen, die wesentlich geringere ESG1-Werte zeigen als die Daten des Rastermonitoring. Diese Diskrepanz zwischen den Datensätzen aufgrund der wesentlich geringeren Abundanzen an Krustenrotalgen hat zwar keine Auswirkung auf die Ergebnisse der Qualitätsbewertungen, da die Werte alle über dem Grenzwert von 60 % liegen, zeigt jedoch die Unterschiedlichkeit der Probenahmen je nachdem welches Gebiet im N-Watt erfasst wurde. In den LANU-Datensätzen ist zudem nur ein geringer Prozentsatz des Artenreichtums abgebildet und man muss annehmen, dass diese geringe Artenzahl nicht ausreicht, um eine EEI-Berechnung vernünftig durchzuführen.

Es ist zudem unerwartet, dass die Bewertungen der Oktoberdaten im Rastermonitoring in allen Analysen so hoch ausfallen, teilweise sogar den höchsten Indexwert erreichen. Aus den Monitoringdaten geht hervor, dass die Abundanzen der dominanten Art *Fucus serratus* im Oktober deutlich abgenommen haben (in der dichten *Fucus*-Zone um etwa 25 % verglichen mit Juli; Daten Rastermonitoring, AWI). Als Strukturgebende ESG1-Art mit einer sehr hohen Verbreitung und Abundanz im N-Watt ist die Annahme berechtigt, dass sich bei einer Reduzierung der *Fucus*-Bestände die Bewertung der Wasserqualität verschlechtern sollte. Hier liegt es an den Grenzwerten der EEI-Matrix, die als obere Bewertungsklasse Abundanzwerte ab 60 % als 'sehr gut' einordnet, dass hohe Bedeckungsgrade nicht ausreichend differenziert werden können. Sehr hohe Bedeckungsgrade sind für einige ESG1-Arten wie Krustenrotalgen, *Fucus* und *Cladophora rupestris* in Helgoland nicht selten. Wenn wir mit der von Orfanidis *et al.* (2003) benutzten Methode arbeiten würden, wären die ESG-Werte noch wesentlich höher, da in deren Methode alle Individuen einer Art flächig ausgebreitet werden und dann erst die Bedeckung gemessen wird.

Für jeden Beprobungszeitraum wurden die Daten des Rastermonitoring zusätzlich nach Gebieten unterteilt, die teilweise den von Bartsch *et al.* (2005) festgelegten Zonen im N-Watt entsprechen. Ein wichtiges Ergebnis ist, dass sich die *Enteromorpha*-Zone trotz ihrer Ausdehnung und Persistenz kaum auf die Bewertung des Gesamtgebietes auswirkt, obwohl sie als Einzelgebiet entsprechend ihrer Besiedlung mit ESG2-Arten als 'mäßig' oder 'unbefriedigend' eingestuft wird. Dies ist wiederum der Effekt der geringen Grenzwerte in der EEI-Matrix und zwingt uns, auf eine andere Normierung hinzuwirken.

Abschlussdiskussion

Mit den systematischen Bewertungsanalysen qualitativer und quantitativer Daten der Makroalgen im Helgoländer Felswatt werden die bisher auf Expertenmeinungen und historischen Analysen beruhenden Angaben zur Wasserqualität erweitert und verglichen. Ergänzend zu den anfänglich aus überwiegend qualitativen Daten gewonnenen Gutachten wurden inzwischen ausreichend quantitative Daten erhoben und Artenlisten speziell den Vorlagen der Bewertungsverfahren erstellt (Bartsch *et al.* 2005). Damit ist die Analyse der Helgoländer Makrophytengemeinschaften in einer vergleichbaren Situation wie die anderer Stationen, wo mit Hilfe einer Kombination aus historischen Daten, Expertenmeinungen und statistischen Analysen oder quantitativen Bewertungs-methoden ein umfassendes Bild des ökologischen Zustandes einer Region ermittelt wurde (Muxika *et al.* 2007).

Bisherige Bewertungen des Helgoländer Benthos (Bartsch & Kühlenkamp 2004) ließen wegen fehlender Standardverfahren nur ansatzweise Vergleiche mit anderen Stationen Europas zu und für die Berechnungen von Indices fehlten die notwendigen Daten. Die RSL-Methode verzichtet zwar vollständig auf die Einbeziehung von quantitativen Daten wie Bedeckungsgrade, benötigt aber trotzdem spezielle Artenlisten, die nicht den üblichen Checklisten entsprechen. Abgesehen von den Vorgaben durch die WRRL, die die Abundanz als eines der Bewertungskriterien fordert, sehen wir unter dem Aspekt einer Gesamtbewertung die Notwendigkeit, die Abundanzen der Makrophyten mit einzubeziehen. Insofern befürworten wir die Anwendung der EEI-Methode und wie in diesem Bericht dargestellt, insbesondere das kombinierte Verfahren von EEI und RSL-Artenliste, da sich der Monitoringaufwand gegenüber einer Gesamtartenliste aufgrund des reduzierten Bestimmungsaufwandes und geringen Probenumfangs deutlich verringert.

Die EEI-Methode ist sehr spezifisch auf die Analyse der Abundanzen beziehungsweise Bedeckungsgrade von Algen, die zu verschiedenen ökologischen Gruppen gehören, ausgerichtet. Im Gegensatz zur RSL-Methode fehlen als Parameter die Berücksichtigung der Küstentypen, die relative Zusammensetzung des Artenspektrums und der Anteil an Opportunisten sowie eine umfangreiche Basis an Küstenanalysen, die der RSL-Methode eine fundierte Einschätzung der Qualitätsstufen ermöglichte. Der EEI wurde zwar mehrmals getestet, allerdings nur im Mittelmeer und hauptsächlich an Eutrophierungsgradienten (Panayotides *et al.* 2004, Arevalo *et al.* 2007). Analysen der vorliegenden Datensätzen des Helgoländer N-Watts ließen eine Auflösung dieses Parameters mittels der EEI-Matrix nicht zu, da Bedeckungsgrade von 60 % häufig schon aufgrund der dichten Besiedlung durch understorey-Arten wie Krustenrotalgen erreicht werden (Daten Rastermonitoring, AWI).

Angesichts der Tatsache, dass der EEI für das Mittelmeer entwickelt wurde, ist zu überlegen, ob die EEI-Matrix für unsere Anwendung normiert werden muss, um Stationen mit hohen Bedeckungsgraden an *Fucus*-Arten, wie sie häufig an Küsten des Atlantiks oder der Nordsee vorkommen, gerecht zu werden. Auch in anderen Bereichen werden *Fucus*-Arten als wichtiger Parameter für die Bewertung der Wasserqualität eingesetzt. Wilkinson *et al.* (2007) waren recht erfolgreich in der

Klassifizierung von Aestuaren mittels eines Musters an Zonen verschiedener Algentypen in denen das Vorhandensein von *Fucus* von großer Bedeutung ist. Eventuell könnte dieser Ansatz ebenfalls für Helgoland eine Alternative darstellen.

Als größeres Problem sehen wir die Einordnung von Arten in festgelegte Statusgruppen (ESG), die sich hauptsächlich auf die funktionale, morphologische Struktur der Makroalgen stützen und weniger die physiologische Toleranz gegenüber Umweltfaktoren im Sinne der WRRL (Nährstoffhöhung, Schadstoffe etc.) abbilden. Alternativ sind von Arevalo *et al.* (2007) statistische Analysen von Algengemeinschaften im Mittelmeer unter dem Aspekt von Grime's Theorie der Pflanzenstrategien durchgeführt worden, die die Arten je nach Stresstoleranz in verschiedene Gruppen einteilt. Diese Vorgehensweise ist offensichtlich besser an eine Situation angepasst, in der nicht allein von der Morphologie der Algen auf deren Stresstoleranz geschlossen werden kann. Trotz gleicher funktionaler Morphologie können zwei Arten sehr unterschiedlich auf Verschmutzung und Störungen reagieren wie Arevalo *et al.* (2007) an den perennierenden Arten *Corallina mediterranea* und *C. elongata* diskutiert hatten. In Bezug zur WRRL sollten solche Theorien und Methoden zur Anwendung kommen, die Stresstoleranz oder Sensitivitäten gegenüber Umweltfaktoren wie Nährstoffe, Trübstoffe, Schadstoffe etc. vorhersagen oder messen können. Von den bisher verwendeten Methoden, die zur Zeit international diskutiert und in Testverfahren umgesetzt werden, sind jedoch der EEI und die RSL für Helgoland allein unter dem Gesichtspunkt des technischen Monitoring zu befürworten und lassen sich im Sinne der ökologischen Fähigkeiten der Algen in ihren Grenzwerten und Qualitätsstufen modifizieren und anpassen.

In ihrer ursprünglichen Fassung mit einer reduzierten Artenliste ist die RSL-Methode als schnelles Verfahren weiterhin sehr anwendungsfreundlich. Ohne Modifizierung lassen sich die vorgegebenen RSL-Artenlisten nicht benutzen, auch wenn die GB-RSL sich als vorläufig ausreichend erwiesen hat. Insbesondere die von der NEA-GIG propagierte internationale Liste ist ebenso wie das EU-Bewertungsschema für Helgoland nicht anwendbar. Insofern sind neben der RSL auch das Bewertungsschema kritisch zu überprüfen und an die Helgoländer Verhältnisse anzupassen. Als Datensatz für eine Bewertung des Helgoländer Felswatts mit dem RSL-Schema sollten nur solche Probenahmen benutzt werden, die das Artenspektrum ausreichend abdecken, im Sommer also mindestens 75% der Arten erfassen, die in der Gesamtartenliste vorliegen oder bei einer einmaligen Begehung gefunden werden.

Um die Situation des Wasserkörpers um Helgoland ausreichend beurteilen zu können, sollten neben Monitoringverfahren des Eulitorals auch solche eingebunden werden, die weniger von kurzfristigen physikalischen Einwirkungen wie stürmische Wetterlagen und hohen Lufttemperaturen im Sommer beeinflusst sind. Die Tiefenverteilung der Makroalgen im Sublitoral (Bartsch *et al.* 2005) erwies sich als ein für Helgoland sehr brauchbarer Bewertungsparameter. Um nur einen Gesamtqualitätswert für den Helgoländer Wasserkörper zu erhalten, der sich auf umfassende Analysen der

Benthos-Situation stützt, sollte ein Endwert aus den verschiedenen Verfahren gewonnen werden. Bei der Entwicklung eines Gesamtberechnungsverfahrens müssten die Einzelverfahren als Ergebnis einen Index aufweisen, der mit einer bestimmten Gewichtung in den Gesamtindex eingeht. Für Verfahren wie die Tiefenverteilung müssen Indices noch entwickelt werden, die mit denen der RSL oder des EEI kompatibel sind und die Möglichkeit beinhalten, den international geforderten ökologischen Gesamtqualitätswert (EQR = ecological quality ratio; Wells 2006) zu berechnen.

Gemäß den Vorgaben der WRRL sind zwei Bewertungsmethoden herausgearbeitet worden, die wir als praktikabel und ausreichend robust ansehen, um als Makroalgen-Bewertungssystem für den Bereich Helgoland zu dienen, vorausgesetzt dass die Bewertungsschemata in ihren Grenzwerten angepasst werden. Die RSL-Methode ließe sich als schnelle Methode mit einem geringen Aufwand der Probennahme sogar mehrmals im Jahr durchführen, während die EEI-Methode umfangreichere Bewertungsgrundlagen erfordert und sich auf Basis der schon vorhandenen Rasterdaten fortführen lässt.

6 Literaturangaben

- Arévalo R., Pinedo S., Ballesteros E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55, 104-113.
- 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 A.N., Wilce T.W. 1987. Algal diversity in relation to physical disturbance: mosaic of successional stages in a subtidal cobble habitat. *Marine Ecology-Progress Series* 37: 229-237.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2007. AlgaeBase version 4.2. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Krause-Jensen D., Carstensen J., Dahl K. 2007. Total and opportunistic algal cover in relation to environmental variables. *Marine Pollution Bulletin* 55, 114-125.
- Littler M.M., Littler D.S. 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model. *American Naturalist* 116: 25-44.
- Muxika I. Borja A., Bald J. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 16-29.
- Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis, N., 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophyte-based model. *Mediterranean Marine Science* 2, 45-65.
- Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N. 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators* 64, 1-7.
- Panayotidis P., Montesanto B., Orfanidis S., 2004. Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology* 16, 49-59.
- Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *A. Rev. Ecol. Syst.* 15: 353-391.

-
- South R., Whittick A. 1987. Introduction to phycology. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 341 pp.
- Tsiamis K., Panayotidis P., Orfanidis S., Siakavara A., Tsiagga E. 2006. *Cystoseira crinita* community under reference conditions (WFD 2000/60/EE) in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean).
- 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., Pedersen A., Borja A. 2006. Boundary setting protocol for intercalibration of rocky intertidal macroalgae in the North East Atlantic Region (NEA GIG). Milestone 6 Report – Coastal GIGs. European Commission.
- Wells E., Wilkinson M., Wood P., Scanlan C. 2007. 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.
- Wilkinson M., Wood P., Wells E., Scanlan C. 2007. Using attached macroalgae to assess ecological status of British Estuaries for the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 136-150.

7 Anhang

RSL Listen

RSL für Südengland/südliches Irland/Wales (Wells *et al.* 2004)

Tab. 45: RSL-Makroalgenliste für Südengland (GB-RSL). Die in Helgoland gefundenen Arten sind entsprechend zugeordnet sowie die Einteilung in ESG nach Wells und Helgoländer Bearbeitern (I. Bartsch, R. Kuhlenkamp) aufgeführt.

69 Arten Südenglandliste	ESG Wells	ESG Helg	Arten Südenglandliste	ESG Wells	ESG Helg
<i>Blidingia</i> spp.	2	2	<i>Aglaothamnion/Callithamnion</i>	2	2
<i>Bryopsis plumosa</i>	2	2	<i>Ahnfeltia plicata</i>	1	1
<i>Chaetomorpha linum</i>	2	2	<i>Catenella caespitosa</i>		
<i>Chaetomorpha mediterranea</i>	2	2	<i>Ceramium nodulosum</i>	2	2
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	2	2	<i>Ceramium shuttleworthianum</i>		
<i>Cladophora rupestris</i>	2	1	Äquivalent in Helgoland ist	2	2
<i>Cladophora sericea</i>	2	2	<i>C. deslongchampsii</i>		
<i>Enteromorpha</i> sp.	2	2	<i>Ceramium</i> sp.	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	2	2	<i>Chondrus crispus</i>	1	1
<i>Ascophyllum nodosum</i>	1	1	<i>Corallina officinalis</i>	1	1
<i>Chorda filum</i>	2	2	<i>Cryptopleura ramosa</i>	2	2
<i>Cladostephus spongiosus</i>	2	1	<i>Cystoclonium purpureum</i>	1	1
<i>Dictyota dichotoma</i>	2	2	<i>Dilsea carnosa</i>		
<i>Ectocarpus</i> sp.	2	2	<i>Dumontia contorta</i>	2	2
<i>Elachista fucicola</i>	2	2	<i>Erythrotrichia carnea</i>	2	2
<i>Fucus serratus</i>	1	1	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	1	1
<i>Fucus spiralis</i>	1	1	<i>Gastroclonium ovatum</i>		
<i>Fucus vesiculosus</i>	1	1	<i>Gelidium</i> sp.		
<i>Halidrys siliquosa</i>	1	1	<i>Gracilaria gracilis</i>	1	1
<i>Himanthalia elongata</i>	1	1	<i>Halurus equisetifolius</i>		
<i>Laminaria digitata</i>	1	1	<i>Halurus flosculosus</i>		
<i>Laminaria hyperborea</i>	1	1	<i>Heterosiphonia plumosa</i>		
<i>Laminaria saccharina</i>	1	1	<i>Hildenbrandia rubra</i>	1	1
<i>Leathesia difformis</i>	2	2	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>		
<i>Pelvetia canaliculata</i>			Krusten verkalkt	1	1
<i>Pilayella littoralis</i>	2	2	<i>Lomentaria articulata</i>		
<i>Ralfsia</i> sp.	1	1	<i>Mastocarpus stellatus</i>	1	1
<i>Saccorhiza polyschides</i>			<i>Membranoptera alata</i>	1	1
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	2	2	<i>Nemalion helminthoides</i>		
			<i>Osmundea hybrida</i>		
			<i>Osmundea pinnatifida</i>		
			<i>Palmaria palmata</i>		
			<i>Phyllophora</i> sp.	1	1
			<i>Plocamium cartilagineum</i>	1	1
			<i>Plumaria plumosa</i>	2	2
			<i>Polyides rotundus</i>	1	1
			<i>Polysiphonia fucoides</i>	2	2
			<i>Polysiphonia lanosa</i>	2	2
			<i>Polysiphonia</i> sp.	2	2
			<i>Porphyra umbilicalis</i>	2	2
			<i>Rhodomela confervoides</i>	2	2
			<i>Rhodothamniella floridula</i>	2	2
			Gesamtanzahl Arten	53	53
			Anzahl Arten ESG 1	23	25
			Anzahl Arten ESG 2	31	29

RSL für Europa (Wells *et al.* 2006, Milestone 6 Report NEA GIG)

Tab. 46: RSL-Makroalgenliste für die Interkalibration innerhalb der EU (EU-RSL) mit Arten der Länder UK/Irland, Spanien und Norwegen. Die in Helgoland gefundenen Arten sind entsprechend zugeordnet sowie die Einteilung in ESG nach Wells und Helgoländer Bearbeitern (I. Bartsch, R. Kuhlenkamp) aufgeführt. v = vorhanden.

Arten	UK/Irland	Spanien	Norwegen	Helgoland	ESG Wells	ESG Helg
<i>Blidingia</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Derbesia tenuissima</i>		v				
<i>Chaetomorpha</i> spp.	v		v	v	2	2
<i>Cladophora rupestris</i>	v		v	v	2	1
<i>Cladophora</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Codium adherece</i>		v				
<i>Codium decorticatum</i>		v				
<i>Codium fragile</i>		v		v	2	2
<i>Enteromorpha</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Spongomorpha/Acrosiphonia</i> spp.	v		v	v	2	2
<i>Ulothrix/Urospora</i>	v		v	v	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	v	v	v	v	2	2
<i>Alaria esculenta</i>	v		v			
<i>Ascophyllum nodosum</i>	v		v	v	1	1
<i>Asperococcus fistulosus</i>	v	v				
<i>Bifurcaria bifurcata</i>		v				
<i>Chordaria flagelliformis</i>	v		v			
<i>Cladostephus spongiosus</i>	v	v		v	2	1
<i>Colpomenia peregrina</i>		v				
<i>Colpomenia sinuosa</i>		v				
<i>Cystoseira baccata</i>		v				
<i>Cystoseira tamariscifolia</i>		v				
<i>Dictyota dichotoma</i>	v	v		v	2	2
<i>Elachista fucicola</i>	v		v	v	2	2
Filamentöse Braunalgen	v	v	v	v	2	2
<i>Fucus evanescens</i>			v			
<i>Fucus serratus</i>	v		v	v	1	1
<i>Fucus spiralis</i>	v	v	v	v	1	1
<i>Fucus vesiculosus</i>	v	v	v	v	1	1
<i>Halidrys siliquosa</i>	v		v	v	1	1
<i>Halopteris scoparia</i>		v				
<i>Himanthalia elongata</i>	v		v			
<i>Laminaria digitata</i>	v		v	v	1	1
<i>Laminaria saccharina</i>	v		v	v	1	1
<i>Leathesia difformis</i>	v		v	v	2	2
<i>Mesogloea vermiculata</i>			v			
<i>Pelvetia canaliculata</i>	v	v	v			
<i>Petalonia fascia</i>	v	v	v	v	2	2
<i>Ralfsia verrucosa</i>		v		v	1	1
<i>Saccorhiza dermatodea</i>			v			
<i>Scytosiphon</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Sphacelaria</i> spp.	v	v	v	v	2	1
<i>Taonia atomaria</i>		v				
<i>Zanardinia prototypus</i>		v				

Fortsetzung von Tab. 46

Arten	UK/Irland	Spanien	Norwegen	Helgoland	ESG Wells	ESG Helg
<i>Aglaothamnion/Callithamnion</i>	v	v	v	v	2	2
<i>Ahnfeltia plicata</i>	v		v	v	1	1
<i>Apoglossum/Hypoglossum/Membranoptera</i>	v	v		v	1	1
<i>Asparagopsis/Falkenbergia</i>		v				
<i>Audouinella/Achrochaetium</i>	v		v	v	2	2
<i>Bonnemaisiona hamifera/Trilliella</i>		v	v	v	2	2
<i>Brongniartella byssoides</i>			v	v	2	2
<i>Catenella caespitosa</i>	v	v				
<i>Caulacanthus ustulatus</i>		v				
<i>Ceramium</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Chondria coerulea</i>		v				
<i>Chondrus crispus</i>	v	v	v	v	1	1
<i>Corallina/Jania</i> spp.	v	v	v	v	1	1
<i>Cryptopleura/Callophyllis/Nitophyllum/Rhodomenia</i>	v	v				
<i>Cystoclonium purpureum</i>	v		v	v	1	1
<i>Devaleraea ramentacea</i>			v			
<i>Dumontia contorta</i>	v		v	v	2	2
<i>Furcellaria/Polyides</i>	v		v	v	1	1
<i>Gelidium</i> sp.	v	v				
<i>Gigartina/Mastocarpus</i>	v	v	v	v	1	1
<i>Gymnogrongs</i> spp.		v		v	1	1
<i>Halopithys incurvus</i>		v				
<i>Hildenbrandia rubra</i>	v	v	v	v	1	1
Krusten verkalkt	v	v	v	v	1	1
<i>Lomentaria</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Osmundea/Laurencia</i> spp.	v	v	v			
<i>Palmaria palmata</i>	v		v			
<i>Plocamium cartilagineum</i>	v	v	v	v	1	1
<i>Polysiphonia</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Porphyra</i> spp.	v	v	v	v	2	2
<i>Pterosiphonia complanata</i>		v				
<i>Ptilota/Plumaria</i> spp.	v		v	v	2	2
<i>Rhodomela confervoides</i>	v		v	v	2	2
Gesamtanzahl Arten	52	50	51	47		
Anzahl Arten ESG 1					19	22
Anzahl Arten ESG 2					28	25

Berechnung der Parameter auf Grundlage der Gesamtartenlisten

**Tab. 47: Berechnung der ökologischen Parameter.
Datensatz Momentaufnahme Artenreichtum Helg 2006.**

Gesamtarten Momentaufnahme	N-Watt		W-Watt		N-Watt und W-Watt	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl	49		38		55	
Anteil Grünalgen	13	27	10	26	25	45
Anteil Rotalgen	22	45	19	50	26	47
Anteil Opportunisten	21	43	13	34	24	44
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	17	20	16	18	19	22
Summe Arten in ESG 2	32	29	22	20	36	33
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	0,53	0,69	0,73	0,90	0,53	0,67

**Tab. 48: Berechnung der ökologischen Parameter.
Datensatz Rastermonitoring 2005 - 2006.**

Gesamtarten Rastermonitoring	2005		Mai 2006		Juli 2006		Okt 2006	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	29		36		34		30	
Anteil Grünalgen	8	28	8	22	8	24	5	17
Anteil Rotalgen	14	48	16	44	16	47	15	50
Anteil Opportunisten	12	41	14	39	12	35	8	27
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	14	16	14	17	16	19	15	18
Summe Arten in ESG 2	15	13	22	19	18	15	15	12
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	0,93	1,23	0,64	0,89	0,89	1,27	1,00	1,50

**Tab. 49: Berechnung der ökologischen Parameter.
Datensatz LANU Transekt 2004 – 2005 und Dauerquadrate 2005-2006.**

Gesamtarten LANU-Daten	LANU Transekt						LANU Dauerquadrate			
	2004		2005		2006		2005		2006	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	22		29		30		15		19	
Anteil Grünalgen	5	23	6	21	5	17	4	27	4	21
Anteil Rotalgen	12	55	16	55	18	60	8	53	10	53
Anteil Opportunisten	6	27	9	31	10	33	4	27	5	26
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	11	13	15	16	15	17	10	11	13	14
Summe Arten in ESG 2	11	9	14	13	15	13	5	4	6	5
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	1,00	1,44	1,07	1,23	1,00	1,31	2,00	2,75	2,17	2,80

Berechnung der Parameter auf Grundlage der RSL

**Tab. 50: Berechnung der ökologischen Parameter auf Basis GB-RSL.
Datensatz Momentaufnahme Artenreichtum Helg2006.**

GB - RSL Momentaufnahme	N-Watt		W-Watt		N-Watt und W-Watt	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	33		28		36	
Anteil Grünalgen	7	21	5	18	7	19
Anteil Rotalgen	16	48	16	57	19	53
Anteil Opportunisten	13	39	9	32	13	36
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	14	16	12	14	16	18
Summe Arten in ESG 2	19	17	16	14	10	18
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	0,74	0,94	0,75	1,00	1,60	1,00

**Tab. 51: Berechnung der ökologischen Parameter auf Basis EU-RSL.
Datensatz Momentaufnahme Artenreichtum Helg2006.**

EU - RSL Momentaufnahme	N-Watt		W-Watt		N-Watt und W-Watt	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	33		29		37	
Anteil Grünalgen	7	21	7	24	8	22
Anteil Rotalgen	15	45	15	52	18	49
Anteil Opportunisten	12	36	8	28	12	32
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	14	17	13	15	16	19
Summe Arten in ESG 2	19	16	16	14	21	18
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	0,74	1,06	0,81	1,07	0,76	1,06

**Tab. 52: Berechnung der ökologischen Parameter auf Basis GB-RSL.
Datensatz Rastermonitoring 2005-2006.**

GB - RSL Rastermonitoring	2005		Mai 2006		Juli 2006		Okt 2006	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	23		25		27		23	
Anteil Grünalgen	5	22	5	20	5	19	4	17
Anteil Rotalgen	12	52	13	52	14	52	12	52
Anteil Opportunisten	9	39	9	36	9	33	7	30
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	11	13	11	13	13	15	11	13
Summe Arten in ESG 2	12	10	14	12	14	12	12	10
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	0,92	1,30	0,79	1,08	0,93	1,25	0,92	1,30

**Tab. 53: Berechnung der ökologischen Parameter auf Basis EU-RSL.
Datensatz Rastermonitoring 2005-2006.**

EU - RSL Rastermonitoring	2005		Mai 2006		Juli 2006		Okt 2006	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	21		25		26		22	
Anteil Grünalgen	5	24	5	20	5	19	4	18
Anteil Rotalgen	10	48	12	48	12	46	10	45
Anteil Opportunisten	6	29	7	28	7	27	5	23
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	11	13	11	14	13	16	11	14
Summe Arten in ESG 2	10	8	14	11	13	10	11	8
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	1,10	1,63	0,79	1,27	1,00	1,60	1,00	1,75

**Tab. 54: Berechnung der ökologischen Parameter auf Basis GB-RSL.
Datensatz LANU Transekt 2004 – 2005 und Dauerquadrate 2005-2006.**

GB - RSL LANU-Daten	LANU Transekt						LANU Dauerquadrate			
	2004		2005		2006		2005		2006	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	20		20		23		13		16	
Anteil Grünalgen	5	25	5	25	5	22	4	31	4	25
Anteil Rotalgen	11	55	11	55	13	57	5	38	8	50
Anteil Opportunisten	6	30	7	35	9	39	4	31	5	31
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	10	11	10	11	10	11	8	9	10	11
Summe Arten in ESG 2	10	9	10	9	13	12	5	4	6	5
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	1,00	1,22	1,00	1,22	0,77	0,92	1,60	2,25	1,67	2,20

**Tab. 55: Berechnung der ökologischen Parameter auf Basis EU-RSL.
Datensatz LANU Transekt 2004 – 2005 und Dauerquadrate 2005-2006.**

EU - RSL LANU-Daten	LANU Transekt						LANU Dauerquadrate			
	2004		2005		2006		2005		2006	
	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]	Anzahl	[%]
Gesamte Artenzahl RSL	21		22		22		13		16	
Anteil Grünalgen	5	24	6	27	5	23	4	31	4	25
Anteil Rotalgen	11	52	11	50	11	50	6	46	8	50
Anteil Opportunisten	6	29	7	32	7	32	4	31	5	31
ESG Schema	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg	ESG Wells	ESG Helg
Summe Arten in ESG 1	11	13	10	11	11	13	8	9	10	11
Summe Arten in ESG 2	10	8	12	11	11	9	5	4	6	5
Verhältnis ESG 1 : ESG 2	1,10	1,63	0,83	1,00	1,00	1,44	1,60	2,25	1,67	2,20