

Bewertung ökologischer Zustand

Im Bereich Helgoland befindet sich keine von menschlichem Einfluss unberührte Region, die als Referenz herangezogen werden könnte. Als Alternative wurde der Referenzzustand im Sinne der WRRL anhand historischer Daten über die marine Makrophytenvegetation vor etwa 100 Jahren definiert. Die notwendigen Kriterien für eine Skalierung der Gewässergüte mussten sich aufgrund der wenigen quantitativen Untersuchungen zum Artbestand auf Helgoland an Literaturangaben zu ähnlichen Untersuchungsgebieten orientieren.

Grundlage der Bewertungsmethode für die Makrophyten bei Helgoland gemäß WRRL bildet der Helgoland Phytobenthic Index (HPI), der speziell für den Küstengewässertyp „Helgoland“ in Anlehnung an bereits entwickelte Indices aus anderen Nordsee-Anliegerstaaten entwickelt wurde. Der Index ist modular aufgebaut und beinhaltet Messgrößen, die einerseits langfristige Veränderungen wahrnehmen können, wie der Bestand an dominanten, langlebigen Braunalgen der Gattung *Fucus*, andererseits auch kurzfristige Veränderungen abzubilden vermag, wie Veränderungen in der Artenzusammensetzung oder das massenhafte Auftreten von annuellen Grünalgen.

Die vier Module im HPI sind multimetrisch aufgebaut und beinhalten unterschiedliche interne Messgrößen:

- **Modul Artenreichtum:** Zusammensetzung des Phytobenthos im Eulitoral
- **Modul Grünalgen:** Quantitative Anteile der Grünalge *Ulva lactuca* am Gesamtbestand im Eulitoral (Abundanzen, Bedeckungsgrad)
- **Modul Fucetum:** Bestandsfläche von *Fucus serratus* im Eulitoral (Verbreitung, saisonale Variation)
- **Modul Sublitorale Tiefengrenzen:** Untere Verbreitungsgrenzen von 5 verschiedenen Makroalgen im Sublitoral
- **Modul Artenreichtum**

Die internen Messgrößen im Modul Artenreichtum werden über eine Gesamtartenliste der vorhandenen Makroalgen des nördlichen Eulitorals erstellt. Aus dieser Liste werden verschiedene Werte ermittelt und in einem Berechnungsverfahren zu einer Qualitätsklasse dieses Moduls umgewandelt. Abiotische Effekte, die durch Veränderungen der Küstenmorphologie und der Habitate, beispielsweise durch Änderung in der Exposition, auf die Artenzusammensetzung wirken, sind mittels eines Küstenfaktors berücksichtigt, der über eine eigene Wertetabelle berechnet wird. Dieser Korrekturfaktor wird im endgültigen Bewertungsschema mit den floristischen Messgrößen verrechnet.

Aus Angaben der Fundliste werden berechnet:

1. Artenreichtum als Gesamtartenzahl der Fundliste
2. Anzahl Grünalgenarten im Verhältnis zur Gesamtartenzahl
3. Anzahl Rotalgenarten im Verhältnis zur Gesamtartenzahl
4. Anzahl der Opportunisten im Verhältnis zur Gesamtartenzahl (Einteilung in Opportunisten wurde für jede Art nach bestimmten Kriterien durchgeführt)
5. Anzahl Arten in Ökologischer Gruppe 1 (ESG I, Einteilung gemäß Vorgabe)
6. Anzahl Arten in Ökologischer Gruppe 2 (ESG II, Einteilung gemäß Vorgabe)

Die Einteilung der Arten in Opportunisten oder ihre Zugehörigkeit in eine funktionale Gruppe (ESG I oder ESG II) wurde anhand von Literaturangaben durchgeführt. Arten der ESG I entsprechen gemäß ihrer ökologischen Funktion den schnellwüchsigen Arten mit hohem Stoffumsatz und großem Oberflächen:Volumen-Verhältnis, während die Gruppe ESG II langsam wüchsige, perennierende Arten mit dickem Thallus und geringem Oberflächen:Volumen-Verhältnis enthält.

Modul Grünalgen (*Ulva*-Bedeckung)

Als wichtiger Anzeiger für den ökologischen Zustand eines marinen Wasserkörpers können Arten der Grünalgenarten-Gattung *Ulva* herangezogen werden, da sie bei erhöhten Nährstoffeinträgen mit einer schnellen Zunahme der Biomasse reagieren. Eine im Vergleich zum unbelasteten Zustand erhöhte Abundanz von *Ulva lactuca* in Helgoland wurde deswegen als eine indikative Messgröße in den HPI aufgenommen. Abundanzwerte werden als prozentualer Bedeckungsgrad in Probenquadraten an Stationen eines festgelegten Punkterasters im Eulitoral ermittelt.

Modul Fucetum

Insbesondere bestandsbildende Arten des Phytobenthos sind wichtige Anzeiger für den Zustand eines Gewässers. Zu diesem Zweck wird die Ausbreitung der dichten *Fucus serratus*-Bestände (als Fucetum bezeichnet) ermittelt.

Modul Sublitorale Tiefengrenze

Algentiefengrenzen sind ein indirektes Maß für Eutrophierung aufgrund von Veränderung im Lichtangebot. An Standorten, an denen das Substratum in der Tiefe nicht begrenzend für die Ausbreitung von Makrophyten ist, eignet sich dieser Faktor als Indikation für den ökologischen Zustand. Angelehnt an frühere Taucharbeiten werden drei Parallel-Transekte im nördlich des eulitoralen Beprobungsgebietes liegenden Sublitoral für die Bewertung herangezogen.

Die Tiefengrenzen folgender fünf Arten werden mittels Taucheinsatz gemessen und gehen jeweils als einzelne Messwerte in die Berechnung ein:

- *Laminaria hyperborea* als bestandsbildende Braunalge
- Die Unterwuchs-Rotalgen *Delesseria sanguinea*, *Plocamium cartilagineum*, *Brongniartella byssoides*, *Lomentaria* spp. (beinhaltet die beiden häufigsten *Lomentaria*-Arten *L. orcadensis* und *L. clavellosa*) als Begleitarten

Grundlagen

Um den formalen Anforderungen der WRRL zu entsprechen, müssen die Ergebnisse aus den Feldmessungen als metrischer EQR-Wert (Ecological Quality Ratio) angegeben werden. Dies bedeutet eine Umrechnung aller Messwerte in normierte Werte zwischen 0,0 und 1,0. Der EQR ist entsprechend der fünf Qualitätskategorien oder Klassen der Wasserqualität in fünf gleich große Bereiche von jeweils 0,2 Einheiten aufgeteilt. Für jede Messgröße wurden Grenzwerte für jede Qualitätsstufe aufgrund von Referenzwerten festgelegt. Diese ergaben sich aus historischen Angaben oder durch vergleichbare Studien an anderen Orten der Nordseeküsten. Im Fall des HPI wurden die Grenzwerte für die ersten drei Module nicht in gleichen Abständen gesetzt, sondern in der Weise, dass ein mäßiger Zustand (Klasse 3) den größten Abstand zwischen seinen Grenzwerten besitzt während der sehr gute (Klasse 1) sowie der schlechte Zustand (Klasse 5) den kleinsten Abstand aufweisen (Tab. 1). Dies wurde mit dem zeitlichen Verlauf von Populationsentwicklungen begründet, die im mittleren Bereich die größte Veränderung aufweisen.

Tab. 1: Matrix zur Normierung von Messwerten am Beispiel des Moduls Fucetum: der Klasseneinteilung und dem metrischen EQR wurden Klassengrenzen der Messgröße zugeordnet, die den festgelegten Grenzwerten für die Fläche der *Fucus*-Bedeckung im Feld in m² entsprechen.

| Klassen | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|----------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| EQR (metrische Skala) | 0 - 0,2 | > 0,2 - 0,4 | > 0,4 - 0,6 | > 0,6 - 0,8 | > 0,8 - 1,0 |
| Klassenbreite Messgröße | 10 % | 20 % | 40 % | 20 % | 10 % |
| Klassengrenzen Messgröße | 0-10 % | 11-30 % | 31-70 % | 71-90 % | 91-100 % |
| Fucetum Flächenwerte [m²] | 0 - 2001 | 2002 - 5641 | 5642 - 12921 | 12922 - 16561 | 16562 - 18200 |

Für jedes der genannten Module werden die Messergebnisse der Feldbeprobung über definierte Rechenwege in einen Modul-EQR umgerechnet. Diese werden über eine Gewichtung in einem Gesamt-EQR zusammengefasst, der als HPI-EQR benannt für die Bewertung der Wasserqualität anhand der Komponente Makrophytobenthos zur Verfügung steht.

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

Tab. 2: Übersicht über das Bewertungsverfahren.

| EQR-Modul | Interne Messgröße | Art der Datenerhebung | Datenbearbeitung | Endwert | Metrischer EQR | Modul EQR | Jahres EQR | Gewichtung | Gesamt-EQR über 6 Jahre |
|---|---|---|---|---|--|----------------------------------|-------------------------|------------|---|
| Artenreichtum | Artenreichtum | Einmalige Begehung im Felswatt | Artenliste, Herbar | Entspricht dem Messwert | Berechnung aus Wert des Messparameters mittels Matrix und Formel | Mittelwert aus allen Einzel-EQR | Mittelwert über 6 Jahre | 50 % | Mittelwert aus allen Modul-EQRs über 6 Jahre (Summe der gewichteten EQRs) |
| | Anteil Grünalgen | | Berechnung mittels abgeleiteter Formeln gemäß Methodenvorlage | Prozentualer Anteil an der Gesamtartenzahl | | | | | |
| | Anteil Rotalgen | | | | | | | | |
| | Anteil Opportunisten | | | | | | | | |
| | ESG Verhältnis | | | | | | | | |
| Küstenbewertung | Topografische, geologische und habitatspezifische Parameter | Wertung gemäß Methodenvorlage | Endwert aus Tabelle | | | | | | |
| Grünalgen | Häufigkeit von <i>Ulva</i> -Arten | Bedeckungsgrad in allen Probenquadraten | Mittelwert der Häufigkeit aus allen gemessenen Quadrate | Mittlere Häufigkeit pro Quadrat (Gesamtabundanz des Proben-rasters) | | Gleich dem EQR-Wert | | 10 % | |
| Bereich mit dichtem <i>Fucus</i>-Bewuchs | Fläche mit 90% Bedeckung von <i>Fucus serratus</i> | GPS-Flächenmessung | Flächenberechnung in GIS | Fläche in m ² | | Direkt aus Wert | | 20 % | |
| Sublitoral Tiefengrenzen | Tiefstes Vorkommen von 5 Arten | Tauchtransekte mit Messungen alle 0,5 Tiefenmeter | Korrektur auf Pegelstand etc. | Tiefe in m | | Mittelwert aller Messgrößen-EQRs | | 20 % | |

Bewertungsmethodik

Bevor auf Basis der Messwerte ein Gesamt-EQR für den Bewertungsindex HPI über die geforderten sechs Berichtsjahre angegeben werden kann, müssen über verschiedene Verfahren Modul-EQRs berechnet werden. Die Umrechnung beginnt mit der Umwandlung aller Messwerte anhand einfacher mathematischer Formeln, um jedem Messwert einen entsprechenden EQR-Wert zuzuordnen. Diese Normierung ist notwendig, um die Messgrößen mit ihren eigenen Unterteilungen und Klassenbreiten der metrischen EQR-Skala mit exakt gleichen Abständen zwischen den Klassen anzupassen. Im zweiten Schritt wird der Jahres-EQR eines Moduls als Mittelwert aus den Messwert-EQRs eines Jahres ermittelt. Der nachfolgend berechnete Mittelwert der Jahres-EQRs eines jeden Moduls über die letzten sechs Jahre ist Ausgangspunkt für eine Wichtung der Module und die Summe der gewichteten EQRs bildet den HPI-EQR. Eine Gewichtung berücksichtigt die Bedeutung der Module in diesem Bewertungssystem. Das Modul Artenreichtum beruht in seiner Grundstruktur einem ähnlichen Verfahren, welches in Großbritannien entwickelt und an vielen Küsten geprüft wurde. Deshalb wurde diesem Modul im HPI ein hoher Anzeigerwert zugeordnet, was einer Gewichtung von 50 % entspricht. Den spezifisch für Helgoland entwickelten Modulen der Tiefengrenzen und des Fucetums wurden jeweils eine Bedeutung von 20 % beigemessen, während dem relativ unsicheren Wert der Grünalgenbedeckung nur ein Anteil von 10 % zugeteilt wurde.

Folgende Stufen des Bewertungsverfahrens sind für die Berechnung des Berichts-EQR notwendig:

1. Messwerte aus dem jährlichen Feldmonitoring zusammenstellen
2. Berechnung der Messgrößen aus diesen Werten je nach spezifischen Vorgaben für jedes Modul
3. Umrechnung der Messgrößen in metrische EQR-Werte gemäß vorgegebener Formeln
4. Mittelwertbildung aus den Messgrößen-EQRs eines Moduls ergibt Jahres-EQR
5. Mittelwertbildung der EQRs eines Moduls über die letzten 6 Jahre
6. Gewichtung der einzelnen 6-Jahre-EQRs
7. Summe der gewichteten EQRs ergibt den HPI-EQR

In allen Berechnungsformeln, in denen der EQR aus den Messwerten berechnet wird, kommen folgende Abkürzungen vor:

- KG = untere Klassengrenze (der untere Grenzwert der Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)
- BK = Bandbreite der Klasse (Differenz zwischen unterem und oberem Grenzwert der maßgeblichen Klasse in die der Wert der Messgröße fällt)
- GW = Oberer oder unterer Grenzwert der EQR-Skala für die Klasse in die der Wert der Messgröße fällt
- 0,2 = Bandbreite des metrischen EQR für alle Klassen

Modul Artenreichtum

Die im Feld identifizierten Arten werden in einer Datentabelle aufgeführt und in die drei Hauptgruppen Braun-, Rot- und Grünalgen getrennt. Jeder Art wird ihre ökologische Gruppe (ESG I oder ESG II) und eine eventuelle Zugehörigkeit zu den Opportunisten zugeordnet. Aus den

Angaben dieser Liste lassen sich alle Messgrößen wie beispielsweise die Gesamtartenzahl oder der prozentuale Anteil der Rotalgen ermitteln (Tab. 3).

Tab. 3: Modul Artenreichtum, Matrix für Berechnung der Messgrößen aus den Angaben der Feldmessung (mit Beispielangaben).

| Messgröße | Anzahl | Anteil [%] |
|------------------------------------|--------|------------|
| Artenreichtum (Gesamtartenzahl) | 50 | |
| Anteil Grünalgen | 10 | 20 |
| Anteil Rotalgen | 20 | 40 |
| Anteil Opportunisten | 15 | 30 |
| Summe Arten in ESG 1 | 20 | |
| Summe Arten in ESG 2 | 30 | |
| Verhältnis ESG 1 : ESG 2 | 0,67 | |

Die Werte der Messgrößen werden mit Hilfe einer mathematischen Formel in einen metrischen EQR umgerechnet. Dafür wurde eine Matrix erstellt, in der die Grenzwerte der Messgrößen den Klassengrenzen zugeordnet sind (Tab. 4).

Tab. 4: Modul Artenreichtum, Matrix der Klassengrenzen mit den zugeordneten Grenzwerten der Messgrößen.

| Klassen | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|-------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| EQR (metrische Skala) | 0 - 0,2 | > 0,2 - 0,4 | > 0,4 - 0,6 | > 0,6 - 0,8 | > 0,8 - 1,0 |
| Klassenbreite Messgröße | 10 % | 20 % | 40 % | 20 % | 10 % |
| Artenanzahl | 0 - 8 | 9 - 25 | 26 - 54 | 55 - 70 | 71 - 80 |
| Anteil Grünalgen in % | 100 - 91 | 90 - 71 | 70 - 31 | 30 - 10 | 9 - 0 |
| Anteil Rotalgen in % | 0 - 5 | 6 - 17 | 18 - 41 | 42 - 53 | 54 - 60 |
| ESG Verhältnis | 0 - 0,09 | 0,1 - 0,29 | 0,3 - 0,69 | 0,7 - 0,89 | 0,9 - 1,0 |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------|---------|---------|---------|-------|
| Anteil Opportunisten in % | 100 - 91 | 90 - 71 | 70 - 31 | 30 - 10 | 9 - 0 |
| Küstenbewertung | na | 18 - 16 | 15 - 12 | 11 - 8 | 7 - 1 |

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

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

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

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

Wenn die berechneten EQR-Werte in eine Matrix eingegeben werden, ergibt sich für jedes Probenjahr ein bestimmter EQR, der sich als Mittelwert aus den einzelnen EQRs der jeweiligen Messgrößen berechnen lässt (Tab. 5). Der Küstenfaktor ist ein fester Korrekturwert bis geomorphologische Veränderungen und Exposition im Probengebiet eine Änderung notwendig machen. Der Sinn dieses Wertes besteht darin, dass die Küstenbeschaffenheit sowie die Vielfalt und Häufigkeit der vorhandenen Habitate einen grundlegenden Einfluss auf die Anzahl der Arten und deren Abundanzen haben. Dies muss somit bei einer Bewertung des Artenvorkommens berücksichtigt werden. Beispielsweise bedingt eine flach auslaufende Felsküste mit sandigen Bereichen mit geringer Wellenexposition ein anderes Artenvorkommen als eine steile Felsküste mit hoher Exposition.

Tab. 5: Modul Artenreichtum. Matrix mit Messwerten und berechnetem EQR für jede Messgröße und als Mittelwert der Modul-EQR für jedes Jahr.

| | 2010 | | 2011 | | 2012 | | 2013 | | 2014 | | 2015 | | 2016 | |
|----------------------------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | Messwert | EQR | Messwert | EQR | Messwert | EQR | Messwert | EQR | Messwert | EQR | Messwert | EQR | Messwert | EQR |
| Artenanzahl | 57 | 0,63 | 53 | 0,59 | 57 | 0,63 | 61 | 0,68 | 61 | 0,68 | 65 | 0,73 | 61 | 0,68 |
| Anteil Grünalgen in % | 26 | 0,64 | 28 | 0,63 | 32 | 0,60 | 31 | 0,60 | 30 | 0,61 | 29 | 0,62 | 26 | 0,65 |
| Anteil Rotalgen in % | 46 | 0,67 | 45 | 0,66 | 46 | 0,67 | 46 | 0,67 | 47 | 0,68 | 42 | 0,59 | 48 | 0,70 |
| ESG Verhältnis | 0,68 | 0,59 | 0,77 | 0,67 | 0,63 | 0,57 | 0,64 | 0,57 | 0,62 | 0,56 | 0,55 | 0,53 | 0,55 | 0,53 |
| Anteil Opportunisten in % | 49 | 0,51 | 45 | 0,53 | 42 | 0,54 | 46 | 0,53 | 47 | 0,52 | 49 | 0,51 | 51 | 0,50 |
| Küstenbewertung | 14 | 0,45 | 14 | 0,45 | 14 | 0,45 | 14 | 0,45 | 14 | 0,45 | 14 | 0,45 | 14 | 0,45 |
| Jahres-EQR (Mittelwert): | 0,58 | | 0,59 | | 0,57 | | 0,58 | | 0,59 | | 0,57 | | 0,58 | |

Modul Grünalgen

Nach der Bestimmung der Bedeckung von *Ulva lactuca* im Freiland liegen Prozentwerte der Bedeckung für jedes gemessene Probenquadrat vor. Diese werden in einer Tabelle erfasst und über eine einfache Mittelwertberechnung wird die durchschnittliche Bedeckung in % pro einem

Quadrat ermittelt. Diese Normierung ist notwendig, um die Ergebnisse mit anderen Jahren vergleichen zu können, weil die Anzahl an gemessenen Probenquadraten variieren kann.

Für jedes Jahr ergibt sich für die Messgröße ein einzelner Wert in Prozent Bedeckung, der in einer der Qualitätsklassen liegt und der über eine Formel in einen EQR umgewandelt wird (Tab. 6).

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

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

Tab. 6: Matrix Grünalgen mit Ergebnissen der Monitoring-Messungen.

| Klassen | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Metrischer EQR |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| EQR (metrische Skala) | 0 - 0,2 | > 0,2 - 0,4 | > 0,4 - 0,6 | > 0,6 - 0,8 | > 0,8 - 1,0 | |
| Klassenbreite Messgröße | 10 % | 20 % | 40 % | 20 % | 10 % | |
| Mittelwert Bedeckungsgrad | 100 - 75 | 74,9 - 25 | 24,9 - 15 | 14,9 - 5 | 4,9 - 0 | |
| 2005 | | | | | 4,29 | 0,83 |
| 2006 | | | | 6,28 | | 0,77 |
| 2007 | | | | 8,78 | | 0,72 |
| 2008 | | | | | 3,44 | 0,86 |
| 2009 | | | | 5,23 | | 0,79 |
| 2010 | | | | | 2,9 | 0,88 |
| 2011 | | | | | 4,5 | 0,82 |
| 2012 | | | | 7,58 | | 0,75 |
| 2013 | | | | | 3,74 | 0,85 |
| 2014 | | | | 5,17 | | 0,80 |
| 2015 | | | | | 2,04 | 0,92 |

| | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|-----|-------------|
| 2016 | | | | | 2,9 | 0,88 |
|-------------|--|--|--|--|-----|-------------|

Modul Fucetum

Die als ArcGis-shape-Datei vorliegenden Polygonkoordinaten aus der GPS-Messung werden am Rechner in einer ArcGis-Software visualisiert, worauf die kartierten Flächen über eine eingebaute Funktion berechnet und als Flächenwerte in [m²] angegeben werden. In der Matrix des Moduls erscheint der Messwert entsprechend den gesetzten Grenzwerten der Klassen (Tab. 7). Die aus historischen Angaben und Daten des heutigen Langzeitmonitorings ermittelte standardisierte Referenzfläche der dichten *Fucus serratus*-Bedeckung wird mit 18200 m² zugrunde gelegt und als der sehr gute Referenzzustand in der Klassifizierung benutzt.

Über folgende Formel wird aus dem Wert der Messgröße sowie den jeweiligen Klassengrenzen und Bandbreiten der Matrix der EQR für das betreffende Jahr berechnet:

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

Beispielsweise ergibt sich für das Fucetum aus dem Messwert von 14634 m² im Jahr 2016 ein metrischer EQR von 0,69, der im mittleren Bereich der Klasse 2, dem guten Zustand liegt (Tab. 7).

Tab. 7: Matrix Fucetum mit Ergebnissen der Monitoring-Messungen.

| Klassen | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Metrischer EQR |
|--|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | 0 - 0,2 | > 0,2 - 0,4 | > 0,4 - 0,6 | > 0,6 - 0,8 | > 0,8 - 1,0 | |
| Klassenbreite Messgröße | 0 - 10 % | 11 - 30 % | 31 - 70 % | 71 - 90 % | 91 - 100 % | |
| Fucetum Flächenwerte [m ²] | 0-2001 | 2002-5641 | 5642-12921 | 12922-16561 | 16562-18200 | |
| 2005 | | | 11869 | | | 0,57 |
| 2006 | | | 10843 | | | 0,54 |
| 2007 | 1370 | | | | | 0,14 |
| 2008 | | | 10918 | | | 0,54 |
| 2009 | | | 12105 | | | 0,58 |
| 2010 | | | 11545 | | | 0,56 |

| | | | | | | |
|-------------|--|--|-------|-------|--|-------------|
| 2011 | | | 11357 | | | 0,56 |
| 2012 | | | 12642 | | | 0,56 |
| 2013 | | | | 13896 | | 0,65 |
| 2014 | | | | 14420 | | 0,68 |
| 2015 | | | | 14782 | | 0,70 |
| 2016 | | | | 14634 | | 0,69 |

Modul Tiefengrenze

Messgröße Braunalge *Laminaria hyperborea*

Für diese Art ergeben sich aus den Unterwassermessungen der unteren Tiefengrenze jeweils drei Werte pro Tauchtransekt. Aus den Maximalwerten der drei parallelen Transekte wird der Mittelwert gebildet.

Messgrößen Unterwuchsarten (Rotalgen)

Pro Transekt ergibt die Tauchbeprobung für jede der vier Arten eine untere Maximaltiefe. Aus allen drei Werten pro Art wird der Mittelwert gebildet.

In einer Matrix sind die Klassengrenzen für jede Messgröße angegeben, die sich auf die spezifischen Tiefenvorkommen bei Helgoland und deren Referenzwerte beziehen (Tab. 8). Beispielsweise fällt eine untere Tiefengrenze von 9,9 m gemessen im Jahr 2015 bei der Unterwuchs-Rotalge *Plocamium cartilagineum* in die Qualitätsklasse 3 (mäßiger Zustand).

Über eine Formel wird aus den Mittelwerten der Messwerte für jede der fünf Messgrößen ein eigener EQR berechnet. Wiederum der Mittelwert über alle EQR-Werte ergibt den für dieses Jahr gültigen EQR des Tiefengrenzen-Moduls (Tab. 8).

Für alle Messgrößen der Tiefengrenzen wird folgende Formel benutzt:

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

Tab. 8: Matrix Tiefengrenzen mit Ergebnissen der Monitoring-Messungen von 2015 (Angaben in [m]).

| Klassen | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Messwert [m] | Metrischer EQR |
|----------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| EQR (metrische Skala) | 0 - 0,2 | > 0,2 - 0,4 | > 0,4 - 0,6 | > 0,6 - 0,8 | > 0,8 - 1,0 | | |

| | | | | | | | |
|--|---------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Laminaria hyperborea</i> | 0 - 1,4 | 1,5 - 4,2 | 4,3 - 9,8 | 9,9 - 12,6 | 12,7 - 14 | 11,2 | 0,70 |
| <i>Delesseria sanguinea</i> | 0 - 1,7 | 1,8 - 5,2 | 5,3 - 12,2 | 12,3 - 15,7 | 15,8 - 17,5 | 11,7 | 0,59 |
| <i>Plocamium cartilagineum</i> | 0 - 1,5 | 1,6 - 4,5 | 4,6 - 10,5 | 10,6 - 13,5 | 13,6 - 15 | 9,9 | 0,58 |
| <i>Brongniartella byssoides</i> | 0 - 1,9 | 2,0 - 5,6 | 5,7 - 13,0 | 13,1 - 16,7 | 16,8 - 18,2 | 11,0 | 0,55 |
| <i>Lomentaria spp.</i> | 0 - 1,4 | 1,5 - 4,2 | 4,3 - 9,8 | 9,9 - 12,6 | 12,7 - 14 | 12,1 | 0,76 |
| Tiefengrenzen - EQR (Mittelwert): | | | | | | | 0,63 |

Gesamtbewertung

Für jedes Modul werden alle bisherigen EQR-Werte in einer Tabelle aufgeführt (Tab. 9) und über den gültigen WRRL-Berichtszeitraum von 6 Jahren die Mittelwerte für jedes Modul berechnet. Entsprechend der Vorgabe aus Tabelle 2 werden diese gewichtet und die Summe daraus ergibt den endgültigen Gesamt-EQR. Entsprechend den Vorgaben der WRRL muss die Qualitätsklasse, die diesem EQR entspricht, ebenfalls angegeben werden.

Tab. 9: Matrix für HPI-EQR mit Werten der Jahre 2006-20016. Der über die 6 Jahre des Berichtszeitraumes als Mittelwert gebildete EQR eines Moduls wird gewichtet und der HPI-EQR ergibt sich aus der Summe dieser Anteile.

Mögliche saisonale und klimabedingte Auswirkungen auf den EQR

Bei der Bewertung ökologischer Zustände anhand der Organismen eines Ökosystems ist immer zu berücksichtigen, dass Faktoren eine Rolle spielen, die nicht mit der Wasserqualität, wie sie in der WRRL betrachtet wird, zusammenhängen. Insbesondere klimabedingte Veränderungen und, wie im Fall Helgoland deutlich gemacht werden konnte, saisonal auftretende, besondere Wetterbedingungen können starke Veränderungen in den Algenbeständen hervorrufen. Extreme Nordstürme im Winter 2006/2007 bewirkten im Eulitoral von Helgoland massive Verluste der mehrjährigen und dominanten Braunalge *Fucus serratus*, dem Anzeigerwert im Modul Fucetum (Abb. 7). Da sich der Bestand aufgrund der guten Wachstumseigenschaften der Algen jedoch innerhalb weniger Jahre erholen konnte und der EQR als Mittelwert über sechs Jahre berechnet wird, hatte dieser sehr starke Einbruch kaum Auswirkung auf den HPI-EQR und die Bewertung der Wasserqualität. Es zeigt jedoch wie wichtig es ist, solche Einwirkungen von den Einflüssen, die eine Veränderung der Wasserqualität anzeigen, zu trennen und bei der Beobachtung und Probennahme während des Monitorings mit zu berücksichtigen.

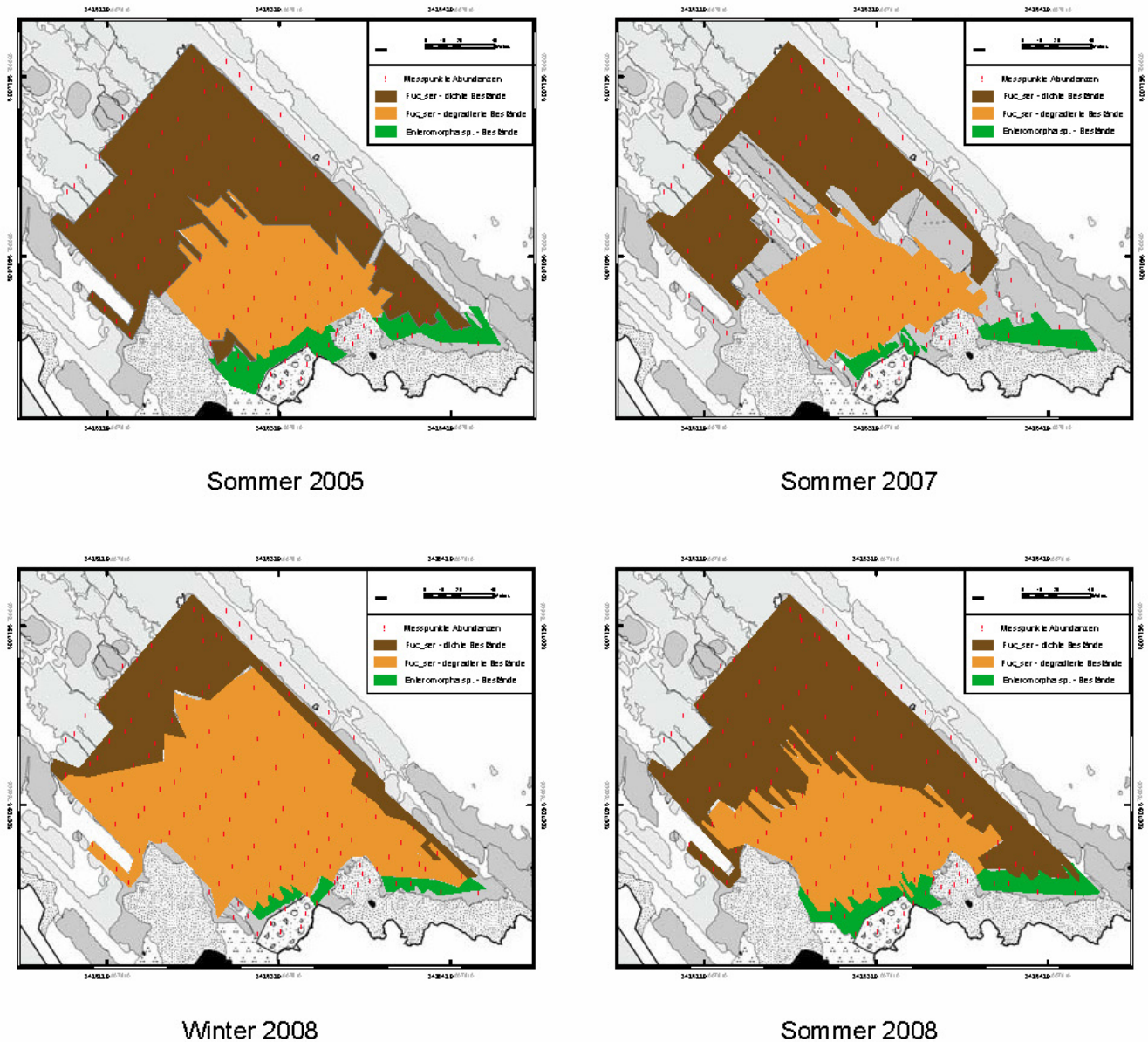


Abb. 7: Kartierung im N-Watt Helgolands im Verlauf Sommer 2005 bis Sommer 2008. Die starke Reduzierung des dichten *Fucus*-Bestandes durch Sturmepisoden im Winter 2006/2007 und die nachfolgend einsetzende Erholung der Bestände werden anhand der kartierten Fucetum-Fläche (dunkelbraune Fläche) deutlich.

Literatur

Bartsch I, Kühlenkamp R. 2004. WRRL-Klassifizierungssystem WK Helgoland. Bericht im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein.