

Automatisiertes webbasiertes Verfahren zur ökologischen Bewertung von Makrophyten im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer

Anna Rieger, Jörn Kohlus & Karl-Peter Traub

1. Einleitung

Die europäische Gesetzgebung im Bereich der Umweltpolitik hat in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Das Erreichen eines guten ökologischen Zustandes der Gewässer und europäischen Meere wird für die Wasserpolitik als eines der Hauptziele gesetzt.

Zur Kontrolle der Umweltqualitätsziele wird von der EU ein automatisiertes Berichtswesen gefordert. Am weitesten und konkretesten greift hierbei der Ansatz der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL). Anhand einer Vielzahl hydrologischer, biologischer und chemischer Qualitätskomponenten soll der Umweltzustand bewertet und anschließend nach den Anforderungen der INSPIRE-Richtlinie (engl. „Infrastructure for Spatial Information in the European Community“) für die Europäische Kommission bereitgestellt werden.

Verbunden mit den Forderungen von INSPIRE ist das Projekt zum Aufbau der Marinen Dateninfrastruktur Deutschlands (MDI-DE) angetreten (LEHFELDT in diesem Band), in dem geeignete Lösungen für die Kommunikation mariner Daten und zur Nutzung dieser Daten im Rahmen der nationalen Berichtspflichten ausgearbeitet werden.

Ein konsequenter Ansatz unter Beachtung des Transparenzgebotes verlangt eine Umsetzung von der Datenbereitstellung bis hin zur Bewertung mittels der von INSPIRE geforderten Technologie. Nicht nur die Daten des Monitorings selbst, sondern auch die Bewertung wird nachvollziehbar automatisiert (pre)prozessiert und als Web-Service bereitgestellt. In Schleswig-Holstein hat dieser Gedanke zu einem erstmaligen Implementierungsversuch eines prototypischen, webgestützten Bewertungsverfahrens zur Lösung der deutschen Verpflichtungen zur Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und MSRL im Bereich der Küstenmeere im Rahmen des Projektes MDI-DE geführt.

2 Rechtliche Grundlage der Bewertung

Speziell für den Gewässer- und Meeresschutz wurden in den letzten Jahren die WRRL (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN

UNION 2000) und die darüber räumlich erweiternde sowie inhaltlich und formal weiter spezifizierte MSRL (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 2008) verabschiedet und seit dem 1. März 2010 bzw. 13. Oktober 2011 (DEUTSCHER BUNDESTAG 2009) in Deutschland in nationales Recht übernommen. Beide Richtlinien richten sich auf die Verbesserung der Umweltqualität durch Zustandsüberwachung und Maßnahmenprogramme aus. Das Hauptziel ist das Erreichen eines zu definierenden guten ökologischen Zustandes (engl. „*Good Environmental Status*“, GES) der Gewässer.

Die sogenannte INSPIRE-Richtlinie (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 2007) schreibt den Aufbau einer gemeinsamen Geodateninfrastruktur (GDI) für ganz Europa vor. Es soll eine gemeinsame Basis für die Geodatenhaltung geschaffen werden, die durch eine Reihe von raumbezogenen Geoinformationsdiensten unterstützt wird. Durch das komplexe GDI-Netzwerk soll ein reibungsloser Informationsaustausch zwischen allen europäischen Mitgliedstaaten erreicht werden (KOHLUS et al. 2009). Unüblich für eine europäische Gesetzgebung definiert die INSPIRE-Richtlinie bereits technische Vorgaben. So sollen Geodaten elektronisch per Web-Services innerhalb der Europäischen Union verfügbar gemacht werden.

Ein typisches Element zur Durchsetzung europäischer Richtlinien ist die Einforderung eines Monitorings gekoppelt mit einem Berichtswesen. Dieses wird im Kontext der internationalen und nationalen Umweltpolitik unter anderem als ein geeignetes Instrument zur Vermittlung von Ergebnissen und Kontrolle angesehen (KOHLUS et al. 2009). Das permanente Monitoring ermöglicht es, Veränderungen in einem Ökosystem zu erkennen, und bildet die Grundlage zur Abschätzung von unerwünschten Auswirkungen. Die Bewertungsverfahren für die MSRL sind weiterhin noch nicht vollständig entwickelt. Um zu erkunden, wie weit und effektiv sich die methodisch anspruchsvolle transparente Bereitstellung von Daten und Bewertungen INSPIRE-konform umsetzen lässt, wurde hier auf eine Bewertungskonzeption für die WRRL zurückgegriffen.

2.1 Ökologische Bewertung nach der Wasserrahmenrichtlinie

Die WRRL fordert ein, dass ein nachhaltiger permanenter Schutz der Binnenoberflächen-, der Übergangs-, der Küstengewässer sowie des Grundwassers gewährleistet wird. Der Schutz soll durch Überwachung, Bewertung und Verbesserungsmaßnahmen erreicht werden (WRRL, Präambel, Absätze 19, 22, 27). Zum ersten Mal werden hier einheitliche Bewertungsstufen und vergleichbare Kriterien zur Bewertung der Bezugsgebiete festgelegt.

Als Grundlage des Berichtswesens dienen Einzugsgebiete von Flüssen, daran angelehnt wurden sogenannte Wasserkörper auch im Küstengebiet definiert. Das Berichtswesen ist für diese aus natürlichen Gegebenheiten abgeleiteten Gebiete,

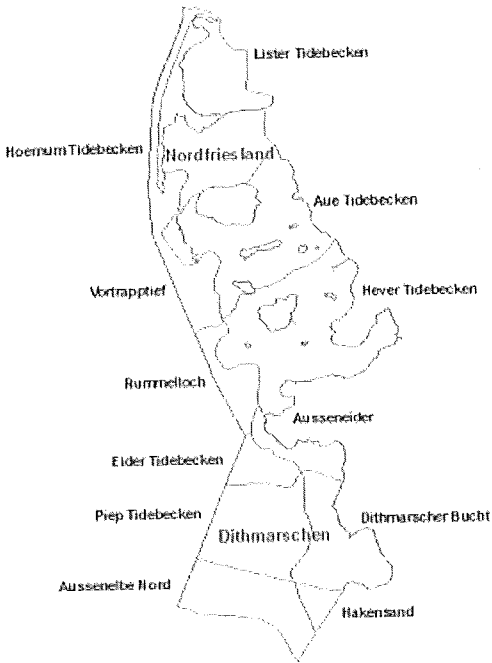


Abb. 1: *Wasserkörper im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer (eigene Darstellung)*

unabhängig von den nationalen Grenzen der Mitglied- sowie kooperierenden Staaten (z.B. Schweiz) vorzunehmen.

Als Erstes werden für die Wasserkörper Zustandsbeschreibungen mit biologischen, physikalisch-chemischen sowie hydro-morphologischen Parametern erstellt (Ermittlung der Ist-Situation). Als Nächstes sind die Zielwerte abzuleiten, die einen guten ökologischen Soll-Zustand definieren. Hierbei muss möglichst der Bezug auf historische Zustandsdaten genommen und unterschiedlichste Faktoren, einschließlich einer intensiven menschlichen Nutzung und Belastung, berücksichtigt werden. Die Wasserkörper werden bewertet und sollen zu einem insgesamt guten ökologischen Zustand entwickelt werden. (KOHLUS & REIMERS 2010).

Dem Gedanken der Flusseinzugsgebiete folgend wurden auch im Bereich des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres die Wasserkörper anhand der Wattwasserscheiden gebildet (vgl. Abb. 1). Die Vorkommen von Seegras oszillieren vorzugsweise genau entlang solcher hoher Wattrücken. Die grünen Makroalgen, zweite Komponente des Bewertungsverfahrens, reagieren auf Verdriftung und können sich zwischen den Wasserkörpern der Teilsysteme in Nordfriesland und Dithmarschen hin und her bewegen.

Die WRRL sieht vor, dass je Wasserkörper eine Bewertung entsprechend der fünf-stufigen Skala angegeben wird (Tab. 1). So wird für die Bewertung des Indikators „ökologischer Zustand“ eine Abstufung eingesetzt, die mögliche Gewässerzustände von „sehr gut“ bis „schlecht“ abdeckt. Als Ergebnis entstehen Bewertungskarten, die den ökologischen Zustand der Ökoregion in bestimmten Farben abbilden (WRRL, Anhang V, Abschnitt 1.4.2).

Tab. 1: Farbkennung für die Darstellung des ökologischen Zustandes
(WRRL, Anhang V, Abschnitt 1.4.2)

Einstufung des ökologischen Zustandes	Farbkennung
sehr gut	Blau
Gut	Grün
Mäßig	Gelb
Unbefriedigend	Orange
Schlecht	Rot

2.2 Anforderungen an ein automatisiertes Berichtswesen

Mit dem Inkrafttreten der INSPIRE-Richtlinie, dem Aufbau der europäischen WISE-Plattform (engl. „*Water Information System for Europe*“) und der seit 2010 begonnenen Implementierung der MDI-DE soll das auf heterogenen Berichten basierende Berichtswesen formalisiert und durch Automatisierung vereinfacht werden können.

Zu diesem Zweck werden von Arbeitsgruppen seitens der Europäischen Union einheitliche Berichtsbögen (engl. „*Reporting Sheets*“) ausgearbeitet, die dann von den Mitgliedstaaten ausgefüllt und anschließend für die Eintragung in das WISE zurückgeschickt werden müssen. Durch die Vorabstimmung der Dokumentationsstruktur auf der höchsten Ebene sollen die Homogenität, Automatisierung und Einheitlichkeit bei der Berichterstattung garantiert werden (EUROPEAN COMMISSION 2012).

Ähnlich wie die Papierberichte bestehen die *Reporting Sheets* aus mehreren zusammenhängenden Blöcken, die Texte und Tabellen (engl. „*Summary Texts*“), Abbildungen (Zusammenfassungen von geometrischen Objekten – engl. „*Geographic Information*“) sowie Felder für die Eingabe von zusätzlichen Informationen (engl. „*Data*“) und deren Auswertung beinhalten. Abweichend vom dienstebasierten Ansatz nach INSPIRE wird hierbei noch auf etablierte Verfahren zurückgegriffen.

Bei dem hier vorgestellten Vorgehen wird dagegen der Gedanke von INSPIRE konsequent verfolgt und die Auswertung bis zu einem Entwurfsdokument für einen prototypischen Teilbericht anhand dienstebasierter Technik umgesetzt.

3 WRRL-Qualitätskomponente „Makrophyten und Phytobenthos“

Das Wattenmeer gehört zu den dynamischen und schnell veränderbaren Biotopen der Welt. Wegen der Vielfalt von Faktoren, die den Umweltzustand stark beeinflussen, ist es notwendig, die Überwachung mit anschließender Analyse und Bewertung von marinen Daten regelmäßig in kürzeren Abständen zu wiederholen.

Das Gesamtgebiet des deutschen Wattenmeeres umfasst mehrere Tausende Quadratkilometer und ist räumlich so stark gegliedert, dass bei den jährlichen Erfassungen erhebliche Datenmengen anfallen. Seit über vierzehn Jahren werden Erhebungen und Einschätzungen ökologischer Daten im Rahmen des trilateralen Monitorings in Schleswig-Holstein und Niedersachsen geleistet. Für die Berichtspflichten entsprechend EU-Richtlinien oder um internationalen Verträgen nachzukommen wurden und werden Bewertungsverfahren in Expertengremien und Arbeitsgruppen entwickelt und abgestimmt. Bei dem trilateralen Monitoring werden die als WRRL-Qualitätskomponente dienenden Parameter „Makrophyten und Phytobenthos“ erhoben und bisher in Form von sogenannten Forschungsberichten zu Vorkommen von Grünalgen und Seegras veröffentlicht (vgl. DOLCH & REISE 2008, DOLCH et al. 2009). Das für die Implementierung genutzte Bewertungsverfahren greift auf ein von der Expertengruppe „Makrophyten und Zoobenthos für die Wasserrahmenrichtlinie“ der Arbeitsgemeinschaft Bund/Länder-Messprogramm (ARGE BLMP) vorgeschlagenes Verfahren zurück.

3.1 Seegras und Grünalgen als Makrophyten

Der Begriff „Makrophyten“ wird von zwei griechischen Wörtern abgeleitet – „*macros*“ bedeutet in deutscher Übersetzung „groß, lang“ und „*phytos*“ steht für „Pflanze“. Zusammengefasst versteht man darunter die mit bloßem Auge sichtbaren Wasserpflanzen (STELZER 2003).

Das Vorhandensein oder Fehlen von Makrophyten als wichtigen Bestandteilen von aquatischen Ökosystemen wird als einer der Indikatoren für den ökologischen Zustand allgemein und als Kennparameter für den Umweltzustand des Wattenmeeres angesehen. Gerade im schmalen Küstensaum des Wattenmeergebietes spielen diese Organismen eine bedeutende Rolle und machen es zu einem biologisch hochproduktiven Lebensraum.

Einerseits hat das Seegras aufgrund seiner Empfindlichkeit Zeigerqualität für die Sedimentstabilität und Eutrophierung. Andererseits dient es als Nahrungsquelle für zahlreiche Vogelarten des Wattenmeeres und wirkt damit auf weitere Subsysteme. Nicht zuletzt ist es aufgrund seiner Bestandsgefährdung selbst ein Qualitätsparameter. Im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer sind zwei Seegrasarten vorhanden – das Kleine oder das Zwergseegras (*Zostera noltii*) und das Große Seegras (*Zostera marina*). Das gemischte Vorkommen beider Arten (z. B. im Nordfriesischen Bereich) geht als Biodiversitätsfaktor positiv in die Bewertung ein.

Im Gegensatz zu den Seegräsern reagieren Grünalgen robust auf massive Nährstoffeinträge und können sich bei genug Wärme und Licht massiv vermehren. Häufig bilden sie dichte Matten. Wenn sie im Herbst absterben, können sie den Sauerstoff im Bereich des oberen Meeresbodens während der Zersetzung aufzehren, wodurch auch die Bodenlebensgemeinschaften geschädigt werden können. Grünalgen gelten als Hinweis auf eine hohe Nährstoffbelastung, auch wenn der

Zusammenhang von Eutrophierung und Bestandsgröße keine besonders enge Koppelung zeigt.

Laut der OSPAR-Empfehlung 2012/4 (Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks, OSPAR) sollen die OSPAR-Mitgliedstaaten Programme ausarbeiten, um zu beurteilen, ob bestehende Maßnahmen zum Schutz der Seegraswiesen im Wattenmeergebiet wirksam und effektiv sind, sowie systematisch untersuchen, wie der ökologische Zustand von Zostera-Betten ist (OSPAR COMMISSION 2012).

3.2 Makrophytenmonitoring

Die räumliche Ausbreitung von Seegras und Grünalgen wird in Schleswig-Holstein nach zwei Methoden erfasst. Als Hauptmethode zur Entdeckung der maximalen, saisonalen Verbreitung der Makrophyten und der Beobachtung der Wachstumsgeschwindigkeit wird seit 1994 die Befliegung eingesetzt, wobei das gesamte Wattenmeergebiet innerhalb von drei Sommermonaten jeweils ein Mal pro Monat bei Niedrigwasser in einer Höhe von 300 bis 500 m überfliegen wird. Sicher erkannt werden Flächen mit einer Bedeckung von mehr als 20 % im eulitoralen Watt, eine weitere Deckungsklasse über 60 % kann identifiziert werden. Für das Seegras wird seit nunmehr sechs Jahren als zweite Erfassungsmethode die jährliche Bodenkartierung von einem Sechstel der Wattflächen durchgeführt, wobei im Feld mit den GPS-Geräten kartiert wird (vgl. REISE et al. 2010).

Beide Verfahren haben unterschiedliche Schwerpunkte und weisen sowohl Vor-, als auch Nachteile auf, die allerdings durch den parallelen Einsatz häufig ausgeglichen werden können. Der größte Vorteil der Befliegung besteht in der Vollständigkeit der Erfassung. Zudem lässt sich über drei Befliegungen das Bestandsmaximum, das Grundlage eines konsistenten Vergleichswertes ist, erkennen und erfassen. Allerdings ist es aus der Distanz und bei entsprechender Geschwindigkeit schwierig, die Flächen in einer hohen geometrischen Genauigkeit und in korrekter Lage zu erfassen. Details, wie z.B. Informationen zu den Lebensgemeinschaften, können hier nicht mit aufgenommen werden. Des Weiteren ist es bei den Flächen mit sehr geringer Deckung nicht möglich, vorhandene Bestände nachzuweisen.

Die Genauigkeit der terrestrischen Erfassung ist im Gegensatz zur Befliegung viel höher. Parallel zu den Messungen werden für jede Seegraswiese mehrere Proben genommen und die Eigenschaften der Lebensgemeinschaften des Seegrases untersucht. Für Grünalgen gibt es kein vergleichbares terrestrisches Verfahren. Da das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer mehrere Hunderte Quadratkilometer umfasst, kann mit verfügbaren Mitteln keine Erhebung der Seegraswiesen im zeitlich-räumlich Zusammenhang erreicht werden. Jährlich kann nur ein Sechstel des Gebietes erfasst werden und selbst dieses nur verteilt über die sommerliche Vegetationsperiode. Bei Veränderungen von über 10 % innerhalb der Kartierungsaison

und ähnlichen Unterscheidungen zwischen einzelnen Jahren ergibt sich somit kein konsistentes Ergebnis. Aus diesem Grund bedarf es hier eines normierenden Verfahrens auf Basis der Gesamterfassung, wofür derzeit ein präziserer Ansatz fehlt.

Da bisher nur für die Befliegungsdaten vergleichbare Erfassungen vorliegen, wurden für das implementierte Bewertungsverfahren die Daten des Flugmonitorings für das TMAP (engl. „*Trilateral Monitoring and Assessment Program*“) von der Forschungsgruppe vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) auf der Wattenmeerstation auf Sylt genutzt.

3.3 Bewertungsverfahren für Makrophyten in Schleswig-Holstein

Die ökologische Zustandsbewertung von Makrophyten im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer erfolgt auf Basis von mehreren Faktoren. Das Verfahren legt ein methodisches Konzept von REISE zugrunde (vgl. DOLCH et al. 2009), das die Bewertung durch eine gewichtete Parametrisierung nach den fünf folgenden Merkmalen vornimmt:

- Ausdehnung sowie Bewuchsdichte der Seegraswiesen;
- Artendiversität der Wiesen (Vorhandensein beider heimischer *Zostera*-Arten);
- Ausdehnung und Dichte der Grünalgenmatten.

Für die Bewertung der einzelnen Parameter wird in einer Bewertungsmatrix der Makrophytobenthos-Index bestimmt (vgl. Tab. 2 und Tab. 3). Die Klassengrenzen für alle fünf Kategorien werden basierend auf einem angenommenen Referenzzustand ermittelt, der abhängig vom jeweiligen Wissensstand aktualisiert wird.

Die Bewertungsmatrix besteht aus zwei Modulen jeweils für Seegras und Grünalgen. Der erste Teil beinhaltet Klassengrenzen für den prozentuellen Anteil der Flächendeckung durch Seegraswiesen auf eulitoralen Wattflächen mit einer Bedeckung von mehr als 20 % sowie die Flächenanteile von Seegraswiesen mit über 60 % Bewuchsdichte. Des Weiteren fließt die Artenabundanz innerhalb des jeweiligen Untersuchungsgebietes in die Bewertung ein. Als positiver Indikatorwert wird der Flächenanteil von Seegras proportional bewertet. Im zweiten Modul werden die Flächenanteile von Grünalgenmatten im Bezug zu denselben Wattflächen in zwei Dichtestufen antiproportional für die Bewertung eingesetzt (DOLCH et al. 2009).

Die erwähnten Parameter zu Deckung und Ausbreitung von Grünalgen und Seegras in Relation zur Wattfläche sowie der Biodiversitätsparameter werden zuerst als unabhängige Werte bestimmt. Um eine Verrechnung vorzunehmen wird eine Interkalibrierung nach Normierung über ihre jeweiligen *Ecological Quality Ratios* (EQR) durchgeführt (BIRK & BÖHMER 2007), sodass das Endergebnis durch eine Zahl zwischen „0“ (WRRL-Qualitätskategorie „schlecht“) und „1“ (WRRL-Qualitätskategorie „sehr gut“) ausgedrückt wird. Die Gesamtbewertung des ökologischen Zustandes wird als Mittelwertbildung von allen normierten EQRs über

sechs Jahre berechnet. Die Zuweisung zur jeweiligen Qualitätsstufe erfolgt nach den für Norm-EQRs festgelegten Klassengrenzen. Das Bewertungsergebnis nach der Verrechnung ist eine Zahl bzw. eine Qualitätskategorie, die den aktuellen Zustand des Gesamtbewertungsgebiets charakterisiert.

Tab. 2: *Bewertungsmatrix Nordfriesland Makrophytobenthos-Index (DOLCH et al. 2009)*

Bewertungsmatrix Nordfriesland Makrophytobenthos-Index								
Qualitätskategorien		0	1	2	3	4	Gewichtung %	Norm-EQR gemäß Gewichtung für 6-Jahre-Intervall
		Schlecht	Unbefriedigend	Mäßig	Gut	Sehr gut		
Norm-EQR		0 – 0,19	0,2 – 0,39	0,4 – 0,59	0,6 – 0,79	0,8 – 1,0		
Modul Seegras ³	Eulitorale Fläche (%) ¹	< 2	2 - 4,9	5 - 9,9	10 - 19,9	20 - 100	50	Mittelwerte aller Parameter-EQRs über 6 Jahre
	Anteil ≥ 60 % Bedeckung (%) ²	< 6	6 - 11,9	12 - 24,9	25 - 49,9	50 - 100	10	
	Präsenz beider Arten (%) ²	< 20	20 - 39,9	40 - 59,9	60 - 79,9	80 - 100	10	
Modul Grünalgen ⁷	Eulitorale Fläche (%) ⁴	100 - 15	14,9 - 7	6,9 - 3	2,9 - 1	< 1	20	
	Anteil ≥ 60 % Bedeckung (%) ⁵	100 - 50	49,9 - 25	24,9 - 12	11,9 - 6	< 6	10	

Tab. 3: *Bewertungsmatrix Dithmarschen Makrophytobenthos-Index (DOLCH et al. 2009)*

Bewertungsmatrix Dithmarschen Makrophytobenthos-Index								
Qualitätskategorien		0	1	2	3	4	Gewichtung %	Norm-EQR gemäß Gewichtung für 6-Jahre-Intervall
		Schlecht	Unbefriedigend	Mäßig	Gut	Sehr gut		
Norm-EQR		0 – 0,19	0,2 – 0,39	0,4 – 0,59	0,6 – 0,79	0,8 – 1,0		
Modul Seegras ⁶	Eulitorale Fläche (%) ¹	< 0,3	0,3 - 0,69	0,7 - 1,49	1,5 - 2,9	3 - 100	50	Mittelwerte aller Parameter-EQRs über 6 Jahre
	Anteil ≥ 60 % Bedeckung (%) ²	< 6	6 - 11,9	12 - 24,9	25 - 49,9	50 - 100	10	
	Präsenz beider Arten (%) ³	< 20	20 - 39,9	40 - 59,9	60 - 79,9	80 - 100	10	
Modul Grünalgen ⁷	Eulitorale Fläche (%) ⁴	100 - 15	14,9 - 7	6,9 - 3	2,9 - 1	< 1	20	
	Anteil ≥ 60 % Bedeckung (%) ⁵	100 - 50	49,9 - 25	24,9 - 12	11,9 - 6	< 6	10	

3.3.1 Gewählte Randbedingungen

Aufgrund der Mobilität der Grünalgenmatten zwischen den Wasserkörpern und der typischen Grenzlage der Seegrasvorkommen um die Wattwasserscheiden werden im Einklang mit der Expertengruppe „Makrophyten und Zoobenthos für die Wasserrahmenrichtlinie“ Gesamtwerte für die ökologischen Teilsysteme Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer bestimmt (ARGE BLMP 2010). Um den Anforderungen der WRRL zu entsprechen, werden die Bewertungen der Teilsysteme den beteiligten Wasserkörpern zugeordnet.

Wie bereits erwähnt, wurden für die Ermittlung von EQRs die Daten aus den Flugkartierungen für das TMAP (CWSS 2008) benutzt, um die Arbeit mit den vergleichbaren Daten sicherzustellen. Die Einschätzung des Parameters „Präsenz beider Arten“ wurde hingegen aus Feldkartierungen abgeleitet. Als Parameter für die Bestimmung der bewachsenen eulitoralen Fläche werden die Befliegungsdaten mit der im Jahr beobachteten Maximalausdehnung von Seegras- bzw. Grünalgenbeständen ausgewählt, da diese Daten den höchsten Wachstumspunkt und somit den besten Entwicklungsstand der Makrophyten widerspiegeln und nur diese eine Vergleichbarkeit über die Jahre ermöglichen.

4 Implementierung des Verfahrens

Den Kern des Systems bildet die kostenfreie relationale Datenbank *PostgreSQL* mit dem räumlichen Aufsatz *PostGIS*, wo die ursprünglichen Messdaten gehalten, analysiert und prozessiert werden. Diese Datenbank ist in der Lage, geometrische Operationen mit den Geodaten durchzuführen, Geodatentypen zu unterstützen und mit weiteren Geoschnittstellen zu kommunizieren. Die Berechnungslogik beruht hierbei vollständig auf SQL-Anweisungen (engl. „*Structured Query Language*“).

Das Bewertungssystem für Makrophyten benötigt räumliche Informationen über die Topographie mit den aktuellen Wattflächen sowie über die sequentielle Präsenz und Besiedlungsintensität von Seegras und Grünalgen. Es wird eine Kombination zwischen räumlichen Abfragen (Verschneidungen) und arithmetischen und statistischen Funktionen (z.B. Summen- und Mittelwertbildung) benötigt.

Das in der MSRL benannte INSPIRE-konforme Vorgehen fordert eine Architektur der Dienste. Die raumbezogenen Eingangsdaten wurden daher als Web-Services (in diesem Fall *Web Map Service (WMS)* und *Web Feature Service (WFS)*) mit der Software *GeoServer* aufbereitet. Die Wahl des Servers folgt dem Konzept der MDI-DE als Infrastruktur für die MSRL für den prototypischen Infrastrukturknoten in Schleswig-Holstein (HELBING et al. 2012).

Um die Daten anschließend sichtbar zu machen, wird ein Frontend benötigt, das als Map-Viewer anzusprechen ist. Die interaktiven Karten für die Webseite wurden mithilfe von der JavaScript-Bibliothek *OpenLayers* erstellt. Um ein Web-basiertes dynamisches Bewertungssystem mit den Serverkomponenten zu verbinden, be-

darf es außerdem eines Webservers. Als solcher wurde der Apache-Server mit dem PHP-Modul benutzt (vgl. Abb. 2).

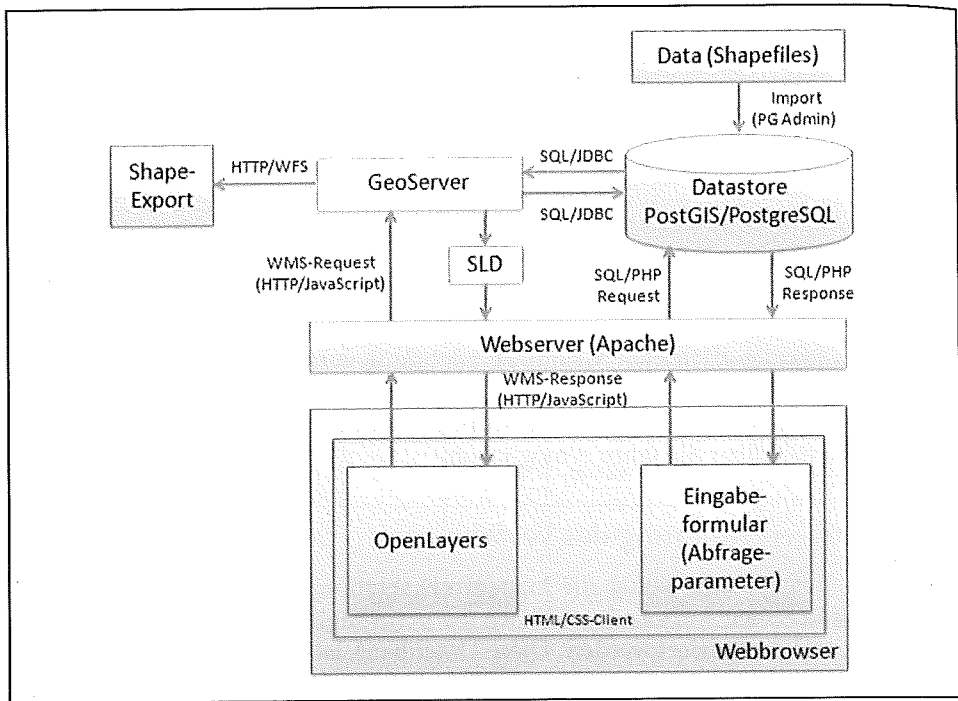


Abb. 2: Datenbankbasierte Umsetzung mit PostGIS/PostgreSQL (eigene Darstellung)

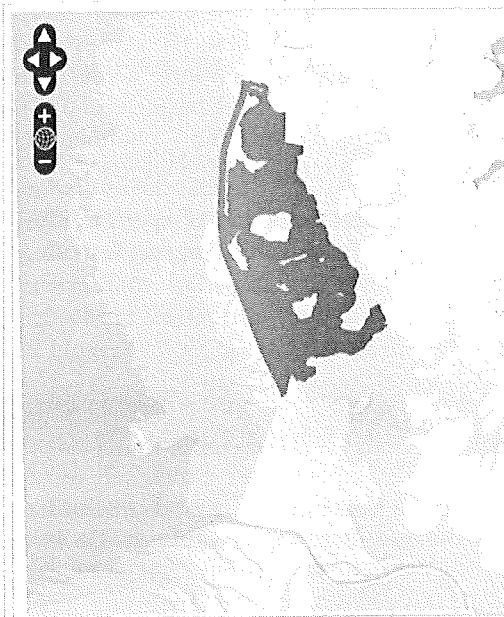
4.1 Bewertungsformular und -ergebnisse

Um das Bewertungsergebnis zu visualisieren und durch den Benutzer steuerbar zu machen, wurde eine interaktive Web-Oberfläche entwickelt. Hierbei wurden unterschiedliche Gestaltungsmittel wie HTML, CSS, JavaScript und PHP eingesetzt. Um die Bewertungskarten, -texte und -diagramme dynamisch zu erzeugen und das Ergebnis unabhängig von der implementierten Umgebung zugänglich zu machen, wurde den Konzepten von INSPIRE folgend die Bereitstellung durch die Web-Dienste WMS und WFS vorgenommen.

Die prototypische Benutzeroberfläche für den Bewertungsservice ist intuitiv aufgebaut. Nach der Auswahl des Bewertungsjahres wird der Bewertungsprozess ohne weitere Einstellungen durch den Knopf „Bewertung starten“ angestoßen. Nach der Beendigung des Berechnungsprozesses wird die Darstellung automatisch erneuert, wobei dem Layout erklärende Texte, Diagramme und die Kartendarstellung des Bewertungslayers hinzugefügt werden (Abb. 3).



Bewertungsergebnisse für das Parameter "Makrophyten und Phytobenthos" im Jahre 2010



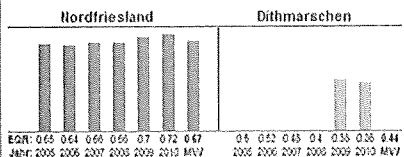
Legende

Qualitätszustand:

- Sehr gut
- Gut
- Mäßig
- Unbefriedigend
- Schlecht

Die Farben und Wertstufen entsprechen Anhang V, Abschnitt 1.4 der Richtlinie 2000/60/EG der Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasser-Rahmenrichtlinie).

Bewertungsdiagramm



Summary Texts

Der Qualitätszustand der Wasserkörper im nordfriesischen Wattenmeer im Jahr 2010 konnte mit 0.67 bestimmt werden, was der Qualitätsklasse "gut" entspricht. Der mittlere EQR-Wert nimmt parallel mit weiterer Zunahme der Seegrassbestände weiterhin zu. Für Dithmarschen ergab sich im selben Jahr mit dem EQR in Höhe von 0.44 die Qualitätsklasse "mäßig". Der mittlere Norm-EQR hat nur leicht abgenommen trotz beständiger Abnahme seit 2006.

[Bericht drucken](#)

[Neue Bewertung](#)

[Zwischenergebnisse](#)

Abb. 3: Ergebnisse der Makrophytenbewertung für das Jahr 2010 (eigene Darstellung)

Nach dem Bewertungsvorgang stehen dem Nutzer mehrere Funktionalitäten zur Verfügung. So können die Ergebnisse in Form einer georeferenzierten Datei im Shape-Format vom GeoServer durch den WFS-Dienst heruntergeladen werden („Ergebnis speichern“). Mit der Funktion „Bericht erstellen“ hat der Anwender die Möglichkeit, einen digitalen Bericht zu den errechneten Ergebnissen zu erstellen und diesen im PDF-Format abzuspeichern („Bericht drucken“). Die Funktion „Zwischenergebnisse“ gibt alle in die Bewertung einfließenden Daten in der tabellarischen Form aus und zeigt anschaulich anhand der ausgewählten Rechenbeispiele, wie sich einzelne Parameter errechnen.

Besonders betrachtet werden soll der Block mit den erläuternden Texten zur Bewertung (vgl. Abb. 3, „*Summary Texts*“). Diese Textbausteine beinhalten das Bewertungsjahr, die relevanten Bewertungswerte zu den jeweiligen Regionen und geben eine Entwicklungsanalyse von EQRs über den gesamten 6-jährigen Bewertungszeitraum. Die Textmodule integrieren Einschätzungen zu den einzelnen Jahren, die in der Datenbank abgespeichert und je nach erhaltenen Bewertungswerten dynamisch den Ergebnissen hinzugefügt werden. Die implementierte Generierung eines einfachen Berichtstextes lässt sich außerdem mit wissensbasierten Funktionen, die die Einbindung von Expertenwissen erlauben, ergänzen – phänologische Daten, Witterungsinformationen und mehr könnten eingebunden werden.

Der generierte exemplarische Bericht kann von den beteiligten Experten editiert und ergänzt werden, um Sonderkonditionen beim Bewertungsvorgang festzulegen und zu erläutern.

5 Fazit und Ausblick

Im Rahmen des aktuellen Projektes zum Aufbau der MDI-DE sollten erste automatisierte Bewertungsverfahren für einzelne Qualitätsparameter entwickelt werden. Dieser Beitrag umfasst den ersten Versuch, ein durchgängig digital unterstütztes System für die Bewertung einer Qualitätskomponente durchzuführen. Da bisher durchgängige Konzepte für die Bewertung fehlten, wurde das weit entwickelte Vorgehen für die Qualitätskomponente „Makrophyten und Phytobenthos“ zur Bewertung entsprechend der WRRL zugrunde gelegt und entsprechend den Anforderungen der MSRL nahe der Konzeption von INSPIRE umgesetzt. Aufgrund der im Jahre 2011 noch nicht vorliegenden Vorgaben von INSPIRE konnte die Konformität der verwendeten Web-Services zur Richtlinie nicht gewährleistet werden.

Mit dem Ansatz von der kostenfreien relationalen Datenbank *PostgreSQL/PostGIS* konnte ein vollständig automatisierter Bewertungsservice implementiert werden. Im Gegensatz zu anderen (z.B. GIS-basierten) Ansätzen werden die Ergebnisse für den Bewertungsservice hier vollständig automatisch und dynamisch erstellt und passen sich je nach Ausgangsdaten ohne Eingriff des Nutzers von selbst an.

Die Umsetzung der Anwendung auf einem im offenen Internet erreichbaren Server macht das Bewertungsverfahren auch für Dritte zugänglich. Das implementierte Verfahren kann im Ergebnis revidiert werden und erlaubt die Kommentierung von Experten. Damit gewährleistet das Vorgehen Transparenz und ist überprüfbar.

Die Daten in einer Datenbank müssen nicht auf dem gleichen Server gehalten werden, auf dem der Service implementiert ist. Voraussetzung für eine datenbankbasierte Bewertung ist lediglich die Verfügbarkeit des Web- und Mapservers sowie die Verbindung zur Datenbank. Die Benutzerfreundlichkeit und Einfachheit der erstellten grafischen Oberfläche ermöglichen dem Nutzer, die Bewertung ohne

Anpassungen durchzuführen. Das Verfahren ist zukunfts offen – Änderungen des Bewertungsvorganges und der Bewertungsmatrix sind einfach zu konfigurieren.

Das Bewertungsverfahren wurde mit Funktionalitäten der Geodatenbank umgesetzt. Passend zu der von INSPIRE geforderten dienstebasierten Technologie wäre jedoch eine Implementierung mittels eines *Web Processing Service* (WPS). Im Anschluss an das beschriebene Projekt wurde eine Umsetzung mithilfe des WPS-Frontends Legato der Firma disy Informationssysteme GmbH und einer Testumgebung für WPS-Services erprobt. Es gelang, die Umsetzung eines vereinfachten Bewertungsverfahrens mit interaktiver Auswahlmöglichkeit des Analysegebietes durchzuführen (RIEGER 2012). Für ein produktives System, das vollständig auf INSPIRE-Technologie beruht, bedarf es vor allem einer durch die Bereitsteller der Bewertungsverfahren konfigurierbaren Umgebung eines WPS-Servers. Angeregt von dem Vorhaben verfolgen die Firma disy Informationssysteme GmbH, die Hochschule Osnabrück und das Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz (LKN) aktuell diesen Ansatz.

6 Literatur-und Quellenverzeichnis

- ARGE BLMP – Arbeitsgemeinschaft Bund/Länder-Messprogramm für Nord- und Ostsee, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.) (2010): Makrophyten. Monitoring-Kennblatt, Stand 28.01.2010. Biologisches Monitoring – Flora – Makrophyten. [<http://www.blmp-online.de/Seiten/Monitoringhandbuch.htm>].
- BIRK, S. & J. BÖHMER (2007): Die Interkalibrierung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie – Grundlagen und Verfahren. WaWi 9/2007, S. 10–14.
- CWSS – COMMON WADDEN SEA SECRETARIAT (Hrsg.) (2008): TMAP Handbook – TMAP guidelines for an integrated Wadden Sea monitoring, Version 0.9 May 2008 [<http://www.waddensea-secretariat.org/TMAP/About-TMAP.html>].
- DEUTSCHER BUNDESTAG (Hrsg.) (2009): Gesetz zur Neuregelung des Wasserrechts (Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)) vom 31. Juli 2009. In: Bundesgesetzblatt, Teil 1, Nr. 51, Jahrgang 2009, S. 2585–2637.
- DOLCH, T., BUSCHBAUM C. & K. REISE (2009): Seegrass-Monitoring im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer 2008. Ein Forschungsbericht für das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek.
- DOLCH, T. & K. REISE (2008): Seegrass-Monitoring im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer 2007. Ein Forschungsbericht für das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek.
- EUROPEAN COMMISSION (Hrsg.) (2012): European Commission – Environment. [http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm].
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (Hrsg.) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im

- Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie – WRRL). In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Ausgabe L327, 43. Jahrgang, 22. Dezember 2000, S. 1–73.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (Hrsg.) (2007): Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). In: Amtsblatt der Europäischen Union, Ausgabe L108, 50. Jahrgang, 25. April 2007, S. 1–14.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (Hrsg.) (2008): EG-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie. Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie – MSRL). In: Amtsblatt der Europäischen Union, Ausgabe L164/19, 51. Jahrgang, 25. Juni 2008, S. 19–41.
- HELBING, F., BINDER, K., DUDEN, S., LÜBKER, T., RÄDER, M., SCHACHT, C. & D. ZÜHR (2012): Leitfaden zur Anbindung eines Infrastrukturknotens an die MDI-DE. [http://win-cms60.mdi-de.org/projekt/images/mdi-de/Publikationen/mdi-de_leitfaden_isk_2%200_publish.pdf].
- KOHLUS, J., DIEDERICHS, B., KAZAKOS, W. & C. HEIDMANN (2009): Von den Metadaten zum Bericht. In: Traub, K.-P., Kohlus, J. & T. Lüllwitz (Hrsg.): Geoinformationen für die Küstenzone, Band 2. Beiträge des 2. Hamburger Symposiums zur Küstenzone und Beiträge der 7. Strategie-Workshops zur Nutzung der Fernerkundung im Bereich der BfG/Wasser- und Schifffahrtsverwaltung. Norden & Halmstad (S), S. 137–152.
- KOHLUS, J. & H.-C. REIMERS (2010): Neue Herausforderungen im Datenmanagement für das europäische Meeresmonitoring – Das Projekt MDI-DE – Marine Daten-Infrastruktur in Deutschland. In: Schwarzer, K., Schrottke, K., Stattegger, K. (eds.). From Brazil to Thailand – New Results in Coastal Research. Coastline Reports (16), EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V., Rostock, pp. 115–126.
- OSPAR COMMISSION (ed.) (2012): OSPAR Recommendation 2012/4 on furthering the protection and conservation of *Zostera* beds. Meeting of the OSPAR Commission, 25.–29. Juni 2012, Bonn. Annex 13, Ref. §5.38c.
- REISE, K., BUSCHBAUM, C. & E. HERRE (2010): Vorkommen von Grünalgen und Seegras im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer 2010. Ein Forschungsbericht für das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek,
- RIEGER, A. (2012): Einrichtung und Entwicklung eines Web Processing Services (WPS) für WRRL/MSRL-Bewertungsverfahren auf Basis des Legato-Dienstservers. Interner Bericht für das LKN, Tönning.
- STELZER, D. (2003): Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seenbewertung – Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Promotion am Department für Ökologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TU München.