

Marion KRUSE*, Martin BENKENSTEIN & Felix MÜLLER

*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Olshausenstr. 75,
24118 Kiel
mkruse@ecology.uni-kiel.de

Ein Konzept zur Bewertung von Ökosystemleistungen in der Darß-Zingster Boddenkette – qualitative Analyse und Vorstellung des Mengengerüsts zur Quantifizierung

Abstract

It is of uttermost importance to have comprehensive knowledge on human-environmental systems for a sustainable environmental and resource management. Therefore, the concept of ecosystem services has been introduced recently. Ecosystem services are the benefits people obtain from nature. These complex interactions in human-environmental systems are obvious, especially in coastal ecosystems, because of intense pressures due to human activities (e.g., eutrophication) and the myriad of uses (e.g., fisheries, tourism, and nature protection). All these aspects are of high relevance for the Darß-Zingst Bodden Chain. Hence, several steps and approaches are combined within the BACOSA project to value ecosystem services qualitatively, quantitatively and economically. The quantity structure is based on the qualitative assessment of ecosystem services by means of the matrix approach. It is the basis for the quantification and the final economic valuation of selected relevant ecosystem services in the Darß-Zingst Bodden Chain. Several regulating, provisioning and cultural services are supplied and demanded in the case study area. Interim results show a high spatio-temporal variability and interactions of ecosystem services. New insights and knowledge will be used for the design of management strategies for policy making and practice.

Keywords: Küstenökosystem, Indikator, Matrix-Methode, Ökosystemleistungsbewertung

1 Einleitung

Ökosysteme, insbesondere Küstenökosysteme, sind komplexe Wirkungsgefüge, die stark von menschlichen Handlungen beeinflusst werden, weil sie eine Vielzahl an Ressourcen und Optionen für das menschliche Handeln bieten. Um die resultierenden, teils sehr weitreichenden Veränderungen in Küstenökosystemen - z.B. durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft oder die anthropogene Überprägung durch Infrastrukturmaßnahmen - zu verstehen und sie effektiv zu gestalten und zu begrenzen, sind umfangreiche Kenntnisse und Informationen für Entscheidungsträger von großer Bedeutung. In diesem Kontext ist das Konzept der Ökosystemleistungen in den vergangenen Jahren konstruktiv in der Umweltforschung entwickelt worden

(z.B. SEPPELT et al. 2011; GRUNEWALD & BASTIAN 2013) und findet zunehmend Kenntnis und Anwendung in Politik und Praxis (ALBERT et al. 2014a, b).

Ökosystemleistungen (engl. *ecosystem services*) werden generell als die Beiträge von Ökosystemstrukturen und –funktionen für das menschliche Wohlergehen definiert (BURKHARD et al. 2012). Dabei steht das gesellschaftliche Wohlergehen als Zielgröße im Mittelpunkt dieses anthropozentrischen Konzepts. Die ökologische Integrität beschreibt in diesem Zusammenhang die natürlichen, ökosystemaren Grundvoraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit Ökosystemleistungen erbracht und genutzt werden können (MÜLLER 2005; HAINES-YOUNG & POTSCHIN 2010; KANDZIORA et al. 2013a).

Ökosystemleistungen werden heute allgemein in drei Kategorien unterteilt: Regulierungsleistungen, Versorgungsleistungen sowie kulturelle Leistungen (vgl. Tabelle 1). Zu den Regulierungsleistungen zählt die ökosystemare Organisation von natürlichen Wechselwirkungen und Prozessen im Hinblick auf eine Förderung menschlicher Wohlfahrtskriterien. So können Ökosysteme durch die Fixierung von CO₂ zur Regulierung des globalen Klimas beitragen, sie können Wind-, Wasser- oder Temperaturwirkungen abpuffern (lokale Klimaregulierung) oder durch nasse und trockene Depositionsmechanismen Luftschadstoffe binden (Luftqualitätsregulierung). Die Speicher-, Filter- und Puffermechanismen des Bodens, der Sedimente und der Vegetation können zur Wasserreinigung und zur Nährstoffregulierung beitragen und die Topographie sowie die Vegetationsstruktur beeinflussen den Verlust von Oberböden durch Erosionsprozesse. Schließlich bieten naturnahe Ökosysteme Schutz gegenüber Hochwasserereignissen, biozönotische Wechselwirkungen können die Schädlingsregulierung fördern und viele stoffliche Prozesse sind an der Dekomposition und Fixierung von organischen Abfallstoffen beteiligt.

Tab. 1: Übersicht der einzelnen Ökosystemleistungen (aus KANDZIORA et al. 2013a)

Regulierungsleistungen	Versorgungsleistungen	Kulturelle Leistungen
Globale Klimaregulierung	Feldfrüchte	Tourismus & Naherholung
Lokale Klimaregulierung	Biomasse zur Energiegewinnung	Landschaftsästhetik & Inspiration
Luftqualitätsregulierung	Futtermittel	Wissenssysteme
Wasserflussregulierung	Tierhaltung	Religiöse & spirituelle Erlebnisse
Wasserreinigung	Fasern	Kulturelles Erbe & kulturelle Diversität
Nährstoffregulierung	Holz	Naturerbe & Biodiversität
Erosionsregulierung	Holzbrennstoff	
Naturkatastrophenregulierung	Fisch, Meeresfrüchte, Algen	
Bestäubung	Aquakultur	
Krankheits- und Schädlingsregulierung	Wildprodukte	
Abfallregulierung	Biochemikalien & Medizin	
	Frischwasser	
	Mineralien	
	Abiotische Energieressourcen	

Die Versorgungsleistungen sind die am schnellsten greifbaren Ökosystemleistungen, aus denen Menschen direkt und nahezu unmittelbar Nutzen ziehen können. Tierische und pflanzliche Nahrungsmittel, Biomasse zur Energiegewinnung, Holz und andere natürliche Materialien und biochemische Produkte zählen ebenso wie die Brauch- und Trinkwasserversorgung in diese Kategorie (vgl. Tabelle 1).

Die kulturellen Leistungen beschreiben die nicht-materiellen Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen, die sehr individuell erlebt und bewertet werden können. Diese Leistungen tragen auch zur Erholung sowie zur mentalen und physischen Gesundheit bei. Das Sammeln von Erfahrungen aus der Umweltbildung, ästhetische Inspiration oder spirituelle Erfahrungen zählen genauso wie kulturelles Erbe (bezogen auf die Beiträge von Ökosystemen) und Naturerbe dazu (vgl. Tabelle 1).

Die dargelegten Leistungen werden von allen Ökosystemen – von terrestrischen wie aquatischen Lebensgemeinschaften - in unterschiedlichen Ausmaßen erbracht. Die Ermittlung der bereitgestellten Ökosystemleistungen und die hieraus folgende Bewertung (biophysikalisch, ökonomisch) dieser vielfältigen Ökosystemtypen stellt einen Schwerpunkt aktueller Forschungs- und Anwendungsprojekte dar (z.B. TEEB 2010; UK NEA 2011). Dabei werden in sehr unterschiedlicher Weise zum Teil einzelne Ökosystemleistungen, zum Teil aber auch umfassende Ökosystemleistungsbündel (engl. *ecosystem service bundles*) analysiert. Aufgrund der unterschiedlichen Informations- und Datenlage unterscheiden sich die Ansätze stark in Bezug auf die Präzision und Detailliertheit der Aussagen, im Hinblick auf die untersuchten Raum- und Zeitskalen sowie in deren Anwendbarkeit. Um planungsrelevante Informationen zu liefern, müssen einerseits auch Planungsräume bearbeitet werden (die nicht nur einzelne Ökosysteme beinhalten), andererseits müssen möglichst viele Leistungen erfasst werden, weil erst dann die notwendigen Informationen für landschaftsrelevante Entscheidungsverfahren vorgelegt werden können (z.B. Interaktionen von Ökosystemleistungen: KANDZIORA et al. 2013a; Planungsbeispiele: GRUNEWALD & BASTIAN 2013). Viele dieser Anforderungen sowie erste internationale Ansätze und Beispiele werden in den Berichten größerer Projekte diskutiert (z.B. MA 2005; TEEB 2010; UK NEA 2011), wobei ein Großteil der Erkenntnisse aus dem terrestrischen Umfeld stammt. Erst in jüngster Zeit sind in der Literatur Betrachtungen zu den Ökosystemleistungen in Küstenregionen zu finden, bei denen sehr unterschiedliche Ökosystemtypen integrativ mit Hilfe verschiedener methodischer Ansätze analysiert werden müssen (z.B. GARCIA & COCHRANE 2005; MARTÍNEZ et al. 2007; BARBIER et al. 2011; UNEP-WCMC 2011; KLAIN et al. 2012; BASSET et al 2013; LIQUETE et al. 2013; LOPES & VIDEIRA 2013;).

Bevor eine biophysikalische oder ökonomische Bewertung von erbrachten Ökosystemleistungen erfolgen kann, muss zunächst aufgezeigt werden, welche Leistungen im jeweiligen Untersuchungsgebiet vorhanden sind und welche Besonderheiten dort vorliegen. Dieser erste Schritt zur Abschätzung der Ökosystemleistungen führt zu einer Listung von Ökosystemleistungspotenzialen (engl. *ecosystem service potentials*), die alle möglichen Ökosystemleistungen kennzeichnen, auch wenn diese aktuell nicht genutzt bzw. nachgefragt werden. Als Ökosystemleistungsflüsse (engl. *ecosystem service flows*) werden die über einen definierten Zeitraum tatsächlich genutzten Ökosystemleistungen beschrieben (BURKHARD et al. 2014). Hierbei wurde der Begriff aus der Ökonomie entlehnt und muss in abstrakterer Form verstanden werden, da nicht unbedingt eine räumliche Veränderung einer Ökosystemleistung stattfinden muss. Zwischen den Potenzialen

und Flüssen können große Unterschiede innerhalb eines Gebiets bestehen, die sich beispielsweise aus unterschiedlicher Nachfrage nach Versorgungsleistungen, aber auch aus Nutzungseinschränkungen (z.B. innerhalb von Schutzgebieten) ergeben.

Im Rahmen des Verbundvorhabens BACOSA (BAltic COastal System Analysis and status evaluation)¹ sollen die Ökosystemleistungen im terrestrischen und aquatischen Bereich der Darß-Zingster Boddenkette abgeschätzt und monetär bewertet werden. Das dabei erarbeitete Bewertungssystem soll Möglichkeiten zur Abschätzung der Einflüsse von Managementmaßnahmen auf Ökosystemleistungen liefern, die z.B. für Maßnahmenplanungen verwendet werden können.

Die Ziele des hier beschriebenen BACOSA-Teilprojekts sollen mit Hilfe von drei Fragestellungen im folgenden Text erörtert werden:

- Wie können die Ökosystemleistungen im Untersuchungsgebiet qualitativ und quantitativ abgeschätzt werden?
- Welche Ökosystemleistungen sind von besonderer Relevanz für die Darß-Zingster Boddenkette?
- Welche Daten stehen für die Erstellung eines Mengengerüsts zur Verfügung?

Ausgewählte Zwischenergebnisse geben einen Einblick in die methodische Vielfalt. Weiterhin werden in der anschließenden Diskussion methodische Unsicherheiten, aber auch die folgenden Schritte zur Quantifizierung und monetären Bewertung der relevanten Ökosystemleistungen im Untersuchungsgebiet aufgezeigt.

2 Das Untersuchungsgebiet

Terrestrische und aquatische Systeme stellen unterschiedliche Ökosystemleistungen bereit, die jedoch durch Wasser- und Stoffflüsse eng gekoppelt sein können (z.B. Nährstoffaustrag aus terrestrischen Systemen, Nährstoffregulierung im aquatischen System). Somit ist die Betrachtung von Wassereinzugsgebieten für eine physisch basierte Anwendung des Konzepts oftmals dienlich. Für die initiale, qualitative Abschätzung der Ökosystemleistungen in der Darß-Zingster-Boddenkette wurde daher das Einzugsgebiet der Recknitz und Barthe sowie weiterer kleiner Vorfluter verwendet (hier definiert als Gesamtgebiet, vgl. Abbildung 1). Für quantitative Untersuchungen von Ökosystemleistungen auf dem Landschaftsniveau sind allerdings öffentliche Daten zur Landnutzung, zur staatlichen Förderung bestimmter Bewirtschaftungsweisen, zum Tourismus oder zur Bilanzierung land- und forstwirtschaftlicher Erträge von Bedeutung. Diese offiziellen Daten und Zahlen liegen aber meist nur auf administrativen Ebenen vor (z.B. Kreise, Ämter, Gemeinden). Deshalb wurde der Analyseraum für die Quantifizierung der relevanten Ökosystemleistungen auf die an die Bodden angrenzenden Gemeinden begrenzt (hier definiert als Quantifizierungsgebiet, vgl. Abbildung 1).

Die heutige Landschaft im Bereich der Darß-Zingster Boddenkette kann durch ein Wechselspiel von unterschiedlichen Landbedeckungen und Landnutzungen charakterisiert werden. Dies ist in Abbildung 1 auf Basis des CORINE Land Cover Datensatzes (Coordination of Information on the Environment) der Europäischen Union für 2006 dargestellt. Dabei nehmen die landwirtschaftlichen Flächen (Acker- und

¹ <http://www.oekologie.uni-rostock.de/forschung/bacosa/>

Grünland; 1110 km²) den größten Teil ein. Bei den Waldflächen dominieren die Laubwälder (208 km²), während 92 km² Nadelwald und 84 km² Mischwald ausmachen. Die Wasserflächen (ohne Ostsee) im Untersuchungsgebiet belaufen sich auf 197 km², wobei die Boddenkette selbst den größten Anteil beiträgt. Siedlungsflächen sind im gesamten Gebiet verstreut und weisen eine Fläche von insgesamt 66 km² auf. Aus den naturräumlichen Gegebenheiten haben sich unterschiedliche Nutzungsformen ergeben. Im Bereich südlich der Boddenkette dominieren die Acker- und Grünlandanteile, während auf der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst Grünland und Wälder die Hauptnutzungsarten darstellen.

Von großer Bedeutung sind die küstennahen Schutzgebiete, die sich insbesondere auf das Areal des Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft beziehen. In Bezug auf die Ökosystemleistungsabschätzung ergeben sich daraus Besonderheiten, die in der Bewertung berücksichtigt werden müssen.

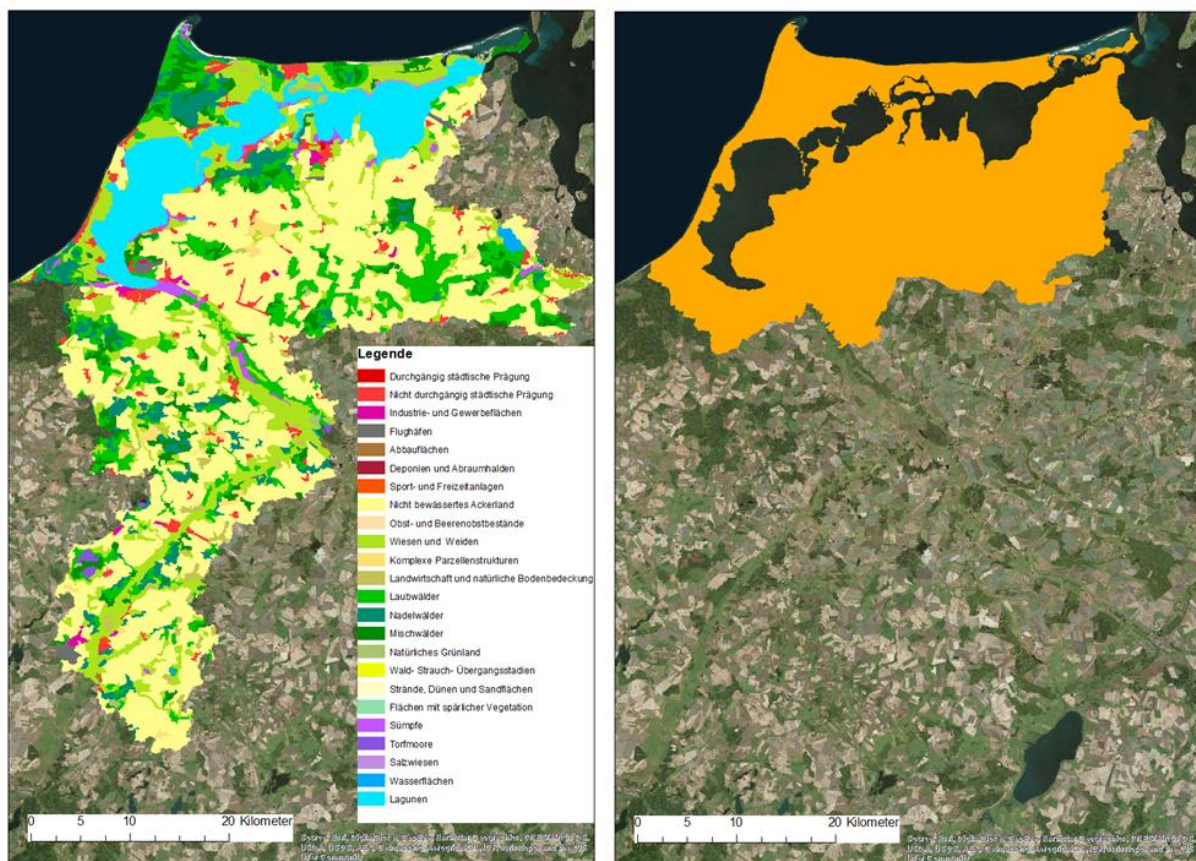


Abb. 1: CORINE-Landbedeckungsklassen im Gesamtgebiet im Jahr 2006 (links); Quantifizierungsgebiet (rechts)

3 Methodik

Die methodische Erarbeitung der Ökosystemleistungsbewertung in der Darß-Zingster Boddenkette gliedert sich in die drei Arbeitspakete: analytische Grundlegung, qualitative Analyse im Gesamtgebiet sowie die quantitativen und ökonomischen Ökosystemleistungsbewertung im sogenannten Quantifizierungsgebiet (vgl. Abbildung

1). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass mit steigendem Detaillierungsgrad der Bewertungsmethode auch die Aufwendungen sowie die erforderlichen Informations- und Datenmengen zunehmen. Umfangreiche räumlich-explizite Quantifizierungen und Bewertungen von Ökosystemleistungen sind in der Regel schwierig für alle Ökosystemleistungen in einem Gebiet durchzuführen. Auch unterscheiden sich die Methoden zur Quantifizierung stark (z.B. Modellierung von Regulierungsleistungen, eigene Datenerhebung sowie Befragungen von Interessensvertretern). Um für ein großes Untersuchungsgebiet ausreichende Kenntnisse zu erlangen, besteht daher die Möglichkeit qualitative als auch quantitative Methoden zu verknüpfen.

Abbildung 2 zeigt die einzelnen Arbeitsschritte der drei Arbeitspakete zur Bewertung der Ökosystemleistungen im BACOSA-Vorhaben. Hierbei erfolgen zunächst die analytischen und konzeptionellen Schritte. Die Definition des Untersuchungsgebietes ist von großer Bedeutung, da Ökosystemleistungen untereinander in starker Interaktion und wechselseitiger Beeinflussung stehen (KANDZIORA et al. 2013a). Somit ist die Bearbeitung eines hydrologischen Einzugsgebietes bzw. die Berücksichtigung der Kopplung von aquatischen und terrestrischen Ökosystemen empfehlenswert. Aus den Ergebnissen der qualitativen Abschätzung ergeben sich die konkreten Arbeitsschritte für die Quantifizierung sowie die abschließende Bewertung der Ökosystemleistungen in der Darß-Zingster Boddenkette.

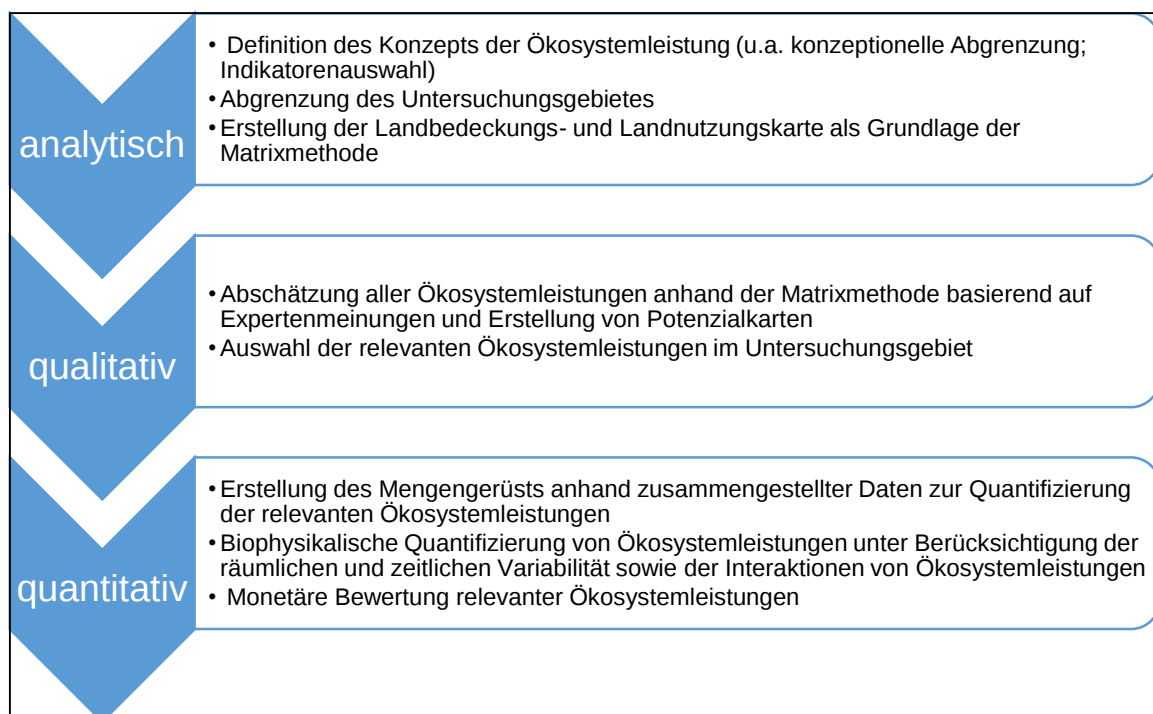


Abb. 2: Konzept und Arbeitsschritte zur qualitativen Charakterisierung, Quantifizierung und zur Bewertung von Ökosystemleistungen in der Darß-Zingster Boddenkette

3.1 Qualitative Analysen

In jüngster Zeit hat sich die Verwendung von Landbedeckungs- und -nutzungsdaten als eine konstruktive und schnelle Methode zur Abschätzung und

Darstellung von Ökosystemleistungen erwiesen (z.B. DE GROOT et al. 2010; KOSCHKE et al. 2012; KANDZIORA et al. 2013b; BURKHARD et al. 2014). Hierbei besteht die Annahme, dass unterschiedliche Landbedeckungen und -nutzungen verschiedene und charakteristische Bündel von Ökosystemleistungen bereitstellen. Beispielsweise werden auf landwirtschaftlichen Flächen hauptsächlich Versorgungsleistungen wie Feldfrüchte und Futtermittel produziert; aus Forsten werden Brenn- und Bauholz entnommen sowie aus aquatischen Systemen Fisch, Meeresfrüchte und Algen. Als Grundlage einer ersten Einschätzung der Bereitstellung von Ökosystemleistungen werden bei der sogenannten Matrix-Methode (Details bei BURKHARD & MÜLLER 2013; BURKHARD et al. 2014) Landbedeckungs- und -nutzungsdaten als Ausgangsgrößen einer Bewertungsmatrix im Hinblick auf ihre Ökosystemleistungspotenziale abgeschätzt (Abbildung 3). Dabei werden auf der Y-Achse Landbedeckungs- und -nutzungsklassen gelistet, während die einzelnen Ökosystemleistungen auf der X-Achse abgetragen werden. An den jeweiligen Schnittstellen ergibt sich die Notwendigkeit jede Ökosystemleistung für jede vorhandene Landbedeckungs- und -nutzungsklasse zu bewerten. Aufgrund der Vielzahl dieser Schnittpunkte wird zunächst mit einer ersten groben Abschätzung (beispielsweise anhand von Expertenabschätzungen) begonnen. Hierbei wird folgend der Methodik aus BURKHARD et al. (2014) und BURKHARD & MÜLLER (2013), eine relative Skala zwischen den Werten 0 und 5 angewendet: 0 bedeutet, dass keine Bereitstellung der jeweiligen Ökosystemleistung in dieser Landbedeckungs- und -nutzungsklasse anzufinden ist, während für die Werte 1-5 eine graduelle Steigerung der Bereitstellung bis zu sehr hohen Potenzialen (5) definiert wird. Diese 0-5-Werte werden in die Matrix eingetragen.

Als Datengrundlage für die räumliche Anwendung der Matrix-Methode dienen im BACOSA-Vorhaben die Landbedeckungsdaten des CORINE Land Cover-Programms. Dieser Datensatz liegt zurzeit EU-weit für 1990, 2000, 2006 vor und ermöglicht die einheitliche Abschätzung und Vergleichbarkeit von Untersuchungsgebieten auf der Basis einer einheitlichen Datengrundlage. Anwendungsbeispiele der Matrix-Methode finden sich u.a. in KANDZIORA et al. (2013b); KROLL et al. (2012) oder NEDKOV & BURKHARD (2012). In Abbildung 3 sind die 24 im Gesamtgebiet vorkommenden Landbedeckungs- und Landnutzungsklassen (ohne Ostsee) mit den Expertenabschätzungen (hier bestehend aus Wissenschaftlern) für diese Klassen aus BURKHARD et al. (2014) dargestellt.

Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt die räumliche Darstellung der 0-5-Werte für das Untersuchungsgebiet mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS). Dabei werden die räumlichen Daten der Landbedeckung und -nutzung mit den 0-5-Werten verknüpft und in Form von Karten dargestellt (Abbildung 4). Somit kann für jede Ökosystemleistung eine Karte erzeugt werden, die sowohl die räumliche Verteilung, als auch die Intensität der Bereitstellung durch die relative graduelle Skala abbildet. Diese Informationen erweisen sich als besonders vorteilhaft für die Kommunikation der Ergebnisse mit unterschiedlichen Interessensvertretern.

	Regulierungsleistungen												Versorgungsleistungen												Kulturelle Leistungen									
CORINE Landbedeckungsklassen	Globale Klimaregulierung	Lokale Klimaregulierung	Luftqualitätsregulierung	Wasserflussregulierung	Wasserreinigung	Nährstoffregulierung	Erosionsregulierung	Naturkatastrophenregulierung	Bestäubung	Krankheits- und Schädlingsregulierung	Abfallregulierung	Feldfrüchte	Biomasse zur Energiegewinnung	Futtermittel	Tierhaltung	Fasern	Holz	Holzbrennstoff	Fisch, Meeresfrüchte, Algen	Aquakultur	Wildprodukte	Biochemikalien & Medizin	Frischwasser	Mineralien	Abiotische Energieressourcen	Tourismus & Naherholung	Landschaftsästhetik & Inspiration	Wissenssysteme	Religiöse & spirituelle Erlebnisse	Kulturelles Erbe & kulturelle Diversität	Naturerbe & Biodiversität			
Durchgängig städtische Prägung	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	2	2	1	0			
Nicht durchgängig städtische Prägung	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	2	2	2	0			
Industrie/Gewerbeflächen	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0			
Flughäfen	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Abbauflächen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	2	0	1	0			
Deponien, Abraumhalden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Sport/Freizeitflächen	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	1	0			
Nicht bewässertes Ackerland	1	2	1	2	0	1	0	1	1	2	2	5	5	0	5	0	0	0	0	0	1	3	0	0	2	1	1	2	0	3	0			
Obst/Beerenobstbestände	2	2	2	2	1	2	2	2	5	3	2	4	1	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	3	2	2	0	4	1				
Wiesen und Weiden	2	1	0	1	0	1	1	1	0	2	4	0	1	5	5	0	0	0	0	0	2	0	0	5	2	2	2	0	3	1				
Komplexe Parzellenstruktur	1	2	1	1	0	1	1	1	2	3	2	4	2	2	1	4	0	1	0	0	1	2	0	0	1	2	2	2	0	3	0			
Landwirtschaft und natürl. Bodenbedeckung	2	3	2	2	2	2	2	1	2	3	2	3	3	2	2	4	1	1	0	0	2	1	0	0	1	2	2	3	1	3	3			
Laubwälder	5	5	5	3	5	5	5	4	4	4	4	0	1	1	0	1	5	5	0	0	5	3	0	0	0	5	5	5	3	4	5			
Nadelwälder	5	5	5	3	5	5	5	4	4	4	4	0	1	1	0	1	5	5	0	0	5	3	0	0	0	5	5	5	3	4	4			
Mischwälder	5	5	5	3	5	5	5	4	4	5	5	0	1	1	0	2	5	5	0	0	5	3	0	0	0	5	5	5	3	4	5			
Natürliches Grünland	5	2	0	1	3	4	5	1	1	1	2	0	1	2	3	0	0	0	0	0	5	1	0	0	2	3	4	5	1	3	3			
Wald/Strauch Übergangsstadien	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	3	0	2	1	1	1	2	0	0	1	1	0	0	1	2	3	4	1	2	2				
Strände, Dünen, Sandflächen	0	0	0	1	1	1	0	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	4	4	1	3	2				
Flächen mit spärlicher Vegetation	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	3	0	2	1			
Sümpfe	2	2	0	3	2	4	1	4	1	2	3	0	0	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	3	0	2	2				
Torfmoore	5	4	0	4	4	4	2	3	2	3	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	3	2	3	0	2	4				
Salzwiesen	1	1	0	1	1	2	1	4	1	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	2	3	0	2	2				
Wasserflächen	1	2	0	5	2	3	0	3	0	3	5	0	1	0	0	0	0	4	5	4	0	5	0	1	5	4	4	2	3	3				
Lagunen	1	1	0	4	2	3	0	4	0	3	5	0	1	0	0	0	0	4	5	4	1	0	0	0	3	4	4	0	2	3				

Abb. 3: Potenzielle Bereitstellung von Ökosystemleistungen in den im Untersuchungsgebiet vorkommenden Landbedeckungsklassen für alle in KANDZIORA et al. (2013a) definierten Ökosystemleistungen; die Werte der Expertenabschätzung sind aus BURKHARD et al. (2014)

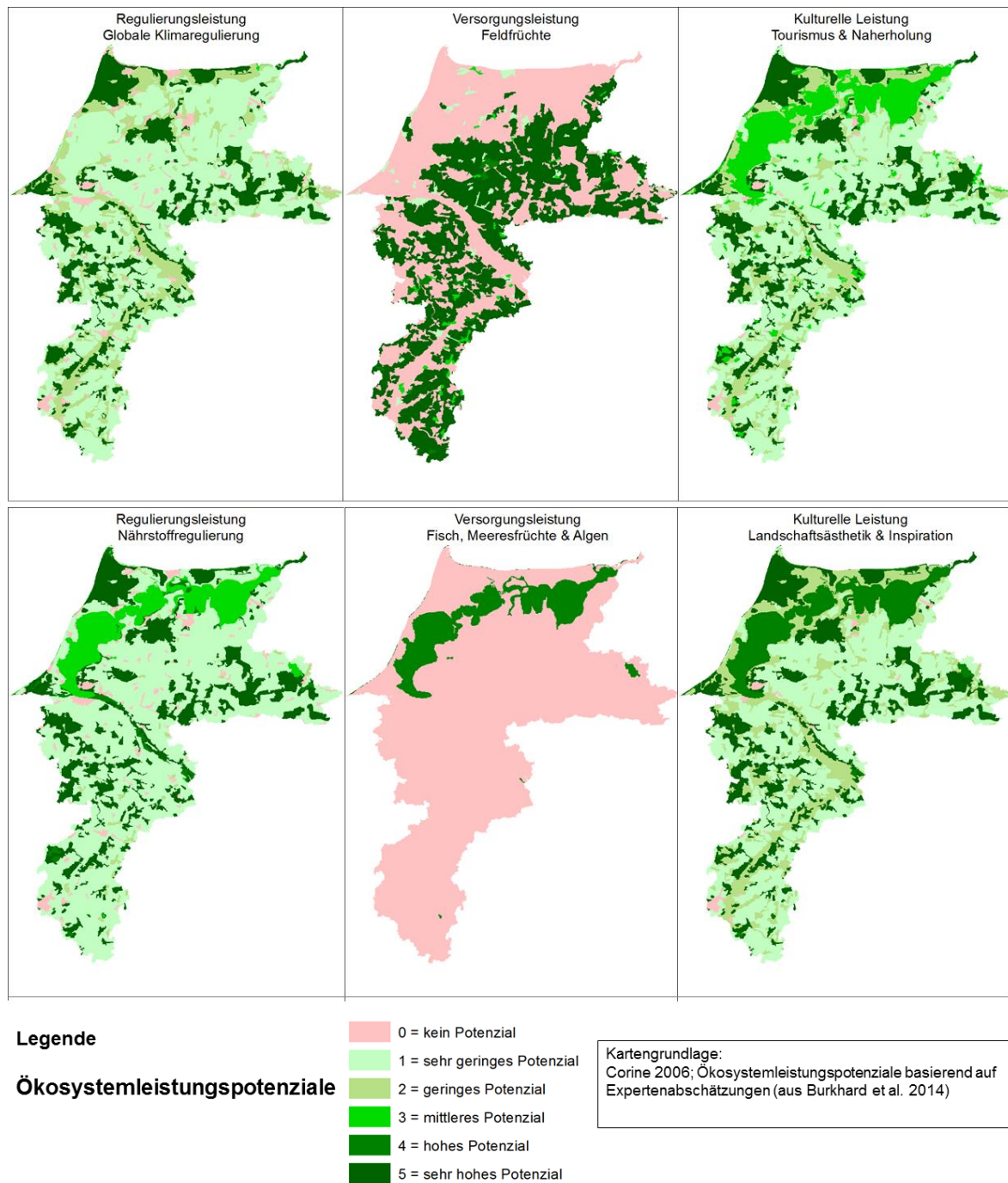


Abb. 4: Übersichtskarten einiger ausgewählter Ökosystemleistungspotenziale auf Grundlage der Matrix-Methode.

Für aquatische Systeme bieten gängige Landbedeckungs- und -nutzungskarten meist nur Angaben zum Gewässertyp. Für eine Ökosystemleistungsbewertung sind jedoch weitere Informationen notwendig (z.B. Tiefenverteilung, Sedimentcharakteristika, Makrophyten- und Fischhabitate, touristische Nutzungen). Diese Informationen müssen anhand entsprechender Daten- und Informationsgrundlagen verschnitten werden, um eine ebenso detaillierte Gewässernutzungskarte als Matrix-Grundlage zu erarbeiten. Dies ist ein nächster Schritt im Rahmen des BACOSA-Vorhabens.

Um die verschiedenen Teilprojekte von BACOSA zu verknüpfen (siehe weitere Beiträge in diesem Band), wurde zur ersten qualitativen Abschätzung der Regulierungsleistungen der Bodden ein Konzeptmodell zu den Phosphatflüssen erstellt (Abbildung 5). Auf dieser Grundlage können einerseits die Stoffpfade verfolgt werden und andererseits können die Funktionen einzelner Systembestandteile differenziert werden. Um die Leistungsfähigkeit des Boddensystems bezüglich der Nährstoffregulierung abzuschätzen gilt es demnach, neben Input- und Output-Daten insbesondere die Kompartimente Schilf, Röhricht und Sediment sowie deren Wechselwirkungen zueinander in Beziehung zu setzen. Zu diesem Zweck wurde eine Korrelationstabelle zur Beschreibung der Funktionen der einzelnen Komponenten aus dem konzeptionellen Modell im Hinblick auf die Eutrophierungsvorgänge entwickelt, die in Analogie zur Abbildung 3 gemeinsam mit anderen Flächeninformationen aus den Gewässern in eine Ökosystemleistungsmatrix einfließen. Hieraus kann mit Hilfe der räumlichen Informationen in einem GIS ein regionalisierendes Bewertungssystem abgeleitet werden.

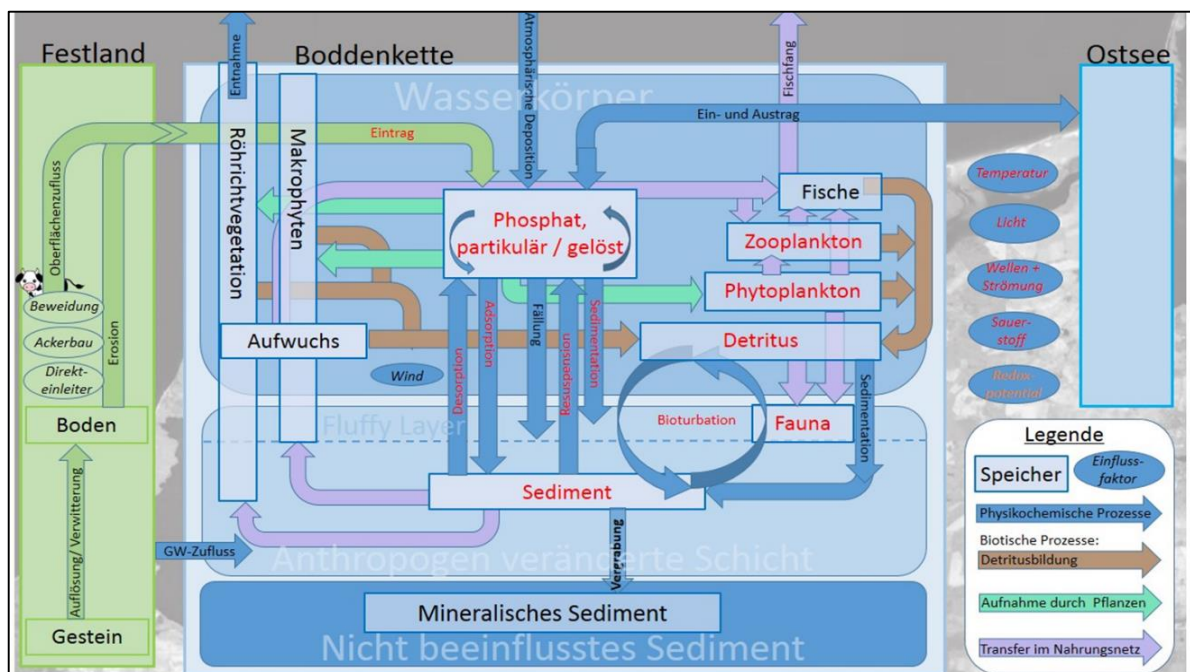


Abb. 5: Flussmodell zum Phosphathaushalt in den Bodden.

3.2 Quantitative Analyse

Auf der Basis der qualitativen Abschätzungen erfolgen die nächsten Arbeitsschritte. Zunächst werden aus den allgemein definierten 31 Ökosystemleistungen (Tabelle 1) die für das Untersuchungsgebiet relevantesten Ökosystemleistungen ausgewählt. Weiterhin bieten die qualitativen Darstellungen den Ausgangspunkt für die quantitative Analyse. Dabei werden weniger die Potenziale der Ökosysteme betrachtet (Abbildung 3), sondern vielmehr Bilanzierungen der Ökosystemleistungsflüsse vorgenommen (d.h. tatsächlich genutzte Ökosystemleistungen in einem definierten Zeitraum). Die Ökosystemleistungen mit hoher Relevanz werden dann anhand von Statistiken, Messdaten, Umfragen oder Modellanwendungen quantitativ und physisch bestimmt und in einem „ökologischen

Mengengerüst“ zusammengeführt (vgl. Tabelle 2-4). Anschließend werden durch die Quantifizierungsergebnisse die relativen 0-5-Werte aus der qualitativen Matrix bestätigt oder ggf. korrigiert. Dies geschieht für einen räumlichen und zeitlichen Bezugspunkt, der je nach Forschungsfrage gewählt werden kann.

Die Quantifizierung von Versorgungsleistungen kann in der Regel gut mit vorhandenen statistischen Angaben erfolgen, da es sich bei diesen um greifbare Güter mit ökonomischen Werten handelt, für die traditionelle Märkte bestehen. Daher sind Daten über längere Zeiträume vorhanden, die zur Analyse von Trends und Veränderungen herangezogen werden können. Die priorisierten Versorgungsleistungen aus der Darß-Zingster Boddenkette sind in Tabelle 2 dargestellt. Dieses enthält auch Angaben zu den genutzten Indikatoren und zeigt die Datenquellen für die Quantifizierung.

Die Erfassung der Regulierungsleistungen gestaltet sich meist problematischer als die Quantifizierung der Versorgungsleistungen, weil hier auf die Raten und Outputs ökologischer Prozesse zurückgegriffen werden muss. Auch ist die eindeutige Definition des Beitrags zum menschlichen Wohlergehen sowie die Unterscheidung zwischen potenziellen Ökosystemleistungen und tatsächlich genutzten Leistungen nicht leicht (BURKHARD et al. 2014). Aufgrund der vorhandenen Daten wurden folgende Regulierungsleistungen für die Darß-Zingster Boddenkette ausgewählt (vgl. Tabelle 3): die globale Klimaregulierung bezeichnet die Menge an CO₂, die aus der Atmosphäre in den Ökosystemen fixiert wird. Hierbei spielen die Phytomassen und die Kohlenstoffspeicher in Böden und Sedimenten eine besondere Rolle. Ihre Kapazitäten können einerseits anhand komplexer regionaler Bilanzierungen, andererseits über die Anwendung von Modellen (z.B. InVEST, vgl. TALLIS & POLASKY 2009) erfasst werden. InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) ist zurzeit das am weitesten fortgeschrittene und anwendungsorientierteste Modellset (17 marine und terrestrische Ökosystemleistungen) zur Quantifizierung, räumlichen Darstellung sowie zur biophysikalischen und optional ökonomischen Bewertung von Ökosystemleistungen.

Weitere wichtige Regulierungsleistungen sind die zusammenwirkenden Leistungsklassen der Wasserreinigung, Nährstoffregulierung und der Regulierung von Abfallstoffen und eingetragenen Abwässern. Hier können Bilanzierungen von Nährstofffrachten in Kombination mit einem Vermeidungskostenansatz im Hinblick auf die Zurückhaltung der Nährstoffe in den Bodden zugunsten des Zustands der Ostsee Verwendung finden. Schließlich liegen Abschätzungen zur Erosionsgefährdung und –verminderung durch Wasser in den Einzugsgebieten vor und es besteht die Möglichkeit, Abschätzungen zur Erosion der Sedimente in den Bodden mit einem Modellansatz zu bewerten.

Unter den kulturellen Leistungen spielen Tourismus und Naherholung in der Darß-Zingster Boddenkette eine herausragende Rolle. Hierzu werden nicht nur die gängigen Statistiken verwendet sondern auch Analysen von Befragungen, da einzelne landschaftliche Faktoren unterschiedliche touristische Attraktivität aufweisen (vgl. Tabelle 4).

Tab. 2: Mengengerüst der im Untersuchungsgebiet relevanten Versorgungsleistungen

Versorgungsleistungen	Definition nach KANDZIORA et al. 2013a	Quantifizierung/ Indikator (biophysikalisch)	Räumliche Skala	Zeitliche Skala	Datenquelle
Feldfrüchte	Kultivierung essbarer Pflanzen und Ernte dieser Pflanzen von landwirtschaftlichen Flächen und Gärten zur Nutzung für menschliche Ernährung.	Geerntete Feldfrüchte dt/ha*a	Landkreis	Jährliche Werte (2003-2013)	Statistisches Amt MV
Biomasse zur Energiegewinnung	Pflanzen, die zur Energiegewinnung genutzt werden (z.B. Mais).	Geerntete Biomasse zur Energiegewinnung (dt/ha*a)	Landkreis	Jährliche Werte (2003-2013)	Statistisches Amt MV
Viehfutter	Kultivierung und Ernte von Viehfutter.	Geerntete pflanzliche Futtermittel dt/ha*a	Landkreis	Jährliche Werte (2003-2013)	Statistisches Amt MV
Tierhaltung	Haltung und Nutzung von Haustieren für Nahrungsgewinnung und Nutzung weiterer Produkte (z.B. Wolle).	Anzahl Tiere (n/ha*a) Schlachtungen (n/a)	Amt bzw. Landkreis	2007, 2010; Jährliche Werte (2003-2013)	Statistisches Amt MV
Holz	Holz zur Nutzung als Baumaterial.	Geerntetes Holz z.B. in Festmetern (m³*a)	Forstrevier	Jährliche Werte; ausgewählte Jahre	Forstämter

Tab. 3: Mengengerüst der im Untersuchungsgebiet relevanten Regulierungsleistungen

Regulierungsleistungen	Definition nach KANDZIORA et al. 2013a	Quantifizierung/ Indikator (biophysikalisch)	Räumliche Skala	Methode
Globale Klima-regulierung	Langzeitspeicherung von Treibhausgasen in Ökosystemen.	CO ₂ -Menge gespeichert in marinen Systemen/ Vegetation/Böden (t C/ha)	Untersuchungsgebiet	Modellanwendung
Wasserreinigung	Fähigkeit eines Ökosystems, Wasser zu reinigen (z.B. von Sedimenten, Pestiziden oder Krankheitserregern)	Wasserqualitätsindikatoren wie Sedimentfracht ((g/l) ges. gelöste Feststoffe (mg/l)	Bodden	Stoffbilanzen
Nährstoffregulierung	Kapazität eines Ökosystems zur Durchführung des Nährstoffkreislaufs (von z.B. N, P).	Wasserqualitätsindikatoren wie N (mg/l), P (mg/l) Auswaschung von Nährstoffen (kg/ha*a) Vegetationsbedeckung (%)	Bodden / Zuflüsse	Modellanwendung
Erosionsregulierung	Bodenretention und Kapazität, Bodenerosion und Erdrutsche zu vermeiden.	Verlust an Boden-partikeln durch Wind oder Wasser (kg/ha*a) Anhand der Universal Soil Loss Equation (USLE)	Terrestrisch Aquatisch	Terrestrisch: USLE Aquatisch: Erosions-modell

Tab. 4: Mengengerüst der im Untersuchungsgebiet relevanten kulturellen Leistungen.

Kulturelle Leistungen	Definition nach KANDZIORA et al. 2013a	Quantifizierung/ Indikator (biophysikalisch)	Räumliche Skala	Zeitliche Skala	Datenquelle
Tourismus/ Naherholung	Sich auf die lokale Umwelt oder Landschaft beziehende Freiluftaktivitäten und Tourismus (einschließlich Sport, Freizeit).	Angebot an Übernachtungsmöglichkeiten Übernachtungszahlen Auslastung der Übernachtungsmöglichkeiten Anzahl und Vielfalt touristischer Aktivitäten Motivation/Beweggründe der Touristen diese Region auszusuchen	Gemeinden Ämter Tourismus-verbände	Jahreswerte Sommer Winter Monate	Touristische Statistiken und Befragungen
Wissenssysteme	Umweltbildung basierend auf Ökosystemen/Landschaften, z.B. während der Schulausbildung; traditionelles Wissen und aus dem Leben in der jeweiligen Landschaft rührende Expertise.	Angebot an Umweltbildungseinrichtungen Besucher- und Nutzerzahlen Erhaltungs- und Produktionskosten	Gemeinden Ämter Schutz-gebiete Nationalpark	Jahreswerte	Befragungen Vorort-Recherche
Kulturelles Erbe und kulturelle Diversität	Wertschätzung der Erhaltung von historisch wichtigen (kulturellen) Landschaften und Formen der Landnutzung (Kulturerbe).	Kosten für die Erhaltung und Entwicklung von schützenswerten Kulturlandschaften	Gemeinden Ämter	Jahreswerte	Behörden
Naturerbe und Biodiversität	Existenzwert von Natur und Arten an sich, über ökonomische oder menschlichen Nutzen hinaus.	Aufgebrachte Kosten zur Erhaltung und Entwicklung der Biodiversität	Gemeinden Ämter Nationalpark	Jahreswerte	Behörden

3.3 Ökonomische Bewertungsmethoden

Für die ökonomische Bewertung von Ökosystemleistungen kann auf sehr unterschiedliche Methoden und Kategorien zurückgegriffen werden (vgl. FABER et al. 2002; KROEGER & CASEY 2007; GÓMEZ-BAGGETHUN et al. 2010; GRUNEWALD & BASTIAN 2013). So werden in der Literatur oftmals Marktpreise, aber auch Schadenskosten, Alternativkosten, Wiederherstellungskosten, Anpassungskosten, oder Reparaturkosten genutzt, um Ökosystemleistungen zu quantifizieren. Daneben gibt es die Immobilienpreismethode, die Reisekostenmethode, die Ermittlung von Kosten für Pachten und Lizenzen oder Eintrittspreise. Schließlich werden Zahlungsbereitschaftsanalysen oder Auswahlanalysen durchgeführt und in einigen Fällen wird eine Übertragung durch das sogenannte Benefit-Transfer-Verfahren ausgeführt (z.B. WILSON & HOEHN 2006; LIU et al. 2010). Aus diesen vielen Ansätzen ergibt sich ein relativ heterogenes Bild, und es stellt sich die Frage, ob und wie die Ergebnisse der einzelnen Methoden tatsächlich vergleichbar sind. Aus diesem Grunde wird im Arbeitsschritt der monetären Bewertung im BACOSA-Vorhaben ein einfacher, fallbezogener und transparenter Methodenrahmen verwendet.

Die Ergebnisse aus den Tabellen 2-4 werden mit Hilfe der gelisteten natur- und sozialwissenschaftlichen Verfahren für den Quantifizierungsraum erhoben und dokumentiert. Daraufhin wird die jeweilige Ökosystemleistung mittels unterschiedlichen Verfahren in monetäre Bewertungseinheiten überführt. So können zum Beispiel für die meisten Versorgungsleistungen Marktpreise herangezogen werden, die sich auf die Wertung direkt nach der Entnahme aus den produzierenden Ökosystemen beziehen. Für die tourismusbezogenen Leistungen werden die Zahlungen der Besucher anhand der vorliegenden Statistiken aus den Gemeinden im Untersuchungsraum abgeschätzt, wobei eine Ergänzung dieser Informationen durch den Reisekostenansatz oder durch Befragungen möglich ist. Von großer Bedeutung ist hierbei eine regionale Zuordnung der fließenden Geldbeträge zu den einzelnen Ökosystemtypen, insbesondere zu den Bodden.

Nach Abschluss der ökonomischen Evaluation der einzelnen Ökosystemleistungen ist zu prüfen, in welchem Maße und bis zu welchem Schritt eine Aggregation monetär bewerteter Ökosystemleistungen sinnvoll und vertretbar ist.

4 Einige exemplarische Zwischenergebnisse

Im Folgenden sollen die (Zwischen-)Ergebnisse ausgewählter qualitativer und quantitativer Ökosystemleistungsabschätzungen skizziert werden.

4.1 Qualitative Ergebnisse

Die Ökosystemleistungskarten in Abbildung 4 stammen aus der qualitativen Abschätzung der Ökosystemleistungspotenziale mit Hilfe der Matrix-Methode (Abbildung 3). Dabei werden einige Charakteristika des Gesamttraums deutlich. Zum Beispiel ist gut zu erkennen, dass Wälder für die Regulierungsleistungen eine besonders wichtige Rolle spielen. In Bezug auf die geernteten Feldfrüchte wird kein relevanter Ackerbau auf der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst durchgeführt, so dass

eine Konzentration dieser Versorgungsleistung mehr im südlichen Bereich des Gesamttraums zu verzeichnen ist.

Den Gewässern wird bei der Nährstoffregulierung ein mittleres Potenzial zugesprochen. Dies muss in weiteren Untersuchungen überprüft werden, denn man könnte die stark eutrophen Gewässer auch als ein stoffliches ‚Schutzschild‘ für die Ostsee empfinden, mit dem große Nährstofffrachten in das Meer abgepuffert werden. Die qualitative Abschätzung der kulturellen Leistungen führt zu hohen Potenzialen in Wäldern und den terrestrisch-aquatisch Grenzbereichen. Hingegen sind diese bei intensiver Agrarnutzung und in Siedlungsbereichen gering.

4.2 Quantitative Zwischenergebnisse

Bedingt durch die unterschiedlichen methodischen Ansätze ergeben sich relativ schnell Zwischenergebnisse für die Ökosystemleistungen, die anhand von vorhandenen statistischen Daten ermittelt werden können. Für die Regulierungsleistungen sind durch die andauernde Datenaufnahme im Gelände sowie durch die ausstehende Modellierung, noch keine ausreichenden Ergebnisse vorhanden. Im Folgenden werden beispielhaft Zwischenergebnisse der Quantifizierung dargestellt.

Die Fischerei ist eine wichtige Versorgungsleistung aquatischer Ökosysteme und das Gebiet der Darß-Zingster Boddenkette ist seit langer Zeit aufgrund der hohen Produktivität und der vielseitigen Artenzusammensetzung ein traditionelles Zentrum der Fischerei (WINKLER 2001). Dabei wurden früher andere Fangmethoden angewendet, während heutzutage allein Reusen und Stellnetze für die kommerzielle Fischerei genutzt werden. Der Einfluss der Marktwirtschaft bedingt einen Rückgang der Fänge seit den 1990er Jahren. Die anthropogenen Veränderungen der Gewässer (u.a. hohe Nährstofflast, Begradigung der Süßwasserzuflüsse) führen zu Veränderungen der Reproduktionsbedingungen der einzelnen Fischarten. Damit sind beispielsweise der Rückgang der Hechtbestände sowie der Anstieg der Zanderpopulation zu begründen. Langfristige Trends sind in Abbildung 6 zu erkennen. Der Rückgang der Aalfänge ist auf das Ausbleiben des natürlichen Aalnachwuchses zurückzuführen, der Rückgang von Plötz- und Bleifängen auf die veränderte Nachfrage. Die marinen Arten des Gesamtfangs werden fast ausschließlich in den östlichen Bodden gefangen, wobei die Heringsfänge den größten Anteil ausmachen. Tabelle 5 zeigt die hohe zeitliche Variabilität der Fangmengen einzelner Fischarten.

Die Quantifizierung der weiteren Versorgungsleistungen im terrestrischen Bereich kann, beispielsweise für die Viehbestände, ebenfalls anhand statistischer Angaben erfolgen. Dabei werden aber nicht alle Nutztierarten erfasst. Tabelle 6 zeigt, dass die jeweiligen Ämter im Landkreis Vorpommern-Rügen sehr unterschiedliche Viehbestände aufweisen, wobei jedoch die Rinder dominieren.

Tab. 5: Fangstatistik der kleinen Hochsee- und Küstenfischerei in der Darß-Zingster Boddenkette (in kg) (Quelle: LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, LEBENSMITTELSICHERHEIT UND FISCHEREI MV 2014).

Art	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Hering	59040	120508	79529	93259	103364	72437	49131	78635	92879
Sprott	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Dorsch/Kabeljau	281	2749	1478	1609	223	310	112	175	44
Wittling	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seelachs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scholle	7	0	100	0	0	350	0	0	8
Kliesche	15	0	0	5	0	20	0	0	30
Flunder	6424	5137	8267	6680	5245	12499	1582	2435	1700
Steinbutt	5	80	0	8	8	0	0	0	0
Lachs	22	22	29	215	118	17	82	158	174
Meerforelle	43	0	206	76	35	35	0	175	12
Hornhecht	739	850	1255	137	1243	14	0	0	80
Schnäpel	195	260	175	78	70	37	10	58	38
Aal	8626	7578	6055	4185	4775	2794	1368	1685	2288
Zander	44095	75404	96841	92695	80522	62897	90021	59786	60621
Barsch	4067	3059	4059	4320	2873	1976	2913	3585	4286
Hecht	5205	6333	6770	9227	4989	4609	8414	8373	8383
Blei	4486	10825	19601	13968	11529	6518	21798	21490	28962
Plötze	2393	2288	6305	2232	2039	2378	22198	26293	37637
Sonstige	537	434	0	181	353	572	620	139	304
Gesamt	136182	235527	230670	228875	217386	167463	198249	202987	237446

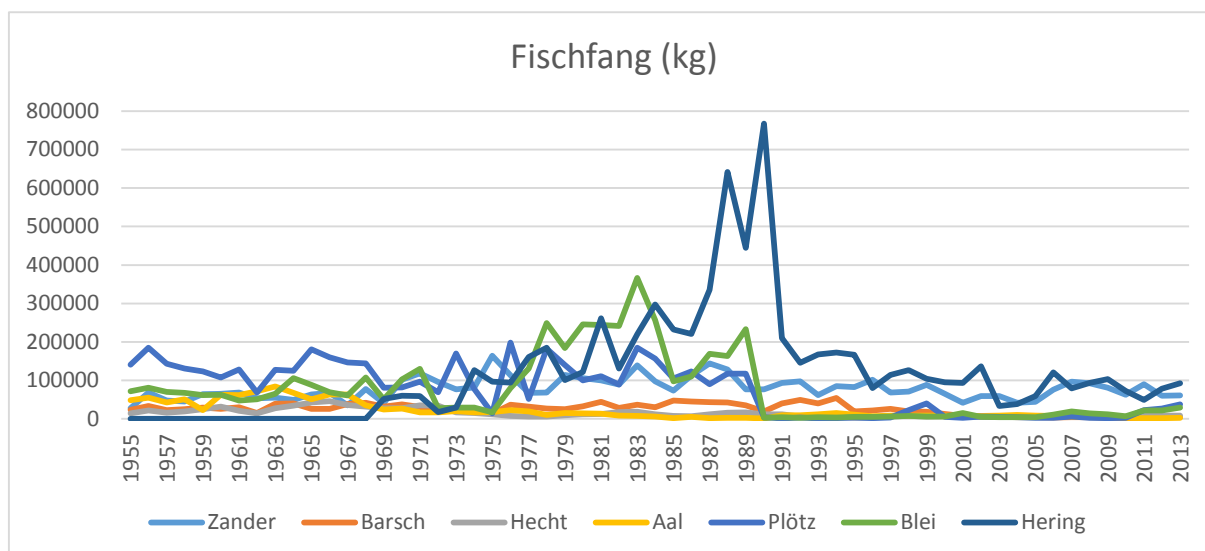


Abb. 6: Entwicklung der Fangmengen der Fischer in den Bodden in kg gegliedert nach Fischarten (1955-2006) (Quelle: frdl. Mitt. H. WINKLER 2014; sowie nach Fangstatistik LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, LEBENSMITTELSICHERHEIT UND FISCHEREI MECKLENBURG-VORPOMMERN 2014)

Für die kulturellen Leistungen ergeben sich folgende Zwischenergebnisse. Die Tourismusbranche zählt zu den stark wachsenden Wirtschaftszweigen und bildet neben der Landwirtschaft die Haupteinkommensquelle im Untersuchungsgebiet. Dabei wird eine Vielzahl an unterschiedlichen touristischen Angeboten und Konzepten dargeboten. Insbesondere die unmittelbaren Küstengebiete gelten als attraktive Ziele für Naherholung und Tourismus. Dabei spielen unterschiedliche Faktoren, wie das Naturerleben durch die Küstendynamik, aber auch die Möglichkeit zur Nutzung anderer angebotener Aktivitäten und Besonderheiten der Region eine Rolle (vgl. Tabelle 7).

Wichtige Faktoren für den Tourismus im Sommer ergeben sich aus der guten Badewasserqualität der Ostsee (15 Messpunkte entlang der Ostseeküste des Untersuchungsgebietes sowie 5 Messpunkte im Bereich der Bodden (<http://www.badewasser-mv.de/>). Die Bodden zeigen zwar eine schnellere Erwärmung und einen seichten Anstieg der Wassertiefe, sie werden aber vergleichsweise wenig genutzt. Hinzu kommen der teilweise schwierige Zugang und die Beschränkung der Nutzungen auf ausgewiesene Gebiete, die außerhalb des Nationalparks liegen.

Das Angebot an Beherbergungen schwankt stark im Untersuchungsgebiet. Im südlichen Boddenhinterland nimmt die touristische Attraktivität ab; dies wird beispielsweise an der geringeren Anzahl an Unterkünften deutlich. Für das Amt Darß-Fischland sind die Gemeinden Prerow und Zingst mit der höchsten Anzahl an Betrieben zu nennen (Tabelle 8). In Born a. Darß, Wieck a. Darß sowie Wustrow dominieren Ferienunterkünfte, Camping und sonstige Unterkünfte, während in den anderen Orten auch Hotels, Gasthöfe und Pensionen eine Rolle spielen. Die Anzahl der Betriebe, Schlafgelegenheiten und Ankünfte hat in den vergangenen Jahren zugenommen. Die Auslastung schwankt dabei jahreszeitlich, ist jedoch geringer als die Kapazität und gibt Möglichkeiten für zukünftige Entwicklungen.

Tab. 6: Viehbestände am 03.05.207 und 03.05.2010; - = nicht vorhanden; . = Zahlenwert unbekannt oder geheim zu halten (Quelle: STATISTISCHES AMT MECKLENBURG-VORPOMMERN 2014)

Region	Viehbestand am 3.5.2010				Viehbestand am 3.5.2007			
	Rinder		Schweine	Schafe	Rinder		Schweine	Schafe
	insgesamt	darunter			insgesamt	darunter		
		Milchkühe				Milchkühe		
	1	2	3	4	1	2	3	4
Zingst	.	.	.	.	.	.	.	.
Amt Altenpleen	4770	1962	2879	6	4353	1683	2509	461
Amt Barth	4695	2103	1283	391	5934	2998	1554	1525
Amt Darß/Fischland	4456	-	13	2996	4372	-	9	51
Amt Franzburg-Richtenberg	7949	3495	37	151	7223	2954	912	378
Amt Niepars	3832	1645	2879	175	3560	1584	2619	123
Amt Ribnitz-Damgarten	5885	1236	6985	19	5658	1208	7716	25

Tab. 7: Einige Besonderheiten der kulturellen Leistungen in der Darß-Zingster Boddenkette

Kulturelle Leistung	Besonderheit/Angebot
Tourismus/Naherholung	Segeln, Radfahren, Wandern, Angeln, Naturbeobachtung, Bootstouren, Reiten, Baden
Wissenssysteme	Nationalpark Informationszentrum / Nationalparktag Nationalparkamt NATUREUM Darßer Ort Laborstation Zingst der Universität Rostock Kranich-Informationszentrum Museum Ahrenshoop Vogelpark Marlow Informations- und Lehrpfade
Kulturelles Erbe und kulturelle Diversität	Zeesboote Künstlerkolonie Ahrenshoop Tonnenabschlagen Landschaftsschutzgebiete
Naturerbe und Biodiversität	Zugvögel (z.B. Kraniche) Nationalpark Schutzgebiete

Tab. 8: Tourismus im Jahr 2012 im Bereich der Darß-Zingster Boddenkette (Quelle: STATISTISCHES AMT MECKLENBURG-VORPOMMERN 2014)

2012	Betriebe 1)	Schlafgelegenheiten 2)	Ankünfte	Übernachtungen	Auslastung in % 3)
Ahrenshoop	26	1225	41493	176065	40,9
Born a. Darß	12	8245	62232	291884	11,4
Dierhagen	29	4074	77745	319580	25,1
Prerow	69	3115	61070	385371	40,8
Wieck a. Darß	9	346	9336	47663	40,5
Wustrow	19	2337	51511	314267	38,4
Zingst	58	7359	135043	797781	31

1) geöffnete Betriebe mit 10 und mehr Betten/Schlafgelegenheiten bzw. Stellplätzen (Camping); Stand Juli

2) angebotene Betten/Schlafgelegenheiten (bei Campingplätzen wird 1 Stellplatz als 4 Schlafgelegenheiten gezählt); Stand Juli

3) durchschnittliche Auslastung der angebotenen Betten/Schlafgelegenheiten

5 Diskussion

Die vorgestellten Arbeitspakete zur flächenhaften qualitativen, quantitativen sowie monetären Bewertung der Ökosystemleistungen des Untersuchungsgebietes sind mit interessanten methodischen Anforderungen verbunden, für die im terrestrisch-aquatischen Gesamtrahmen kaum Beispiellösungen in der Literatur existieren.

Die dargestellten Zwischenergebnisse sowie die einzelnen Arbeitsschritte zeigen, dass die Bewertung von Ökosystemleistungen komplex ist und interdisziplinäre Methoden erfordert. Daraus ergeben sich auch methodische Fehlerquellen sowie Diskussionspunkte, die im Folgenden kurz erörtert werden sollen.

Die qualitative Analyse anhand der Matrix-Methode erbringt schnell und einfach erste Ergebnisse, die als Grundlage für detailliertere Untersuchungen verstanden werden müssen. Jedoch werden die Ergebnisse primär durch die Wahl der Landbedeckungs- und Landnutzungsklassen beeinflusst (KANDZIORA et al. 2013b). Die hier vorgestellten CORINE-Daten unterscheiden beispielsweise keine Schutzgebiete, in denen generell die Nutzung eingeschränkt ist und somit auch weniger Versorgungsleistungen bereitgestellt werden. In der Darß-Zingster Boddenkette hat der Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft eine herausragende Stellung, die sich insbesondere auf die kulturellen Leistungen auswirkt. Dies wird in der abschließenden Quantifizierung deutlicher.

Um die verschiedenen biophysikalischen Quantifizierungswerte mit unterschiedlichen Einheiten vergleichen zu können hat sich die relative 0-5-Skala der Matrix-Methode bewährt. Jedoch ist zunächst die Definition eines Referenzwertes nötig, der die hohe zeitliche Variabilität (innerhalb eines Jahres, über einen längeren Zeitraum) berücksichtigt. Beispielsweise zeigen die Fischfangstatistiken eine hohe Variabilität, die auch bedingt durch Veränderungen der Nachfrage, aber auch der Fischressourcen, interpretiert werden müssen. Um keine falschen Aussagen (Überschätzung/Unterschätzung) für ein Managementkonzept zu treffen, ist die Analyse über einen längeren Zeitraum notwendig.

Bei der Festlegung der Untersuchungsgebietsgrenzen treten vor allem Probleme bezüglich der Herkunft und Eignung von Daten auf. Da die physische Beschreibung und Quantifizierung von Ökosystemleistungen auf natürlichen Prozessen beruht, macht es Sinn, dies auch auf der Grundlage natürlicher Eigenschaften und Raumgrenzen – im optimalen Fall zum Beispiel in Einzugsgebieten - durchzuführen. So wurde auch im vorliegenden Fall die Potenzialabschätzung auf der Einzugsgebietsebene durchgeführt. Wenn aber Versorgungsleistungen und kulturelle Leistungen mit Daten charakterisiert werden sollen, müssen andere, nämlich administrative Gebietseinheiten genutzt werden, weil nur für diese die entsprechenden Statistiken vorliegen. Entsprechend unterscheiden sich die Ergebnisse des Gesamtuntersuchungsgebietes und des Quantifizierungsgebietes.

Die Verwendung von Statistiken in der Quantifizierung ausgewählter Ökosystemleistungen wurde beispielsweise in KROLL et al. (2012) sowie KANDZIORA et al. (2014) dargestellt. Eine genaue Zuordnung zu einzelnen Versorgungsleistungen (z.B. Feldfrüchte für Nahrung; Biomasse für Energieerzeugung) erweist sich jedoch oft als schwierig. Weiterhin ergeben sich Veränderungen in der Methodik/Definition sowie in Gebietsabgrenzungen (Neugliederung von Kreisen, Gemeinden) wodurch die Vergleichbarkeit längerer Zeiträume eingeschränkt wird. Die räumliche Grundlage der Matrix (CORINE Land Cover) birgt in der Kombination mit den weiteren Quantifizierungsdaten Skalenprobleme, da die statistischen Daten zur Erhebung der Versorgungsleistungen für die einzelnen Gemeinden angegeben werden und die Messungen kooperierender Kollegen auf dem Standortniveau stattfinden. Da die Zahlenwerke aber zu einem Gesamtbild aggregiert werden müssen, sind umfangreiche Interpolationen, Extrapolationen und Zuordnungsannahmen vonnöten, durch die räumliche Unschärfen auftreten können.

Viele funktionale Zusammenhänge in Ökosystemen sind durch komplexe Wechselwirkungen gekennzeichnet. Daher bestehen oftmals Probleme, sie hinreichend zu beschreiben und vollständig zu verstehen. Wenn derartige ökophysiologische Komplexe hinsichtlich ihrer Wirkung auf die menschliche Gesellschaft bewertet werden sollen, treten folglich zumindest Skalenprobleme auf. Für die Wertung solcher Prozessdynamiken - wie der lokalen Eutrophierungsvorgänge

– muss dann zunächst auf gröbere Indikatoren und ggf. auf Abschätzungen von ökologischen Flüssen und Speichern zurückgegriffen werden.

Weiterhin ergibt die integrierte Betrachtung aquatischer und terrestrischer Ökosystemleistungen, dass die angebotenen Ökosystemleistungen der beiden Ökosystemtypen sehr unterschiedliche Maße annehmen können. So legen die erzielten Zwischenergebnisse die Vermutung nahe, dass das flächenbezogene Potenzial der terrestrischen Ökosysteme größer ausfällt als die der aquatischen Landschaftsbestandteile. Es stellt sich die Frage, ob die zu vermutende Dominanz terrestrischer Leistungen auf das tatsächliche Angebot oder auf die Methodenauswahl zurückzuführen ist. Die anstehende ökonomische Bewertung wird diese Frage klären.

Die Bewertung von Ökosystemleistungen mit Hilfe monetärer Werte ist naturgemäß ebenfalls mit methodischen Problemen behaftet. Diese reichen z.B. von der schwierigen Vergleichbarkeit verschiedener Monetarisierungsansätze über die grundsätzliche Frage, ob denn alle Ökosystemleistungen durch Geld charakterisiert werden sollten, bis hin zu vielfältigen praktischen Zuordnungsproblemen. Ein Beispiel hierfür kann der Tourismusanalyse entnommen werden: Welche Bedeutung kommt den unterschiedlichen Ökosystemtypen (z.B. Ostsee, Strand, Wald, Bodden) in der Wertung und Nutzung durch die Besucher zu? Im Zusammenhang mit Ausgleichszahlungen für Naturschutzmaßnahmen kann gefragt werden, welche Ökosystemleistung durch eine bestimmte Maßnahme angesprochen wird, so dass die investierte Menge als Wertung durch die Gesellschaft auf diese Ökosystemleistung übertragen werden kann.

Aus der Summe dieser methodischen Unsicherheiten ergibt sich die Notwendigkeit, (i) die Unschärfen möglichst weitgehend zu reduzieren, (ii) bestehende Probleme transparent darzulegen und (iii) ihre Konsequenzen zu dokumentieren und zu kommunizieren.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Mensch-Umwelt-Systeme sind komplex und für ein nachhaltiges Management sind umfangreiche Kenntnisse nötig. Das anthropozentrische Konzept der Ökosystemleistungen bietet die Möglichkeit, verschiedene räumliche und zeitliche Skalen durch die Verknüpfung interdisziplinärer Methoden zu analysieren. Hierfür wird auf den immer größer werdenden Fundus an Erkenntnissen und methodischen Entwicklungen der jüngsten Zeit in der Wissenschaft, Praxis und Politik zurückgegriffen. Die Darß-Zingster Boddenkette stellt eine Vielzahl an Ökosystemleistungen bereit, die jedoch teils durch Nutzungskonflikte in Konkurrenz stehen (z.B. landwirtschaftliche Produktion; Nährstoffregulierung, Tourismus/Naherholung). Das Ziel im BACOSA-Vorhaben die Ökosystemleistungen der Darß-Zingster Boddenkette zu bewerten kann anhand der analytischen, qualitativen sowie quantitativen Arbeitsschritte wie hier vorgestellt durchgeführt werden.

Abschließend können die drei Forschungsfragen dieses Beitrags wie folgt beantwortet werden:

- Für eine erste grobe Einschätzung des gesamten Untersuchungsgebietes bietet sich die Matrix-Methode an, um anhand von Landbedeckungs- und Landnutzungsinformationen einen Einblick in die Vielzahl und die räumliche

Verteilung von Regulierungsleistungen, Versorgungsleistungen und kulturellen Leistungen zu bekommen.

- Aus der qualitativen Analyse ergaben sich, dass die Versorgungsleistungen auf landwirtschaftlichen Flächen besonders im südlichen Bereich des Untersuchungsgebiets liegen, während kulturelle Leistungen verstärkt von Interaktionen terrestrischer und aquatischer Ökosysteme beeinflusst werden. Die Boddenkette hat für die Regulierungsleistungen eine besondere Bedeutung.
- Für die Erstellung des Mengengerüsts steht eine Vielzahl an Daten zur Verfügung. Jedoch unterscheiden sich diese oft in der räumlichen und zeitlichen Auflösung. Hierfür ergeben sich einige methodische Aspekte, die bei der vergleichenden Bewertung berücksichtigt werden müssen.

Mit der Festlegung des Mengengerüsts und der abgeschlossenen qualitativen Analyse sind die wesentlichen Schritte getan, um in den nächsten Abschnitt des Vorhabens, die räumlich-explizite, quantitative und monetäre Bewertung von Ökosystemleistungen überzugehen. Hierzu werden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt:

- Räumliche Differenzierung der aquatischen Ökosysteme und Aufstellung von Ökosystemleistungsprofilen für verschiedene aquatische Standorttypen;
- Abschätzung der aquatischen Regulierungsleistungen im Zusammenhang mit Eutrophierungsprozessen und Differenzierung von Beiträgen der Kompartimente Makrophyten und Sediment;
- Abschließende Quantifizierung der Versorgungs-, Regulierungs- und der kulturellen Ökosystemleistungen basierend auf dem Mengengerüst sowie verschiedener Methoden (z.B. Modellierung, Statistiken, Befragungen);
- Monetarisierung der Versorgungsleistungen anhand von Marktpreisen, vorwiegend in den Bereichen der Landwirtschaft und Fischerei;
- Ökonomische Bewertung der kulturellen Ökosystemleistungen (insbesondere Tourismus und Naherholung) sowie Zuordnung der touristischen Umsätze zu den verschiedenen aquatischen und terrestrischen Ökosystemen;
- Ökonomische Bewertung der im Untersuchungsgebiet getätigten Ausgleichszahlungen im Landwirtschaftssektor und Integration der Aufwendungen für Naturschutzmaßnahmen (inkl. Zuordnung der Maßnahmen zu einzelnen Ökosystemleistungen);
- Methodenkritik und Erarbeitung sowie Dokumentation eines methodischen Rahmenpakets zur Abschätzung von küstennahen Ökosystemleistungen.

Die Analyse von Ökosystemleistungen ist sinnvoll, um neue Aspekte für das Umweltmanagement zu erfassen und charakterisieren zu können, da die drei Nachhaltigkeitssäulen Ökologie, Ökonomie und Soziales nun in direkter Korrelation betrachtet werden können. Weiterhin liefern die fehlenden Kenntnisse, die während der komplexen und vielschichtigen Ökosystemleistungsbewertung aufgedeckt werden, neuen Forschungsbedarf (z.B. Eutrophierung).

Zusammenfassung

Für ein nachhaltiges Umwelt- und Ressourcenmanagement sind umfangreiche Kenntnisse über Mensch-Umwelt-Systeme von größter Bedeutung. Hierfür wird in jüngster Zeit das Konzept der Ökosystemleistungen verwendet. Unter Ökosystemleistungen werden die für die Menschheit von der Natur bereitgestellten Nutzen verstanden. Besonders in Küstenökosystemen werden die komplexen Wirkungsgefüge deutlich, da es sowohl große Belastungen aufgrund menschlicher Aktivitäten (z.B. Eutrophierung von Gewässer), als auch eine Vielzahl an Nutzungen (z.B. Fischerei, Tourismus, Naturschutz) gibt. Für die Darß-Zingster Boddenkette sind diese Aspekte von hoher Relevanz. Daher werden im Rahmen des BACOSA-Vorhabens mehrere Arbeitsschritte und methodische Ansätze verknüpft, um Ökosystemleistungen qualitativ, quantitativ sowie ökonomisch zu bewerten. Das auf eine qualitative Abschätzung anhand der Matrix-Methode aufbauende Mengengerüst stellt die Grundlage für die Quantifizierung und die abschließende ökonomische Bewertung ausgewählter relevanter Ökosystemleistungen in der Darß-Zingster Boddenkette dar. Im Untersuchungsgebiet werden verschiedene Regulierungsleistungen, Versorgungsleistungen und kulturelle Leistungen bereitgestellt und nachgefragt. Die Zwischenergebnisse zeigen eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität sowie Interaktionen von Ökosystemleistungen. Das neugewonnene Wissen soll für die Erarbeitung von Managementstrategien in der Politik und Praxis angewendet werden.

Danksagung

Das Verbundprojekt BACOSA wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Förderkennzeichen: 03F0665B).

Literatur

- Albert, C., J. Aronson, C. Fürst & P. Opdam, 2014a. Integrating ecosystem services in landscape planning: requirements, approaches, and impacts. *Landscape Ecology* 29 (8): 1277-1285.
- Albert, C., J. Hauck, N. Buhr & C. von Haaren, 2014b. What ecosystem services information do users want? Investigating interests and requirements among landscape and regional planners in Germany. *Landscape Ecology* 29 (8):1301-1313.
- Barbier, E.B., S.D. Hacker, C. Kennedy, E.W. Koch, A.C. Stier & B.R. Silliman, 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs* 81.2: 169-193.
- Basset, A., M. Elliott, R.J. West & J.G. Wilson, 2013. Estuarine and lagoon biodiversity and their natural goods and services. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 132:1-4.
- Burkhard, B., M. Kandziora, Y. Hou & F. Müller, 2014. Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands - Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online* 34: 1-32.
- Burkhard, B. & F. Müller, 2013. Indikatoren und Quantifizierungsansätze. In: Grunewald, K. & O. Bastian (eds.), *Ökosystemdienstleistungen - Konzept, Methoden und Fallbeispiele*. Springer Spektrum Verlag, Heidelberg: 80-90.
- Burkhard, B., R. de Groot, R. Costanza, R. Seppelt, S.E. Jørgensen & M. Potschin, 2012. Solutions for Sustaining Natural Capital and Ecosystem Services. *Ecological Indicators* 21: 1-6
- De Groot, R.S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein & L. Willemsen, 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3): 260-272.
- Farber, S.C., R. Costanza & M.A. Wilson, 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological economics*, 41(3): 375-392.

- Garcia, S.M. & K.L. Cochrane, 2005. Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 62.3: 311-318.
- Gómez-Baggethun, E., R. de Groot, P.L. Lomas & C. Montes, 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6): 1209-1218.
- Grunewald, K., O. Bastian (Hrsg.), 2013. *Ökosystemdienstleistungen - Konzept, Methoden und Fallbeispiele*. Berlin; Heidelberg: Springer Spektrum S.XII, 332.
- Haines-Young, R. & M. Potschin, 2010. The links between biodiversity ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli, D. & C. Frid (eds.). *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge University Press, Cambridge: 110–139.
- Kandziora, M., B. Burkhard & F. Müller, 2013a. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators - A theoretical matrix exercise. *Ecological Indicators* 28: 54-78.
- Kandziora, M., B. Burkhard & F. Müller, 2013b. Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution. *Ecosystem Services* 4: 47-59.
- Kandziora, M., K. Dörnhöfer, N. Oppelt & F. Müller, 2014. Detecting Land Use And Land Cover Changes In Northern German Agricultural Landscapes To Assess Ecosystem Service Dynamics. *Landscape Online* 35: 1-24.
- Klain, S.C. & K.M.A. Chan, 2012. Navigating coastal values: Participatory mapping of ecosystem services for spatial planning. *Ecological Economics* 82:104-113.
- Koschke, L., C. Fuerst, S. Frank & F. Makeschin, 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological Indicators* 21: 54-66.
- Kroeger, T. & F. Casey, 2007. An assessment of market-based approaches to providing ecosystem services on agricultural lands. *Ecological Economics*, 64 (2): 321-332.
- Kroll, F., F. Müller, D. Haase & N. Fohrer, 2012. Rural–urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy* 29: 521–535.
- Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei MV, 2014. Fangstatistik der Kl. Hochsee- und Küstenfischerei M-V 2005-2013. Download: <http://www.lallf.de/Fangstatistik-Kuestengewaesser.280.0.html>
- Liquete, C., C. Piroddi, E.G. Drakou, L. Gurney, S. Katsanevakis, A. Charef & B. Egoh, 2013. Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PLoS One* 8:e67737.
- Liu, S., R. Costanza, S. Farber & A. Troy, 2010. Valuing ecosystem services. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185(1): 54-78.
- Lopes, R. & N. Videira, 2013. Valuing marine and coastal ecosystem services: An integrated participatory framework. *Ocean & Coastal Management* 84:153-162.
- Martínez, M., L.A. Intralawan, L.A. Vázquez, O. Pérez-Maqueo, P. Sutton & R. Landgrave, 2007. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics* 63:254-272.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press/World Resources Institute, Washington, DC.
- Müller, F., 2005. Indicating Ecosystem and Landscape Organization. *Ecological Indicators* 5(4): 280-294.
- Nedkov, S. & B. Burkhard, 2012. Flood regulating ecosystem services - Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. *Ecological Indicators* 21: 67-79.
- Seppelt, R., C.F. Dormann, F.V. Eppink, S. Lautenbach & S. Schmidt, 2011. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 48: 630–636.
- Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, 2014. *Ausgewählte Daten zu Viehbeständen und Tourismus*. Download: <http://sisonline.statistik.m-v.de/>
- Tallis, H. & S. Polasky, 2009. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1162(1): 265-283.
- TEEB, 2010. *The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*.

- UK National Ecosystem Assessment, 2011. The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings. UNEP-WCMC, Cambridge.
- UNEP-WCMC, 2011. Marine and coastal ecosystem services: Valuation methods and their application. UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 33. 46 pp.
- Wilson, M A. & J.P. Hoehn, 2006. Valuing environmental goods and services using benefit transfer: the state-of-the art and science. *Ecological Economics*, 60(2): 335-342.
- Winkler, H., 2001. Fischgemeinschaften und Fischerei in den Darß-Zingster Bodden. In: Benke, H. (ed.). Die Darß-Zingster Bodden. Monographie einer einzigartigen Küstenlandschaft. Meer und Museum. Bd 16. Deutsches Meeresmuseum, Stralsund: 76-84.
- Winkler, H., 2014. Daten Fischfang in der Darß-Zingster Boddenkette 1955-2006. Pers. Mitteilung.