

Felix Müller¹, Kai Ahrendt⁴, Martin Benkenstein³, Margarita Berg², Sabine Bicking¹, Marion Kruse¹, Tim Kruse¹, Konrad Ott², Katharina Poser³, & Ivana Ruljevic¹

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Abt. Ökosystemmanagement, Olshausenstrasse 75, 24118 Kiel

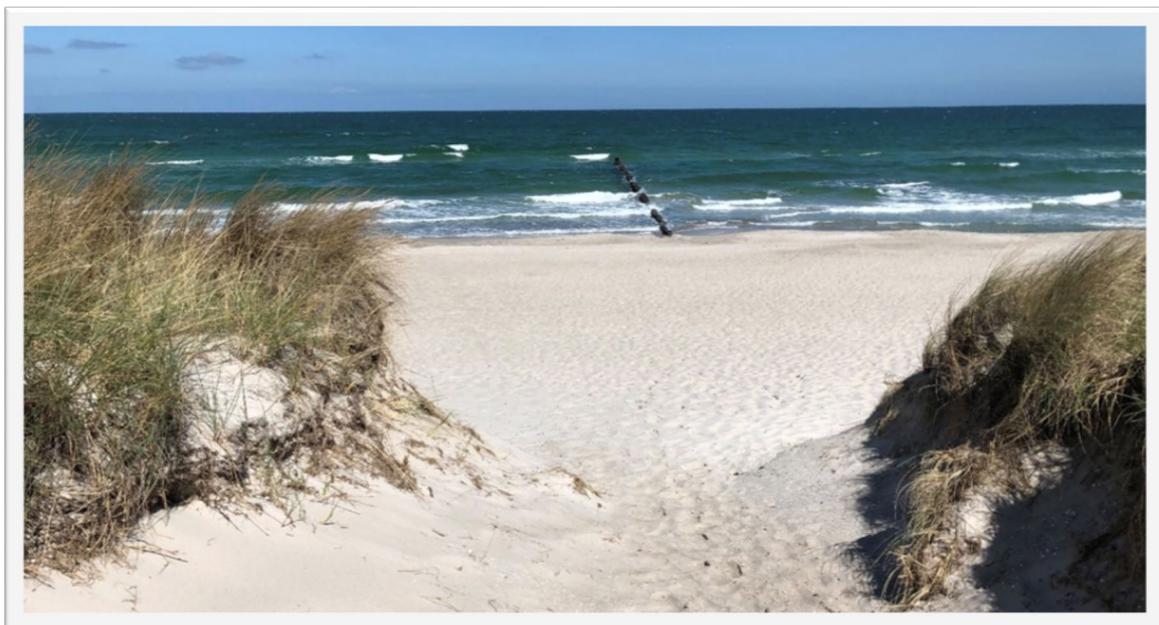
² Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Philosophisches Seminar, Leibnizstr. 6, 24118 Kiel

³ Universität Rostock, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Ulmenstraße 69, 18057 Rostock

⁴ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Geographisches Institut, Ludwig-Meyn-Straße 14, 24118 Kiel

fmueller@ecology.uni-kiel.de

Ökosystemleistungen – eine Einführung



Blick auf die Ostsee am Darßer Weststrand bei Ahrenshoop. (Foto: Felix Müller)

Dieses Kapitel dient als Einstieg in die Beschreibungen von Ökosystemleistungen in der Küstenzone in den folgenden Abschnitten. Ökosystemleistungen sind die natürlichen Beiträge, Güter und Nutzen, die Menschen aus den Strukturen und Funktionen von Ökosystemen beziehen. Neben den zentralen Begrifflichkeiten wird das Konzept grundsätzlich erklärt und seine Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Analyse der Mensch-Umwelt-Beziehungen im Küstenbereich werden dargestellt.

Der Mensch ist unter sehr vielen Aspekten stark abhängig von Natur und Umwelt, und die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft basiert in vielen Fällen auf der Funktionsfähigkeit natürlicher Prozesse: Ohne verlässliche Wechselwirkungen in Ökosystemen wären nicht nur die Nahrungsmittelproduktion, die Bereitstellung von sauberem Trinkwasser oder die Versorgung mit lebenswichtigen Substanzen, wie Sauerstoff oder Arzneistoffen, eingeschränkt. Gefährliche Umwelt-Veränderungen werden von gesunden Ökosystemen abgepuffert und deren Stoff- und Energiehaushalte werden von den natürlichen Strukturen und Prozessen gesteuert. Und schließlich basiert unser emotionales Wohlbefinden in vielerlei Hinsicht auf der Erholungswirkung und der Ästhetik der Naturlandschaft. Daher sind viele solcher Leistungen der Natur unverzichtbare Grundlagen für die Nachhaltigkeit der Entwicklung von Mensch-Umwelt-Systemen.

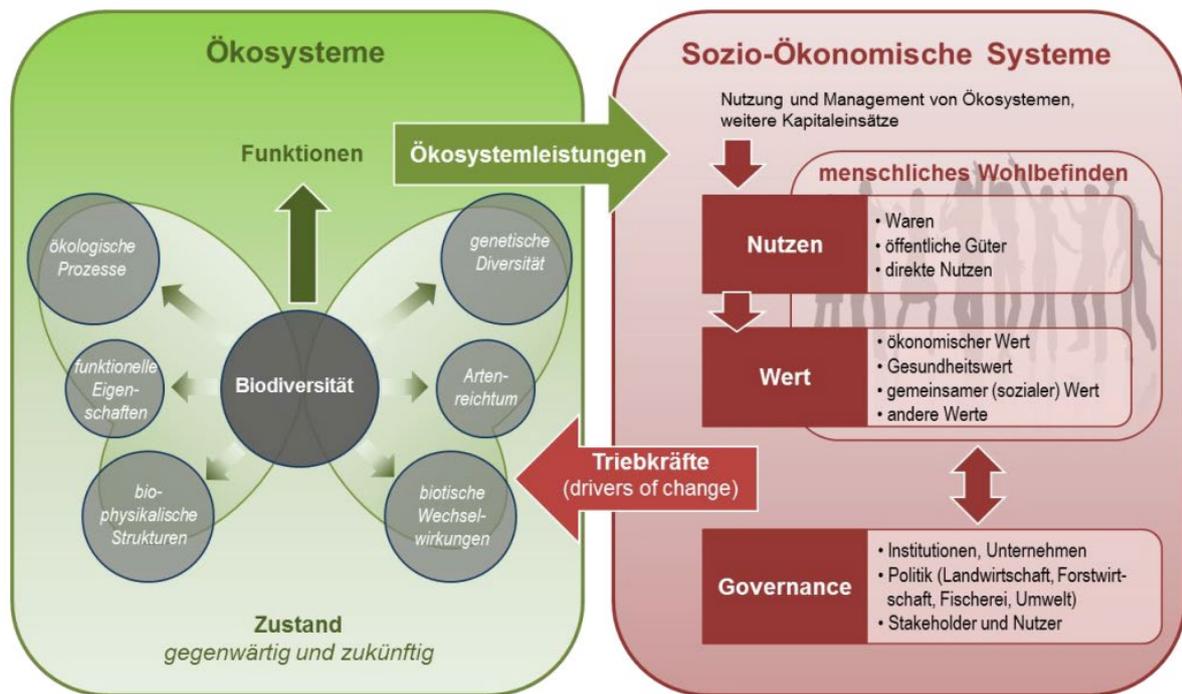


Abb. 1: Das MAES-Rahmenkonzept¹ der EU zur Bewertung und Kartierung von Ökosystemleistungen nach Maes et al. [10] und Grunewald et al. [6].

Diese *Beiträge der natürlichen Strukturen und Prozesse in Ökosystemen zur Förderung der menschlichen Wohlfahrt* werden als Ökosystemleistungen bezeichnet (vgl. [5],[6],[4],[3]). Dabei lassen sich verschiedene Typen von Ökosystemleistungen unterscheiden:

- **Versorgungsleistungen** beziehen sich auf den gesellschaftlichen Nutzen der durch natürliche Prozesse produzierten Güter. Hierzu zählen beispielsweise Nahrungs- und Futterpflanzen, tierische Nahrungsmittel, Bau- und Brennholz, Trink- und Brauchwasser sowie viele verschiedene Rohstoffe für industrielle Prozesse. Die starke Abhängigkeit der Bevölkerung von diesen Leistungen und Produkten liegt auf der Hand.
- **Regulierende Ökosystemleistungen** produzieren gesellschaftlichen Nutzen, der sich aus der Kontrolle und der natürlichen Steuerung von ökologischen Prozessen ergibt. Diese Ökosystemleistungen sind zwar weniger leicht erkennbar, sie stellen aber umso

¹ Mapping and Assessment of Ecosystem Services

wichtigere Lebensgrundlagen für die Gesellschaft bereit. Zu nennen wären hier etwa die Klimaregulierung, die Steuerung der Wasser-, Energie- und Stoffhaushalte von Ökosystemen, die Regulierung der Luftqualität, der Nährstoffflüsse, die Verminderung von Erosionsverlusten oder die grundsätzliche Abpufferung von katastrophalen Veränderungen.

- *Kulturelle Ökosystemleistungen* basieren auf dem nicht-materiellen Nutzen für das menschliche Wohlbefinden. Hierzu zählen die Wohlfahrtswirkungen aufgrund von Erholung und Tourismus, durch den Genuss landschaftlicher Ästhetik sowie durch das Erleben von Objekten des Natur- und Kulturerbes.

Alle genannten Ökosystemleistungen beruhen auf dem Zusammenspiel von Strukturen und Prozessen in Ökosystemen. In der Abbildung 1, die als Grundlage des europäischen Programms zur Kartierung und Bewertung von Ökosystemen und ihren Leistungen (MAES) dient, finden sich die entsprechenden ökologischen Grundlagen und Wechselwirkungen auf der linken Seite. Auch in der viel diskutierten Ökosystemleistungskaskade (Abb. 2) erwächst die linke Bildseite aus den ökologischen Grundlagen in Form von Strukturen und Funktionen der Ökosysteme, welche die Grundlagen für die Ökosystemleistungspotenziale bilden (Definition siehe Box). Gesteuert durch den Bedarf der Gesellschaft (Nachfrage) wird eine Ökosystemleistung im Rahmen der Ökosystemleistungs-Flüsse konkret konsumiert.

Tab. 1: Übersicht und Definition wichtiger Ökosystemleistungen nach Burkhard et al. [2].

Versorgungsleistungen	Pflanzenproduktion für Nahrungsmittel	Anbau und Ernte von essbaren Pflanzen auf landwirtschaftlichen Flächen und in Gärten für die menschliche Ernährung
	Pflanzenproduktion für Bioenergie	Anbau und Ernte von Pflanzen für die Energiegewinnung (z. B. Silomais oder Raps)
	Pflanzenproduktion für Futtermittel	Anbau und Ernte von Futterpflanzen für Nutztiere
	Tierhaltung	Aufzucht und Verwendung von Nutztieren zur Ernährung und für die Verwendung tierischer Erzeugnisse (z. B. Milchprodukte, Wolle).
	Holz	Produktion von Holz für Bauzwecke
	Fasern	Anbau und Ernte von Naturfasern (z. B. Baumwolle, Jutesisal, Seide, Zellulose) für z. B. Tücher, Gewebe, Papier
	Holzbrennstoff	Produktion von Holz für Energiegewinnung oder Wärmeerzeugung
	Wildprodukte	Ernte von Beeren, Pilzen, (essbaren) Pflanzen, Erlegen von Wildtieren, Fischfang im Rahmen der Freizeitfischerei
	Fisch, Meeresfrüchte, Algen	Professioneller Fang von Fisch, Meeresfrüchten/Algen für Lebensmittel, Fischmehl und Fischöl
	Treibsel	Organisches Material von submersen Makrophyten (z. B. Seegrass oder Algen), das sich regelmäßig an der Küste ansammelt
	Ornamentik*	Sammlung von Naturornamenten (z. B. Muscheln, Steine/Amber, Blätter und Zweige für dekorative oder religiöse Zwecke)
	Trink- und Brauchwasser	Frischwasser zum Trinken sowie Brauch- und Nutzwasser für z. B. Landwirtschaft und Industrie
	Abiotische Energieressourcen*	Abiotische Quellen zur Energieumwandlung (z. B. Solar-, Wind-, Wasser- und Geothermie-Energien)
	Mineralien*	Mineralien, die in der Nähe der Oberfläche oder über der Oberfläche abgebaut werden (z. B. Bausand, Braunkohle, Gold)

Fortsetzung auf nächster Seite

Fortsetzung der Tabelle 1

Regulierende Ökosystemleistungen	Wasserflussregulierung	Erhaltung der Basiseigenschaften des Wasserkreislaufs (z. B. Wasserspeicherung und -pufferung, natürliche Entwässerung, Bewässerung und Dürreprävention)
	Lokale Klimaregulierung	Veränderung der lokalen Klimakomponenten wie Wind, Niederschlag, Temperatur, Strahlung durch die Eigenschaften des Ökosystems
	Globale Klimaregulierung	Langfristige Speicherung von Treibhausgasen aus der Atmosphäre in Ökosystemen
	Hochwasserschutz	Schutz und Minderung von Hochwasserereignissen
	Luftqualitätsregulierung	Aufnahme/Filterung von Staub, Chemikalien und Gasen aus der Atmosphäre
	Erosionsregulierung, Wind	Bodenrückhaltung und die Fähigkeit, Bodenerosion durch Wind zu verhindern oder zu mildern
	Erosionsregulierung, Wasser	Bodenrückhaltung und die Fähigkeit, Bodenerosion durch Wasser und Erdbeben zu verhindern oder zu mildern
	Nährstoffregulierung	Die Fähigkeit eines Ökosystems, Nährstoffe zu speichern und zu recyceln, z. B. Stickstoff oder Phosphor
	Wasserreinigung	Die Fähigkeit eines Ökosystems, Wasser zu reinigen, z. B. von Sedimenten, Pestiziden, krankheitsverursachenden Mikroben und Krankheitserregern
	Krankheits- und Schädlingsregulierung	Die Fähigkeit eines Ökosystems, Schädlinge und Krankheiten zu bekämpfen
	Bestäubung	Bienen, Vögel, Fledermäuse, Motten, Fliegen, Wind, nicht fliegende Tiere tragen zur Verbreitung von Samen und zur Vermehrung vieler Pflanzen bei

Kulturelle Ökosystemleistungen	Tourismus & Naherholung	Freizeit-Aktivitäten, Sport und touristische Aktivitäten im Zusammenhang mit der lokalen Umwelt oder Landschaft
	Landschaftsästhetik & Inspiration	Visuelle Qualität der Landschaft oder ihrer Teile, die das menschliche Wohlbefinden und die Kreativität beeinflusst, beispielsweise in Kunst, Musik und Literatur.
	Wissenssysteme	Umweltbildung auf der Grundlage von Ökosystemen/Landschaften, z. B. aus dem Kontext formaler Schulen, Vermittlung von Fachwissen und traditionelles Wissen
	Kulturerbe	Werte, die der Mensch auf die Erhaltung historisch wichtiger (Kultur-) Landschaften und Landnutzungsformen (Kulturerbe) legt
	Regionale Identität/ Heimatgefühl	Elemente oder Prozesse von Ökosystemen, die zur individuellen Identität einer Person beitragen (Zugehörigkeitsgefühl) oder die Gruppenidentität der Menschen stärken
	Naturerbe & Biodiversität	Der Existenzwert der Natur und der Arten selbst, der über den wirtschaftlichen oder menschlichen Nutzen hinausgeht

* keine Ökosystemleistungen im engeren Sinne, weil abiotisch erzeugt; aber wichtige Produkte für Management und Entscheidungsfindung

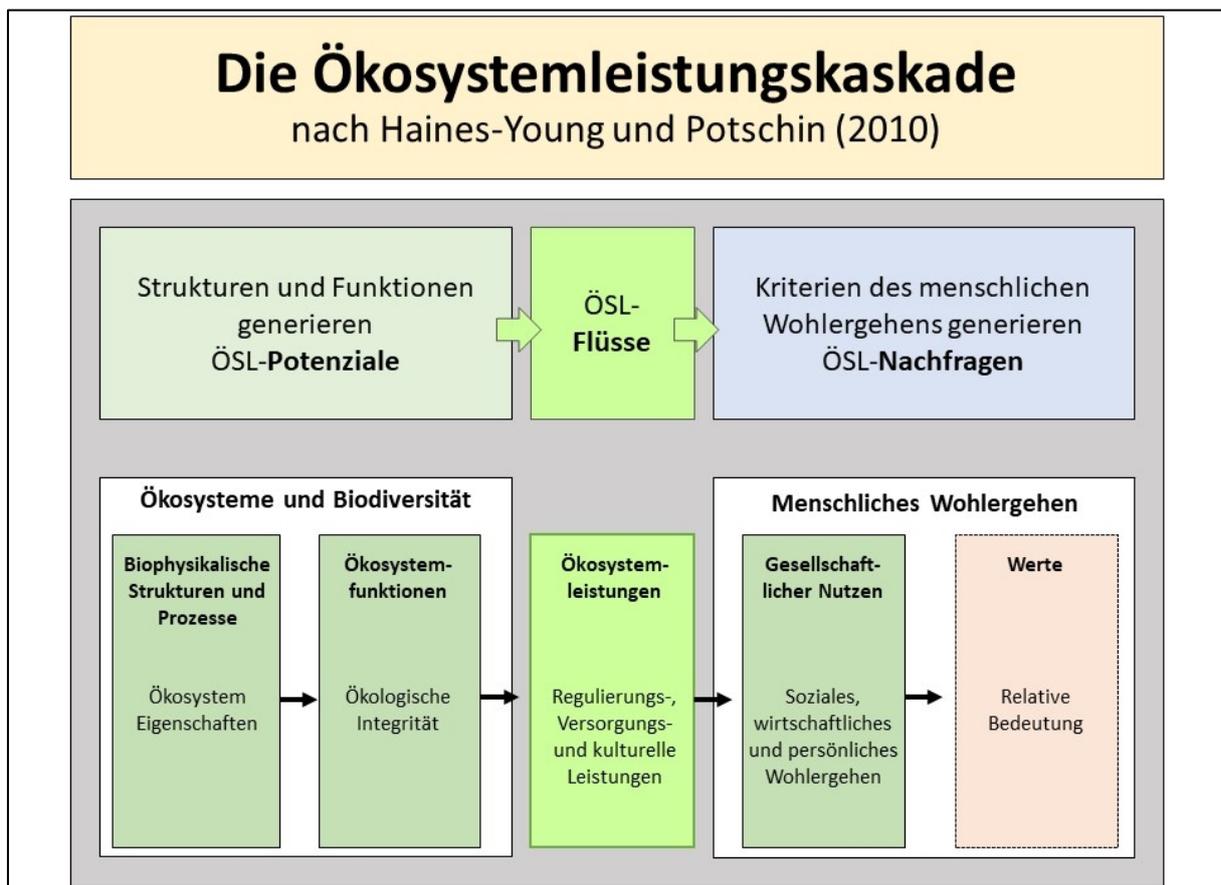


Abb. 2: Die Ökosystemleistungskaskade nach Haines-Young und Potschin [7]; ÖSL = Ökosystemleistung.

Es wird zwischen Ökosystemleistungspotenzialen, -flüssen und -nachfragen unterschieden.

- Die **Ökosystemleistungspotenziale** entsprechen einer hypothetischen, maximalen Ernte oder Nutzung der Ökosystemleistungen, unabhängig davon, ob sie aktuell genutzt bzw. nachgefragt werden.
- Die **Ökosystemleistungsflüsse** beziehen sich auf die tatsächlich genutzten Ökosystemleistungen.
- Die **Nachfrage** nach Ökosystemleistungen wird durch den Bedarf der Gesellschaft, bestimmter Interessengruppen oder Einzelpersonen bestimmt.

Beispiel: In einem Wald entspricht das Ökosystemleistungspotenzial für Holz und Holzbrennstoff den Holzvorräten der Bäume. Basierend auf der gesellschaftlichen Nachfrage und abhängig vom Management-Regime wird ein Teil der Bäume gefällt und das Holz genutzt. Diese Nutzung entspricht dem Ökosystemleistungsfluss.

Die produzierten Ökosystemleistungen werden nach der direkten Nutzung im sozio-ökonomischen Teil-System (rechte Hälfte der Abb. 1 und 2) wirksam. Sie unterstützen das menschliche Wohlbefinden und erfahren daher eine Wertschätzung.

Aufgrund ihrer jeweiligen Bedeutung, Nutzbarkeit und ihrer Verfügbarkeit wird den Ökosystemleistungen ein bestimmter Wert zugeordnet. Dieser kann ökonomischer, sozialer, ökologischer oder ethischer Art sein. Derartige Bewertungs-Ansätze wurden im Küstenumfeld von verschiedenen Autoren angewendet. So stellen etwa die Konzepte von Beaumont et al. [1] oder die Analysen von Liqueste et al. [8],[9] gute Grundlagen für eine regionalisierende Anwendung des Ökosystemleistungskonzepts dar [10].

Das gesellschaftliche Management dieses Wertgefüges und die Abwägung von umweltrelevanten Aktivitäten führen zu bestimmten Triebkräften, die sich auf die Struktur des Mensch-Natur-Komplexes auswirken. Im günstigsten Fall sind sie an den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet. Hieraus ergibt sich die hohe Bedeutung des Ökosystemleistungs-Konzepts für Umweltpolitik und -Management: Wenn es gelingt, die Veränderungen der Ökosystemleistungen als Argumente und Indikatoren in politische Entscheidungen einzubeziehen, werden wichtige Umwelteigenschaften als grundlegende Parameter für das menschliche Wohlbefinden einbezogen und es können nachhaltige Strategien leichter gefunden und effizienter umgesetzt werden.

Für eine solche Integration von Ökosystemleistungen in politisches und administratives Handeln sind intensive Untersuchungen und Prozess-Optimierungen erforderlich. In den Vorhaben BACOSA und SECOS wurde das Ökosystemleistungskonzept hinsichtlich seiner Anwendbarkeit im Küstenbereich getestet und weiterentwickelt. Hierbei wurden wichtige Leistungen sowohl qualitativ (z. B. durch Expertenbefragungen) als auch quantitativ (z. B. durch Messungen, statistische Auswertungen, Befragungen oder Modelle) gekennzeichnet, ihre historische Entwicklung im Ostseeraum wurde verfolgt, die räumliche Verteilung von Ökosystemleistungspotenzialen wurde kartiert und es sollen Möglichkeiten zur vertieften Anwendung des Konzepts vorangetrieben werden. Dies geschah im BACOSA-Verbund anhand von drei Schwerpunkt-Bereichen, die im Folgenden anhand einiger Beispiele vorgestellt werden:

1. *Ökologische Bewertungsverfahren* greifen auf die umweltbezogenen Originaldaten zurück und schildern die Verteilung und Entwicklung von Ökosystemleistungen anhand der Transfers und Speicherungen von Biomasse, Information, Energie und Stoffen. Deren Bewertung fußt auf dem Vergleich von ökologischen Zustandsgrößen, physikalisch-chemischen oder geowissenschaftlichen Daten – etwa vor und nach einem Eingriff. Die erfolgten Arbeiten zu diesem Feld werden im Folgenden zunächst von Tim und Marion Kruse anhand von zwei Beispielen eingeführt. Sabine Bicking und Felix Müller setzen die Schilderung mit einer Vorstellung der Ökosystemleistungs-Matrix und ihrer Anwendungsmöglichkeiten fort. Eine Matrix-Nutzung aus dem direkten Küstenbereich mit intensiver Anwendung geographischer Informationssysteme wird dann von Kai Ahrendt und Ivana Ruljevic dokumentiert.
2. *Ökonomische Bewertungsverfahren* nutzen monetäre Einheiten, um die Wichtigkeit und Bedeutung von Umweltleistungen zu beurteilen. Sie werden in einem der folgenden Beiträge von Katharina Poser und Martin Benkenstein anhand von Befragungen zur Priorisierung von Erholungsfunktionen in unterschiedlichen Kombinationen exemplarisch geschildert.

3. Die *ethischen Bewertungsverfahren* richten sich an die Aktivierung und den Vergleich unterschiedlicher Wertesysteme. Im anschließenden Text werden sie von Margarita Berg und Konrad Ott angewendet, um die Entwicklung kultureller Ökosystemleistungen an der Ostseeküste unter philosophischen Aspekten zu analysieren.

Literatur

- [1] Beaumont, N. J., Austen, M. C., Atkins, J., Burdon, D., Degraer, S., Dentinho, T. P., Derous, S., Holm, P., Horton, T., van Ierland, E., Marboe, A. H., Starkey, D. J., Townsend, M. & Zarzycki, T., 2007. Identification, Definition and Quantification of Goods and Services provided by Marine Biodiversity: Implications for the Ecosystem Approach. *Marine Pollution Bulletin* 54: 253–265.
- [2] Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y. & Müller, F., 2014. Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online* 34: 1-32, DOI: [10.3097/LO.201434](https://doi.org/10.3097/LO.201434).
- [3] Burkhard, B. & Maes, J. (Hrsg.), 2017. *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers, Sofia.
- [4] Chicharo, L., Müller, F. & Fohrer, N., 2015. *Ecosystem Services and River Basin Ecohydrology*. Springer Dordrecht, Heidelberg, London, New York.
- [5] Grunewald, K. & Bastian, O. (Hrsg.), 2012. *Ökosystemdienstleistungen*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- [6] Grunewald, K., Walz, U., Herold, H. & Syrbe, R.-U., 2015. Ökosystemleistungen erfassen und bewerten. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 47 (10): 305–310.
- [7] Haines-Young, R. & Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli, D. G. & Frid, C. L. J. (Hrsg.). *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge University Press.
- [8] Liqueste, C., Piroddi, C., Drakou, E. G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A. & Egoh, B., 2013. Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review. *PLoS ONE* 8: e67737.
- [9] Liqueste, C., Zulian, G., Delgado, I., Stips, A. & Maes, J., 2013. Assessment of coastal protection as an ecosystem service in Europe. *Ecological Indicators* 30: 205–217.
- [10] Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liqueste, C., Braat, L., Berry, P., Egoh, B., Puydarrieux, P., Fiorina, C., Santos-Martín, F., Paracchini, M. L., Keune, H., Wittmer, H., Hauck, J., Fiala, I., Verburg, P. H., Condé, S., Schägner, J. P., San Miguel, J., Estreguil, C., Ostermann, O., Barredo, J. I., Pereira, H. M., Stott, A., Laporte, V., Meiner, A., Olah, B., Gelabert, E.-R., Spyropoulou, R., Petersen, J. E., Maguire, C., Zal, N., Achilleos, E., Rubin, A., Ledoux, L., Murphy, P., Fritz, M., Brown, C., Raes, C., Jacobs, S., Raquez, P., Vandewalle, M., Connor, D. & Bidoglio, G., 2013. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020*. Luxembourg. http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/.