

Kai Ahrendt¹, Ivana Ruljevic² & Felix Müller²

¹ Büro für Umwelt und Küste, Steinstraße 25, 24118 Kiel und Geographisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Ludewig-Meyn-Straße 14, 24118 Kiel

² Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Abt. Ökosystemmanagement, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 75, 24118 Kiel

ahrendt@ICZM.de

Einsatz von geographischen Informationssystemen zur Ermittlung der Ökosystemleistungen von Küstenlinien



Zeeseenboot auf dem Saaler Bodden bei Born. (Foto: Felix Müller)

Im Folgenden wird eine Anwendung des Ökosystemleistungs-Matrix-Ansatzes für die Bewertung der Küstenlinien in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern vorgestellt. Mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen werden homogene Küstensektoren im Hinblick auf 9 Kategorien gekennzeichnet, klassifiziert und hinsichtlich ihrer Ökosystemleistungspotenziale bewertet. Die entstehenden Karten können auf verschiedenen Maßstäben abgebildet werden und können interessante Informationen für Planungs- und Entscheidungsprozesse liefern.

1 Einleitung

Während sich die im vorherigen Beitrag geschilderten Bewertungen von Ökosystemleistungen jeweils auf die flächenhaften Umsetzungen der Ökosystemleistungs-Matrix [5],[6] beziehen, gilt es in einem weiteren Arbeitsschritt, die Küstenlinie selbst – schwerpunktmäßig verstanden als lineares Raumelement – hinsichtlich ihrer Ökosystemleistungspotenziale zu beschreiben. Dies geschieht auf der Basis einer digitalisierten Differenzierung von Küstentypen. Derartige Küstenklassifikationen sind seit langem ein fester Bestandteil naturwissenschaftlicher aber auch sozio-ökonomischer Forschung im Küstenraum (z. B. [7],[8],[2],[4],[9]). Je nach Fragestellung finden die unterschiedlichsten Klassifikationen Anwendung. Eine fachübergreifende multifunktionale Küstenklassifikation ist bisher allerdings nicht etabliert.

Die überwiegend sektoralen Betrachtungen, die den unterschiedlichen Klassifikationsmustern zu Grunde liegen, werden den immer komplexeren Fragestellungen einer zukünftigen Entwicklung und deren Steuerung allerdings nicht mehr gerecht. Daher wurde mit der hier beschriebenen Anwendung versucht, eine integrierte Sicht der vielfältigen Küsteneigenschaften umzusetzen, dabei die Ökosystemleistungen der Küstenlinie selbst zu qualifizieren und somit regionalisierte Informationen über qualitative Kriterien im Küstenverlauf für Planungs- und Entscheidungsprozesse anzubieten.

Der Einfluss des Klimawandels und veränderter Land- und Küstennutzungsformen auf die zukünftige Entwicklung von Küstenbereichen wird bisher überwiegend anhand von geomorphologischen, biologischen und sozioökonomischen Klassifikationen beschrieben. Es besteht daher ein starker Bedarf an erweiterten, fachübergreifenden Modellen. Hierfür bieten sich die Ökosystemleistungen an, die bisher für eine Küstenklassifikation kaum herangezogen worden sind.

2 Methodik

Die technische Grundlage für die hier beschriebene Ermittlung von Ökosystemleistungen bildet eine GIS-Software namens „Maptitude“ (Caliper Corp., Newton, MA, USA). Für diese Software wurde eine Erweiterung entwickelt, die es ermöglicht, eine küstennormale und eine küstenparallele Klassifikation vorzunehmen. Basis hierfür ist das Datenaufkommen des öffentlich zugänglichen Kartensystems von „Google Earth“ (Google LLC, Mountain View, CA, USA). Dabei wird ein Küsten-Segment definiert, wenn seewärts und landwärts der Küstenlinie die gleichen Bedingungen vorliegen. Wenn sich ein Attribut in einem Element ändert, wird ein neues Segment festgelegt (Abb. 1). Die Segmentierung ist skalunenabhängig. Insgesamt wurde diese Differenzierung anhand von 9 Kategorien durchgeführt und es wurde zusätzlich für jede Kategorie das aggregierte Ökosystemleistungspotenzial ermittelt.

Die Kategorien sind:

- 1 Küstenstruktur (Kliff, Nehrung, künstliche Küstenlinie, etc.)
- 2 Substrat des Strand (Sand, Kies, etc.)
- 3 Primäre Bauwerke (Deich, Wellenbrecher, Buhne, etc.)
- 4 Weitere Bauwerke und Infrastruktur-Maßnahmen
- 5 Seewärtige strandnahe Strukturen (Riff, Sandbank, etc.)

- 6 Seewärtige Bedingungen (offene Küste, steiler Abhang, etc.)
- 7 Landseitige Strukturen (Düne, Ästuar, Marsch, etc.)
- 8 Dominante Landnutzung (Besiedlung, Acker, etc.)
- 9 Weitere Landnutzungstypen (z. B. Corine-Land-Cover-Klassen)
- 10 Ökosystemleistungen für 4 zentrale Kategorien (Substrat, primäre Bau-
maßnahmen, strandnahe Strukturen, primäre Landnutzung)

Der Ermittlung der Ökosystemleistungen liegt die im vorigen Beitrag [3] beschriebene Matrix zugrunde. Die Bewertung der Ökosystemleistungen erfolgte daher auf einer Skala von 0 – 100. Die vier genutzten Kategorien wurden mit einem Wichtungsfaktor versehen, addiert und aus der Summe wurde ein Gesamtwert für die Kategorienkonstellation im untersuchten Sektor gebildet. Die so gewonnenen Ergebnisse für die Bewertung wurden anschließend nach ArcMap (ESRI, Redlands, CA, USA) überführt (Abb. 2).

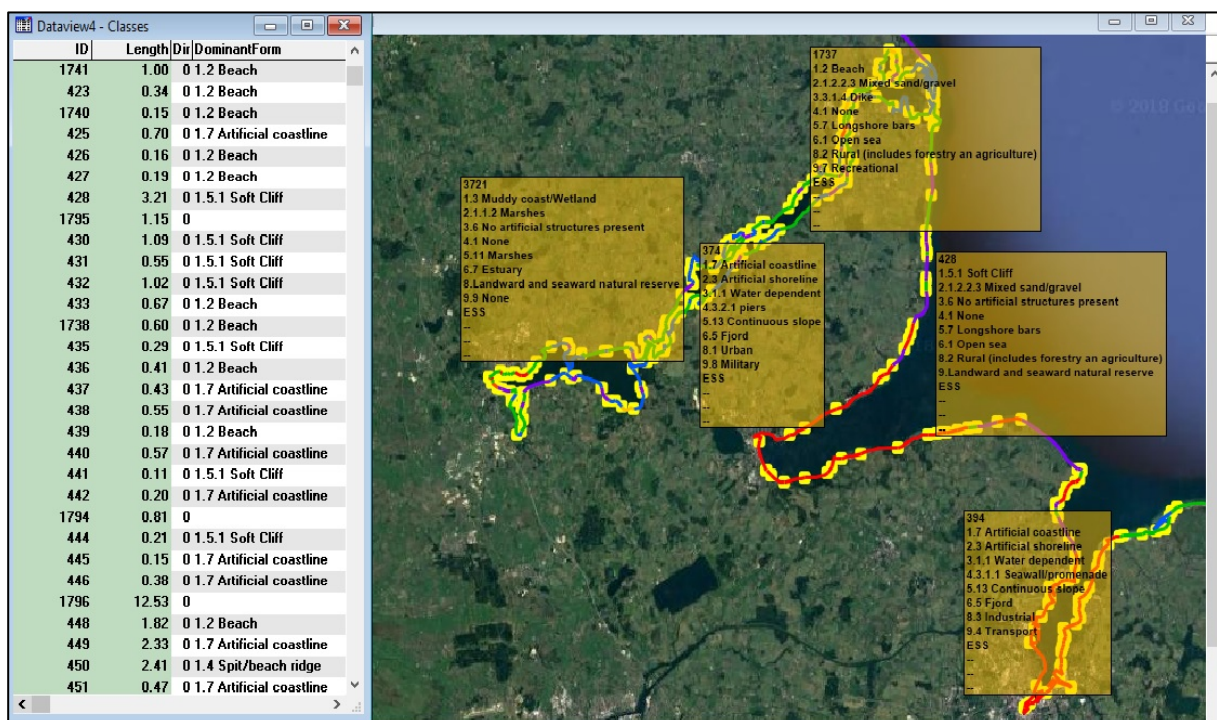


Abb. 1: Maptitude-Bildschirmausschnitt zur Segmentierung der Küstenzone am Beispiel der Fördenküste an der Kieler Bucht¹; gelbe Kästen: 9 Kategorien für ausgewählte Segmente, linke Bildschirmhälfte: Auflistung der Segmente mit Längen (km) und dominanten Merkmalen

¹ Software-Copyright: Maptitude, Version 2018, Caliper Corp. Background Images: Image Landsat/Copernicus, © 2018 Google; © 2009 GeoBasis-DE/BKG, Data S/O, NOAA, US Navy NGA GEBCO

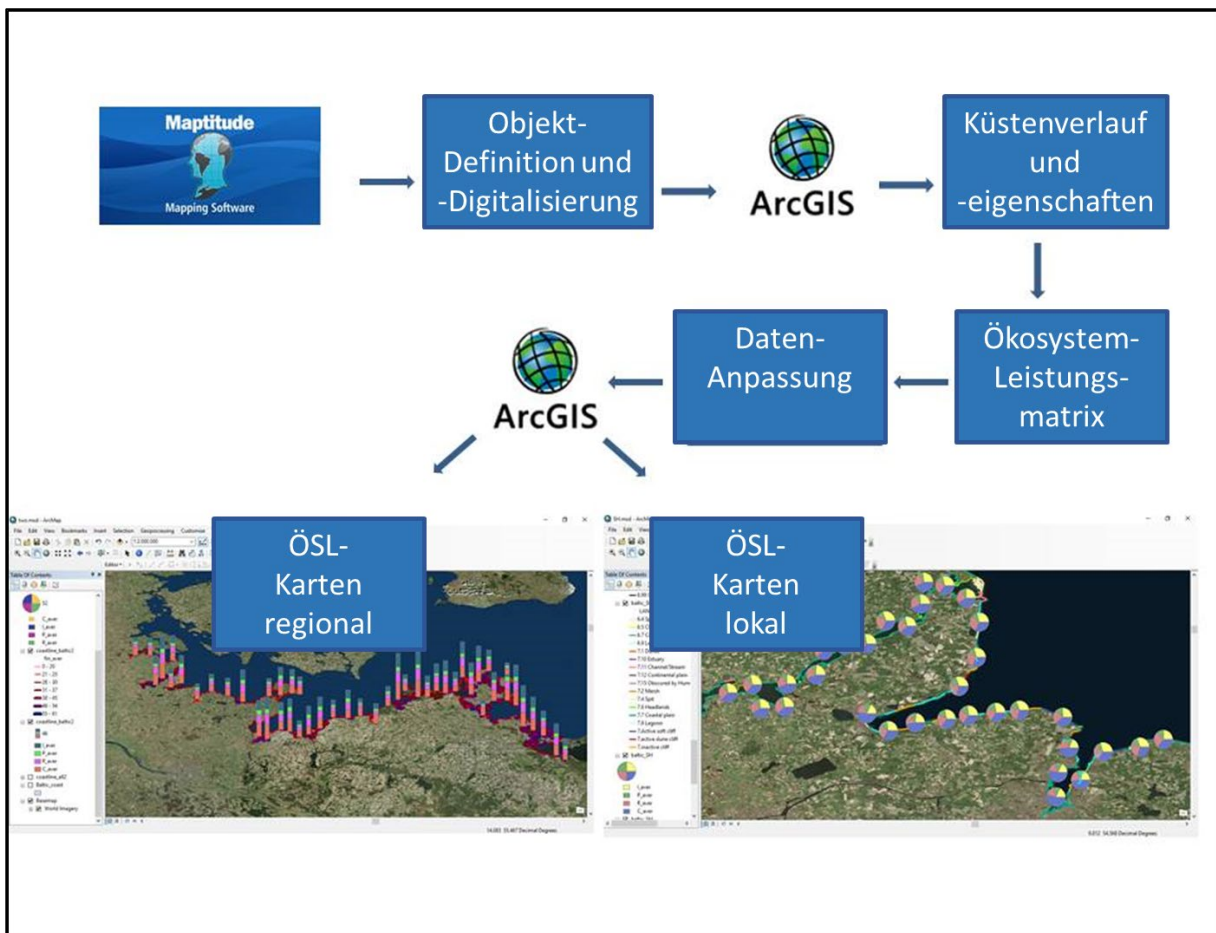


Abb. 2: Konzeptschema für die Berechnung und Darstellung der Ökosystemleistungen an der Küstenlinie. Die unteren Karten zeigen Beispiele für Ergebnisformate zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen auf verschiedenen Skalen. ÖSL = Ökosystemleistung

3 Ergebnisse

Die gesamte deutsche Ostseeküste wurde digital erfasst, segmentiert und kategorisiert (Abb. 3). Für jeden Küstenabschnitt liegen somit sämtliche Daten aus der o. a. Kategorienliste vor. Dadurch wurde ein Vergleich der Küstenstruktur zwischen einzelnen Küstenabschnitten bzw. zwischen Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern vorgenommen.

Die Ökosystemleistungen jedes Segments wurden graphisch in Karten übertragen (Abb. 4 & 5). Damit lässt sich schnell erkennen, welche Bereiche hohe und welche niedrige Ökosystemleistungen aufweisen.

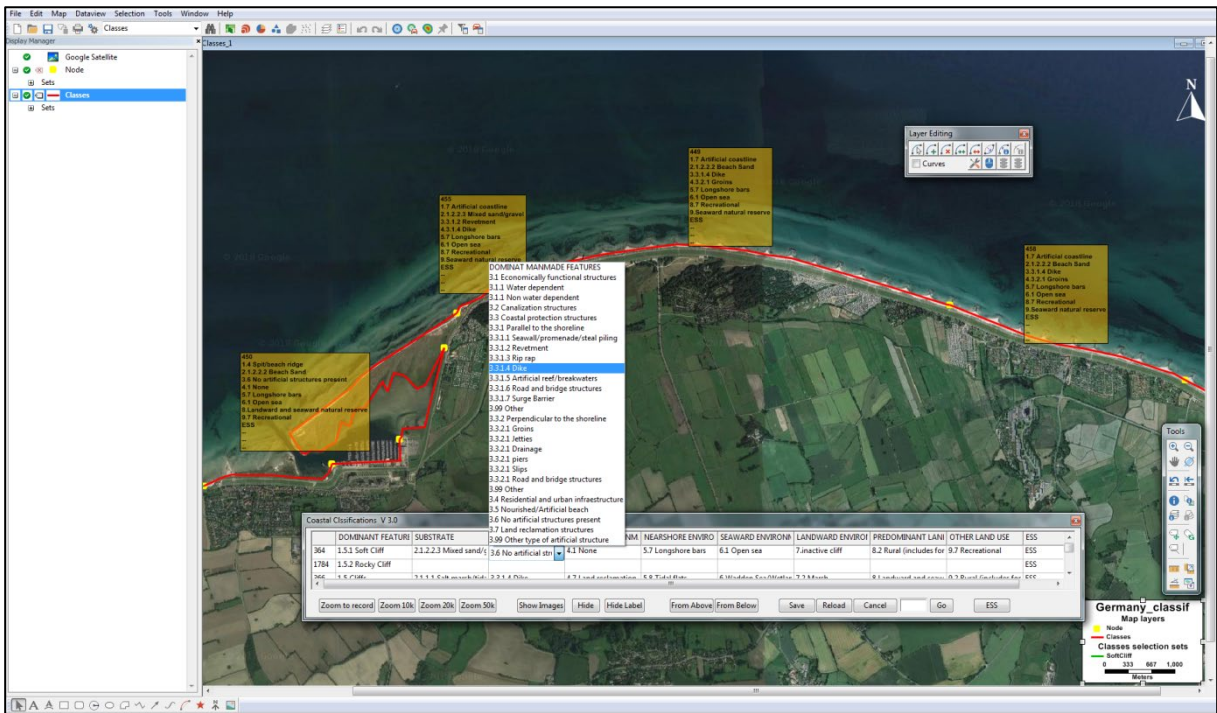


Abb. 3: Bildschirmausschnitt aus der Probstei (Region in Schleswig-Holstein) zur Kategorisierung von Segmenten in einem Arbeitsblatt der Maptitude-Software.

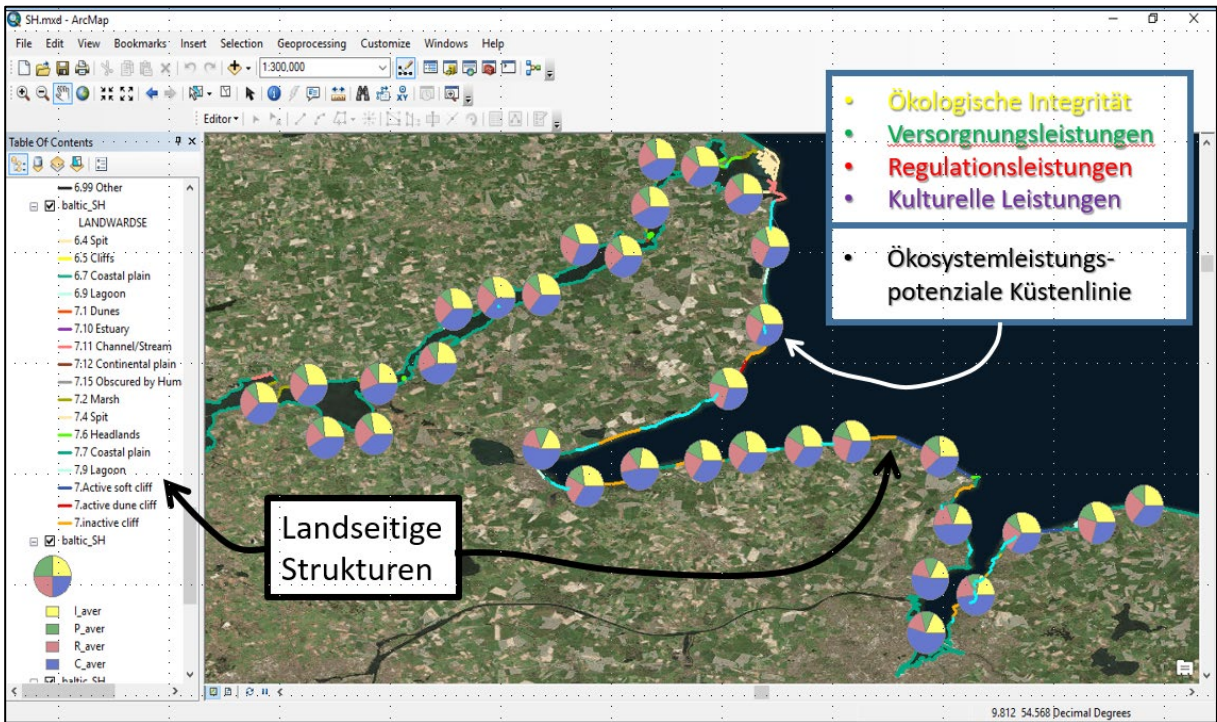


Abb. 4: Bildschirmausschnitt zum Vergleich von Küstenabschnitten. Die Linienfarbe der Küste steht hier für den dominierenden Landnutzungstyp und die Kreisdiagramme zeigen die relative Verteilung von Ökosystemleistungs-Potenzialen in den repräsentativen Sektoren auf (gelb: Integrität; grün: Versorgungsleistungen; rot: Regulationsleistungen; blau: kulturelle Leistungen).

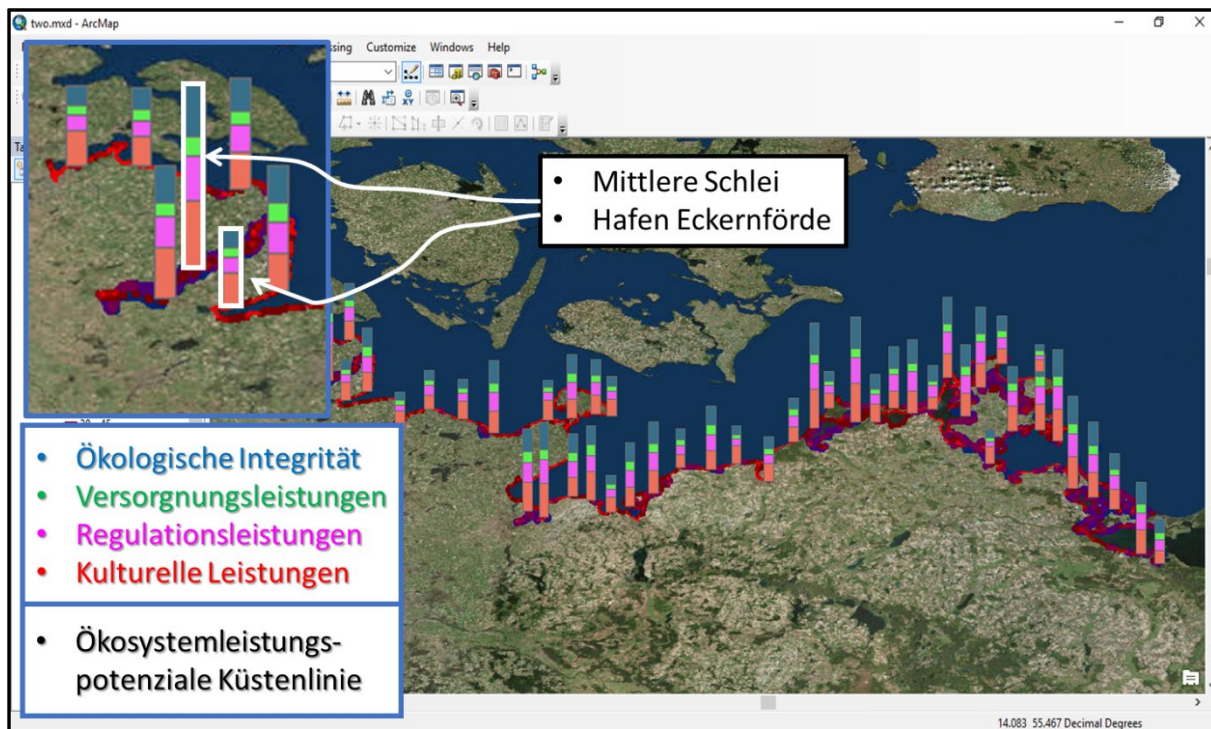


Abb. 5: Bildschirmausschnitt zur Abbildung des Potenzials für die Erbringung von Ökosystemleistungen für aggregierte Segmente der deutschen Ostseeküste; Die Höhe der Säulen ergibt sich aus der Summe von Integrität (blau), Versorgungsleistungen (grün), Regulationsleistungen (lila) und kulturellen Leistungen (rot) auf der Matrix-Skala zwischen 0 und 100. Links oben werden zwei unterschiedliche Küstenabschnitte vergleichend hervorgehoben.

4 Schlussfolgerung

Mit dem vorliegenden GIS-Werkzeug lässt sich das Gesamtpotenzial zur Erbringung aggregierter oder einzelner Ökosystemleistungen von unterschiedlich großen Küstenabschnitten im aktuellen Zustand abschätzen und indizieren. Damit kann auch eine moderne Bewertung des ökologischen Istzustandes vorgenommen werden. Diese Bewertungs-Materialien befinden sich derzeit in der Auswertung.

Ein weiterführender Ansatz besteht z. B. in einer fortschreitenden Integration der Resultate, z. B. mit Hilfe von Clusteranalysen. Dieses Konzept wird derzeit weiterverfolgt. Ebenso können die Ergebnisse eine Grundlage für zukünftige Managementstrategien sein und Basisinformationen für umweltpolitische Entscheidungsprozesse liefern. Unter den Annahmen von Klimaänderungsszenarien und Szenarien der agrarischen oder demographischen Entwicklung lassen sich z. B. für unterschiedliche Zeitabschnitte (z. B. Jahr 2050, 2075, 2100) veränderte Potenziale zur Erbringung von Ökosystemleistungen abschätzen, die wiederum die Anfälligkeit der Segmente gegenüber klimatischen und demographischen Veränderungen widerspiegeln. Damit können die Ideen des Ökosystemleistungskonzepts als Qualitätsmerkmale in das nachhaltige Landschafts- und Küstenmanagement einfließen.

Spinnen-Diagramm-Analyse: Beispiel Ökosystemleistungen der direkten Küstenlinien von Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern

Die Auswertung der Ökosystemleistungskarten kann auch für den Vergleich der Potenziale verschiedener Regionen, Zeitpunkte oder Szenarien genutzt werden. Eine mögliche Anwendung zeigt die Abbildung 6. Hier werden die indizierten, mittleren Potenziale der Küstenlinien der beiden Ostsee-Anrainer-Bundesländer dargestellt. Sie ähneln sich zum einen sehr, weil die Küstenlinie beispielsweise viele Versorgungsleistungen grundsätzlich nicht erbringen kann, weil die Strände nur beschränkte Regulationsleistungen hervorbringen und weil auch viele Kenngrößen der Integrität z. B. im Vergleich mit terrestrischen Systemen geringe Werte aufzeigen. Daneben zeigen sich aber auch Unterschiede zwischen den Ländern, etwa bezüglich einiger Integritäts-Parameter, der Nährstoffregulation oder auch hinsichtlich der kulturellen Dienstleistungen.

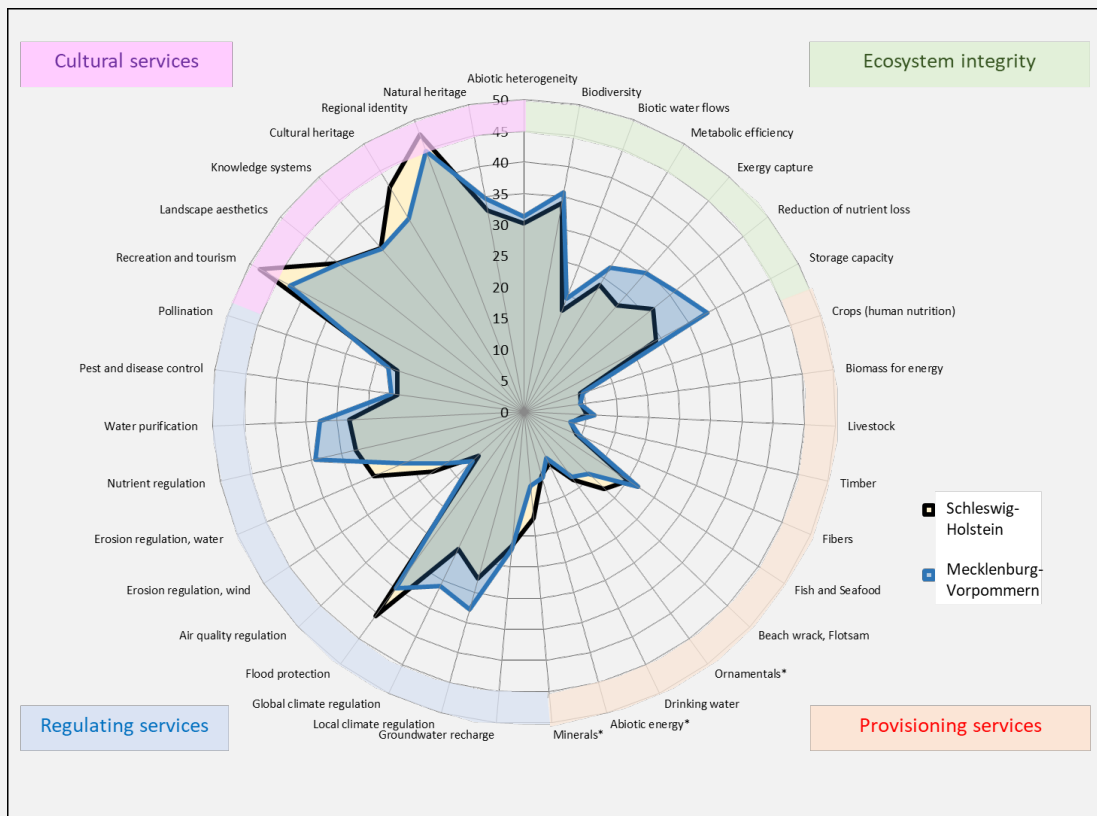


Abb. 6: Darstellung der gemittelten Ökosystemleistungs-Potenziale und Integritäts-Indikatoren der direkten Küstenlinien in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern (blau) und Schleswig-Holstein (gelb). Die Zahlen basieren auf der im voranstehenden Text erläuterten Ökosystemleistungsmatrix [3]. Die jeweiligen mittleren Wahrscheinlichkeiten zur potenziellen Bereitstellung der einzelnen Leistungen (ESPON-Punkte) aus dem Datenbereich 0 (kein Potenzial) bis 100 (sehr hohes Potenzial) wurden in diesem Fall anhand der Ausprägungen folgender Kategorien ermittelt: Küstenstruktur und primäre Bauwerke (1), Substrat (2), strandnahe Strukturen (5) und dominante Landnutzung (8).

Literatur

- [1] Ahrendt, K., Scalise, A., Sterr, H., Müller, F. & Rulijevic, I., 2019. A new multifunctional coastal classification for eco-system-service assessments. *Natural Resources Conservation and Research* (submitted 2018).
- [2] Appelquist, L. R. & Halsnaes, K., 2015. The Coastal Hazard Wheel system for coastal multi-hazard assessment & management in a changing climate. *Journal of Coastal Conservation* 19 (2): 157–179.
- [3] Bicking, S. & Müller, F., 2019. Die „Matrix“ - Ein Werkzeug zur Bewertung von Ökosystemleistungen. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 29: 37–45.
- [4] Böse, M., Ehlers, J. & Lehmkuhl, F., 2018. Deutschlands Norden vom Erdaltertum zur Gegenwart. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [5] 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.
- [6] Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F. & Windhorst, W., 2009. Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online* 15: 1–22.
- [7] Kelletat, D., 1989. *Physische Geographie der Meere und Küsten*. Vieweg+Teubner Verlag Wiesbaden.
- [8] Niedermeyer, R.-O., Lampe, R., Janke, W., Schwarzer, K., Duphorn, K., Kliewe, K. & Werner, F., 2011. *Die deutsche Ostseeküste*. Sammlung geologischer Führer Bd. 105, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung Stuttgart.
- [9] Snoeijs-Leijonmalm, P., Schubert, H. & Radziejewska, T. (Hrsg.), 2017. *Biological Oceanography of the Baltic Sea*. Springer Netherlands.