

Entwicklung eines Landschaftsbarometers zur Visualisierung von Ökosystemdienstleistungen

Michael HOLFELD, Christian STEIN, Matthias ROSENBERG,
Ralf-Uwe SYRBE und Ulrich WALZ

Zusammenfassung

Der Beitrag stellt eine neu entwickelte Methodik zur Aggregation der Bewertungen von Ökosystemdienstleistungen sowie deren Visualisierung vor. Hintergrund ist die bisher fehlende Vergleichbarkeit von produktiven, regulativen und kulturellen Ökosystemdienstleistungen verschiedener Szenarien in Abwägungsprozessen der Raum- und Umweltplanung. Neben der Vorstellung der einzelnen Prozessschritte werden erste Erkenntnisse aus der Anwendung für den Landkreis Görlitz (Sachsen, Deutschland) vermittelt. Die abschließende Diskussion behandelt Stärken und Schwächen der Methodik.

Keywords: Szenarien, Kommunikation, Regionalplanung, Umweltplanung, Görlitz

1 Hintergrund

Die Entwicklung von Szenarien spielt in der Umweltplanung vor allem zur Partizipation von Stakeholdern (Entscheidungsträger) eine zunehmende Rolle (ALCAMO 2008, HENRICHS et al. 2010). Für den Transfer der Ergebnisse und ihrer Bewertung zur Veränderung von Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) in einem breiten Kreis von Experten und Laien sind anschauliche Verfahren nötig. Neben einer textlichen Fassung anhand einer sog. „Storyline“ bieten sich auch grafische Darstellungen mittels Karten, Zeichnungen oder Diagrammen an (ZHdK 2012). Literaturstudien (HINN 2008, CHEN et al. 2008) und eigene Befragungen zu Visualisierungsmöglichkeiten haben die Grenzen bisheriger Darstellungsformen aufgezeigt, wenn insbesondere die Veränderung von ÖSD kommuniziert werden sollen.

Im Rahmen des am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden durchgeführten Projektes „Landschaft Sachsen 2050“, dessen Kernaufgabe in der Entwicklung einer Szenariomethode für Entscheidungsprozesse in der Planung besteht, wurde für diesen Zweck ein Landschaftsbarometer entwickelt. Mit dessen Hilfe soll die Qualität der ÖSD einer Landschaft in der Gesamtheit für verschiedene Landschaftsszenarien möglichst einfach, verständlich und vergleichbar grafisch dargestellt werden sowie gleichzeitig wissenschaftlich fundiert sein. Darin sind ÖSD aus den drei Sektoren der Nachhaltigkeit: ökonomische (Produktions- bzw. Versorgungs-), ökologische (Regulations-) sowie sozio-kulturelle Güter und Dienstleistungen einbezogen.

2 Methodik

Die Methodik soll die Bewertung und Visualisierung von ÖSD für einen Abwägungsprozess und den Vergleich unterschiedlicher Zustände der Landschaft ermöglichen. Dabei

kann es sich um Gegenwart, Vergangenheit, den zukünftigen Trend oder entwickelte Szenarien handeln. Im Fallbeispiel wurden Szenarien zu Grunde gelegt, die im Projekt „Landschaft Sachsen 2050“¹ entwickelt wurden. Prinzipiell ist aber die Anwendung der Methodik (Abbildung 1) auch anhand eines einzelnen Landschaftszustandes möglich. Die Bewertung der ÖSD mittels Indikatoren baut auf einem 3-Säulen-Modell (BASTIAN et al. in press) auf, nach dem zunächst die ökologische Ausstattung (Säule 1) analysiert, die Potenziale der Landschaft (Säule 2) ermittelt sowie letztendlich einzelne ÖSD (Säule 3) bewertet werden.

2.1 ÖSD-Auswahl, Indikatoren und Datengrundlagen

Grundlage der Landschaftsbewertung ist eine problembezogene Auswahl von ÖSD. Dabei sollten, sofern passende Bewertungsmethoden vorliegen, alle relevanten ÖSD einbezogen werden (z. B. DE GROOT 2006, MA 2003, COSTANZA et al. 1997), um einen umfassenden Gesamteindruck der Landschaft abzubilden. Für die festgelegten ÖSD sind im Folgenden Indikatoren zur Quantifizierung der Dienstleistungen zu erarbeiten, wobei auch mehrere Indikatoren gleichzeitig eine ÖSD charakterisieren können. Die Indikatoren lassen sich auf zwei Wegen ableiten. Entweder werden hierfür bereits bestehende Modelle und Berechnungsalgorithmen genutzt – wie beispielsweise die Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG) (SCHWERTMANN et al. 1990), InVEST (TALLIS et al. 2011), bekannte Landschaftsstrukturmaße wie der Shannon-Index (SHANNON 1948) – oder die Indikatoren werden direkt aus bereitgestellten Daten abgeleitet, z. B. aus Modellierungen wie ReKIS². Die Grundlage für die Indikatoren bilden Landnutzungs-, Klima- und statistische Daten sowie weitere Geodaten, wie etwa ein DGM (vgl. Abbildung 1). Im einfachsten Fall kann ein Indikator auf einer verallgemeinerten Wertzuweisung zur Landnutzung beruhen. Um die Indikatoren weiter verarbeiten zu können, werden alle Geodaten in ein Raster mit gleicher Zellengröße und Ausdehnung umgewandelt.

2.2 Quantifizierung von ÖSD

Vor der eigentlichen Quantifizierung der ÖSD werden die Indikatoren einer Einflussanalyse unterzogen, um eine Dopplung oder Überschätzung eines Merkmals – das von mehreren Indikatoren getragen wird – und damit eine Verzerrung in der Gesamtanalyse zu vermeiden. Dazu werden als erstes die Wirkrichtungen der Indikatoren untersucht und bei Bedarf durch Multiplikation mit -1 aufeinander angepasst. Größere Ergebniswerte des Indikators zeigen danach immer eine hohe Ökosystemdienstleistung an. Im Anschluss deckt eine multiple Korrelations- und Regressionsanalyse die numerischen Beziehungen zwischen Indikatoren auf, um Überschätzungen auszuschließen. Im Allgemeinen ist es empfehlenswert einen Indikator jeweils höchstens einmal in jedem Bereich zu verwenden. Alternativ kann anstelle einer multiplen Korrelations- und Regressionsanalyse eine Faktorenanalyse durchgeführt werden. Dafür bedarf es jedoch eines umfangreichen Indikatorensets, damit nach der Auswahl noch mindestens ein Indikator je ÖSD verbleibt.

Da in dem eingegrenzten Indikatorenset unterschiedliche Einheiten und Wertebereiche vorliegen, ist zwischen den einzelnen Indikatoren weder ein objektiv abwägender Vergleich noch eine Berechnung möglich. Daher ist eine Standardisierung in eine dimensionslose

¹ <http://www.ioer.de/index.php?id=812>

² <http://141.30.160.223:8082/fdm/index.jsp?k=rekis>

Bewertungseinheit notwendig. Anstelle der Extremwertnormierung wurde hierfür die modifizierte z-Transformation (THINH et al. 2010) gewählt.

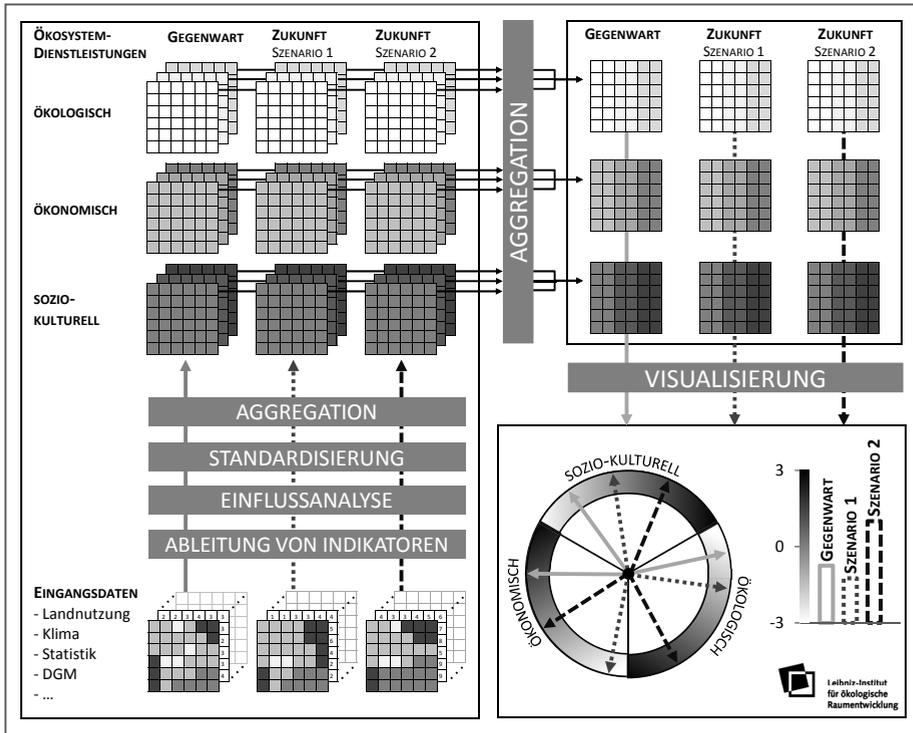


Abb. 1: Methodisches Vorgehen bei der Entwicklung des Landschaftsbarometers

Statt einen Raum nur zu einem bestimmten Zeitpunkt zu betrachten, wird über den gesamten Datenbereich aller Szenarien eines Indikators standardisiert. Dies erlaubt einen Vergleich innerhalb eines Raumes zu einem Zeitschnitt und ebenso zwischen verschiedenen Szenarien. Der Vorgang erfolgt wie bei einer z-Transformation über eine Standardnormalverteilung, deren Mittelwert null und deren Varianz eins ist (vgl. Formel 1).

Formel 1: z-Transformation über alle Szenarien eines Indikators

$z = \frac{X - \bar{x}}{SD}$	<p><i>z</i> = z – Wert der Rasterzelle <i>X</i> = Rasterzellenwert <i>̄x</i> = Mittelwert aller Rasterzellen <i>SD</i> = Standardabweichung aller Rasterzellen</p>
------------------------------	---

In einem weiteren Schritt wird die nach oben und unten offene Skala der z-Werte in Anlehnung an die Normalverteilung auf ein Intervall von -3 bis 3 begrenzt, d. h. alle Werte außerhalb des Intervalls auf -3 bzw. +3 gesetzt. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht in der Weiterverarbeitung standardisierter Indikatoren, die bei einer Aggregation nur eine geringe

Gewichtung in Abhängigkeit des Wertespektrums eines Indikators aufweisen. Liegt eine Normalverteilung der Ausgangsdaten eines Indikators vor, die gleichzeitig eine wesentliche Voraussetzung für eine z-Transformation darstellt, ist sogar keine Beeinträchtigung festzustellen. Ausreißer haben gegenüber der Extremwertnormierung keinen Einfluss auf die Gesamtbewertung, sondern würden nur zu einer ungenauen Aussage für eine einzelne Zelle (mit dem Extremwert) führen, welche jedoch ausgeblendet werden kann.

Abschließend gehen die standardisierten Indikatoren in die Quantifizierung der einzelnen ÖSD ein. Für ÖSD, die durch mehr als einen Indikator abgebildet werden, erfolgt eine gleichgewichtete Aggregation der Indikatoren durch Mittelwertbildung aller Zellenwerte dieser Indikatoren. Somit lassen sich die ÖSD für unterschiedliche Sektoren (Ökologie, Ökonomie, Soziales) zu einem Zeitpunkt oder auch zwischen mehreren Zeitpunkten vergleichen.

Die Gesamtbetrachtung der ÖSD einer Landschaft erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden die ÖSD der drei Sektoren eines jeden Szenarios aggregiert. Anschließend werden die Sektoren eines jeden Szenarios mit gleicher Gewichtung zu einer Gesamtbewertung zusammengefasst, um den drei Sektoren der Nachhaltigkeit eine gleiche Bedeutung einzuräumen.

2.3 Visualisierung

Die Ergebnisse aus der integrierten ÖSD-Bewertung können zunächst einzeln, aber ebenso in aggregierter Form in Karten abgebildet oder mit dem in der Abbildung 1 dargestellten Tool als „Landschaftsbarometer“ veranschaulicht werden. Dazu werden bezüglich aller Sektoren die aggregierten ÖSD-Werte der Rasterzellen zu einem Mittelwert für den gewählten Untersuchungsraum zusammengefasst und als Tacho-ähnliche Darstellung bzw. als Balkendiagramm visualisiert. Die Form des runden Anzeigeinstrumentes („Tacho“) wurde gewählt, da sie die Bewertung der Zustände unterschiedlicher Szenarien umfassend und dennoch leicht erfassbar wiedergibt. Der Anwender kann anhand der dargestellten Farbgebung sofort die inhaltliche Aussage ablesen und mit den Werten der anderen Sektoren vergleichen. Damit lassen sich sehr anschaulich sowohl Stärken als auch Schwächen der Szenarien aufzeigen. Anstelle des Vergleiches eines gesamten Untersuchungsgebietes ist es auch möglich Vergleiche zwischen Zeitschnitten eines Teilraumes oder verschiedener Flächen für einen Zeitpunkt durchzuführen. Diese Teilräume können administrative oder naturräumliche Abgrenzungen aufweisen.

3 Anwendungsbeispiel

Die Methode wurde im Landkreis Görlitz getestet, der im deutschen Dreiländereck zur Republik Polen und zur Tschechischen Republik liegt und eine Fläche von ca. 2.106 km² umfasst. Der Landkreis ist durch eine große Vielfalt an Naturräumen charakterisiert, die vom Tiefland bis zum Mittelgebirge reichen. Großflächige Braunkohlentagebaue und deren Rekultivierungsmaßnahmen, Windkraftanlagen sowie der Anbau nachwachsender Rohstoffe prägen das Landschaftsbild. Darüber hinaus unterliegt die Region einem starken demografischen und wirtschaftlichen Wandel.

Für das Landschaftsbarometer wurde ein begrenzter Satz an ÖSD und passenden Indikatoren ausgewählt: Der ökonomische Sektor ist durch den Wert der Holzproduktion nach dem Modell InVEST (TALLIS et al. 2011) vertreten. Die ökologischen Dienstleistungen werden durch Kohlenstoffbindung, Biodiversität (beide InVEST) und Erosionsschutz (nach SCHWERTMANN et al. 1990) quantifiziert. Der soziale Sektor wird durch die Ästhetik (InVEST) repräsentiert. Informationen zur Landnutzung liegen in Form der Biotop- und Landnutzungskartierung Sachsens von 1992 und 2005 vor. Darüber hinaus erfolgte die Modellierung künftiger Landnutzungen als Trend-Szenario jeweils für 2030 und 2050.

Die Ergebnisse hängen vor allem von der Landnutzung ab. Durch weitere Zusatzdaten wie störende Objekte, Bodentypen und Bewirtschaftungsformen wurden sie weiter differenziert. Ästhetik und Erosionsgefährdung werden dagegen hauptsächlich vom Relief beeinflusst, wobei die Ästhetik ebenso von der Auswahl der Beeinträchtigungen abhängt.

4 Diskussion und Methodenkritik

Entscheidend für ein möglichst realistisches Abbild der Wohlfahrtswirkung einer Landschaft ist bereits die Auswahl der zu betrachtenden ÖSD. Bei unterschiedlicher Anzahl an ÖSD in jedem Sektor erhalten diese in der Gesamtbetrachtung eine unterschiedliche Gewichtung. Deshalb ist es empfehlenswert, alle ÖSD gemeinsam zu einem Gesamtindex zusammenzuführen. In der vorgestellten Methodik werden die ÖSD nur anhand von Indikatoren verglichen, nicht jedoch nach ihrem monetären Wert. Das Ziel einer Monetarisierung spielt jedoch trotz Kritik eine immer stärkere Rolle (HERMANN et al. 2011). Der dargestellte Ansatz könnte erweitert werden, indem die ÖSD bei der Aggregation eine Gewichtung erhalten. Dafür könnte die gesellschaftliche Nachfrage nach der ÖSD bzw. ihr ökonomischer Wert verwendet werden.

Zwangsläufig problematisch bleibt die Mittelwertbildung bei der Aggregation mehrerer Indikatoren. Bei gleichzeitiger Verbesserung und Verschlechterung zweier ÖSD innerhalb eines Sektors kann dies dazu führen, dass das Landschaftsbarometer selbst dann keine Veränderung aufzeigt, wenn die Veränderungen gravierend sind.

Am Fallbeispiel zeigte sich, dass der Ansatz eine geeignete Möglichkeit ist, Folgen landschaftlicher Entwicklungen im Hinblick auf die Wohlfahrtswirkungen besser abzuschätzen und zu kommunizieren.

5 Fazit und Ausblick

Das vorgestellte Landschaftsbarometer erlaubt es, einzelne oder aggregierte ÖSD auf Grundlage von standardisierten Indikatoren für verschiedene Landschaftszustände zu visualisieren. Auf einer mit Ampelfarben unterlegten Skala von grün bis rot können die Entwicklungstendenzen intuitiv abgelesen werden. Die Möglichkeit eines Vergleiches zum gegenwärtigen Zustand sowie zwischen einzelnen Szenarien hilft im Abwägungsprozess die zukünftigen Wohlfahrtswirkungen zu beurteilen. Hierzu können bewährte ÖSD-Bewertungsmethoden eingebunden werden. Aus den verschiedenen grafischen Darstellungsformen, die entwickelt und getestet wurden, hat sich der Tacho als geeignetes Instrument erwiesen. In einer geplanten Expertenversion soll das Landschaftsbarometer auch Infor-

mationen zu einzelnen ÖSD bereitstellen können. Darüber hinaus ist geplant, die Methodik in ein ArcGIS-Instrument zu integrieren.

Danksagung

Diese Arbeit ist im Rahmen des Projektes „Landschaft Sachsen 2050“ entstanden. Wir danken dem Freistaat Sachsen für die Förderung.

Literatur

- ALCAMO, J. (2008), Environmental Futures: The practice of environmental scenario analysis. In: Jakeman, A. J. (Ed.), *Developments in integrated environmental assessment – Volume 2*. Amsterdam/Oxford.
- BASTIAN, O., HAASE, D. & GRUNEWALD, K. (2012), Ecosystem properties, potentials and services – The EPPS conceptual framework and an urban application example. In: *Ecological Indicators*, 21, 7-16.
- CHEN, C.-H., HÄRDLE, W. & UNWIN, A., (2008), *HANDBOOK OF DATA VISUALIZATION*. BERLIN/HEIDELBERG.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R. S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. & VAN DEN BELT, M. (1997), The value of world's ecosystem services and natural capital. In: *Nature*, 387, 253-260.
- DE GROOT, R. S. (2006), Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. In: *Landscape and Urban Planning*, 75, 175-186.
- HENRICHS, T. et al. (2010), Scenario development and analysis for forward-looking ecosystem assessments. In: Ash, N. et al. (Hrsg.), *Millennium ecosystems and human well-being – A manual for assessment practitioners*. Washington, D.C.
- HERMANN, A., SCHLEIFER, S. & WRBKA, T. (2011), The concept of ecosystem services regarding landscape research – A review. In: *LRLR*, 5: 1.
- HINN, S. (2008), Visualisierung eines multidimensionalen Indikatorensystems, Konzeptentwürfe und ihre Evaluierung am Beispiel des Demokratiebarometers, Geographisches Institut der Universität Zürich. www.geo.uzh.ch/fileadmin/files/content/abteilungen/giva/Research/MSc-pdf/MSc-Arbeit_S_Hinn.pdf (30.01.2012).
- MA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT) (2003), *Ecosystems and Human Well-being. Millennium Ecosystem Assessment (MA)*. Washington, D.C.
- SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990), *Bodenabtrag durch Wasser – Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen*. 2. Aufl. Stuttgart.
- SHANNON, C. E. (1948), A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423 + 623-656.
- TALLIS, H., RICKETTS, T. & GUERRY, A. (2011), *InVEST 2.1 Beta User's Guide – Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*.
- ZHDK (ZÜRCHER HOCHSCHULE DER KÜNSTE) (2012), *Landscape-visualization, Interviews*. <http://blog.zhdk.ch/landscape/interviews> (30.01.2012).