



STADT
LAND
PLUS+

MULTIKRITERIELLE BEWERTUNG VON ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN UND ANSÄTZE ZUR MONETÄREN BEWERTUNG

Jens Tränckner, Jannik Schilling,
Dietmar Mehl, Tim Hoffmann

GEFÖRDERT VOM



BEGRÜNDUNG UND GRUNDSÄTZLICHES KONZEPT VON ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

In Deutschland schreitet der Flächenverbrauch vor allem an den Rändern der Ballungsräume enorm voran. So hat sich die deutschlandweite Fläche für Siedlung und Verkehr zwischen 1992 und 2020 von 40.305 km² auf 51.692 km² und damit um ca. 28% in knapp drei Jahrzehnten vergrößert (UBA 2022). Dieser Zugewinn erfolgt v. a. zulasten der land- und forstwirtschaftlichen Flächen, aber auch bisher weitgehend ungestörte Naturräume geraten unter Nutzungsdruck. Eine Minderung des Flächenverbrauchs ist für funktionierende Stadt-Land-Partnerschaften deshalb eine wichtige Aufgabe von Raumordnung und Bauleitplanung.

Beim sparsamen Umgang mit der Ressource Fläche gilt es, optimale Flächennutzungen mit nachhaltigem Nutzen für die Gesellschaft zu erhalten bzw. zu etablieren. Dies erfordert eine angemessene Gewichtung von Klimaschutz und -anpassung, Boden-, Gewässer- und Naturschutz sowie fallbezogen weiterer relevanter Schutzerfordernisse. Trotz dieser allgemein anerkannten Grundsätze wird „Fläche“ überwiegend im Sinne von Grund und Boden und dessen aktueller und künftig möglicher wirtschaftlicher Nutzung betrachtet. Ihr Marktpreis ist daher stets auf diese Nutzung ausgerichtet und bestimmt sich über Angebot und Nachfrage. Eine ökonomische Bewertung der Fläche über den Marktpreis bildet aber ihren eigentlichen Wert für das Gemeinwohl nur unvollständig ab. Diese Lücke lässt sich mit Hilfe des Ökosystemleistungsansatzes als ergänzendes oder sogar alternatives Bewertungskonzept schließen. Hinter dem Begriff der Ökosystemleistungen (ÖSL) steht ein anthropozentrischer Bewertungsansatz von Ökosystemen und ihrer Funktionen für Mensch und Gesellschaft. ÖSL bezeichnen damit Leistungen, die dem Menschen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen bringen (Hansjürgens 2012). International existiert eine hohe Zahl von Systematiken zur Klassifikation und Bewertung von ÖSL. Der im Rahmen der MAES-Initiative entwickelte Leitfaden (MAES, 2021) unterteilt ÖSL in folgende Kategorien:

- + **Bereitstellende** Leistungen, z.B. die Produktion von Energieträgern, Bauholz, Nahrungsmitteln, Bereitstellung von Trinkwasser etc.
- + **Regulierende** Leistungen, z.B. die Aufnahme von Treibhausgasen, Abflussregulation in Gewässern, Verdunstungskühlung, Erosionsminderung
- + **Kulturelle** Leistungen, z.B. Natur als Erholungs-, Kultur- oder Lernort, Landschaftsästhetik, gesundheitlicher Nutzen, touristischer Wert von Naturräumen

Darüber hinaus werden **abiotische** Leistungen v.a. im Sinne regenerativer Energie (Sonne, Wind, geothermische Energie usw.) zum Teil als separate Kategorie geführt.

Bei konsequenter Fortführung der anthropozentrischen Bewertung können ÖSL auch in vielen Fällen monetarisiert werden (Geldeinheiten) und so ein drohender Verlust für die Gesellschaft ggf.

besser sichtbar gemacht werden als mit einer fachlichen Kennzahl (Hansjürgens 2012, Heiland et al. 2016). Ein ökonomischer Wert spiegelt letztlich immer die Nachfrage nach der zu bewertenden ÖSL wider (z. B. realer Konsum, wirtschaftlich messbare Leistung bzw. notwendige Ersatzleistung bei Wegfall der ÖSL). Mangels geeigneter Bewertungsmaßstäbe ist eine weitgehend anerkannte Monetarisierung bisher nur für eine begrenzte Anzahl von ÖSL möglich. Besonders herausfordernd ist die Monetarisierung kultureller ÖSL, für welche i.d.R. keine direkt vergleichbaren Güter oder Dienstleistungen auf kommerziellen Märkten existieren. Hier werden Präferenzanalysen genutzt, basierend auf einer in Abfragen geäußerten bzw. durch Marktpreise bereits gezeigten Zahlungsbereitschaft (Hansjürgens 2012).

OPERATIONALISIERUNG FÜR DIE FLÄCHENNUTZUNGSPLANUNG NACH BAUGB

Die Anwendung des ÖSL-Ansatzes in der Flächennutzungsplanung (F-Planung) setzt eine entsprechende Operationalisierung voraus, also einen Algorithmus, der die Wirkungskaskade von natürlichen Strukturen und Prozessen, den damit verbundenen Ökosystemfunktionen und die Ableitung der ÖSL für den Menschen (de Groot et al. 2010) reproduzierbar beschreibt. Vorteilhaft ist eine Einteilung des Untersuchungsraums in räumliche Einheiten (z.B. quasi-homogene Einheiten oder Rasterzellen), denen bewertungsrelevante Daten zugeordnet werden können.

Die erfassten bzw. geschätzten ÖSL mit ihren physikalischen Einheiten (z.B. Tonnen CO₂-Sequestrierung/(ha*a)) können anschließend qualitativ in Form von ordinalen Klassen kategorisiert werden. Diese Darstellungsform in Qualitätsstufen erleichtert die Kommunikation mit Entscheidungsträgern und der interessierten Öffentlichkeit. Vorteilhaft für eine hohe Akzeptanz ist bei der F-Planung eine weitgehend selbsterklärende Visualisierung der Ergebnisse in thematischen Karten, idealerweise in Kombination mit interaktiv nutzbaren Schnittstellen. Es bietet sich deshalb an, den gesamten Prozess von der Datenerfassung bis zur Visualisierung der Ergebnisse in einem Geoinformationssystem (GIS) algorithmisch zu entwickeln.

BEWERTUNG UND MONETARISIERUNG VON ÖSL IM PROJEKT PROSPER-RO

Ziel des Projektes PROSPER-RO war die Entwicklung eines GIS-basierten Entscheidungsunterstützungssystems (GIS-EUS) für eine Stärkung der akteurs- und regionsübergreifenden Zusammenarbeit in den Themenbereichen Flächennutzungsplanung, Wasser- und Abfallwirtschaft im Stadt-Umland-Raum der Regiopole Rostock. Wie in vielen anderen Regionen erzeugt die zunehmende bauliche Verdichtung und Erschließung neuer Flächen einen hohen Nutzungsdruck auf unbebaute

Flächen. Um konkurrierende Nutzungsansprüche an Flächen bestmöglich abzuwägen und auszugleichen, soll deren multifunktionaler Wert in PROSPER-RO mit dem Ökosystemleistungsansatz erfasst werden. Dafür wurde nachfolgend beschriebenes Vorgehen gewählt.

FESTLEGUNG EINES GEEIGNETEN UNTERSUCHUNGSMABSTABS BZW. EINER RÄUMLICHEN AUFLÖSUNG

Zur Landschaftsanalyse im Hinblick auf den Ausgangszustand und dessen Veränderung (Plan-Zustand) wird auf einen rasterbasierten Ansatz gesetzt: 10 m x 10 m. Dies entspricht bei einer analogen kartographischen Genauigkeit einem Kartenmaßstab von 1:10.000 und damit der üblichen Planungsgenauigkeit von F-Plänen. Werden inhomogene Einheiten erfasst, erhält die Rasterzelle vereinfachend den Eigenschaftswert nach dem höchsten Flächenteil.

AUSWAHL ZIELFÜHRENDER ÖSL, INDIKATOREN UND METHODEN

Für eine Auswahl der ÖSL als Grundlage eines regionalen GIS-EUS waren vor allem folgende Voraussetzungen maßgeblich:

- + Weitgehende Kohärenz zu gebräuchlichen Systematiken von ÖSL in Wissenschaft und Praxis
- + ungefähre Ausgewogenheit zwischen den drei ÖSL-Hauptgruppen
- + Eignung der ÖSL für die noch grobe und detailräumlich unbestimmte Maßstabsebene der Flächennutzungsplanung

Die Ermittlung der ÖSL benötigt geeignete Indikatoren, also Eigenschaften, welche die ÖSL hinreichend genau charakterisieren. Deren Auswahl orientierte sich an folgenden Kriterien:

- + Hohe Repräsentativität und ausreichende Sensitivität für die ausgewählten ÖSL
- + Möglichkeit einer räumlichen und nutzungsabhängigen Differenzierung der ÖSL
- + Vorhandensein geeigneter Fach-/Geodaten für die Bestimmung der Indikatoren (ggf. Ableitung datenabhängig geeigneter Methoden zur Indikatorenbestimmung)
- + Möglichkeit einer indikatorbezogenen Monetarisierung

Nach diesen Kriterien wurden bisher 15 ÖSL, einschließlich der zu nutzenden Bewertungsmethoden ausgewählt bzw. entwickelt (Tabelle 1). Ein Beispiel für die systematische Abfolge ÖSL – Indikator(en) - Analyse-/Klassifizierungsmethode, Modellkonzept und Datengrundlagen zeigt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Eine umfangreichere Darstellung ist Mehl et al. (2022) zu entnehmen. Weitere Indikatoren und Methoden zur Erfassung von ÖSL mit Fokus auf Großstädte enthält Albert et al. (2022).

Tabelle 1: Ausgewählte Ökosystemleistungen zur Bewertung von Flächennutzungsänderungen im Stadt-Umland-Raum Rostock, aus: Mehl & Mehl (2022)

Subgruppe	Ökosystemleistung
Hauptgruppe 1: Versorgende Ökosystemleistungen	
Nahrungsmittel	Bereitstellung von Kulturpflanzen
	Bereitstellung von Trinkwasser (Grundwasser)
Rohstoffe, Bioenergie	Bereitstellung von Brauchwasser
	Pflanzliche Rohstoffe für Verarbeitung, Pflanzliche Energierohstoffe aus Landwirtschaft, Kurzumtriebsplantagen, Holzwirtschaft
Hauptgruppe 2: Regulative Ökosystemleistungen	
Extremabfluss	Hochwasserregulation
	Niedrigwasserregulation
Retention: Sedimente, Böden sowie deren Nährstoffrückhalt	Nähr- und Schadstoffregulation
	Wasserrückhaltevermögen
	Bodenrückhalt
	Retention von organischem C
	Retention von N (Denitrifizierung)

	Rückhalt von Treibhausgasen
	Kühlwirkung
	Habitatbereitstellung
Hauptgruppe 3: Kulturelle Ökosystemleistungen	
Landschaftserleben	Landschaftsästhetik

Tabelle 2: Beispiel für eine ausgewählte Ökosystemleistung, einen geeigneten Indikator und entsprechende Methoden und Datengrundlagen, verändert nach Mehl et al. (2022)

Subgruppe	Ökosystemleistung	Indikator(en)	Analyse-/Klassifizierungsmethode(n), Modellkonzept(e)	Datengrundlagen
Nahrungsmittel	Bereitstellung von Kulturpflanzen	Bodenfruchtbarkeit auf Acker- und Grünlandstandorten	Ertragspotenzial mittels Soil Quality Rating (SQR) (Müller et al., 2007; DWA-M 920-4)	Konzeptbodenkarte 1:25.000 des LUNG M-V, digitales Geländemodell DGM 10 des LAiV M-V, Ergebnisdaten des SQR von Koschel & Lennartz (2020)

QUALITATIVE UND ÖKONOMISCHE BEWERTUNG DER ÖSL

Im Ergebnis der ersten beiden Bearbeitungsschritte liegen ÖSL als flächennormierte Werte (Leistung je Fläche) vor. Für eine qualitative, ordinalskalierte Bewertung der ÖSL im Hinblick auf die F-Planung wurden die Werte linear in sechs Klassen skaliert (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die maximal erreichbare ÖSL ist dabei ein theoretisch berechneter Wert

unter der Annahme einer bestmöglichen Ausprägung der ÖSL im Untersuchungsgebiet (Hart-
sch und Sander, 1991).

Tabelle 3: Beispiel für eine ausgewählte Ökosystemleistung, einen geeigneten Indikator und entsprechende Methoden und Datengrundlagen, verändert nach Mehl et al. (2022)

Klasse	Ökosystemleistung	Wertebereich der relativen Ökosystemleistung (0...100 %)
5	Sehr hoch	> 80 %
4	Hoch	> 60 % bis ≤ 80 %
3	Mäßig	> 40 % bis ≤ 60 %
2	Gering	> 20 % bis ≤ 40 %
1	Sehr gering	> 5 % bis ≤ 20 %
0	Äußerst gering/fehlend	≤ 5 %

Die ökonomische Bewertung wurde, wie oben erläutert, sowohl mittels preis- bzw. kostenbasierter Methoden als auch durch Präferenzanalysen abgeleitet (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). In vielen Fällen war jedoch der ökonomische Wert des technischen Substituts nicht zu ermitteln und/oder die Wirkungszusammenhänge zwischen quantitativ erfassten Effekten und monetärem Nutzen schwer zu fassen.

Tabelle 4: Ökonomische Bewertungsmethoden für ausgewählte Ökosystemleistungen

Hauptgruppe	Subgruppe bzw. Klasse	Ökosystemleistung	Ökonomischer Bewertungsansatz
Versorgende Leistungen	Nahrungsmittel	Kulturpflanzen	Marktpreismethode
		Pflanzliche Biomasse für den Einsatz in der Landwirtschaft	Marktpreismethode
	Rohstoffe	Pflanzliche Rohstoffe für die Verarbeitung aus der Holzwirtschaft	Marktpreismethode
	Trinkwasser	Grundwasserneubildung für die Trinkwassergewinnung	Marktpreismethode
Regulative Leistungen	Extremabfluss	Hochwasserregulation	Ersatzkostenansatz
	Sedimente, Böden sowie deren Nährstoffrückhalt	Bodenrückhalt	Marktpreismethode
		Retention von Stickstoff (Denitrifikation)	Vermeidungskostenansatz
	Globales Klima	Rückhalt von Treibhausgasen/Kohlenstoffsequestrierung	Schadenskostenansatz
Kulturelle Leistungen	Landschaftserleben	Landschaftsästhetik	Präferenzanalyse („Discrete Choice Experiment“)
	Erholung und Tourismus	Walderholung	Sekundäranalyse

Für alle ökonomischen Bewertungen gilt das Marginalitätsprinzip: Veränderungen von Kosten und Nutzen sind immer eine Folge von Handlungsoptionen bzw. Umweltveränderungen. Es wird also an Stelle des absoluten Werts einer ÖSL dessen Änderung bei verschiedenen Flächennutzungsszenarien betrachtet.

GIS-TECHNISCHE UMSETZUNG UND ANWENDUNG ZUR ANALYSE VON PLANUNGALTERNATIVEN DER FLÄCHENNUTZUNG

Die Datenhaltung und der ÖSL-Bewertungsalgorithmus, einschließlich anschaulicher Visualisierungen wurde im Projekt PROSPER-RO als Web-basiertes Expertenunterstützungssystem (GIS-EUS) für eine barrierefreie Nutzung durch Praxispartner entwickelt (Hoffmann et al., 2022). Bei entsprechender GIS-Expertise können die Bewertungsalgorithmen auch in der Fachplanungsebene umgesetzt werden. Für den Vergleich zwischen Ist-Zustand und Plan-Varianten werden im GIS-EUS mit den entwickelten Methoden die Veränderungen der ÖSL entsprechend der bestehenden Flächennutzungskategorien der F-Pläne ausgewertet.

Das ÖSL-Bewertungskonzept wird aktuell für die Analyse von Planungsalternativen der Flächennutzung in Beispielräumen eingesetzt – wenn auch nur als fakultativ zu nutzende Zusatzinformation. Um das Konzept konsequent in die Flächennutzungsplanung der verantwortlichen Fachbehörden zu integrieren, bedarf einer konkreten rechtlichen Verankerung im Baurecht, z. B. im Baugesetzbuch.

FAZIT

Das Konzept der ÖSL ist ein geeignetes Werkzeug, um – über eine Marktpreis-orientierte Bewertung von Grund und Boden hinaus – den „wahren“ und multifunktionellen Wert von Flächen abzubilden. Dies erscheint angesichts des dramatischen Flächenverbrauchs für Straßen- und Wohnbau sowie Gewerbe dringend geboten. In PROSPER-RO konnte gezeigt werden, dass sich das Konzept operationalisieren und mittels Geoinformationssystemen umsetzen und visualisieren lässt. Die ökonomische Bewertung von ÖSL bleibt jedoch herausfordernd.

Für eine breite Akzeptanz und Anwendung der ÖSL in der Bauleitplanung bedarf es einerseits veränderter rechtlicher Rahmenbedingungen, welche allgemein geforderte Nachhaltigkeitsaspekte an konkrete Bewertungskriterien knüpfen. Zum Teil liegen die Gründe für die zurückhaltende Nutzung der ÖSL aber auch in der methodischen Umsetzung des Konzeptes für einzelne Schutzgüter und damit verbundene Unsicherheiten einer Bewertung. Da die ÖSL-Bewertung jedoch relative Änderungen gegenüber einem IST-Zustand anzeigt, ist auch eine relative Genauigkeit ausreichend. Als unterstützendes Werkzeug für eine ökologisch orientierte Entscheidungsfindung besitzen ÖSL großes Potential. Insofern kann das neue Instrument schon heute in informellen Planungs- und Entscheidungsprozessen, wie Gewerbeflächen-Entwicklungskonzepten oder Siedlungs- und Wohnungsbaukonzepten genutzt werden. (vgl. SLP [Projekte NEILA](#), [StadtLand-Navi](#), [Interko2](#))

LITERATUR

Albert, Christian / Henke, Reinhard / Iwanowski, Janette / Kosan, Antje / Mehl, Dietmar / Romelli, Claudia (2022): Indikatoren und Methoden zur Erfassung und Bewertung von Ökosystemleistungen in metropolitanen Räumen, in: Raumforschung und Raumordnung 75/0, Seite 1-18.

Hansjürgens, Bernd (2012): Werte der Natur und ökonomische Bewertung – eine Einführung, in: BfN-Skripten Bd. 318. Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis: Workshop I: Einführung und Grundlagen (2. Aufl.), Seite 8–22

Hartsch, I. / Sandner, E. (1991): Analyse und Bewertung des Rekreationspotentials, in: Haase, Günter (Hrsg.): Naturraumerkundung und Landnutzung: Geochorologische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen. Akademie-Verlag, Seite 302–309.

Heiland, Stefan / Kahl, Rorbert / Sander, Henriette / Schliep, Rainer (2016): Ökosystemleistungen in der kommunalen Landschaftsplanung: Möglichkeiten der Integration, in: Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL), 48(10), Seite 313–320.

Hoffmann, Tim / Mehl, Dietmar / Schilling, Jannik / Chen, Siling / Tränckner, Jens / Hinz, Matthias / Bill, Ralf (2021): GIS-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem für die prospektive synergistische Planung von Entwicklungsoptionen in Regiopolen am Beispiel des Stadt-Umland-Raums Rostock, in: gis.Science 3/2021, Seite: 69-85.

de Groot, Rudolf / Alkemade, Rob / Braat, Leon / Hein, Lars / Willemen, Louise (2010): Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making, in: Ecological Complexity 7, Seite 260-272.

MAES (2021): Assessing ecosystems and their services in LIFE projects - A guide for beneficiaries. Online verfügbar unter: https://cinea.ec.europa.eu/system/files/2021-03/life_ecosystem_services_guidance.pdf (zuletzt geprüft 01.11.2021).

Mehl, Dietmar / Hoffmann, Tim / Chen, Siling / Iwanowski, Janette & Mehl, Conny (2022): Bewertung von räumlichen Entwicklungsoptionen in Stadt-Umland-Gebieten - Entwicklung eines GIS- und ökosystemleistungs-basierten Entscheidungs-Unterstützungs-Systems, in: Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL), 54(4), Seite 22-29.

Mehl, Dietmar / Mehl, Conny (2022): Der wahre Wert unserer Flächen – Ist die Ökosystemleistung ein geeigneter Maßstab? in: Professur Wasserwirtschaft (Hrsg.): Fachtagung Gute Stadt-Land-Beziehungen für eine nachhaltige Entwicklung in MV. Tagungsband. Unter Mitarbeit von Jens Tränckner. Rostock: Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät (Schriftenreihe Umweltingenieurwesen Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, 111), Seite 3-16.

Umweltbundesamt (UBA) (2022): Siedlungs- und Verkehrsfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke> (zuletzt geprüft 18.07.2022).