



Hamburgisches
WeltWirtschafts
Institut

Leitfaden zur Bewertung von Ökosystem- leistungen

Ökologische Aspekte des Hochwassermanagements

Malte Jahn, Marie-Christin Rische, Andreas Röhlig

16.05.2019

Stuck

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhalt

1. Ökosystemleistungen urbaner Fließgewässer	2
a. Kategorisierung von ÖSL	2
b. Methoden der Bewertung und Monetisierung	4
2. Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen im Projekt Stuck	7
a. Erholungsleistung	7
b. Kohlenstoffbindung	9
3. Praxisempfehlungen zur Berücksichtigung von ÖSL im Hochwassermanagement	10
Literatur	12

1. Ökosystemleistungen urbaner Fließgewässer

a. Kategorisierung von ÖSL

Das Konzept der Ökosystemleistung (ÖSL) bildet einen wesentlichen Ansatzpunkt, um die Arbeiten verschiedener Wissenschaftsbereiche miteinander zu verbinden und ist zugleich wichtiges Kommunikations- und Managementinstrument für die Umweltpolitik. Im Allgemeinen werden ÖSL entsprechend des *Millenium Ecosystem Assessment* als der Nutzen definiert, den Menschen aus Ökosystemen ziehen (Alcamo und Bennet, 2003). Diese generelle Definition wurde unter anderem durch die TEEB-Initiative (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, www.teebweb.org) sowie das CICES-Projekt (*Common International Classification of Ecosystem Services*, <https://cices.eu>) aufgegriffen und weiter ausdifferenziert. Insbesondere der TEEB-Ansatz dient dabei als Referenz für wirtschaftswissenschaftliche Analysen, da dieser die ökonomische Bewertung von Umweltleistungen und deren Einbindung in das Ressourcenmanagement in den Fokus rückt. Als ÖSL werden sämtliche Umweltgüter, -leistungen und -prozesse eines Ökosystems verstanden, von denen direkt oder indirekt eine nutzenstiftende, das menschliche Wohlbefinden beeinflussende Wirkung ausgeht (Kumar, 2010). Sie sind insofern von den *Ökosystemfunktionen* (ecosystem functions) zu unterscheiden, als dass diese sämtliche physischen, chemischen und biologischen Prozesse umfassen, die in der belebten wie unbelebten Umwelt ablaufen (Banerjee et al., 2013). Die Gesamtheit der Ökosystemfunktionen bedingt den Zustand des betrachteten Ökosystems und bestimmt dessen Kapazitäten bzw. Fähigkeit, Güter und Leistungen bereitzustellen, die vom Menschen genutzt werden können (de Groot, 1992). Der Begriff Ökosystemleistung impliziert also insbesondere, dass der Mensch im Zentrum der Analyse steht. Außerdem ist zu beachten, dass sich der Begriff „Leistung“ definitionsgemäß auf eine Stromgröße (Messeinheit/Zeiteinheit) bezieht, analog zur physikalischen oder wirtschaftlichen Leistung.

ÖSL werden grundsätzlich in vier Kategorien unterschieden (Tabelle 1). Die **Bereitstellungsleistungen** (provisioning services) umfassen physische „Güter“, die durch das Ökosystem erzeugt und vom Menschen in (un-)verarbeiteter Form genutzt werden können. Hierzu zählen bspw. Lebensmittel (Trinkwasser und Nahrungsmittel), Produktionsgüter (z.B. Kühlwasser oder Rohstoffe wie Holz oder Sand) sowie Energieträger (Alcamo und Bennett, 2003; Kumar, 2010). Ebenso werden medizinische Rohstoffe wie bspw. Naturheilpflanzen den Bereitstellungsleistungen zugeordnet. Auch die genetischen Ressourcen der Biozönose werden oftmals hierzu gezählt, wobei die Literatur dies keinesfalls eindeutig handhabt (vgl. Alcamo und Bennett, 2003; Alcamo, 2003 vs. TEEB, 2011). Eine Besonderheit der Bereitstellungsleistungen ist, dass diese sich explizit auf Umweltgüter beziehen und per se extraktiv sind. Das heißt, um sie zu nutzen, werden diese Güter dem Ökosystem – zumindest zeitweilig – entzogen und ggf. verbraucht.

Weiterhin stellen Ökosysteme verschiedene **Regulationsleistungen** (regulating services) bereit. Diese beziehen sich auf biologische, bio-chemische sowie mechanische Steuerungs- bzw. Umwandlungsprozesse, die bestimmte Umweltwerte/Kenngrößen innerhalb einer dem Menschen dienlichen Bandbreite halten. Hierzu zählen u.a. die Regulation von Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten, der Schutz vor Erosion, die Filtration bzw. Reinigung von Wasser und Luft, genauso wie die globale und lokale Klimaregulation durch CO₂-Bindung bzw. Schattenbildung und Verdunstung. Weiterhin lassen sich die Eindämmung der Schädlingsausbreitung durch natürliche Fressfeinde ebenso wie die Pflanzenbestäubung durch Insekten oder der Schallschutz den Regulationsleistungen zuordnen. Charakteristisch für die Regulationsleistungen ist, dass nur wenige, wie bspw. die Hochwasserregulation, direkten Nutzen stiften. Vielfach wird der generierte Nutzen vom Menschen nur indirekt über die Qualität der konsumierten Umweltgüter wahrgenommen. Die Schadstoffretention spiegelt sich z.B.

in der Wasserqualität wider. Dass sich bestimmte Regulationsleistungen lediglich indirekt zeigen, kann dazu führen, dass sie leicht übersehen und nicht in Managemententscheidungen einbezogen werden.

Eine weitere, im urbanen Bereich besonders wichtige ÖSL-Kategorie sind die **Kulturleistungen**. Diese beschreiben immaterielle Leistungen, welche aus einer direkten bzw. indirekten Interaktion zwischen Mensch und Ökosystem entstehen und einen ästhetischen, spirituellen oder psychologischen Nutzen generieren (vgl. TEEB, 2011). Hierzu zählen u.a. die Freizeit- und Erholungsnutzung (bspw. Schwimmen, Rudern oder Spaziergänge) sowie die daraus resultierenden positiven Gesundheitswirkungen. Damit eng verbunden ist die touristische Nutzung. Weiterhin können Ökosysteme auch Quelle von Inspiration sowie Bildungs- und Forschungsobjekt sein, woraus sich ebenfalls ein Nutzen ableiten lässt. Abhängig vom kulturellen Kontext können zudem bestimmte spirituelle oder religiöse Werte einem Ökosystem zugeordnet werden.

Zuletzt sind die **Basisleistungen** (supporting services) zu nennen. Dies sind grundlegende Funktionen des Ökosystems, die als Voraussetzung für die Bereitstellung aller anderen Leistungen dienen. Dazu zählen die Habitatfunktion, also die Bereitstellung eines Lebensraums für die Flora und Fauna des Ökosystems, der Nährstoffkreislauf und Nahrungsnetze sowie die Bodenbildung (vgl. Kowarik et al., 2016). Ein Teil der Literatur listet zudem auch den Erhalt bzw. die Ausdifferenzierung der genetischen Vielfalt den Basisleistungen zu, ebenso wie die morphologischen Begebenheiten. Basisleistungen selbst erzeugen keinen direkten Nutzen für den Menschen. Sie wirken indirekt, indem sie die Voraussetzungen für das Funktionieren des Ökosystems schaffen und dadurch Quantität und Qualität der anderen ÖSL-Kategorien beeinflussen. Bei einer (monetären) Bewertung ist somit ggf. zu beachten, dass die Basisleistungen selbst nicht bewertet werden, um eine Doppelbewertung zu vermeiden.

Tabelle 1: Ökosystemleistungen von (urbanen) Gewässern und ihren Randbereichen

Hauptgruppe	Untergruppe	Elemente
Versorgungsleistungen	Trinkwasser	Oberflächenwasser Grundwasser
	Nahrungsmittel	Kulturpflanzen Wildtiere und Fische Pflanzliche Biomasse für die Landwirtschaft
	Rohstoffe	Pflanzliche Rohstoffe für die Weiterverarbeitung Brauchwasser für die Industrie (Kühlwasser, Bewässerung, etc.)
	Energieträger	Pflanzliche Energierohstoffe Wasserkraft
	Genetische Ressourcen	Artenvielfalt im Habitat
	Transportwege	Schifffahrt
Regulationsleistungen	Hochwasserschutz	Regulation des Abflussverhaltens und der Pegelstände
	Retention und Reinigung	Aufnahme und Abbau organischer Stoffe (organischer Kohlenstoff) Aufnahme und Abbau anorganischer Stoffe (insbes. Nitrate, Phosphate) Aufnahme weiterer Schadstoffe (bspw. PM2.5)
	Globales Klima	Kohlenstoffsequestrierung und Speicherung
	Regional Klima	Temperaturregulation (Schattenbildung, Verdunstung, Kaltluftschneisen)
	Lärmschutz	Verringerung des Lärmpegels

Kulturleistungen	Erholung und Tourismus	Breitstellung von Flächen und der Raumstruktur für Freizeitaktivitäten → Wasserbezogene Freizeitaktivitäten (Wassersport, Angeln, etc.) → Allgemeine Freizeitaktivitäten (Wandern, Naturbeobachtung, etc.)
	Landschaftsästhetik	Elemente des Landschafts-/Stadtbildes, die das Wohlbefinden beeinflussen
	Natur- und Kulturerbe	Schützenswertes, ortstypisches Naturelement Schützenswerter Kulturbestandteil Element religiöser oder spiritueller Rituale Begegnungsort Inspirationsquelle
	Bildung- und Wissenschaft	Ort der (Umwelt-)Bildung und Sensibilisierung für Umweltthemen Ausgangspunkt wissenschaftlicher Forschung
Basisleistungen	Biodiversität	Habitat für urbane Flora und Fauna
	Nahrungsnetze	Aufrechterhaltung von Nahrungsnetzen
	Nährstoffkreislauf	Bodenbildung
	Morphologie	Gewässer- und Auenstruktur

Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Kowarik (2011)

Die genannten ÖSL-Kategorien bieten ein Schema, nach dem sich die nutzenstiftenden Umweltleistungen unterschiedlicher Ökosysteme einordnen und systematisch erfassen lassen. Die konkret vorhandenen ÖSL sind abhängig von der *Art* des betrachteten Ökosystems. So können sowohl Wälder als auch Flüsse Bereitstellungs-, Regulations- und Kulturleistungen generieren. Während Holzversorgung, Kohlenstoffbindung typische ÖSL eines Waldes sind, so sind Frischwasserversorgung, Hochwasserregulation und Wassersportmöglichkeiten typische ÖSL eines Flusses.

Zum anderen sind die ÖSL auch abhängig von den *Charakteristika* des betrachteten Ökosystems und dem *Kontext*, in den dieses eingebettet ist. Neben Größe und geografischer Lage bestimmen insbesondere menschliche Eingriffe, welche ÖSL in welcher Qualität im betrachteten Ökosystem vorhanden sind. Frei fließende Flüsse im ländlichen Raum stellen in der Regel andere ÖSL bereit als urban geprägte Gewässer. Gemäß des (anthropozentrischen) Konzepts der ÖSL ist auch Nutzungsverhalten ausschlaggebend für die Ausprägung der ÖSL. Dies heißt auch, dass Umweltgüter, -leistungen und -prozesse nur dann als ÖSL aufgefasst werden, wenn diese das menschliche Wohlergehen (ökonomisch: den Nutzen) beeinflussen.

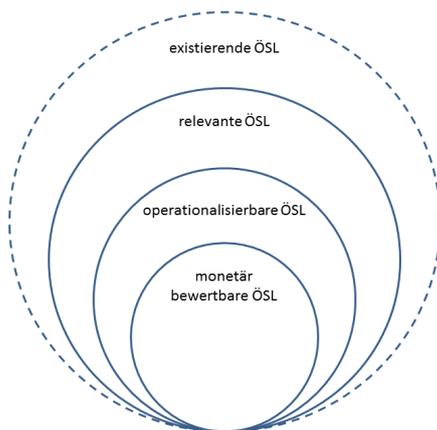
Die Bewertung von ÖSL ist der Versuch, die nutzenstiftende Wirkung zu quantifizieren. Zu den grundlegenden Dimensionen des Wohlbefindens zählen dabei die materielle Versorgung (Konsum- und Einkommensmöglichkeiten), persönliche Sicherheit, Gesundheit (physische und psychische Unversehrtheit), soziale Beziehungen (menschliche Interaktion und Status) sowie die Entscheidungsfreiheit (Möglichkeit zur Selbstverwirklichung) (Alcamo, 2003). Eine einzelne ÖSL kann dabei auf unterschiedliche Dimensionen zugleich wirken. Wie bereits erwähnt, ist der Nutzen einiger ÖSL indirekt. Auch muss der Nutzen nicht gegenwärtig anfallen, sondern kann sich auf die Zukunft beziehen. Solche sogenannten Optionswerte beziehen sich u.a. auf das Potential genetischer Ressourcen, welches zukünftig z.B. für medizinische Zwecke genutzt werden könnte.

b. Methoden der Bewertung und Monetisierung

Im Folgenden wird das im Projekt Stuck entwickelte Konzept zur (monetären) Bewertung von Ökosystemleistungen dargestellt, welches im Abschlussbericht (LSBG, 2019) näher erläutert wird.

Ausgangspunkt sind verschiedene Szenarien (z.B. Klimawandel, Steuerungsoptionen der Regenrückhaltebecken, etc.), die mit Hinblick auf ihre Umweltwirkung verglichen werden sollen. Grundsätzlich gilt, dass bereits räumlich kleine Ökosysteme so komplex sind, dass es unmöglich ist, sämtliche **existierende ÖSL** zu identifizieren oder gar zu bewerten (vgl. Abbildung 1). Daher ist in der Regel nur ein Vergleich von Zuständen und den damit verbundenen unterschiedlichen ÖSL-Ausprägungen sinnvoll. ÖSL, die über die alternativen Zustände hinweg als konstant erachtet werden, müssen entsprechend nicht bei der Bewertung berücksichtigt werden. Im Folgenden werden deshalb mit dem Begriff **relevante ÖSL** solche beschrieben, deren Ausprägung sich zwischen den zu untersuchenden Zuständen unterscheidet. Weiterhin ist innerhalb der Menge der relevanten ÖSL möglicherweise nur eine Teilmenge **operationalisierbar**. Dies bedeutet, dass eine relevante ÖSL mittels Messungen (Anzahlen, physikalische Einheiten, ...) erfassbar ist bzw. erfasst wurde. Dieser Schritt verdeutlicht die Wichtigkeit, die objektive, naturwissenschaftliche Erfassung voranzustellen und von der notwendigerweise subjektiven monetären Bewertung zu trennen. Aus der Teilmenge der operationalisierbaren ÖSL lassen sich schlussendlich die **monetär bewertbaren ÖSL** identifizieren. Diese haben die zusätzliche Voraussetzung, dass monetäre Werte (in der Literatur, durch eigene Befragungen) vorhanden sind, welche sich auf den Projektkontext anwenden lassen. An dieser Stelle finden unvermeidlich subjektive Kriterien (Auswahl der Bewertungsmethoden/Referenzstudien,...) Anwendung.

Abbildung 1: Schema Ökosystemleistungen



Quelle: eigene Abbildung

Die Identifikation von existierenden, relevanten und operationalisierbaren ÖSL ist primär ein naturwissenschaftliches Problem. Dieser Leitfaden konzentriert sich auf die ökonomische Dimension, sprich die monetäre Bewertung von (operationalisierbaren) ÖSL.

Für die Monetisierung, also die Bewertung von ÖSL in Geldeinheiten sind verschiedene Konzepte relevant. In der Regel erfolgt die Monetisierung anhand von **Zahlungsbereitschaften**. Der Nutzen einer ÖSL für Menschen wird dadurch gemessen, wie viel Geld sie bereit sind oder wären, für eine ÖSL zu bezahlen. Zahlungsbereitschaften können auf drei verschiedene Weisen ermittelt werden. Im günstigsten Fall kann die Zahlungsbereitschaft über **Marktpreise** ermittelt werden. Marktpreise sind deshalb relativ akkurat, da sie erstens Informationen einer Vielzahl von Personen (Anbieter und Kunden) umfassen und zweitens objektiv feststellbar sind. Leider ist es ein Kennzeichen vieler ÖSL (Nah-

erholung, Artenvielfalt, ...), dass diese eben nicht auf Märkten gehandelt werden und somit für sie auch keine Marktpreise existieren.

In diesem Fall kann immer noch versucht werden, Zahlungsbereitschaften **kalkulatorisch** zu ermitteln. In Bezug auf Regulationsleistungen wie Hochwasserschutz oder Schadstoffretention ist es häufig möglich, den Nutzen über vermiedene Schäden oder vermiedene Wiederherstellungs-/Reinigungskosten zu monetarisieren. Ein ökonomisch interessantes Beispiel ist die später noch näher betrachtete Kohlenstoffbindung. Aufgrund des durch Kohlenstoffdioxideintrag in die Atmosphäre verstärkten Klimawandels findet die monetäre Bewertung der Kohlenstoffbindung fast immer über vermiedene Klimaschadenskosten statt. Durch ökonomische Mechanismen wie Zertifikatsysteme ist es teilweise möglich, einen Marktpreis für Kohlenstoff oder andere (Schad-)Stoffe zu etablieren. Bezüglich einer objektiven monetären Bewertung wäre dies wünschenswert.

Wenn eine kalkulatorische Berechnung nicht möglich ist, kann noch auf **Umfragen** zurückgegriffen werden. Umfragen haben den Vorteil, dass auch abstrakte ÖSL wie Ästhetik monetär bewertet werden können. Der Nachteil ist, dass abgefragte Zahlungsbereitschaften im höchsten Maße subjektiv sind. Außerdem sind die Zahlungen in der Regel rein hypothetisch, sodass Befragte häufig unrealistisch hohe Zahlungsbereitschaften äußern. Durch sorgfältige Auswahl von Fragen und einer möglichst repräsentativen Auswahl der Befragten kann versucht werden, diese verzerrenden Effekte zu minimieren.

Die drei genannten primären Erhebungsmethoden sind meist mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden und bedürfen zudem einer gewissen wissenschaftlichen Expertise. Im Rahmen einer praktischen, projektbezogenen Untersuchung eines Ökosystems und bei der Planung von Maßnahmen können dies limitierende Faktoren sein. Daher hat sich die **Übertragung** von Werten aus anderen Studien auf das Untersuchungsgebiet in der Praxis etabliert. Dieser sogenannte **Nutzentransfer** kann je nach Datenverfügbarkeit und Genauigkeitsbedarf unterschiedlich ausgestaltet sein (vgl. Johnston et al., 2015). Neben der direkten Übertragung von Referenzwerten, wird insbesondere auf Methoden zurückgegriffen, die kontextabhängige Faktoren berücksichtigen. Hier ist zunächst der *angepasste Werttransfer* (adjusted unit transfer) zu nennen. Dieser versucht die verschiedenen physischen Charakteristika des betrachteten Ökosystems (z.B. Größe, ökologischer Zustand, etc.) durch (Korrektur-)Faktoren bei der Wertübertragung zu berücksichtigen. Gleiches gilt für den sozio-ökonomischen Kontext in den das Ökosystem eingebettet ist (z.B. Nutzungsverhalten, Einkommensniveau, etc.). Der *Nutzenfunktion-Transfer* (benefit function transfer) greift diesen Grundgedanken auf und geht einen Schritt weiter. Anstatt einzelne Werte anzupassen und zu übertragen, werden hier Nachfrage- bzw. Nutzenfunktionen nach Umweltgütern auf den betrachteten Kontext angewendet. Voraussetzung hierfür ist die Existenz umfassender Referenzstudien, die für ein gleiches Ökosystem entsprechende Nachfrage- bzw. Nutzenfunktionen geschätzt haben, sowie die Verfügbarkeit notwendiger Inputdaten für das Untersuchungsgebiet. Prinzipiell sind angepasste, individualisierte Übertragungsansätze gegenüber der schieren Wertübertragung zu bevorzugen und erhöhen die Genauigkeit der Wertermittlung.

Wichtigste Schritte bei der Durchführung einer Nutzenübertragung sind insbesondere *Spezifikation der zu untersuchenden Ökosystems*, die *Definition der zu erwartenden Umweltänderungen*, welche durch die Umsetzung geplanter Maßnahmen voraussichtlich auftreten, die *Sichtung und Auswahl von Referenz- und Hintergrunddaten*, die *Wertaggregation* über die verschiedenen betrachteten ÖSL hinweg sowie die Durchführung von *Sensitivitäts- bzw. Plausibilitätsanalysen*.

Eine deutlich detaillierte Beschreibung des Vorgehens findet sich bspw. bei Johnston et al. (2015) oder Johnston und Wainger (2015).

2. Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen im Projekt Stuck

a. Erholungsleistung

Aufgrund der für das Projekt zentralen Frage der Konkurrenz zwischen einzelnen Flächennutzungsarten ist es das Ziel, ÖSL zu untersuchen, die in Verbindung mit der Art der Flächennutzung stehen. In urbanen Räumen ist die Naherholung eine solche ÖSL. Der (monetäre) Wert der Erholungsleistung einer einzelnen Fläche hängt jedoch nicht nur von der Nutzung der Fläche als Grünfläche sondern auch vom Ausmaß der Nutzbarkeit bzw. tatsächlichen Nutzung durch Menschen ab (vgl. Kapitel 1a).

Zur Bewertung von Naherholungsflächen ist zunächst zu definieren, welche Art von Fläche überhaupt eine **Erholungsfunktion** besitzt. Im Projekt Stuck wird dazu im Wesentlichen das Hamburger Biotopkataster verwendet (Dorendorf et al., 2015). Den dort definierten „Freizeit- und Erholungsflächen“ wird grundsätzlich eine Erholungsfunktion zugeschrieben. Dazu kommen „rudere Standorte“, „Grünland“, „Wald“, „Landwirtschaft“ (teilweise) und „Gewässer“. Flächen ohne Erholungsfunktion sind demnach bebaute Flächen, Industrie-/Gewerbeflächen und Verkehrsflächen. In diesem ersten Schritt ist ebenfalls das Gebiet festzulegen, in dem Flächen überhaupt betrachtet werden. Untersuchungsgegenstand im Projekt Stuck ist die Kollau. Als Projektgebiet im Sinne der Bewertung der Erholungsleistung wird das hydrologische Einzugsgebiet (der Kollau) gewählt, welches auch im Niederschlag-Abfluss-Modell maßgeblich ist.

Als zweiter Schritt ist zu klären, welche konkreten ÖSL im Rahmen der Erholungsfunktion bewertet werden sollen bzw. können. Grundsätzlich können die Flächen mit Erholungsfunktion mehrere ÖSL anbieten, z.B. auch Versorgungs- und Regulationsleistungen (vgl. Tabelle 1). In diesem Leitfaden wird sich jedoch auf die relevantere Kategorie der Kulturleistungen konzentriert. Innerhalb der Kulturleistungen lassen sich der Wert der Landschaftsästhetik oder der kulturelle und wissenschaftliche Wert nur schwer bestimmen, sodass die **Erholungsleistung** im Zentrum der Analyse steht. Anzumerken ist, dass außerhalb dieses Leitfadens, aber innerhalb des Projekt Stuck Hochwassermanagementmaßnahmen betrachtet werden, welche auch als (Verbesserung der) ÖSL Hochwasserregulation interpretiert werden können.

Wenn wie im Projekt Stuck eine monetäre Bewertung vorgenommen werden soll, muss entschieden werden, in welcher **Einheit** die Erholungsleistung gemessen wird (Operationalisierung). Dies kann im Wesentlichen pro Flächeneinheit und/oder pro Nutzer geschehen. Ein konstanter Euro-Wert einer Fläche mit Erholungsfunktion pro m² stellt die einfachste Variante dar. Sie berücksichtigt jedoch nicht die Erreichbarkeit bzw. die tatsächliche Inanspruchnahme der Fläche. Es kann davon ausgegangen werden, dass Menschen hauptsächlich Grünflächen in der Nähe ihres Wohnorts aufsuchen (Trust for Public Land, 2014; Grunewald et al., 2011). Da innerhalb des Konzepts ÖSL der Nutzen für Menschen im Vordergrund steht, wird empfohlen, die (ungefähre) Anzahl der Nutzer bzw. Nutzungen von Grünflächen bei der Bewertung zu berücksichtigen. Eine (neu geschaffene) Grünfläche in eine hochverdichteten Wohnsiedlung besäße in dieser Variante einen höheren Wert (genauer: eine größere Erholungsleistung) als eine entsprechende Fläche am Stadtrand.

Wie zuvor bereits angedeutet, ist die **Anzahl der Nutzer** bzw. die **Nutzungshäufigkeit** einer Erholungsfläche/Grünfläche stark kontextabhängig. Dabei spielen die Eigenschaften der Fläche (Größe, Ausstattung, Sauberkeit etc.) ebenso eine Rolle wie die Eigenschaften der potenziellen Nutzer (Einkommen, Freizeitverhalten, Kinder, Gartenbesitz, Hundebesitz etc.), oder die der Umgebung (weitere erreichbare Grünflächen (Substitute), Sicherheit im Viertel etc.). Ausschlaggebend dürfte vor allem die geografische Distanz zwischen Wohnort und Grünfläche sein. Natürlich kann diese Distanz ebenfalls kontextabhängig sein, im Projekt Stuck wird jedoch ein (durchschnittlicher) Nutzungsradius von 1km um den Wohnort unterstellt (Trust for Public Land, 2014; Grunewald et al., 2011). Mit anderen Worten, alle Flächen mit Erholungsfunktion innerhalb von 1km um den Wohnort einer Person generieren einen Erholungsnutzen für diese Person.

Generell gibt es verschiedene Wege zur Ermittlung der **monetären Erholungsleistung**. Zuerst muss entschieden werden, ob Werte aus der Literatur angepasst oder eigene kontextspezifische Werte erhoben werden sollen (siehe Kapitel 1b). Da im Rahmen von Stuck keine Befragungen durchgeführt werden, wird die „adjusted unit transfer“-Methode (vgl. Kapitel 1b) zum Transfer einzelner monetärer Werte aus der Literatur angewandt. Diese werden unter Berücksichtigung des sozio-ökonomischen wie auch ökologischen Kontextes auf das Projektgebiet übertragen. Für die Übertragung von Umfrageergebnissen spielen insbesondere die Eigenschaften der Befragten (Alter, Einkommen, etc.) aber ggf. auch weniger offensichtliche Dinge wie der Zeitpunkt der Befragung (Winter/Sommer) eine Rolle. Damit überhaupt eine sinnvolle monetäre Bewertung vorgenommen werden kann, müssen zumindest eingeschränkt vergleichbare monetäre Werte für die zu bewertende ÖSL vorliegen.

Es ist außerdem zu beachten, dass sich viele in der Literatur vorhandene Werte auf Auswirkungen konkreter Maßnahmen beziehen (z.B. Zahlungsbereitschaften für verschiedene fiktive Naturschutzprogramme, Getzner et al., 2011). In Bezug auf die Erholungsleistung von Grünflächen heißt dies, dass in der Regel nicht die gesamte Erholungsleistung einer Fläche bzw. eines Ökosystems untersucht wird, sondern nur die Zu- oder Abnahme dieser Leistung durch eine exogene oder geplante Veränderung vor Ort. Gemäß der Beschränkung der Analyse auf relevante ÖSL (Abbildung 1) und der damit zusammenhängenden marginalen Betrachtungsweise entspricht dies der in diesem Leitfaden vorgeschlagenen Methodik.

Abschließend darf nicht vergessen werden, die recherchierten monetären Werte an das aktuelle (nationale) Preisniveau anzupassen. Dazu werden ggf. weitere Daten zu Inflation und Wechselkursen benötigt. In Box 1 ist stichpunktartig das konkrete Vorgehen bei der monetären Bewertung der Erholungsleistung der Flächen im Einzugsgebiet der Kollau zusammengefasst.

Box 1: Bestimmung der Erholungsleistung der Flächen im Einzugsgebiet der Kollau im Projekt Stuck

1. Bestimmung der Erholungsfunktion:

- Für jede im Einzugsgebiet vorkommende Flächennutzungsart wird pauschal bestimmt, ob eine Erholungsfunktion gegeben ist oder nicht („binäre Definition“).
- Basis sind die „Erholungsflächen“ gemäß Biotopkataster nach Dorendorf et al. (2015).
- Insgesamt ist auf 9,3 km² des 33,6 km² großen Einzugsgebiets eine Erholungsfunktion gegeben.

2. Bestimmung der erreichbaren Flächen mit Erholungsfunktion

- Die Bevölkerung im Einzugsgebiet wird auf Basis der Größe des Gebiets (33,6 km²) und der Bevölkerungsdichte des weitgehend mit dem Einzugsgebiet überlappenden Bezirks Eimsbüttel (ca. 5.100 EW/km²) geschätzt.
- Die geschätzte Bevölkerung im Einzugsgebiet (172.000) wird gleichmäßig auf alle Flächen mit Wohnbebauung verteilt. Letzter sind ebenfalls dem Biotopkataster zu entnehmen.
- Für jede Person wird die Größe der erreichbaren (d.h. tatsächlich genutzten) Flächen mit Erholungsfunktion berechnet, dabei wird ein Nutzungsradius von 1km um den Wohnort unterstellt.

3. Bestimmung der Erholungsleistung

- Monetärer Referenzwert: Wert eines Parkbesuchs in San Francisco 1,92\$ („general park use“, Trust for Public Land, 2014).
- Annahme: 100 Parkbesuche pro Person und Jahr (Lasse Walter, 2015).
- Bezogen auf die Parkfläche in San Francisco entspricht dies 10,96\$ pro Person, Jahr und km².
- Dies ergibt einen umgerechneten Wert von 8,55€ pro Person, Jahr und km² (*angepasster Werttransfer* / „adjusted unit value transfer“).
- Erholungsleistung aller Flächen im Einzugsgebiet der Kollau beträgt somit ca. 754.097 € pro Jahr.

Im Projekt Stuck werden weiterhin verschiedene Szenarien betrachtet, die sich auch hinsichtlich der Flächen mit Erholungsfunktion und somit der Erholungsleistung unterscheiden. Aus der vorgestellten Methodik wird klar, dass die Erholungsleistung durch Änderung der Flächennutzung und/oder der Bevölkerungsverteilung beeinflusst wird. Nähere Informationen zu den im Projekt Stuck betrachteten Szenarien finden sich im Abschlussbericht (LSBG, 2019).

b. Kohlenstoffbindung

Die Kohlenstoffspeicherung in Vegetation und Boden ist eine wichtige Regulationsleistung für das globale Klima. Böden sind nach Ozeanen der zweitgrößte Kohlenstoffspeicher (EU Kommission, 2011). Durch die steigenden CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre kommt es zu einem Klimawandel, welcher sehr wahrscheinlich mit mehr oder weniger großen Klimaschäden einhergeht. Der Wert der Kohlenstoffbindung in Boden und Vegetation lässt sich also kalkulatorisch (vgl. Kapitel 1b) über vermiedene zukünftige Klimaschäden bestimmen.

Die Kohlenstoffbindung des (Ober-)bodens hängt hauptsächlich von der Flächennutzung ab. Im Projekt Stuck wird dazu naheliegenderweise wieder auf das Biotopkataster zurückgegriffen. Die ÖSL Kohlenstoffbindung sollte im Optimalfall in kg C pro m² und Jahr operationalisiert werden. Teilweise, so wie im Projekt Stuck, sind jedoch aus naturwissenschaftlicher Sicht für das Projektgebiet nur Aussagen zu Kohlenstoffpools, also den Beständen möglich. Das Vorhandensein von Kohlenstoff im Boden alleine ist jedoch eigentlich nicht als ÖSL zu betrachten, da es sich um eine Bestandsgröße und nicht um eine Stromgröße handelt.

Die Recherche geeigneter monetärer Referenzwerte ist im Fall der Kohlenstoffbindung einfacher als bei anderen Stoffen, da erstens die Wirkung von einem kg CO₂ in der Umwelt (Atmosphäre) unabhängig vom Ort oder den Umständen der Freisetzung ist und zweitens in den letzten Jahrzehnten unter dem Stickwort „Kosten des Klimawandels“ viele Untersuchungen zu monetären Klimaschäden von CO₂ durchgeführt wurden.

Box 2: Bestimmung des Wert der Kohlenstoffbindung im Einzugsgebiet der Kollau im Projekt Stuck

1. Bestimmung der Kohlenstoffpools:

- Die Kohlenstoffpools (kg C pro m²) lassen sich separat für Boden und Vegetation aus der Flächennutzung gemäß Biotopkataster (Dorendorf et al., 2015) ableiten. Details siehe Abschlussbericht des Projekts (LSBG, 2019).
- Bei hypothetischer Freisetzung in die Atmosphäre wird aus 1g elementarem Kohlenstoff(C) 3,67g Kohlenstoffdioxid (CO₂). Dieser Faktor ist bei der Berechnung der vermiedenen Klimaschadenskosten zu berücksichtigen.

2. Monetäre Bewertung der Kohlenstoffpools:

- Monetärer Referenzwert sind Klimaschadenskosten von 36\$ pro Tonne CO₂ gemäß der Interagency Working Group on the Social Cost of Greenhouse Gases (IWGSCGG, 2016).
- Durch Berücksichtigung des kaufkraftbereinigten Wechselkurses ergibt sich ein Wert von 33,02€ pro Tonne CO₂ für das Basisjahr 2015.
- Für die zukünftige Entwicklung wird, ebenfalls gemäß IWGSCGG, 2016, mit einem Anstieg der Kosten auf 50,45€ pro Tonne CO₂ im Jahr 2035 gerechnet.

Bezüglich der im Projekt Stuck untersuchten Szenarien und deren Auswirkung auf die (monetäre) Bewertung der Kohlenstoffbindung sei erneut auf den Abschlussbericht (LSBG, 2019) verwiesen.

3. Praxisempfehlungen zur Berücksichtigung von ÖSL im Hochwassermanagement

Aus den theoretischen Überlegungen zu ÖSL in den vorigen Kapiteln ergeben sich einige Schlussfolgerungen für die Berücksichtigung von ÖSL bei der Planung von Hochwassermanagementmaßnahmen und ggf. auch darüber hinaus.

Als erster Schritt sind in der Praxis neben den wasserwirtschaftlichen Zielen ökologische Ziele zu definieren. Das heißt, dass die ÖSL identifiziert werden, welche durch eine Maßnahme verbessert werden sollen bzw. bestmöglich gestaltet werden sollen. Die Festlegung ökologischer Ziele erleichtert die Planung und Umsetzung, da so von Anfang an deutlich gemacht werden kann, dass es sich dabei letztlich um eine Verbesserung von Leistungen des Ökosystems für die Menschen handelt. Zur Definition der ökologischen Ziele gehört ebenfalls die räumliche Abgrenzung des betrachteten Ökosystems. Sofern die Analyse der Ökosystemleistungen sich auf die Auswirkungen von exogenen (nicht zu be-

einflussenden) Entwicklungen bezieht, muss statt der Identifikation von Zielen die naturwissenschaftliche Identifikation der durch die exogene Entwicklung betroffenen ÖSL stattfinden.

Für die Bewertung ist in einem zweiten Schritt die Identifikation der relevanten ÖSL (Definition: Kapitel 1b) hilfreich. Da selbst räumlich kleine Ökosysteme sehr komplex sind, ist eine Erfassung sämtlicher existierender ÖSL praktisch nicht möglich. Daher sollte sich die Analyse auf die Differenz zwischen verschiedenen Zuständen konzentrieren. So können irrelevante ÖSL, also solche, die sich nicht zwischen den betrachteten Zuständen unterscheiden, ausgeblendet werden, da sie auf die relative Bewertung der Zustände keinen Einfluss haben.

Ebenfalls empfehlenswert ist es, sich frühzeitig über die Operationalisierung der relevanten bzw. der zu verbessernden ÖSL klar zu werden (vgl. Abbildung 1). Operationalisierbarkeit bedeutet, dass eine ÖSL in physikalischen oder anderen Einheiten gemessen werden kann. Das Fehlen von messbaren Indikatoren erschwert sowohl die Definition der ökologischen Ziele als auch das nachträgliche Überprüfen der Zielerreichung (Monitoring).

In vielen Fällen werden lediglich oder zumindest zunächst modellgestützte Simulationen eines Zustands durchgeführt. Eine sinnvolle Operationalisierung der ÖSL ermöglicht den (objektiven) Vergleich verschiedener Simulationsszenarien. Wenn eine monetäre Bewertung der ÖSL (per angepasstem Werttransfer) angestrebt wird, ist die Messbarkeit einer betrachteten ÖSL in (physikalischen) Einheiten unverzichtbar, um monetäre Referenzwerte überhaupt verwenden zu können (vgl. Kapitel 1b).

Bei der Verwendung von monetären Referenzwerten kann es empfehlenswert sein, eine entsprechende Verfügbarkeit bei der Operationalisierung bereits mitzudenken. Letztlich bestimmt die Verfügbarkeit dieser Werte, ob die monetäre Bewertung einer ÖSL sinnvoll möglich ist. Fast immer stehen hinter den Referenzwerten zu ÖSL Zahlungsbereitschaften. Es muss entschieden werden, ob diese Zahlungsbereitschaften über Marktpreise, kalkulatorisch oder durch direkte Befragung ermitteln werden sollen bzw. können.

Abschließend ist eine wesentliche Erkenntnis, dass das Vorhandensein von ÖSL häufig aus der Flächennutzung in einem Gebiet abgeleitet werden kann. Im Projekt Stuck wurden so die Erholungsleistung und die Kohlenstoffbindung monetisiert. Eine Verknüpfung von ÖSL und Flächennutzungsdaten erscheint generell sinnvoll, da erstens die Flächennutzung in der Regel bekannt ist und zweitens die ökonomischen Werte in einem Gebiet ebenfalls durch die Flächennutzung gut approximiert werden können. In Bezug auf Hochwassermanagementmaßnahmen ist der klassische Nutzen durch die vermiedenen Schäden an ökonomischen Werten gegeben. Flächennutzungsdaten ermöglichen also im Optimalfall eine integrierte ökonomisch-ökologische Bewertung von Managementmaßnahmen oder exogenen Entwicklungen, welche sich über eine Änderung der Art oder Intensität (Verdichtung) beschreiben lassen.

Literatur

Alcamo, J. (2003): *Ecosystems and human well-being. A framework for assessment*. Washington, DC: Island.

Alcamo, J. und Bennet; E. M. (2003): *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Island Press, Washington, DC.

Banerjee, O., Crossman, N.D., de Groot, R.S. (2013): *Ecological Processes, Functions and Ecosystem Services. Inextricable Linkages between Wetlands and Agricultural Systems*. In: Warren, S., Sandhu, H., Cullen, R., Costanza, R. (Hg.): *Ecosystem Services in Agriculture and Urban Landscapes*, S. 16-27.

Dorendorf, J., Eschenbach, A., Schmidt, K.J. & Jensen, K. (2015): Both tree and soil carbon need to be quantified for carbon assessments of cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14 (3), 447–455.

de Groot, R. S. (1992): *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*, Wolters-Noordhoff, Groningen.

EU Kommission (2011): *Boden der verborgene Teil des Klimazyklus*“, GD Umwelt, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Kommission, Luxemburg.

Getzner, M., Jungmeier, M., Köstl, T. & Weiglhofer, S. (2011): *Fließstrecken der Mur - Ermittlung der Ökosystemleistungen – Endbericht*. Studie im Auftrag von: Landesumweltschutzbehörde Steiermark, Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie, Klagenfurt.

Grunewald, K., Richter, B., Meinel, G., Herold, H., and Syrbe, R.-U. (2017): Proposal of indicators regarding the provision and accessibility of green spaces for assessing the ecosystem service “recreation in the city” in Germany. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* 13, 26–39. doi:10.1080/21513732.2017.1283361.

IWGSCGG (2016): *Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866*, Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government, August 2016.

Johnston, R. J.; Rolfe, J.; Rosenberger, R. S.; Brouwer, R. (2015): *Introduction to Benefit Transfer Methods*. In: Robert J. Johnston, John Rolfe, Randall S. Rosenberger und Roy Brouwer (Hg.): *Benefit transfer of environmental and resource values. A guide for researchers and practitioners (The economics of non-market goods and resources, Volume 14)*, S. 19–60.

Kowarik, I. (2011): *Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation*, in: *Environmental Pollution*, 159 (8-9), S. 1974-1983.

Kowarik, I.; Bartz, R. und Brenck, M. (Hg.) (2016): *Ökosystemleistungen in der Stadt. Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen*.

Kumar, P. (Hg.) (2010): *The economics of ecosystems and biodiversity. Ecological and economic foundations ; [TEEB: The Economics of Ecosystems and Biodiversity]*. UNEP. London: Earthscan.

Lasse Walter (2015): *Umfrage zur städtischen Parknutzung*“, Lasse Walter Unternehmensberatung, Berlin, mit freundlicher Unterstützung des Quartiersmanagement Moabit Ost.

LSBG (2019): Abschlussbericht des Forschungsprojekts Stuck, Förderkennzeichen 033W031, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Förderschwerpunkts Nachhaltiges Wassermanagement (NaWaM), bisher unveröffentlicht.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2011): TEEB Manual for Cities – Ecosystem Services in Urban Management. Online verfügbar unter www.teebweb.org.

Trust for Public Land (2014): The Economic Benefits of San Francisco's Park and Recreation System, The Trust for Public Land in partnership with the San Francisco Parks Alliance, 2014.