

River Ecosystem Service Index (RESI) - Methoden zur Quantifizierung und Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen

Titelbild: Untere Mulde im Biosphärenreservat Mittelelbe, Foto: Michael Vieweg, UFZ

Herausgeber: Christine Fischer-Bedtke, Helmut Fischer, Dietmar Mehl, Simone A. Podschun, Martin Pusch, Barbara Stammel & Mathias Scholz

Redaktion:

Dr. Christine Fischer-Bedtke
Dipl.-Ing. Mathias Scholz
Department Naturschutzforschung
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig
E-Mail: mathias.scholz@ufz.de

Druck: DDF Digitaldruckfabrik GmbH, Werkstättenstraße 31/ Halle K, 04319 Leipzig



Förderhinweis:

Die Arbeiten erfolgten im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojektes „River Ecosystem Service Index“ (RESI) mit dem Förderkennzeichen 033W024A-K. RESI ist Teil der Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland“ (ReWaM) im BMBF-Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM) im Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA). Die Verantwortung für den Inhalt dieser und der folgenden Veröffentlichungen liegt bei den Autoren.

Weitere Informationen gibt es auf der Projekt-Homepage www.resi-project.info/



UFZ-BERICHT 2|2020

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

ISSN 0948-9452

River Ecosystem Service Index (RESI) - Methoden zur Quantifizierung und Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Danksagung	1
Einführung in den River Ecosystem Services (RESI) - Ansatz	5
PODSCHUN, S. A., FISCHER-BEDTKE, C., ALBERT, C., DAMM, C., DEHNHARDT, A., FISCHER, H., FOCKLER, F., GELHAUS, M., HARTJE, V., HOFFMANN, T. G., KASPERIDUS, H. D., MEHL, D., PUSCH, M., RITZ, S., RUMM, A., SCHULZ-ZUNKEL, C., STAMMEL, B., THIELE, J., VENOHR, M., VON HAAREN, C. & M. SCHOLZ	
Ökosystemleistungen der Flüsse und ihrer Auen: Einflussfaktoren und Nutzungen	17
FISCHER-BEDTKE, C., VILOVIĆ, V., PODSCHUN, S. A., ALBERT, C., DAMM, C., FISCHER, H., FOCKLER, F., GELHAUS, M., HARTJE, V., HOFFMANN, T. G., KASPERIDUS, H. D., MEHL, D., PUSCH, M., RITZ, S., RUMM, A., SCHULZ-ZUNKEL, C., STAMMEL, B., THIELE, J., VENOHR, M., VON HAAREN, C., SCHOLZ, M. & A. DEHNHARDT	
Quantifizierung und Bewertung versorgender Ökosystemleistungen	59
DEHNHARDT, A., RAYANOV, M., HARTJE, V., SANDER, A., HORLITZ, T. & T. BENNER	
Quantifizierung und Bewertung regulativer Ökosystemleistungen: Rückhalt von Treibhausgasen / Kohlenstoffsequestrierung, Hochwasser-, Niedrigwasser- und Sedimentregulation, Bodenbildung in Auen sowie Kühlwirkung der Gewässer und terrestrischen Böden	77
MEHL, D., HOFFMANN, T. G. & I. IWANOWSKI	
Quantifizierung und Bewertung regulativer Ökosystemleistungen: Retention	93
RITZ, S., LINNEMANN, K., BECKER, A., KASPERIDUS, H. D., SCHOLZ, M., SCHULZ-ZUNKEL, C., VENOHR, M., WILDNER, M. & H. FISCHER	
Analyse und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung –bundesweiter Ansatz für die Aue	141
SCHOLZ, M., DAMM, C., FISCHER-BEDTKE, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., GERSTNER, L., KASPERIDUS, H. D., RUMM, A., STAMMEL, B. & K. HENLE	
Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung – Detailansatz für die Aue	149
FISCHER-BEDTKE, C., DAMM, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., GERSTNER, L., KASPERIDUS, H. D., RUMM, A., STAMMEL, B. & M. SCHOLZ	
Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung im Fluss – AquaRESI	171
NISSL, M., STAMMEL, B., LENTZ, A., FOCKLER, F., PARZEFALL, C., FISCHER-BEDTKE, C., DAMM, C., GELHAUS, M., GERSTNER, L., KASPERIDUS, H. D., SCHOLZ, M. & A. RUMM	
Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung anhand der floristischen Ausstattung – Florix	181
STAMMEL, B., DAMM, C., FISCHER-BEDTKE, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., HORCHLER, P., KASPERIDUS, H. D., RUMM, A. & M. SCHOLZ	
Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung anhand der Molluskenfauna – Mollix	193
RUMM, A., SCHOLZ, M., STAMMEL, B., FISCHER-BEDTKE, C., DAMM, C., GELHAUS, M., GERSTNER, L. & F. FOCKLER	

Regelwerk für Maßnahmen in den Modellgebieten für den Habitatindex	209
DAMM, C., GERSTNER, L., FISCHER-BEDTKE, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., RUMM, A., STAMMEL, B. & M. SCHOLZ	
Erfassung und Bewertung kultureller Ökosystemleistungen von Flusslandschaften	213
THIELE, J., ALBERT, C. & C. VON HAAREN	
Anwendung des RESI Habitatindex für die Modellregionen am Oberrhein	253
DAMM, C., LOTTI, J., FISCHER-BEDTKE, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., RUMM, A., SCHOLZ, M., STAMMEL, B. & L. GERSTNER.	
Ergebnisse der Quantifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen vor und nach der Renaturierung der Nebel	273
MEHL, D., FISCHER-BEDTKE, C., DAMM, C., GELHAUS, M., GERSTNER, L., HOFFMANN, T. G., IWANOWSKI, J., PODSCHUN, S. A., RUMM, A., SCHOLZ, M. & B. STAMMEL	
Ergebnisse der Quantifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen bei Umsetzung typspezifischer Gewässerentwicklungsflächen an der Nahe von Hoppstädten-Weiersbach bis zur Mündung in den Rhein bei Bingen	293
FISCHER-BEDTKE, C., IWANOWSKI, J., PODSCHUN, S. A., BECKER, A., FISCHER, H., DAMM, C., GELHAUS, M., GERSTNER, L., HOFFMANN, T. G., HORNUNG, L., KASPERIDUS, H. D., LINNEMANN, K., RITZ, S., RUMM, A., STAMMEL, B., SCHOLZ, M., SCHULZ-ZUNKEL, C., THIELE, J., VENOHR, M., WILDNER, M. & D. MEHL	
Ergebnisse der Ökosystemleistungs-Quantifizierung und -bewertung für geplante Hochwasserschutzmaßnahmen an der Donau von der Iller- bis zur Lechmündung	325
GELHAUS, M., PODSCHUN, S. A., ALBERT, C., BECKER, A., CHAKHVASHVILI, E., FISCHER-BEDTKE, C., FISCHER, H., DAMM, C., GERSTNER, L., HOFFMANN, T. G., IWANOWSKI, J., KASPERIDUS, H. D., LINNEMANN, K., MEHL, D., PUSCH, M., RAYANOV, M., RITZ, S., RUMM, A., SANDER, A., SCHOLZ, M., SCHULZ-ZUNKEL, C., THIELE, J., VENOHR, M., VON HAAREN, C., WILDNER, M. & B. STAMMEL	
Anwendung des River Ecosystem Service Index (RESI) in der Wasserwirtschaft und im Naturschutz	365
PUSCH, M., PODSCHUN, S. A., STAMMEL, B., FISCHER, H., FISCHER-BEDTKE, C., MEHL D. & M. SCHOLZ	
Anschriften der Autoren	373
Abkürzungsverzeichnis	375
Glossar	377

Anwendung des River Ecosystem Service Index (RESI) in der Wasserwirtschaft und im Naturschutz

PUSCH, M., PODSCHUN, S. A., STAMMEL, B., FISCHER, H., FISCHER-BEDTKE, C., MEHL, D. & M. SCHOLZ

Inhaltsverzeichnis

1	Grenzen der derzeitigen Zustandsbewertung von Flüssen und Auen.....	365
2	Gesetzliche Vorgaben zur Funktionsbewertung von Flüssen und Auen	367
3	Praktische Anforderungen an eine ÖSL-Bewertung	368
4	Der River Ecosystem Service Index (RESI) als Werkzeug zur Erhöhung der Resilienz von Landschaft und Gewässern	369
5	Literaturverzeichnis.....	370

1 Grenzen der derzeitigen Zustandsbewertung von Flüssen und Auen

Der in den vorigen Kapiteln ausführlich dargestellte Ansatz des River Ecosystem Service Index (RESI) zur Ökosystemleistungs (ÖSL)-Bewertung, der in Fallbeispielen an mehreren Flüssen angewendet wurde, ermöglicht eine funktionale, auf den Menschen bezogene, aber nicht monetarisierte Bewertung von Fluss- und Auenabschnitten. Der RESI-Bewertungsansatz unterscheidet sich dadurch grundsätzlich von bisher üblichen Bewertungsansätzen beispielsweise für Gewässer, die den Zustand von Gewässern (oder Teilen davon) anhand von biologischen, chemischen oder morphologischen Parametern erfassen. Diese Zustandsbewertungen wurden in den vergangenen 120 Jahren schrittweise verfeinert und hinsichtlich der erfassten Belastungsfaktoren methodisch verbreitert. Sie werden seit Jahrzehnten im Rahmen der staatlichen Gewässerüberwachung angewendet, und seit Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sogar in allen EU-Mitgliedsstaaten in vergleichbarer Weise. Auch für die Erfassung und Bewertung von Lebensräumen und Arten in NATURA2000-Gebieten, die einen großen Anteil naturschutzfachlich wertvoller Flussauenabschnitte abdecken, gibt es zahlreiche Standards. Es stellt sich somit die Frage: *Warum zu diesen bewährten Zustandsbewertungen noch ein weiteres Verfahren hinzufügen?*

Die bisherigen Zustandsbewertungen haben sich trotz des erheblichen Aufwands bei ihrer Neufassung und Interkalibrierung vor allem in der Anfangsphase der Umsetzung der WRRL aus theoretischer wie auch praktischer Perspektive in mehrfacher Hinsicht als unbefriedigend gezeigt:

1. Für viele Gewässertypen, insbesondere sehr dynamische, sehr nährstoffarme oder von fruchtbaren Auen begleitete Gewässertypen gibt es in Mitteleuropa aufgrund der umfangreichen Gewässerregulierungen (vgl. Belletti et al. 2020), der flächenhaften Eutrophierung durch atmosphärische Deposition sowie des starken Nutzungsdrucks der Landwirtschaft (staatlich u. a. durch Reichsarbeitsdienst, Flurbereinigung und Meliorationen massiv unterstützt) kaum oder keine **Referenzgewässer** und **-auen** mehr. Diese sind aber als Ausgangspunkt für ein eindeutiges Bezugssystem für ein Klassifizierungssystem einer Zustandsbewertungen erforderlich.
2. Dieser Mangel an Bewertungsreferenzen ist für die **großen Flüsse** am eklatantesten, da jeder große Fluss aufgrund der geologischen, orographischen, klimatischen und hydrologi-

schen Gegebenheiten des Einzugsgebiets ein Individuum darstellt und daher nur sehr eingeschränkt mit anderen Flüssen verglichen werden kann (Schöll et al. 2012, UBA 2020). Leider liegen für viele große Flüsse auch nur wenige historische Referenzdaten vor (abgesehen von Fischen).

3. Viele **Fließgewässer** (aber auch Seen) entsprechen heute keinem der natürlichen Gewässertypen, da sie hydrologisch, morphologisch, wasserchemisch (z. B. Salz- oder Nährstoffgehalt) oder hinsichtlich der Wassertemperatur **stark verändert** sind (vgl. Nützman et al. 2011) und dann innerhalb kurzer Zeit von invasiven wasserlebenden Wirbellosen, aber auch Fischen und Wasserpflanzen besiedelt und teilweise dominiert werden. In vielen Fällen gibt es keinerlei Aussichten, in absehbarer Zeit naturnahe Habitatverhältnisse wiederherzustellen (vgl. Tockner et al. 2011, Lorenz et al. 2017).
4. Die biologischen Zustandsbewertungen der WRRL beziehen sich nur auf das Fließgerinne bis zur **Mittelwasserlinie bzw. Uferlinie**. Die biologische Besiedlung der Gewässer wird aber auch maßgeblich durch die Ufergestalt, Ufervegetation sowie durch die laterale Konnektivität mit ihrer Aue mitbestimmt (vgl. Schindler et al. 2014). Die Lebensräume der Auen sind als vom Grundwasser abhängige Landökosysteme ebenfalls Schutzgut der WRRL, jedoch sind kaum Schutzmechanismen vorgesehen, zumal diese zumeist außerhalb der Zuständigkeit wasserwirtschaftlicher Behörden liegen.
5. Infolge des **Klimawandels** verändern sich die Wasserführung und die Wassertemperaturen der Fließgewässer, so dass die Referenzwerte und damit auch die Bewertungsmaßstäbe sich verschieben (vgl. Kakouei et al. 2017).
6. Zustandsbewertungen von Gewässern geben den für Unterhaltung und Ausbau der Gewässer Verantwortlichen nur mittelbar Hinweise auf **effiziente Sanierungsmaßnahmen**, da diese oft bei den ökologischen Prozessen ansetzen müssen, die zu den beobachteten Zuständen geführt haben. Solche ökologischen Schlüsselprozesse in Fließgewässerökosystemen sind in Bezug auf Stoffumsetzungen: Primär- und Sekundärproduktion, Gesamtrespiration, Nährstoffrückhalt und Laubabbau von hoher Relevanz (vgl. Gücker et al. 2006, Brauns et al. 2011, Gücker et al. 2011, Wolf et al. 2019).
7. Erfahrungen der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass es für den Natur- und Gewässerschutz aus mehreren Gründen nicht möglich und erfolgsversprechend ist, den **Menschen** aus Schutzgebieten **auszuschließen**. Der politische Wille, die für einen effizienten Natur- und Gewässerschutz notwendigen Maßnahmen und daraus resultierende erhebliche Flächenbedarfe bereitzustellen und evtl. zu renaturieren, ist meist nur bedingt vorhanden. Um die Bereitschaft für eine Flächenbereitstellung zu erhöhen, sollten solche Schutzflächen zumindest teilweise auch naturschonend genutzt werden können. Dies gilt besonders auch für die Umsetzung der EU-WRRL, der es oft an politischer Unterstützung mangelt (Zingraff-Hamed et al. 2020). Bisher fehlt allerdings ein übergreifender Ansatz zur Bewertung menschlicher Nutzungen (Scholz et al. 2012, Wolf et al. 2019).
8. Zustandsbewertungen von Gewässern und Auen sind außerhalb der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes oft unbekannt oder schwer verständlich. Andererseits werden insbesondere Fließgewässer und Auen von vielfältigen Sektoren der Gesellschaft genutzt und von einer entsprechenden Behördenvielfalt verwaltet. Für die **behördenübergreifende Kommunikation und Akteursbeteiligung** sind daher übergreifend verständliche Bewertungskategorien wünschenswert.

2 Gesetzliche Vorgaben zur Funktionsbewertung von Flüssen und Auen

Vermutlich haben einige der oben genannten Gründe dazu geführt, dass der Gesetzgeber seit langem mehrfach eine funktionale Bewertung von Gewässern fordert. Seit Jahrzehnten sind ein funktionsbasierter Bewertungsansatz sowie eine implizite Definition der Ökosystemleistungen (ÖSL) im **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** enthalten, wo in § 1 als Zweck des Gesetzes genannt wird: „[...] *durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen*“. Hier werden bereits der Erhalt der Biodiversität und der ÖSL weitsichtig mit einander verbunden, und dann erläuternd in § 6 (1) mit der Nennung der „*Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts*“ ein funktionsbasiertes Schutzprinzip eingeführt. Diese Schutzziele werden dann durch die Zielstellungen „*Schutz vor nachteiligen Veränderungen von Gewässereigenschaften*“ zudem mit der Zustandsbewertung von Gewässern verknüpft, wobei in Punkt 2 dann mit der Formulierung „*Beeinträchtigungen auch im Hinblick auf den Wasserhaushalt der direkt von den Gewässern abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete [...]*“ die Flussauen auch gleich einbezogen werden.

Auch die **WRRL** legt in ihren Begriffsbestimmungen fest, dass der ökologische Zustand von Gewässern neben der Struktur auch anhand der ökologischen Funktionsfähigkeit bewertet wird (Art. 2 Abs. 21 WRRL), was sich aber in den etablierten Bewertungswerkzeugen kaum widerspiegelt (Moss 2007, Wolf et al. 2019).

Über diese sehr weitsichtigen und weitreichenden Formulierungen sind die ÖSL der Gewässer und ihrer Auen somit faktisch bereits seit Jahrzehnten in Deutschland rechtlich verankert. Leider wurden diese Zielstellungen nur wenig in der operativen Bewirtschaftung und bei der Rechtsprechung berücksichtigt. Jedoch bieten diese rechtlichen Grundlagen gute formale Voraussetzungen, um bei behördlichen Planungen in Zukunft die Erhöhung der Verfügbarkeit von Ökosystemleistungen als explizites Planungsziel zu formulieren.

Das auf der funktionellen Bewertung von Ökosystemen beruhende Konzept der ÖSL ergänzt somit einerseits komplementär die im Zuge der Umsetzung der WRRL durchgeführten Zustandsbewertungen und erfüllt andererseits die bisher nicht umgesetzte gesetzliche Vorgaben zur Bewertung der Funktionsfähigkeit, die auch in der WRRL vorgesehen sind. Die vielfältigen Funktionen von Flüssen und Auen können in Bezug auf ihre Wirksamkeit auf den Menschen über die Bewertung der versorgenden, regulativen und kulturellen ÖSL anschaulich kommuniziert werden (Abb. 1).

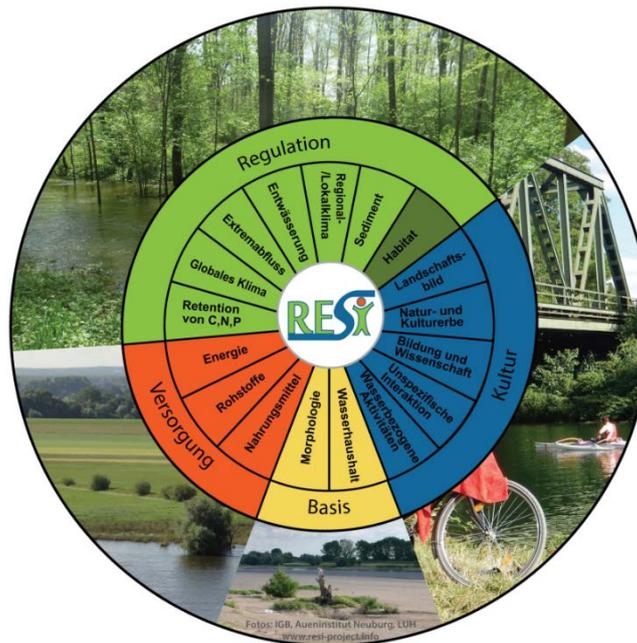


Abb. 1: Ökosystemleistungen von Gewässern und Auen

Die ÖSL stellen dabei nur eine – wenn auch große – Teilmenge der vielfältigen Ökosystemfunktionen dar: Einige in Gewässerökosystemen ablaufende Prozesse (vgl. von Schiller et al. 2017, Wolf et al. 2019) sind für den Menschen nicht direkt bedeutsam, wie etwa die dort in großem Umfang stattfindenden biologisch vermittelten chemischen Umsetzungen von Eisen, Silizium und Calciumcarbonat, und werden daher bei der Betrachtung von ÖSL üblicherweise nicht berücksichtigt. Zudem kann nur einem Teil der gesamten Palette der ÖSL auf ökonomisch begründete Weise ein Geldwert zugewiesen werden, was eine Grundvoraussetzung zur Monetarisierung darstellt. Daher können in Geldwert ausgedrückte Angaben zum Umfang der ÖSL in einem Gebiet sich immer nur auf einen Teil aller ÖSL beziehen.

3 Praktische Anforderungen an eine ÖSL-Bewertung

Anhand der genannten rechtlichen Rahmenbedingungen und aufgrund von Äußerungen aus der wasserwirtschaftlichen Praxis lassen sich vorläufig folgende Anforderungen an eine Nutzung des Konzepts der Ökosystemleistungen bei Gewässer- und Auenentwicklungsmaßnahmen formulieren:

- a) Die Nutzung des ÖSL-Konzepts sollte möglichst eine **funktionelle Bewertung** von Gewässern und Auen unterstützen, da eine solche bei manchen Gewässern (z. B. stark veränderte Gewässer, solche ohne Referenzgewässer oder nicht typisierbare Gewässer) oder Entwicklungsplanungen sinnvoll ist, um die üblichen Zustandsbewertungen zu ergänzen.
- b) Die Nutzung des ÖSL-Konzepts sollte neben den bereits etablierten Schutzgütern eine möglichst **übersichtliche Erfassung aller Ökosystemleistungen und deren Nutzungen** ermöglichen, die z. B. zur Unterstützung einer Plangenehmigung, eines Planfeststellungsverfahrens oder eines Raumordnungsverfahrens mit den jeweiligen Umweltverträglichkeitsprüfungen dienen. Optimaler Weise könnten damit umfangreiche Stellungnahmen der Akteure zur Beeinträchtigung ihrer Ziele und Nutzungsmöglichkeiten von Flächen, wie sie in solchen Verfahren eingeholt werden, in vereinfachter und standardisierte Weise **zusammengefasst und visualisiert** werden.

- c) Das ÖSL-Konzept sollte somit idealerweise eine **intersektorale Plattform** zur allgemeinen und flächenscharfen Darstellung aller **sektoralen Planungsziele und Interessen** bieten, so dass deren Konflikte, vor allem aber deren Synergien allgemein und flächenbezogen erkannt werden können.
- d) Das ÖSL-Konzept ermöglicht die Bewertung und Erfolgs- sowie **Effizienzkontrolle durchgeführter Renaturierungsvorhaben**, und zwar nicht nur im Hinblick auf die wasserwirtschaftlichen Ziele (z. B. Verbesserung der hydromorphologischen Strukturen von Gewässern und Auen oder Verbesserung des Landschaftswasserhaushalts), sondern auch auf die synergistische Verbesserung damit verbundener anderer Landschaftsfunktionen und -leistungen (z. B. Treibhausgasbindung, Vorteile für naturverbundene Erholungsnutzung).
- e) Die Nutzung des ÖSL-Konzeptes kann und soll wesentlich dazu beitragen, Grundlagen für den **gesellschaftlichen Ausgleich** zu schaffen und damit die Honorierung von wirksamen ÖSL der Land- und Forstwirtschaft und weiterer Akteure in Bezug auf (verbesserte) Leistungen der Gewässer, Auen, Moore und sonstigen Feuchtgebiete sowie der Böden und Ökosysteme in den Einzugsgebieten.
- f) Der zusätzliche Aufwand zur Erfassung der ÖSL sollte somit durch größere entstehende **Vorteile** aufgewogen werden:
- durch verbesserte, interaktivere **Kommunikation** mit den Akteuren über die Entscheidungsgrundlagen
 - durch die Zusammenführung der verfügbaren thematisch relevanten Umweltdaten
 - durch leicht fassbare Darstellung der Auswirkungen verschiedener **Planungsszenarien** (vgl. Hornung et al. 2019)
 - durch **transparentere** und damit von den Akteuren leichter zu akzeptierende **Entscheidungsfindung** sowie
 - durch Ermöglichung eines funktionalen **Erfolgsmonitorings** zum Nachweis des Projekterfolgs,
 - durch Auswahl funktional gleichartig wirkender **Ausgleichsmaßnahmen** für unvermeidliche Eingriffe anstatt der rein mathematischen linearen Bewertung der Flächengröße und „Ökopunkte“.

4 Der River Ecosystem Service Index (RESI) als Werkzeug zur Erhöhung der Resilienz von Landschaft und Gewässern

Neben der Erreichung der Ziele der WRRL oder der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-RL) und Vogelschutzrichtlinie erfordern auch die Klima-, Biodiversitäts- wie auch die Covid-19-Krise Mitigations- und Anpassungsmaßnahmen in urbanen Strukturen, in der freien Landschaft und an Gewässern infolge von größeren Klimaextremen, geringerer Wasserverfügbarkeit und erhöhtem Nutzungsdruck, v. a. zur Erholung und für eine nachhaltige Landwirtschaft (Scholz et al. 2012, TEEB 2015, Pusch et al. 2019).

Der RESI und daraus ableitbare ÖSL-Verfügbarkeitsindizes ermöglichen die systematische und sektorenübergreifende Ableitung von Handlungsoptionen, die die Bereitstellung von wasserbezogenen ÖSL stärken (also versorgende, regulierende, und kulturelle ÖSL, wie etwa Trinkwasserbereitstellung, Schadstoffrückhalt, Habitatbereitstellung und Erholungsfunktion) sowie auf die Anpassung der nachhaltigen Nutzungen wasserbezogener ÖSL abzielen (Podschn et al. 2018a,b).

Mit der Visualisierung des RESI durch Karten und Polargrafiken ist eine leicht verständliche, transparente und räumlich explizite Darstellung der betrachteten ÖSL möglich (Abb. 2, siehe auch die Praxisbeiträge in diesem Band zur Nahe von Mehl et al. 2020, zur Nahe von Fischer-Bedtke et al. 2020 oder zur Donau von Gelhaus et al. 2020). Diese erleichtert die Kommunikation zwischen verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen und Verwaltungsressorts sowie auch mit anderen Akteuren, zumal die Fülle verfügbarer Umweltdaten durch RESI stark zusammengefasst wird.

Diese Handlungsoptionen können hinsichtlich der Landnutzung für einen Planungsraum so variiert werden, dass bei gegebener höherer Klimavariabilität infolge erhöhter Nutzungsstrukturierung und Multifunktionalität eine räumliche Risikominimierung der Landnutzung, Siedlungsnutzung und Wasserwirtschaft und damit höhere Resilienz gegenüber Wasser-Extremen erreicht wird. RESI stellt somit die Grundlage für mögliche weitere von sektorenübergreifenden Planungs- und Analyseinstrumenten dar, die relevante sektorale Grundlagendaten in zusammengefasster Form bewertet, visualisiert und somit für die Entscheidungsunterstützung nutzbar macht.

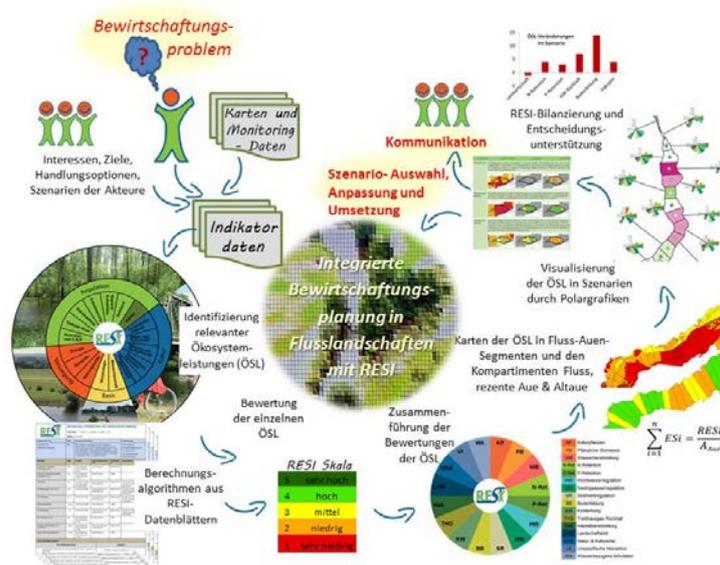


Abb. 2: Übersicht über die Methodik der Bewertung von Ökosystemleistungen mit dem „River Ecosystem Service Index“ (RESI).

5 Literaturverzeichnis

- Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J., et al. (2020): More than one million barriers fragment Europe's rivers. – *Nature* 588: 436–441
- Brauns, M., Gücker, B., Wagner, C., Garcia, X.-F., Walz, N. & Pusch, M. T. (2011): Human lakeshore development alters the structure and trophic basis of littoral food webs. – *Journal of Applied Ecology* 48 (4): 916–925.
- Fischer-Bedtke, C., Vilović, V., Podschun, S., Albert, C., Damm, C., Fischer, H., Foeckler, F., Gelhaus, M., Volkmar Hartje, Hoffmann, T.G., Kasperidus, H. D., Mehl, D., Pusch, M., Ritz, S., Rumm, A., Schulz-Zunkel, C., Stammel, B., Thiele, J., Venohr, M., von Haaren, C., Scholz, M. & Dehnhardt, A. (2020): Ökosystemleistungen der Flüsse und ihrer Auen: Einflussfaktoren und Nutzungen. In diesem Buch.
- Gelhaus, M., Podschun, S., Albert, C., Becker, A., Chakhvashvili, E., Fischer-Bedtke, C., Fischer, H., Damm, C., Gerstner, L., Hoffmann, T. G., Iwanowski, J., Kasperidus, H. D., Linnemann, K., Mehl, D., Pusch, M., Rayanov, M., Ritz, S., Rumm, A., Sander, A., Scholz, M., Schulz-Zunkel, C., Thiele, J.,

- Venohr, M., von Haaren, C., Wildner, M. & Stammel, B. (2020): Ergebnisse der ÖSL-Quantifizierung und -bewertung für geplante Hochwasserschutzmaßnahmen an der Donau von der Iller bis zur Lechmündung. In diesem Buch.
- Gücker, B., Brauns, M. & Pusch, M. T. (2006): Effects of wastewater treatment plant discharge on ecosystem structure and function of lowland streams. – *Journal of the North American Benthological Society* 25: 313-329.
- Gücker, B., Brauns, M., Solimini, A., Voss, M., Walz, N., Pusch, M. T. (2011): Urban stressors alter the trophic basis of secondary production in an agricultural stream. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 74-88.
- Hornung, L., Podschun, S.A. & Pusch, M. (2019): Linking ecosystem services and measures in river and floodplain management. – *Ecosystems and People* 15: 214-231.
- Kakouei, K., Kiesel, J., Kail, J., Pusch, M. & Jaehnig, S.C. (2017): Quantitative hydrological preferences of benthic stream invertebrates in Germany. *Ecological Indicators* 79: 163-172.
- Lorenz, S., Pusch, M.T., Miler, O. & Blaschke, U. (2017): How much ecological integrity does a lake need? Managing the shores of a peri-urban lake. – *Landscape and Urban Planning* 164: 91-98.
- Mehl, D., Fischer-Bedtke, C., Damm, C., Gelhaus, M., Gerstner, L., Hoffmann, T. G., Iwanowski, J., Podschun, S., Rumm, A., Scholz, M. & Stammel, B. (2020): Ergebnisse der Quantifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen vor und nach der Renaturierung der Nebel. In diesem Buch.
- Moss, B. (2007): Shallow lakes, the Water Framework Directive and life. What should it be all about? – *Hydrobiologia* 584: 381-394.
- Nützmann, G., Wolter, C., Venohr, M. & Pusch, M. (2011): Historical Patterns of Anthropogenic Impacts on Freshwaters in the Berlin-Brandenburg Region. – *Die Erde* 142: 41-64.
- Podschun, S. A., Thiele, J., Dehnhardt, A., Mehl, D., Hoffmann, T. G., Albert, C., von Haaren, C., Deutschmann, K., Fischer, C., Scholz, M., Costea, G. & Pusch, M. T. (2018a): Das Konzept der Ökosystemleistungen – eine Chance für Integratives Gewässermanagement. – *Hydrologie & Wasserbewirtschaftung* 62 (6): 453-468.
- Podschun, S. A., Albert, C., Costea, G., Damm, C., Dehnhardt, A., Fischer, C., Fischer, H., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Hartje, V., Hoffmann, T. G., Hornung, L., Iwanowski, J., Kasperidus, H. D., Linnemann, K., Mehl, D., Rayanov, M., Ritz, S., Rumm, A., Sander, A., Schmidt, M., Scholz, M., Schulz-Zunkel, C., Stammel, B., Thiele, J., Venohr, M., von Haaren, C., Wildner, M. & Pusch, M. (2018b): RESI - Anwendungshandbuch: Ökosystemleistungen von Flüssen und Auen erfassen und bewerten, 187 S. + XI.
- Pusch, M. T., Podschun, S. A., Albert, C., Damm, C., Dehnhardt, A., Fischer, C., Fischer, H., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Iwanowski, J., Hoffmann, T. G., Mehl, D., Rayanov, M., Ritz, St., Rumm, A., Scholz, M., Stammel, B., Thiele, J. & Venohr, M. (2019): Ökosystemleistungen von Flussauen bewerten: der RESI-Ansatz. – *Auenmagazin* 16: 6-10.
- Schindler, S., Sebesvari, Z., Damm, C., Euller, K., Mauerhofer, V., Hermann, A., Biró, M., Essl, F., Kanka, R., Laawars, S. G., Schulz-Zunkel, C., van der Sluis, T., Kropik, M., Gasso, V., Krug, A., Pusch, M., Zulka, K. P., Lazowski, W., Hainz-Renetzeder, C., Henle, K. & Wrbka, T. (2014): Multifunctionality of floodplain landscapes: relating management options to ecosystem services. – *Landscape Ecology* 29: 229-244.
- Schöll, F. et al. (2012): Conceptual paper on large river bioassessment. Annex II of Schöll, F., Birk, S. & Böhmer, J. (eds.): XGIG Large River Intercalibration Exercise – WFD Intercalibration Phase 2: Milestone 6 report. Joint Research Centre, Ispra (IT), 73 S.
- Scholz, M., Mehl, D., Schulz-Zunkel, C., Kasperidus, H. D., Born, W. & Henle, K. (2012): Ökosystemfunktionen in Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Treibhausgas-Senken-/Quellenfunktion und Habitatfunktion. – *Naturschutz und biologische Vielfalt* 124, 257 S.

- TEEB DE (2015): Naturkapital und Klimapolitik - Synergien und Konflikte.. von Hartje, V., Wüstemann H. & Bonn, A. (Hrsg.). Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Berlin, Leipzig.
- Tockner, K., Pusch, M., Gessner, J. & Wolter, C. (2011): Domesticated Ecosystems and Novel Biotic Communities: Challenges for Water Management. – *Ecohydrology and Hydrobiology* 11: 167-174.
- UBA (2020): Weiterentwicklung der biologischen Bewertungsverfahren zur EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) unter besonderer Berücksichtigung der großen Flüsse. Rolauffs, P., Hering, D., Mischke, U., Gutowski, A., Hofmann, G., Halle, M. & Vogl, R. (Autoren). Umweltbundesamt. – UBA Texte 23/2020, 178 S.
- von Schiller, D., Acuña, V., Aristi, I., Arroita, M., Basaguren, A., Bellin, A., Boyero, L., Butturini, A., Ginebreda, A., Kalogianni, E., Larrañaga, A., Majone, B., Martínez, A., Monroy, S., Muñoz, I., Paunović, M., Pereda, O., Petrovic, M., Pozo, J., Rodríguez-Mozaz, S., Rivas, D., Sabater, S., Sabater, F., Skoulikidis, N., Solagaistua, L., Vardakas, L. & Elosegi, A. (2017): River ecosystem processes: A synthesis of approaches, criteria of use and sensitivity to environmental stressors. – *Science Total Environment* 596/597: 465-480.
- Wolf, C., Völker, J. & Klauer, B. (2019): Der ökologische Zustand nach WRRL – Potenziale einer ergänzenden funktionalen Zustandsbewertung. – *Wasserwirtschaft* 4: 22-24.
- Zingraff-Hamed, A., Schröter, B., Schaub, S., Lepenies, R.; Stein, U., Hüesker, F., Meyer, C., Schleyer, C., Schmeier, S. & Pusch, M.T. (2020): Perception of bottlenecks in the implementation of the European Water Framework Directive. – *Water Alternatives* 13(3): 458-483.