

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-ZUN- KEL, 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 Treibhaus- gasen / 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

Einführung in den River Ecosystem Services (RESI) - Ansatz

PODSCHUN, S. A., FISCHER-BEDTKE, C., ALBERT, C., DAMM, C., DEHNHARDT, A., FISCHER, H., FOECKLER, 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

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielstellung	5
2	Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen.....	5
3	Methodische Grundlagen der Erfassung und Bewertung von ÖSL im RESI.....	7
4	Aufbau des Buches.....	11
5	Literaturverzeichnis.....	12

1 Einleitung und Zielstellung

An Flüssen und in ihren Auen bieten sich dem Menschen vielfältige und umfangreiche Ökosystemleistungen (ÖSL), weswegen die Ränder von Flusstälern seit langem bevorzugte Siedlungsgebiete darstellen. Diese ÖSL werden durch die hydromorphologische Dynamik in Flusslandschaften beeinflusst und verringern sich entsprechend infolge einer wasserbaulichen Trennung von Fluss und Aue. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundprojekt „River Ecosystem Service Index (RESI)“ betrachtet Flüsse und ihre Auen als funktionale Einheit und erfasst die ÖSL, um Handlungsoptionen integrativ zu bewerten. In enger Kooperation von öffentlichen Forschungseinrichtungen, Umweltforschungs-, Sachverständigen- und Planungsunternehmen sowie Anwendungspartnern wurde das ÖSL-Konzept für die Anwendung im Auen- und Gewässerkontext für eine bundesweit einsetzbare vergleichende Bewertung von Flusslandschaften operationalisiert. Durch die sektorenübergreifende Darstellung der ÖSL von Fluss- und Auenökosystemen ermöglicht der integrative Ansatz einen transparenten Vergleich verschiedener Maßnahmen und Handlungsoptionen (Podschun et al. 2018a, 2018b). Der integrative, inter- und transdisziplinäre Charakter des ÖSL-Konzepts erlaubt die Funktionalität des Ökosystems und die direkten und indirekten Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen zu beschreiben (TEEB DE 2015).

2 Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen

Als Paradigmen der Landschaftsökologie und -planung in Mitteleuropa wurden die Begriffe Leistungsfähigkeit bzw. Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes bereits in den 1970er Jahren eingeführt (Niemann 1977, Buchwald & Engelhardt 1978, Haber 1979) und in den darauffolgenden Jahrzehnten erheblich weiterentwickelt (z. B. de Groot 1987, Bastian & Schreiber 1999). Sie fanden in Deutschland auch Eingang in das Naturschutz- und Wasserrecht (s. u.). Letztendlich hat dieser Ansatz dazu geführt, die sogenannten natürlichen Schutzgüter Boden, Wasser, Klima und Luft, Tiere und Pflanzen, aber auch die anthropozentrischen Schutzgüter wie Landschaftsbild und Erholung zu erfassen, und diese Aspekte für verschiedene planerische Zielstellungen zu bewerten (z. B. Bastian & Schreiber 1999, Jessel & Tobias 2002, von Haaren 2004, Scholz et al. 2012). Im englischen Sprachraum findet der Begriff „ecosystem service“ eine erste Erwähnung bei Ehrlich

& Ehrlich (1981) und wurde durch die Veröffentlichungen von Daily (1997), durch das Millenium Ecosystem Assessment (MA 2005) bis zu den europäischen Initiativen wie MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services) (Maes et al. 2012) auf die umweltwissenschaftliche Agenda gesetzt. In den letzten Jahren wuchs auch die politische Wahrnehmung des ÖSL-Konzeptes in erheblichem Umfang. Auf globaler Ebene wurde in der Neuauflage der Convention of Biological Diversity im Jahre 2010 (CBD 2010) zusätzlich zum Erhalt der Biodiversität auch der Erhalt von ÖSL als Ziel formuliert. Der Weltbiodiversitätsrat der Vereinten Nationen (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)) treibt konzeptionelle und methodische Neuerungen zur Erfassung und Bewertung von ÖSL voran (z. B. Diaz et al. 2018) und veröffentlicht wegweisende Sachstandsberichte zum Zustand der Ökosysteme und zu möglichen Handlungsoptionen (z. B. IPBES 2019). Parallel sind auf europäischer Ebene die Mitgliedsstaaten aufgefordert, neben dem Status der Ökosysteme auch die ÖSL zu erfassen (European Commission 2011), was bereits in der Entwicklung von Ansätzen für eine nationale Bewertung von Ökosystemen und ihren Leistungen in mehreren Ländern inklusive Deutschland mündete (Albert et al. 2015, 2017, Grunewald et al. 2017, Schröter et al. 2016).

In den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen stehen noch immer einzelne sektorale Ziele im Fokus und der Begriff ÖSL wird bisher nicht explizit erwähnt (Kistenkas & Bouwma 2018). Jedoch sind mit der Sicherung der „Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts“ sowie der „Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft“ im Bundesnaturschutzgesetz gleich mehrere ÖSL implizit angesprochen. Auch in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wird der Begriff ÖSL nicht explizit genannt, obwohl vielfältige direkte und indirekte Verbindungen zwischen den konkret formulierten Zielen der WRRL und dem ÖSL-Ansatz existieren (Vlachopoulou et al. 2014). Mit der Änderung des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) 2016 begannen auch auf der Ebene der WRRL-Planungseinheiten Diskussionen zur Bedeutung und Tragweite der Begriffe „Wasserdienstleistungen und Wassernutzungen“. Für die Berücksichtigung von „*Wasserdienstleistungen sowie andere Handlungen mit Auswirkung auf den Zustand eines Gewässers*“ (§ 3 WHG) sowie von sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen (§6a Abs. 4 WHG) bietet der ganzheitliche Ansatz des ÖSL-Konzeptes eine geeignete Grundlage (Podschun et al. 2018b). In der Praxis kann der ÖSL-Ansatz den Planungs- und Entscheidungsprozess durch die Identifizierung und Implementierung von multifunktionellen und effizienten Auen- und Gewässerschutzmaßnahmen unterstützen (Schindler et al. 2014, 2016). Indem der ÖSL-Ansatz versorgende, regulative und kulturelle ÖSL einschließt, ergibt sich eine breitere fachliche Perspektive und damit Diskussionsgrundlage für die Bewertung von Handlungsmöglichkeiten. Dies ermöglicht es, Optionen zu identifizieren, die über die Ziele der WRRL hinaus einen Mehrwert generieren (Vlachopoulou et al. 2014), und so beispielweise über eine integrierte Betrachtung von Fluss und Aue Maßnahmen der WRRL mit denen der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie in Einklang zu bringen (Hornung et al. 2019). Sowohl der Maßnahmennutzen für den Menschen als auch die potentiellen Einflüsse auf andere Zielsetzungen können über die Veränderung der ÖSL dargestellt werden und somit die bestehenden fachlichen Bewertungen und Begründungen sinnvoll ergänzen. In der Folge können partizipative Planungsprozesse erleichtert und die öffentliche Akzeptanz erhöht werden (Schindler et al. 2016, Vlachopoulou et al. 2014).

Um die Nutzung des ÖSL-Ansatzes in der Anwendung voranzutreiben, haben es sich in den letzten Jahren verschiedene internationale Initiativen zum Ziel gesetzt, durch eine einheitlichere Herangehensweise ÖSL-Einzelfallstudien vergleichbarer zu gestalten (bspw. MAES und CICES - Common International Classification of Ecosystem Services) (Haines-Young & Potschin 2013, Maes et al. 2012). Gleichzeitig ist allerdings eine auf die spezifischen Eigenschaften der Landschaften und den kulturellen Kontext angepasste Ausrichtung des Konzeptes wichtig, um die Anwendbarkeit

unter den rechtlichen Rahmenbedingungen sicherzustellen, das sektorenspezifische Wissen aufzugreifen sowie vor diesem Hintergrund die relevanten ÖSL und die geeigneten Methoden zu deren Erfassung auswählen zu können (Febria et al. 2015, Primmer & Furman 2012, Saarikoski et al. 2015). In Bezug auf die Erfassung und Bewertung von ÖSL hat sich die Forschungslandschaft von ersten Studien zu einzelnen ÖSL mehr und mehr in die Richtung der Untersuchung von vielfältigen ÖSL und deren Interaktion weiterentwickelt, d. h. insbesondere in der Darstellung von Synergien und Trade-Offs (Howe et al. 2014). Während hierzu bereits einige Anwendungsbeispiele im urbanen oder ländlichen Kontext vorliegen (Fagerholm et al. 2016, Haase et al. 2014, Luederitz et al. 2015), sind Anwendungen im Gewässer- und Auenkontext noch vergleichsweise selten oder selektiv (Bouwma et al. 2018, Harrison-Atlas et al. 2016, Posthumus et al. 2010, Schindler et al. 2014) und es fehlen Ansätze, die ökosystemübergreifend (d. h. terrestrisch, aquatisch, semiaquatisch, marin) angewandt werden können (Portman 2013, Primmer & Furman 2012).

Vor diesem Hintergrund wurde im Projekt RESI das ÖSL-Konzept sowie die CICES-Klassifikation für die Anwendung in Flusslandschaften angepasst und auf der Grundlage von bestehenden Datensätzen (wie z. B. aus dem WRRl- und Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Monitoring oder räumlichen Informationen wie Bodenkarten oder Landnutzungsdaten) Methoden zur Erfassung und Bewertung der verschiedenen ÖSL entwickelt.

3 Methodische Grundlagen der Erfassung und Bewertung von ÖSL im RESI

Als Grundlage für eine umfassende Erfassung der vielfältigen ÖSL wurden im Projekt RESI zunächst im Rahmen eines interdisziplinären Diskussionsprozesses der konzeptionelle Ansatz, die ÖSL-Klassifikation, die räumliche Skala sowie die Bewertungsskala festgelegt. Als Resultat wurden insgesamt 27 für Fluss- und Auensysteme relevante ÖSL identifiziert und inhaltlich definiert (Tab. 1). Diese RESI-Klassifikation greift die drei weithin etablierten ÖSL-Hauptgruppen der versorgenden, regulierenden und kulturellen ÖSL auf. Dabei wurden potentielle Doppelerfassungen sowie die Datenverfügbarkeit berücksichtigt. Auf die spezifischen Definitionen und Hintergründe der einzelnen ÖSL für die Erfassungs- und Bewertungsmethoden wird in den nachfolgenden Beiträgen (in diesem Buch) im Detail eingegangen.

In Bezug auf das ÖSL-Konzept wird im RESI-Projekt zwischen bereitgestellten und genutzten ÖSL unterschieden sowie der menschliche Einfluss zur Nutzbarmachung der ÖSL berücksichtigt (Podschun et al. 2018a). Bereitgestellte ÖSL umfassen alle Beiträge des Ökosystems, die Menschen heute oder zukünftig nutzen könnten, aber nicht zwangsweise derzeit genutzt werden (von Haaren et al. 2014). Dementsprechend beschreiben bereitgestellte ÖSL die Leistungsfähigkeit oder das Angebot an ÖSL (Burkhard et al. 2014). Genutzte ÖSL werden direkt von Menschen konsumiert oder in Anspruch genommen (von Haaren et al. 2014). Sie beschreiben den de facto genutzten Teil der Gesamtheit der ÖSL in einer bestimmten Fläche zu einer bestimmten Zeit (Burkhard et al. 2014) oder auch durch gesetzliche Regelungen zu schützende Funktionen und Leistungen. Diese Differenzierung ermöglicht tiefergehende planerische Diskussionen, z. B. wenn genutzte und bereitgestellte ÖSL bei Vorhaben nicht übereinstimmen (Podschun et al. 2018a).

Tab. 1: Die RESI-Klassifikation der in Flüssen und Auen relevanten Ökosystemleistungen (ÖSL) im mitteleuropäischen Kontext. Die Farben grenzen die Hauptgruppen der versorgenden, regulierenden und kulturellen ÖSL ab. * kennzeichnet potentielle Überlappungen, die bei der Erfassung und Bewertung zu berücksichtigen sind.

Hauptgruppe	Subgruppe bzw. Klasse	Ökosystemleistungen	Kurzbeschreibung der ÖSL
Versorgung	Nahrungsmittel	Kulturpflanzen	Landwirtschaftliche Kulturpflanzen (z. B. Getreide, Knollenfrüchte, Gemüse, Obst)
		Pflanzliche Biomasse für den Einsatz in der Landwirtschaft	Futterpflanzen (Ackerfutter, aus Wiesen und Weiden stammendes Futter) als Grundlage der Erzeugung tierischer Produkte (z. B. Milch, Fleisch)
		Wildtiere und Fische* (konsumtiv)	Wild und Fische für den Verzehr
		Trinkwasser (Oberflächenwasser)	Trinkwasser aus Oberflächenwasser
		Trinkwasser (Grundwasser)	Trinkwasser aus Grundwasser
	Rohstoffe	Pflanzliche Rohstoffe für Verarbeitung	Holz (aus Wald und Kurzumtriebsplantagen (KUP)) für Verarbeitungszwecke
		Brauchwasser in Industrie und Landwirtschaft (Oberflächen- und Grundwasser)	Kühlwasser, Bewässerungswasser
	Energie	Pflanzliche Energierohstoffe aus Landwirtschaft, KUP, Holzwirtschaft	Land- und forstwirtschaftliche Biomasse (z. B. Mais, Raps, Holz) als Energierohstoff
Regulation	Retention	Retention von organischem C	• (Temporärer) Rückhalt von organischem C durch Aufnahme in stationäre Biomasse (z. B. Assimilation von Muscheln/Biofilm) oder durch Aufnahme in Sedimente (Deposition) • Dauerhafte Entfernung von organischem C durch Respiration • Mikrobieller Abbau organischer Schadstoffe
		Retention von N	• (Temporärer) Rückhalt von N durch Aufnahme in stationäre Biomasse (z. B. Assimilation von Muscheln / Biofilm, Makrophyten) oder durch Aufnahme in Sedimente (Deposition) • (Temporärer) Rückhalt von anorg. N durch Aufnahme in pelagische Biomasse (Assimilation von Phytoplankton, Zooplankton) • Dauerhafte Entfernung von N durch Denitrifikation in Fluss und Auen als Beitrag zur Wasserreinigung
		Retention von P	• (Temporärer) Rückhalt von P durch Aufnahme in stationäre Biomasse (z. B. Assimilation von Muscheln/Biofilm, Makrophyten) oder durch Aufnahme in Sedimente von Fluss und Aue (Deposition) • (Temporärer) Rückhalt von anorg. P durch Aufnahme in pelagische Biomasse (Assimilation von Phytoplankton, Zooplankton)

Fortsetzung Tab. 1

Hauptgruppe	Subgruppe bzw. Klasse	Ökosystemleistungen	Kurzbeschreibung der ÖSL (deutsch)
	Globales Klima	Rückhalt von Treibhausgasen/Kohlenstoffsequestrierung	- Verminderung von anoxischem C-Abbau (CH₄ Emission) - Verminderung von unvollständigem anoxischem N-Abbau (N₂O Emission) - Rückhalt von CO₂ durch Aufnahme in Biomasse (Nettoprimärproduktion / Assimilation) → Kohlenstoffsequestrierung 1) in Auenvegetation und Auenböden (oberirdisch in toter und lebender Biomasse und unterirdisch im Boden); 2) temporärer Rückhalt durch Aufbau von Biomasse in Flüssen und an Flusssufern (z. B. Phytoplankton, annuelle Makrophyten etc.). Hier teilweise Trade Off mit Eutrophierung
Regulation	Extremabfluss	Hochwasserregulation	Drosselung des Hochwasserabflusses und Absenkung des Hochwasserscheitels: Wellenabflachung (durch Ausuferung/Überflutung wird Rückhaltevolumen genutzt, Fluss-/Auenmorphologie erzeugt Rauigkeit)
		Niedrigwasserregulation	Niedrigwasserausgleich durch Aquiferentlastung, hydrologische Selbstregulation durch Makrophytenaufwuchs und Morphologie (Dämpfung des Wasserstandsabfalls)
	Entwässerung	Vorflut	Möglichkeit, dass Wasser im natürlichen Gefälle abfließen kann und von Vorflutern (Gewässern) aufgenommen und fortgeführt wird
	Sedimente (inkl. Schwebstoffe)	Sedimentregulation	Ausgleich von örtlichem Überangebot oder Mangel an Sediment durch infolge linien- und flächenhafter Erosion oder Ablagerung (in Flussgerinnen, Flussdeltas, an Stränden)
		Bodenbildung in Auen	Sedimentinduzierte Bodenbildung (vor allem infolge Schwebstoffsedimentation)
	Regional-/Lokalklima	Kühlwirkung (Gewässer und Böden)	Kühleffekt infolge Verdunstung durch die latente Verdunstungswärme (Relevanz im Sommerhalbjahr)
		Habitatbereitstellung*	Betrachtet die funktionelle und strukturelle Qualität flussauentypischer Habitate, Lebensgemeinschaften und Arten, die als Grundlage vielfältiger menschlicher Nutzungen dienen. Die Habitate mit ihrer naturraumtypischen Vielfalt der Tier- und Pflanzengemeinschaften der Natur- und Kulturlandschaft sind Ausdruck der charakteristischen Standortverhältnisse von Flusslandschaften.
Kultur		Landschaftsbild*	Die Ästhetik der Landschaft charakterisiert durch ihre Vielfalt, Eigenart und Natürlichkeit
		Natur- und Kulturerbe*	Gesamtheit von materiellen Objekten sowie gedankliche und kulturelle Reflexion materieller Naturgüter durch den Menschen und lebendige kulturelle Ausdrucksformen
		Unspezifische Interaktion mit der Flusslandschaft	Erleben von Tieren, Pflanzen und Landschaften (z. B. Naturbeobachtung, Aufenthalt in der Flusslandschaft zum Entspannen, Picknick, etc.)
		Wasserbezogene Aktivitäten	Baden, nichtmotorisiertes Bootfahren (Kanu, Kajak, etc.), motorisiertes Bootfahren (Ausflugsschiffahrt, Sportmotorboote etc.) und Angeln als spezifische, wasserbezogene Aktivitäten, die zum Zweck der Erholung stattfinden

Die räumliche Skala der Erfassung wurde auf Grundlage von Fluss-Auen-Abschnitten nach Brunotte et al. (2009) definiert. Für diese wurde die morphologische Aue, d. h. der natürliche Überschwemmungsbereich des Flusses, in 1-km Fluss-Auen-Segmente (quer zur Gewässerachse) gegliedert. Diese Segmente sind zunächst in den Fluss, die in ihrer Breite beidseitig angrenzende, aktuell überflutbare rezente Aue und die vom Überflutungsregime durch Deiche entkoppelte Altaue unterteilt. Die daraus entstandenen kleinsten räumlichen Einheiten werden in Anlehnung an Scholz et al. (2012) als Fluss-Auen-Kompartimente bezeichnet (Abb. 1). Für diese Fluss-Auen-Segmente bzw. Kompartimente werden die ÖSL auf einer fünfstufigen Bewertungsskala von 1 (sehr gering bis fehlend) bis 5 (sehr hoch) abgebildet. Diese Bewertungsskala ist einerseits in ihrem Detaillierungsgrad kompatibel für die Bewertung aller betrachteten ÖSL und ermöglicht andererseits eine anschauliche Visualisierung in Form von Karten. Auf diese Weise können mit dem RESI bestehende Datenbestände (z. B. Wasserqualitätsmonitoring, FFH-Monitoring, Boden- und Landnutzungsdaten etc.) zusammengeführt und integriert bewertet werden. Der Index selbst führt die individuellen ÖSL auf der Ebene der Fluss-Auen-Segmente zusammen und erlaubt somit eine Abschätzung, die je nach Kontext auf Grundlage der Summe der ÖSL Bewertungen (RESI-Summenindex), dem Mittelwert aller Bewertungen (RESI-Mittelwert) oder dem Verhältnis aus hoch und niedrig bewerteten ÖSL (RESI-Multifunktionalitätsindex) erfolgen kann (Podschun et al. 2018a).

Der RESI-Ansatz ermöglicht es, vielfältiges sektorales Wissen und vorhandene Datensätze für die Anwendung aufzubereiten, um so die Gestaltung von integrativen Managementoptionen zu erleichtern. Hierfür wurden die Methoden zur Erfassung und Bewertung der individuellen ÖSL in einheitlichen Indikatoren-Kennblättern im RESI-Anwendungshandbuch übersichtlich und nachvollziehbar für die praktische Anwendung aufbereitet (Podschun et al. 2018a). Die hier vorliegende Veröffentlichung ergänzt nun detailliert die zugrundeliegenden fachlichen Hintergründe und methodischen Überlegungen zur Quantifizierung und Bewertung ausgewählter ÖSL in Flüssen und Auen.

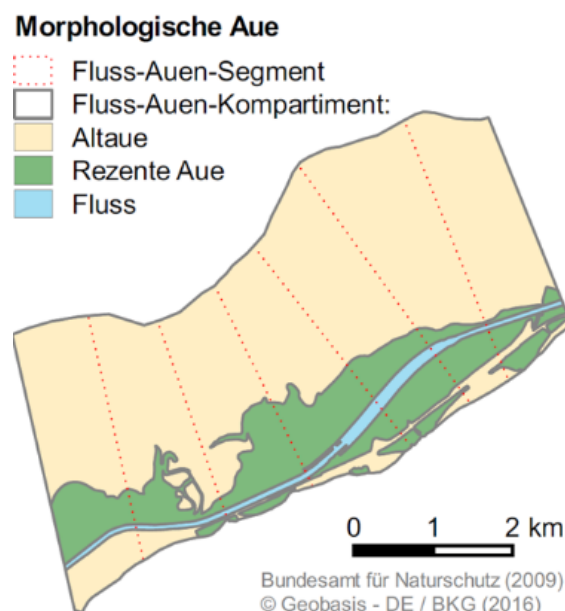


Abb. 1: Schematische Darstellung der morphologischen Aue mit ihren Kompartimenten Fluss, rezente Aue und Altaue (verändert nach Brunotte et al. 2009, Abbildung aus Podschun et al. 2018a).

4 Aufbau des Buches

Den Rahmen für die Entwicklung von Indikatoren stellt die Auseinandersetzung mit dem Wirkgefüge aus ÖSL, Nutzungen und menschlichem Wohlergehen dar, das durch direkte und indirekte Faktoren beeinflusst wird. Der Beitrag von **Fischer-Bedtke et al. 2020a** stellt den Stand des Wissens über die Auswirkungen direkter und indirekter Einflussfaktoren auf die ÖSL in Flusslandschaften dar.

Im Beitrag von **Dehnhardt et al. 2020** werden die Methoden der Quantifizierung und Bewertung versorgender ÖSL vorgestellt. Für Quantifizierung und Bewertung der regulierenden ÖSL wird in den Themenkomplexen **Stofftransport (Mehl et al. 2020a)**, **Stoffmetabolisierung (Ritz et al. 2020)** und **Habitatbereitstellung (Scholz et al. 2020, Fischer-Bedtke et al. 2020b, Nissl et al. 2020, Rumm et al. 2020, Stammel et al. 2020)** eingegangen. **Mehl et al. (2020a)** geben eine Beschreibung der Überlegungen und fachlichen Hintergründe zur Erfassung der ÖSL Hoch- und Niedrigwasser- sowie Sedimentregulation, Bodenbildung, Rückhalt von Treibhausgasen und Kühlwirkung. **Ritz et al. (2020)** beschreiben die Quantifizierung der Nährstoffretention in Hauptlauf, Nebenflüssen und Aue sowie die Herleitung der Klassengrenzen, die es ermöglicht die Nährstoffretention vergleichend zu bewerten. **Scholz et al. (2020)** und **Fischer-Bedtke et al. (2020b)** gehen im Detail auf die Erfassung der ÖSL Habitatbereitstellung ein, für die ein bundesweiter sowie detaillierter regionaler Ansatz in der Aue entwickelt wurde. Letzterer ermöglicht es, die Aue und den Fluss zu betrachten sowie spezifisch die floristische Ausstattung (**Stammel et al. 2020**) und die Molluskenfauna (**Rumm et al. 2020**) miteinzubeziehen. Für die Bewertung der Habitatbereitstellung im Fluss wurde ein aquatischer Index entwickelt und im Beitrag **Nissl et al. 2020** dargestellt. Die Regeln für die Berechnung des Habitatindexes in der Aue für verschiedene Handlungsoptionen werden in **Damm et al. (2020a)** aufgezeigt.

Thiele et al. (2020) stellen die Indikatoren-Entwicklung zur Erfassung und Quantifizierung kultureller ÖSL vor. Ihr Bewertungsverfahren liefert sowohl einen bundesweiten als auch einen lokalen Bewertungsansatz. Gleichzeitig unterscheidet das Bewertungsverfahren von **Thiele et al. (2020)** zwischen der Bereitstellung, dem menschlichen Einfluss und der tatsächlichen Nutzung kultureller ÖSL.

Der detaillierten Darstellung der Methoden folgen ausgewählte Ergebnissen zur Anwendung des RESI in den Modellregionen Oberrhein (**Damm et al. 2020b**), Nebel (**Mehl et al. 2020b**), Nahe (**Fischer-Bedtke et al. 2020c**) und Donau (**Gelhaus et al. 2020**).

5 Literaturverzeichnis

- Albert, C., Burkhard, B., Daube, S., Dietrich, K., Engels, B., Frommer, J., Götzl, M., Gret-Regamey, A., Job-Hoben, B., Keller, R., Marzelli, S., Moning, C., Müller, F., Rabe, S.-E., Ring, I., Schwaiger, E., Schweppe-Kraft, B. & Wüstemann, H. (2015): Empfehlungen zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen. – BfN-Skripten 410, 53 S.
- Albert, C., Neßhöver, C., Schröter, M., Wittmer, H., Bonn, A., Burkhard, B., Dauber, J., Döring, R., Fürst, C., Grunewald, K., Haase, D., Hansjürgens, B., Hauck, J., Hinzmann, M., Koellner, T., Plieninger, T., Rabe, S.-E., Ring, I., Spangenberg, J. H., Stachow, U., Wüstemann, H. & Görg, C. (2017): Towards a National Ecosystem Assessment in Germany: A Plea for a Comprehensive Approach. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 26(1): 27-33.
- Bastian, O. & Schreiber, K.-F. (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. 2. Aufl. Heidelberg/Berlin: Spektrum-Verlag.
- Bouwma, I., Schleyer, C., Primmer, E., Winkler, K. J., Berry, P., Young, J., Carmen, E., Špulerová, J., Bezák, P., Preda, E. & Vadineanu, A. (2018): Adoption of the ecosystem services concept in EU policies. – *Ecosystem Services* 29: 213-222.
- Brunotte, E., Dister, E., Günther-Diringer, D., Koenzen, U. & Mehl, D. (2009): Flussauen in Deutschland. Erfassung und Bewertung des Auenzustandes, Schriftenr. – Naturschutz und biologische Vielfalt 87, 141 S., Kartenband.
- Buchwald, K. & Engelhardt, W. (1978): Die Belastung der Umwelt. In: Buchwald, K. & Engelhardt, W. (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. Bd. 2, BLV, München, 432 S.
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y. & Müller, F. (2014): Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online*: 1-32.
- CBD (Convention on Biological Diversity) (2010): Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/decisions/cop/?m=cop-10> (Stand: 16.11.2020)
- Daily, G. C. (1997): *Nature's Services - Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press.
- de Groot, R. S. (1987): Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *Environmentalist* 7: 105–109.
- Damm, C., Gerstner, L., Fischer-Bedtke, C., Francis, F., Gelhaus, M., Rumm, A., Stammel, B. & Scholz, M. (2020a): Regelwerk für Maßnahmen in den Modellgebieten für den Habitatindex. In diesem Buch.
- Damm, C., Lotti, J., Fischer-Bedtke, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Rumm, A., Scholz, M., Stammel, B. & Gerstner, L. (2020b): Anwendung des RESI Habitatindex für die Modellregionen am Oberrhein. In diesem Buch.
- Dehnhardt, A., Rayanov, M., Hartje, V., Sander, A., Horlitz, T. & Benner, T. (2020): Quantifizierung und Bewertung versorgender Ökosystemleistungen. In diesem Buch.
- Diaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martin-Lopez, B., Watson, R. T., Molnar, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., van Oudenhoven, A. P. E., van der Plaats, F., Schroter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C. A., Hewitt, C. L., Keune, H., Lindley, S. & Shirayama, Y. (2018): Assessing nature's contributions to people. – *Science*, 359(6373): 270-272.
- European Commission (2011): Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020. <http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/> (Stand: 22.11.2020)

- Ehrlich, P. & Ehrlich, A. (1981): *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. New York: Random House.
- Fagerholm, N., Torralba, M., Burgess, P. J. & Plieninger, T. (2016): A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. – *Ecological Indicators* 62: 47-65.
- Febria, C. M., Koch, B. J. & Palmer, M. A. (2015). Operationalizing an ecosystem services-based approach for managing river biodiversity. In: Martin-Ortega, J., Ferrier, R. C., Gordon, I. J. & Khan, S. (Hrsg.): *Water Ecosystem Services – A Global Perspective*. – Cambridge University Press: 26-34.
- Fischer-Bedtke, C., Vilović, V., Podschun, S. A., Albert, C., Damm, C., Fischer, H., Foeckler, F., Gelhaus, M., Volkmar Hartje, Hoffmann, T. G., Kasperidus, H., Mehl, D., Pusch, M., Ritz, S., Rumm, A., Schulz-Zunkel, C., Stammel, B., Thiele, J., Venohr, M., von Haaren, C., Scholz, M. & Dehnhardt, A. (2020a): Ökosystemleistungen der Flüsse und ihrer Auen: Einflussfaktoren und Nutzungen. In diesem Buch.
- Fischer-Bedtke, C., Rumm, A., Damm, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Kasperidus, H., Stammel, B. & Scholz, M. (2020b): Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung – Detailansatz für die Aue. In diesem Buch.
- 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., Venohr, M., Wildner, M. & Mehl, D. (2020c): Ergebnisse der ÖSL-Quantifizierung und -bewertung bei Umsetzung typspezifischer Gewässerentwicklungsflächen an der Nahe von Hoppstädten-Weiersbach bis zur Mündung in den Rhein bei Bingen. In diesem Buch.
- 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. & Stammel, B. (2020): Ergebnisse der ÖSL-Quantifizierung und -bewertung für geplante Hochwasserschutzmaßnahmen an der Donau von der Iller- bis zur Lechmündung. In diesem Buch.
- Grunewald, K., Syrbe, R.-U., Walz, U., Richter, B., Meinel, G., Herold, H. & Marzelli, S. (2017): Germany's Ecosystem Services – State of the Indicator Development for a Nationwide Assessment and Monitoring. – *One Ecosystem* 2: e14021.
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgstrom, S., Breuste, J., Gomez-Baggethun, E., Gren, A., Hamstead, Z., Hansen, R., Kabisch, N., Kremer, P., Langemeyer, J., Rall, E. L., McPhearson, T., Pauleit, S., Qureshi, S., Schwarz, N., Voigt, A., Wurster, D. & Elmqvist, T. (2014): A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. – *Ambio* 43(4): 413-433.
- Haber, W. (1979): Theoretische Anmerkungen zur 'ökologischen Planung'. *Verhandlungen der – Gesellschaft für Ökologie* 7: 19-30.
- Haines-Young, R. & Potschin, M. (2013). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)*, Version 4.3. Retrieved 09.10.2015, from EEA
- Harrison-Atlas, D., Theobald, D. M. & Goldstein, J. H. (2016): A systematic review of approaches to quantify hydrologic ecosystem services to inform decision-making. – *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 12(3): 160-171.
- Hornung, L. K., Podschun, S. A. & Pusch, M. (2019): Linking ecosystem services and measures in river and floodplain management. – *Ecosystems and People* 15(1): 214-231.
- Howe, C., Suich, H., Vira, B. & Mace, G. M. (2014): Creating win-wins from trade-offs? Ecosystem services for human well-being: A meta-analysis of ecosystem service trade-offs and synergies in the real world. – *Global Environmental Change* 28(1): 263-275.

- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Díaz, S., Settele, J., Brondízio E. S. Ngo, E. S., H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Roy Chowdhury R., Shin, Y. J., Visseren-Hamakers, I. J., Willis, K. J. & Zayas C. N. (Hrsg.). – IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 S.
- Jessel, B. & Tobias, K. (2002). Ökologisch orientierte Planung: eine Einführung in Theorien, Daten und Methoden. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 470 S.
- Kistenkas, F. H. & Bouwma, I. M. (2018): Barriers for the ecosystem services concept in European water and nature conservation law. *Ecosystem Services*, 29: 223-227.
- Luederitz, C., Brink, E., Gralla, F., Hermelingmeier, V., Meyer, M., Niven, L., Panzer, L., Partelow, S., Rau, A.-L., Sasaki, R., Abson, D. J., Lang, D. J., Wamsler, C., & von Wehrden, H. (2015): A review of urban ecosystem services: six key challenges for future research. – *Ecosystem Services* 14: 98-112.
- MA (Millennium ecosystem assessment) (2005): Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, D.C.
- Maes, J., Egoh, B., Willemen, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J. P., Grizzetti, B., Drakou, E. G., Notte, A. L., Zulian, G., Bouraoui, F., Luisa Paracchini, M., Braat, L. & Bidoglio, G. (2012): Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. – *Ecosystem Services* 1(1): 31-39.
- Mehl, D., Hoffmann, T. G., & Iwanowski, J. (2020a): Quantifizierung und Bewertung regulativer Ökosystemleistungen: Quantifizierung und Bewertung regulativer Ökosystemleistungen: Rückhalt von Treibhausgasen/Kohlenstoffsequestrierung, Hochwasser-, Niedrigwasser- und Sedimentregulation, Bodenbildung in Auen sowie Kühlwirkung der Gewässer und terrestrischen Böden. In diesem Buch.
- Mehl, D., Fischer-Bedtke, C., Damm, C., Gelhaus, M., Gerstner, L., Hoffmann, T. G., Iwanowski, J., Podschun, S. A., Rumm, A., Scholz, M. & Stammel, B. (2020b): Ergebnisse der Quantifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen vor und nach der Renaturierung der Nebel. In diesem Buch.
- Niemann, E. (1977): Eine Methode zur Erarbeitung der Funktionsleistungsgrade von Landschaftselementen. – *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 17: 119-157.
- Nissl, M., Stammel, B., Lentz, A., Foeckler, F., Fischer-Bedtke, C., Damm, C., Gelhaus, M., Gerstner, L., Kasperidus, H. D., Scholz, M. & Rumm, A. (2020): Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung im Fluss – AquaRESI. In diesem Buch.
- 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. (2018a): RESI - Anwendungshandbuch: Ökosystemleistungen von Flüssen und Auen erfassen und bewerten. – IGB-Berichte Heft 31/2018, 187 S. + XI
- 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. (2018b): Das Konzept der Ökosystemleistungen - eine Chance für integratives Gewässermanagement. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 62 (6): 453-468.
- Portman, M. E. (2013): Ecosystem services in practice: Challenges to real world implementation of ecosystem services across multiple landscapes – A critical review. – *Applied Geography* 45: 185-192.

- Posthumus, H., Rouquette, J. R., Morris, J., Gowing, D. J. G. & Hess, T. M. (2010): A framework for the assessment of ecosystem goods and services; a case study on lowland floodplains in England. – *Ecological Economics* 69(7): 1510-1523.
- Primmer, E. & Furman, E. (2012): Operationalising ecosystem service approaches for governance: Do measuring, mapping and valuing integrate sector-specific knowledge systems? – *Ecosystem Services* 1(1): 85-92.
- Ritz, S., Linnemann, K., Becker, A., Kasperidus, H. D., Scholz, M., Schulz-Zunkel, Venohr, M., Wildner, M. & Fischer, H. (2020): Quantifizierung und Bewertung regulativer Ökosystemleistungen: Retention. In diesem Buch.
- Rumm, A., Scholz, M., Stammel, B., Fischer-Bedtke, C., Damm, C., Gelhaus, M., Gerstner, L. & Foeckler, F. (2020): Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung anhand der Molluskenfauna - Mollix. In diesem Buch.
- Saarikoski, H., Jax, K., Harrison, P. A., Primmer, E., Barton, D. N., Mononen, L., Vihervaara, P. & Furman, E. (2015): Exploring operational ecosystem service definitions: The case of boreal forests. *Ecosystem Services* 14: 144-157.
- Schindler, S., O'Neill, F. H., Biró, M., Damm, C., Gasso, V., Kanka, R., van der Sluis, T., Krug, A., Lauwaars, S. G., Sebesvari, Z., Pusch, M., Baranovsky, B., Ehlert, T., Neukirchen, B., Martin, J. R., Euller, K., Mauerhofer, V. & Wrbka, T. (2016): Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries. *Biodiversity and Conservation* 25(7): 1349-1382.
- Schindler, S., Sebesvari, Z., Damm, C., Euller, K., Mauerhofer, V., Schneidergruber, A., Biró, M., Essl, F., Kanka, R., Lauwaars, S. G., Schulz-Zunkel, C., van der Sluis, T., Kropik, M., Gasso, V., Krug, A., T. 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(2): 229-244.
- Scholz, M., Kasperidus, H. D., Ilg, C. & Henle, K. (2012): Habitatfunktion. In: Scholz, M., Mehl, D., Schulz-Zunkel, C., Kasperidus, H. D., Born, W. & Henle, K. (Hrsg.): *Ökosystemfunktionen von Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion*. Naturschutz und Biologische Vielfalt 124: 102-146.
- Scholz, M., Fischer-Bedtke, C., Rumm, A., Damm, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Kasperidus, H.D., Stammel, B. & Henle, K. (2020): Analyse und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung“ – bundesweiter Ansatz für die Aue. In diesem Buch.
- Schröter, M., Albert, C., Marques, A., Tobon, W., Lavorel, S., Maes, J., Brown, C., Klotz, S., & Bonn, A. (2016): National Ecosystem Assessments in Europe: A Review. – *BioScience* 66(10): 813-828.
- Stammel, B., Damm, C., Fischer-Bedtke, C., Francis, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Horchler, P. Rumm, A. & Scholz, M. (2020a): Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung anhand der floristischen Ausstattung – Florix. In diesem Buch
- TEEB DE (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) (2015): *Naturkapital und Klimapolitik Synergien und Konflikte* Berlin, Hrsg. von Hartje, V., Wüstemann, H. & Bonn, A. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ. Berlin, Leipzig, 216 S.
- Thiele, J., Albert, C. & von Haaren, C. (2020): Erfassung und Bewertung kultureller Ökosystemleistungen von Flusslandschaften. In diesem Buch.
- Vlachopoulou, M., Coughlin, D., Forrow, D., Kirk, S., Logan, P. & Voulvoulis, N. (2014): The potential of using the Ecosystem Approach in the implementation of the EU Water Framework Directive. – *Science of the Total Environment* 470: 684-694.

Einführung

von Haaren, C., Albert, C., Barkmann, J., de Groot, R. S., Spangenberg, J. H., Schröter-Schlaack, C. & Hansjürgens, B. (2014): From explanation to application: introducing a practice-oriented ecosystem services evaluation (PRESET) model adapted to the context of landscape planning and management. – *Landscape Ecology* 29(8): 1335-1346.

von Haaren, C. (Hrsg.) (2004): *Landschaftsplanung*. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 528 S.