

# 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/](http://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

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

|   |     |
|---|-----|
| <b>Regelwerk für Maßnahmen in den Modellgebieten für den Habitatindex</b>   | 209 |
| DAMM, C., GERSTNER, L., FISCHER-BEDTKE, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., RUMM, A., STAMMEL, B. & M. SCHOLZ   |     |
| <b>Erfassung und Bewertung kultureller Ökosystemleistungen von Flusslandschaften</b>  | 213 |
| THIELE, J., ALBERT, C. & C. VON HAAREN  |     |
| <b>Anwendung des RESI Habitatindex für die Modellregionen am Oberrhein</b>  | 253 |
| DAMM, C., LOTTI, J., FISCHER-BEDTKE, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., RUMM, A., SCHOLZ, M., STAMMEL, B. & L. GERSTNER.   |     |
| <b>Ergebnisse der Quantifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen vor und nach der Renaturierung der Nebel</b>  | 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   |     |
| <b>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</b>  | 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   |     |
| <b>Ergebnisse der Ökosystemleistungs-Quantifizierung und -bewertung für geplante Hochwasserschutzmaßnahmen an der Donau von der Iller- bis zur Lechmündung</b>  | 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 |     |
| <b>Anwendung des River Ecosystem Service Index (RESI) in der Wasserwirtschaft und im Naturschutz</b>  | 365 |
| PUSCH, M., PODSCHUN, S. A., STAMMEL, B., FISCHER, H., FISCHER-BEDTKE, C., MEHL D. & M. SCHOLZ   |     |
| <b>Anschriften der Autoren</b>  | 373 |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b>  | 375 |
| <b>Glossar</b>  | 377 |

## Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung im Fluss – AquaRESI

NISSL, M., STAMMEL, B., LENTZ, A., FOECKLER, F., PARZEFALL, C., FISCHER-BEDTKE, C., DAMM, C., GELHAUS, M., GERSTNER, L., KASPERIDUS, H. D., SCHOLZ, M. & A. RUMM

### Inhaltsverzeichnis

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 1     | Einleitung.....   | 172 |
| 2     | Methodisches Vorgehen .....   | 173 |
| 2.1   | Bewertungskomponenten der Habitatbereitstellung Fluss (AquaRESI).....                         | 173 |
| 2.1.1 | Bewertung der biologisch relevanten Gewässerstrukturen (GWS <sub>Fluss</sub> ).....           | 173 |
| 2.1.2 | Bewertung der biologischen Ausstattung des Fließgewässers (Bio <sub>Fluss</sub> ).....        | 175 |
| 2.1.3 | Bewertung der Wasserqualität i. S. des chemischen Zustands<br>des Flusses (Chemie).....       | 175 |
| 2.2   | Berechnung des Habitatwertes im Fluss (AquaRESI) .....  | 176 |
| 2.2.1 | Berechnung der biologisch relevanten Gewässerstruktur (GWS <sub>Fluss</sub> ).....            | 176 |
| 2.2.2 | Berechnung der biologischen Ausstattung (Bio <sub>Fluss</sub> ) .....                         | 176 |
| 2.2.3 | Abschließende Berechnung des Habitatwertes (AquaRESI) unter Einbezug der<br>Wasserchemie..... | 177 |
| 2.3   | Hinweis zur Verwendung des AquaRESI .....   | 177 |
| 3     | Literaturverzeichnis.....   | 178 |

## 1 Einleitung

Im RESI wurde die Ökosystemleistung (ÖSL) Habitatbereitstellung zunächst basierend auf Daten in Form von Biotoptypen aus den amtlichen Biotoptypenerfassungen der Bundesländer (Detailansatz für die Aue, Fischer-Bedtke et al. 2020a in diesem Buch) oder Landnutzungstypen (bundesweiter Ansatz für die Aue, Scholz et al. 2020 in diesem Buch) bewertet. Der Ansatz ist sehr gut dazu geeignet, Managementoptionen/Maßnahmen in terrestrischen Komponenten von Flussauenökosystemen abzubilden (Damm et al. 2020, Mehl et al. 2020, Fischer-Bedtke et al. 2020b, Gelhaus et al. 2020 in diesem Buch). Gerade aber Managementoptionen/Maßnahmen im Fluss, vor allem solche, die kleinräumig die unmittelbar angrenzenden Uferbereiche betreffen, können durch diese auf terrestrische Habitate ausgerichtete Bewertung nur unzureichend abgebildet werden. Durch die enge Verzahnung von aquatischen bis semiaquatischen und semiterrestrischen Lebensräumen in Flussauen spielt die Habitatbereitstellung im Fluss zusätzlich zur Habitatbereitstellung in der Aue für die Beurteilung der biologischen Vielfalt von Auenökosystemen eine wichtige Rolle.

Der in diesem Beitrag vorgestellte Habitatindex Fluss (im Weiteren AquaRESI) ist ein Bewertungsinstrument, das die Habitat- und Artenausstattung im Fluss und den direkt angrenzenden Uferbereichen anhand von aussagekräftigen Indikatoren für die Habitat- und Artenqualität darstellt. Eingangsdaten werden bereits im Rahmen der Bewertung der Gewässerqualität zur Überwachung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) standardisiert erhoben und bewertet. Der AquaRESI soll bei der Bewertung von zukünftigen Maßnahmen/Managementoptionen und bereits umgesetzten Maßnahmen im Fluss anwendbar sein, die absehbar Auswirkungen auf gewässertypische Arten und Habitate haben. Mit dem AquaRESI wird so eine neue, deutlich verfeinerte Option entwickelt, flussauenspezifische Habitatentwicklungsprozesse in Fließgewässern zu bewerten. Ziel dieses eigenständigen Indexes zur Quantifizierung der Habitatbereitstellung im Fluss ist es, in Kombination mit dem Detailansatz zur Bewertung der Habitatbereitstellung in der Aue nach Fischer-Bedtke et al. 2020a (in diesem Buch), die gesamte Habitatbereitstellung in Flussauen basierend auf einheitlichen methodischen Vorgaben abzubilden und zu bewerten.

Als Indikatoren eignen sich neben der Artausstattung auch die strukturelle Ausstattung eines Gewässers und seine Wasserqualität. Alle Komponenten stehen miteinander in Wechselwirkung und beeinflussen sich gegenseitig (z.B. Kangler 2015). In der Literatur finden sich zwar einige Ansätze zur Beurteilung biologisch relevanter Gewässerstrukturen (z.B. Förster et al. 2017), jedoch wird dabei nur der Zusammenhang zwischen der Artausstattung und den biologisch relevanten Gewässerstrukturen bestätigt. Die biologische Artausstattung selbst wird nicht berücksichtigt. Eine Bewertung der Habitatbereitstellung im Fluss allein anhand der Artausstattung hingegen definiert die ökologische Gewässerqualität sehr gut, da die Zusammensetzung der aquatischen Lebensgemeinschaften des jeweiligen Gewässertyps die Gesamtheit aller Einflussfaktoren und Störgrößen reflektiert. Einerseits würde dabei die Bedeutung der Funktionalität und Struktur der Lebensräume, die die Gewässerstruktur und die Wasserqualität für die Pflanzen und Tiere bereitstellen, zu wenig berücksichtigt werden. Andererseits können zwar gut ausgeprägte Strukturen vorhanden sein, aber die entsprechende Organismenbesiedlung fehlt – z.B. weil im Umfeld keine „Quellpopulation“/kein Wiederbesiedlungspotenzial (mehr) vorhanden ist bzw. Individuen daraus aufgrund ungünstiger, angrenzender Fließgewässerabschnitte nicht dorthin gelangen können (UBA 2014). Deshalb ist es notwendig, in die Bewertung der Habitatbereitstellung im Fluss sowohl die biologisch relevanten Gewässerstrukturen als auch die Artausstattung sowie die Wasserqualität zu integrieren.

## 2 Methodisches Vorgehen

### 2.1 Bewertungskomponenten der Habitatbereitstellung Fluss (AquaRESI)

Der hier vorgestellte Index setzt sich aus drei Komponenten zusammen: (1) biologisch relevante Gewässerstrukturen, (2) biologische Ausstattung und (3) Wasserqualität (i. S. des chemischen Zustandes des Flusses; Abb. 1).

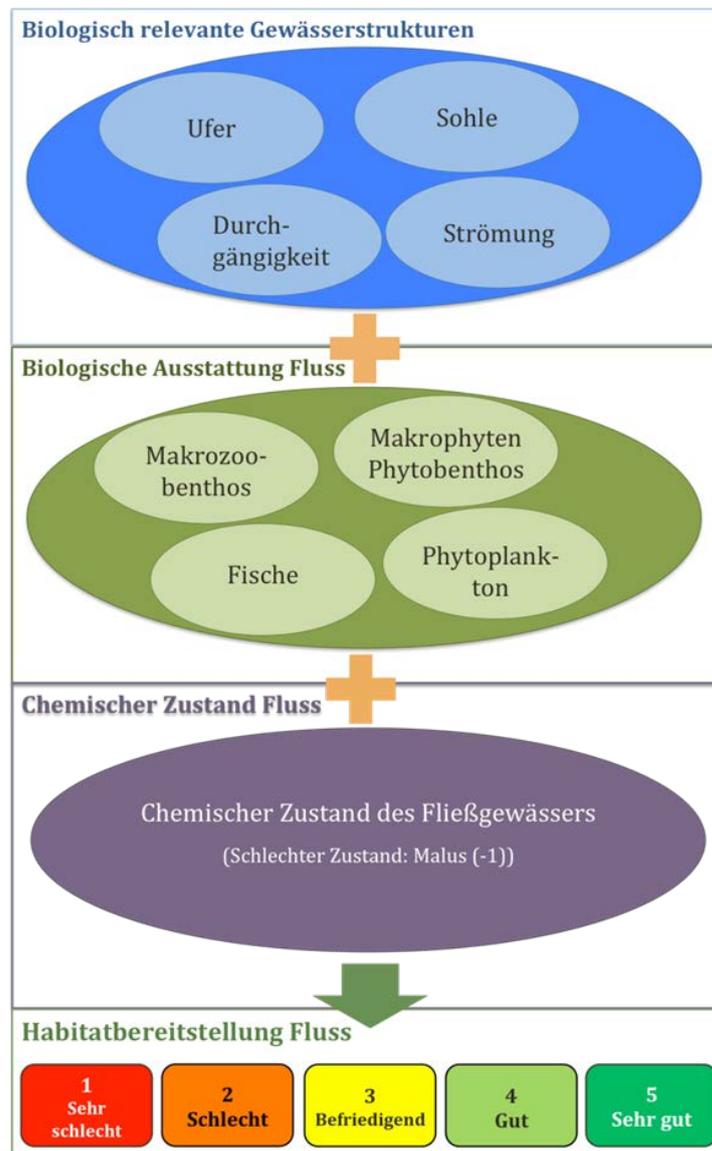


Abb. 1: Schematische Darstellung der Bewertungskomponenten und -methodik des AquaRESI (Habitatindex Fluss).

#### 2.1.1 Bewertung der biologisch relevanten Gewässerstrukturen ( $GWS_{\text{Fluss}}$ )

Für die Bewertung der Teilkomponente biologisch relevante Gewässerstrukturen ( $GWS_{\text{Fluss}}$ ) wird auf die i. d. R. räumlich hoch aufgelösten (je nach Gewässerbreite in 100 m, 200 m oder 500 m-Abschnitte) und für jedes Bundesland erhobenen Daten der Fließgewässerstrukturgütekartierung zurückgegriffen. Mit diesem Verfahren wird seit einigen Jahrzehnten die Gewässerstrukturgüte von Fließgewässern (i. d. R. an allen Fließgewässern mit einem Einzugsgebiet > 10 km<sup>2</sup>) erfasst. Bewertungsrelevant sind dabei die ökologische Qualität und die Funktionsfähigkeit der Ge-

wässer. Fließgewässer zeichnen sich neben ihrer Abflussdynamik durch charakteristische morphologische Eigenschaften (Gewässerstrukturen) aus (z. B. Ufer- und Sohlbeschaffenheit, Strukturausstattung), die je nach Fließgewässertyp natürlicherweise unterschiedlich ausgeprägt sind (Kangler 2015). Diese Strukturkomponenten, sowohl natürlich als auch anthropogen entstanden, sind für die ökologische Funktion des Gewässers und der Aue relevant (Lüderitz & Jüpner 2009).

Die Bewertung der Fließgewässerstruktur basiert auf der Abweichung der aktuellen Ausprägung eines Strukturelements (sog. Einzelparameter) vom Referenzzustand. Referenz ist dabei allerdings nicht der Urzustand der Gewässer, sondern der naturnahe Zustand, der sich unter den heutigen Gegebenheiten (unter Berücksichtigung unveränderbarer Zustände/Restriktionen wie Siedlungen, etc.) einstellen würde. Die im Gelände erhobenen und anhand der Referenz bewerteten Einzelparameter werden dann zu Hauptparametern aggregiert und anschließend zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt. Im Gegensatz zum RESI-Ansatz wird, sowohl für die Bewertung der Einzel-, der Hauptparameter als auch für die Gesamtbewertung, eine siebenstufige Skala verwendet (Tab. 1). Die Bewertungsklasse „1“ bedeutet, dass die bewertete strukturelle Eigenschaft (z. B. Sohlsubstratvielfalt) dem naturnahen Zustand entspricht. Dagegen bedeutet „7“ eine vollständig veränderte, nicht naturnahe Ausprägung.

Tab. 1: Gewässerstrukturklassen und deren qualitative Bedeutung (nach LAWA 1999).

| Bewertungsindex/<br>Kartografische Darstellung | Qualitative Bewertung der<br>Gesamtbewertung |
|--|--|
| 1  | unverändert                                  |
| 2  | gering verändert                             |
| 3  | mäßig verändert                              |
| 4  | deutlich verändert                           |
| 5  | stark verändert                              |
| 6  | sehr stark verändert                         |
| 7  | vollständig verändert                        |

Für den Index zur Quantifizierung der flussspezifischen Habitatbereitstellung werden jene Gewässerstrukturparameter herangezogen, die die Habitatqualität für die Gewässerorganismen beeinflussen. Nach Förster et al. (2017) sind Gewässerstrukturen biologisch relevant, wenn sie die Atmungs-, Bewegungs-, Reproduktions-, Substrat- und Ernährungsbedingungen beeinflussen. Dazu zählen die Strömungsbedingungen, Sohle- und Uferbeschaffenheit. Angelehnt an Förster et al. (2017) werden deshalb für die Entwicklung des AquaRESI die Hauptparameter Sohle (Soh), Strömung (Str) und Ufer (Uf) der Fließgewässerstrukturkartierung festgelegt. Zusätzlich zu Förster et al. (2017) wird auch die ökologische Durchgängigkeit (Dgk) als Einflussfaktor auf die Fließgewässerbiozönose gesehen und deshalb als biologisch relevante Gewässerstruktur erachtet. Die ökologische Durchgängigkeit beschreibt das räumliche und funktionelle Gewässerkontinuum (Binder et al. 2016). Die durch Stauanlagen und Wehre verursachte verringerte Durchgängigkeit wirkt als Wanderungs- und Migrationsbarriere mit Folgen für Reproduktions-, Bewegungs- und Ernährungsbedingungen (Tittizer & Krebs 1996). Zum Beispiel führen die Reduzierung der Wasserstandsamplitude und der Strömungsgeschwindigkeit sowie Kolmatierung (Eintrag und Ablagerung von Feinmaterial im Lückensystem poröser Fließgewässersohlen) zur Verringerung der Habitatqualität und -vielfalt und beeinflussen damit die Ökologie des Fließgewässers (Müller et al. 2011).

Die Hauptparameter Soh, Str, Uf und Dgk der Fließgewässerstrukturkartierung werden in der Regel mit verschiedenen Einzelparametern erfasst. Da diese zwischen den Fließgewässerstrukturkartierungen der Bundesländer variieren können, sind die Parameter für die Berechnung der AquaRESI-Teilkomponente biologisch relevante Gewässerstrukturen ( $GWS_{\text{Fluss}}$ ) nach inhaltlichen Kriterien auszuwählen.

Zur Bewertung der Sohle (Soh) sind Parameter relevant, die die Substratbeschaffenheit (inkl. Verbau) sowie deren Diversität und Struktur beschreiben. Die Habitatqualität der Uferbereiche wird durch Angaben zum Bewuchs, Grad der Verbauung, zur Struktur und Beschattung indiziert. Einzelparameter, die die Strömung (Str) bewerten, sind i. d. R. Tiefenvariabilität, Strömungsvielfalt, Strömungsbild, Ausleitung und Rückstau. Durchgängigkeitsspezifische Bewertungsparameter (Dgk) sind i. d. R. Querbauwerke, Verrohrungen sowie Durchlässe und Brücken. Die Auswahl der Bewertungsparameter der  $GWS_{\text{Fluss}}$  orientiert sich an den Bewertungsparametern der LAWA (1999), anhand derer die Gewässerstrukturen der Nahe (Rheinland-Pfalz) kartiert und bewertet wurden. Bei Verwendung des AquaRESI in einem anderen Bundesland müssen die Bewertungsparameter ggf. an die jeweilige Fließgewässerstrukturkartierung angepasst werden. Trotz der Unterschiede in den Kartierverfahren zwischen den Bundesländern, liegen ihnen die gleichen Ziele und methodischen Grundsätze (Erhebung in Abschnitten, Bewertung der Abweichung vom Referenzzustand) zugrunde, sie sind somit durchaus in gleicher Weise in den Index integrierbar und anhand ihrer Ergebnisse vergleichbar.

### **2.1.2 Bewertung der biologischen Ausstattung des Fließgewässers ( $Bio_{\text{Fluss}}$ )**

Die Teilkomponente biologische Ausstattung ( $Bio_{\text{Fluss}}$ ) wird anhand der biologischen Qualitätskomponente (BQK) gemäß der WRRL bewertet. Die BQK ist ein Teilindikator zur Bewertung des ökologischen Zustands/Potenzials von Oberflächenwasserkörpern (Hanusch & Sybertz 2018). Bestandteile der BQK sind die im Fließgewässer lebenden Organismengruppen: Makrozoobenthos, Makrophyten/Phytobenthos, Fische und Phytoplankton. Es handelt sich um ein europaweit standardisiertes Bewertungsverfahren, das an allen Fließgewässern mit einem Einzugsgebiet  $\geq 10 \text{ km}^2$  Anwendung findet. Man benötigt im Rahmen der Überblicks-Überwachung und der operativen Überwachung eine Auswahl der Messstellen und der untersuchten biologischen Parameter nach Art der Belastung, möglichst repräsentativ für den Wasserkörper. Die BQK werden mindestens einmal pro Bewirtschaftungszeitraum (6 Jahre) erhoben (BMU 2010), wodurch Daten in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Durch zusätzliche Erhebungen im Rahmen verschiedener Eingriffe, z. B. Kläranlagenerweiterungen, Straßenbau usw., können höher aufgelöste Datensätze gewonnen werden. Die entsprechenden Bewertungssysteme, z. B. PERLODES (Meier et al. 2006) für die Qualitätskomponente Makrozoobenthos, stehen frei zur Verfügung.

### **2.1.3 Bewertung der Wasserqualität i. S. des chemischen Zustands des Flusses (Chemie)**

Die Bewertung der Teilkomponente chemischer Zustand des Fließgewässers (Chemie) kann gemäß der WRRL über die Einhaltung von Umweltqualitätsnormen (UQN) für ausgewählte prioritäre Stoffe erfolgen. Zu berücksichtigende Umweltqualitätsnormen liegen derzeit für 45 Stoffe (z. B. Dichlormethan oder Atrazin) vor (UBA 2018). Die Bewertung des chemischen Zustands erfolgt in zwei Klassen: („guter“ und „nicht guter“ chemischer Zustand). Wird für lediglich einen dieser Stoffe die UQN im Jahresmittel überschritten, gilt der chemische Zustand des Gewässerabschnittes als „nicht gut“, die Einhaltung der UQN führt zur Bewertung „guter chemischer Zustand“. Aufgrund von flächendeckenden UQN-Überschreitungen durch den prioritären Schadstoff Quecksilber, wird die chemische Zustandsklasse zusätzlich ohne diesen ubiquitären Parameter ermittelt

und unabhängig vom Quecksilbergehalt angegeben. Im Rahmen der chemischen Zustandsbewertung handelt es sich um standardmäßig räumlich relativ gering aufgelöste Datensätze (Bewertung an Überblicksmessstellen für Fließgewässer, deren Einzugsgebiet  $\geq 10 \text{ km}^2$  sind, BMU 2010), was jedoch durch eigene Messungen erhöht werden kann. Aus diesem Grund ist fallspezifisch zu überlegen, ob diese Komponente mit einbezogen wird oder nicht.

## 2.2 Berechnung des Habitatwertes im Fluss (AquaRESI)

### 2.2.1 Berechnung der biologisch relevanten Gewässerstruktur ( $GWS_{\text{Fluss}}$ )

Zunächst wird aus den jeweiligen Einzelparametern der o. g. Parameter (Soh, Uf, Str, Dgk) der Mittelwert pro Flussabschnitt (i. d. R. 100m) berechnet. Für die Bewertung Soh werden beispielsweise die Einzelparameter Sohsubstratvielfalt, Sohlverbau und Kolmation gemittelt. Aus den ermittelten Mittelwerten für Soh, Uf, Str und Dgk wird anschließend durch das arithmetische Mittel dieser vier Parameter der biologische Gewässerstrukturwert  $GWS_{\text{Fluss}}$  für jeden Abschnitt errechnet:

$$GWS_{\text{Fluss}} = \frac{Soh + Str + Uf + Dgk}{n} \quad \text{Gl. 1}$$

mit  $n$  = Anzahl der Kriterien

Nachdem aus den Hauptparametern der  $GWS_{\text{Fluss}}$  errechnet wurde, wird der  $GWS_{\text{Fluss}}$  von der siebenstufigen Skala in die fünfstufige RESI-Skala umgerechnet, damit der Wert danach mit der fünfstufigen Skala des  $Bio_{\text{Fluss}}$  verrechnet werden kann. Die Umrechnung des  $GWS_{\text{Fluss}}$ -Wertes von einer siebenstufigen Bewertung in eine fünfstufige Skala erfolgt, indem der Wert mit  $5/7$  multipliziert wird. Die Umrechnung erfolgt nach der Mittelwertbildung, damit möglichst wenig Genauigkeit verloren geht. Anschließend wird der Wert in die RESI Skala transponiert, da die Bewertungsstufen des RESI genau umgekehrt sind ( $\geq 4,5$  sehr gut und  $< 1,5$  sehr schlecht). Zum Beispiel wird 4,3 in den Wert 1,7 transponiert.

### 2.2.2 Berechnung der biologischen Ausstattung ( $Bio_{\text{Fluss}}$ )

Die biologische Ausstattung ( $Bio_{\text{Fluss}}$ ) errechnet sich aus dem Mittelwert der BQK der WRRL Messstellen: Fische, Makrozoobenthos (MZB), Phytoplankton (PP) und Makrophyten/Phytobenthos (MPPB) (Bewertungsstufen 1-5):

$$Bio_{\text{Fluss}} = \frac{\text{Fische} + \text{MZB} + \text{PP} + \text{MPPB}}{n} \quad \text{Gl. 2}$$

mit  $n$  = Anzahl der Kriterien

Um der Gewässerflora und -fauna eine gleiche Gewichtung für die biologische Ausstattung des Fließgewässers zu geben, wird im Gegensatz zur WRRL-Fließgewässerbewertung der Mittelwert aus den vier BQKs berechnet. Bei fehlender Bewertung einer Komponente setzt sich die biologische Ausstattung ( $Bio_{\text{Fluss}}$ ) aus der Mittelwertbildung der restlichen Komponenten zusammen. Anschließend wird der Wert in die RESI Skala transponiert (vgl. Kap. 2.2.1).

### 2.2.3 Abschließende Berechnung des Habitatwertes (AquaRESI) unter Einbezug der Wasserchemie

Aus dem Mittelwert von  $GWS_{Fluss}$  und  $Bio_{Fluss}$  und, je nach chemischen Zustand des Fließgewässers, einer anschließenden Abwertung (-1) kann der Habitatwert für jeden Abschnitt AquaRESI ermittelt werden:

$$AquaRESI = \frac{GWS_{Fluss} + Bio_{Fluss}}{2} + Chemie \quad \text{Gl. 3}$$

Anschließend wird der errechnete Mittelwert in den Bewertungsindex (1= sehr schlecht bis 5 = sehr gut) überführt.

Die Habitatwerte aller Flussabschnitte (i. d. R. 100m) eines Fluss-Kompartimentes werden abschnittslängengewichtet zusammengefasst, um die Bewertung der Habitatbereitstellung im Fluss AquaRESI auf die 1-km lange Fluss-Kompartimentebene zu erhalten.

### 2.3 Hinweis zur Verwendung des AquaRESI

Die Daten des WRRL-Monitorings stammen im Vergleich zu den Fließgewässerstrukturdaten aus einem grobmaschigeren Netz an biologischen und chemischen Messstellen (z. B. oft nur eine WRRL-Messstelle für einen Flussabschnitt von 100 Flusskilometern). Um beim AquaRESI eine differenziertere Bewertung zu bekommen, sollten die Daten der WRRL-Messstellen möglichst mit eigenen Erhebungen zur biologischen Ausstattung ( $Bio_{Fluss}$ ) und Wasserqualität (Chemie) ergänzt werden. Ist geplant, den AquaRESI zur Bewertung von Maßnahmen/Managementoptionen einzusetzen, wäre es darüber hinaus sinnvoll, den zu bewertenden Fließgewässerabschnitt in homogene Teilabschnitte einzuteilen und dort je Abschnitt die entsprechenden Daten zur Komponente  $Bio_{Fluss}$  und zur Chemie aufzunehmen.

Der AquaRESI wurde im Rahmen der Bachelorarbeit von Maria Nissl an der Universität Bayreuth, betreut von Frau Dr. Brigitte John, ebenfalls Universität Bayreuth, und Frau Dr. Barbara Stammel, Katholische Universität Eichstätt, in Zusammenarbeit mit dem Projekt RESI erarbeitet. Ausführliche Informationen zum AquaRESI sind in der Bachelorarbeit selbst (Nissl 2019) nachzulesen.

### 3 Literaturverzeichnis

- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2010): Die Wasser-  
rahmenrichtlinie. Auf dem Weg zu guten Gewässern.
- Binder, W., Patt, H., Kiel, E., Pottgiesser, T., Sommerhäuser, M., Koenzen, U. & Kurth, A. (2016):  
Natürliche Fließgewässer, Typologie der Fließgewässer. – In: Patt, H. (Hrsg.): Fließgewässer  
und Auenentwicklung: 5-76.
- Damm, C., Lotti, J., Fischer-Bedtke, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Rumm, A., Scholz, M., Stammel, B. &  
Gerstner, L. (2020): Anwendung des RESI Habitatindex für die Modellregionen am Oberrhein.  
In diesem Buch.
- Fischer-Bedtke, C., Rumm, A., Damm, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Kasperidus, H., Stam-  
mel, B. & Scholz, M. (2020a): Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitat-  
bereitstellung –Detailansatz für die Aue. In diesem Buch.
- Fischer-Bedtke, C., Iwanowski, J., Podschun, S., Becker, A., Fischer, H., Damm, C., Gelhaus, M., Gerst-  
ner, L., Hoffmann, T. G., Hornung, L., Kasperidus, H. D., Linnemann, K., Ritz, S., Rumm, A., Stam-  
mel, B., Scholz, M., Schulz-Zunkel, C., Venohr, M., Wildner, M. & Mehl, D. (2020b): Ergebnisse  
der ÖSL-Quantifizierung und -bewertung bei Umsetzung typspezifischer Gewässerentwick-  
lungsflächen an der Nahe von Hoppstädten-Weiersbach bis zur Mündung in den Rhein bei Bin-  
gen. In diesem Buch.
- Förster, J., Halle, M. & Müller, A. (2017): Entwicklung eines Habitatindex zur Beurteilung bio-  
zönotisch relevanter Gewässerstrukturen. – Korrespondenz Wasserwirtschaft 8: 466-471.
- 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-Quantifizie-  
rung und -bewertung für geplante Hochwasserschutzmaßnahmen an der Donau von der Iller-  
bis zur Lechmündung. In diesem Buch.
- Hansch, M. & Sybertz, J. (2018): Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie - Vorgehensweise bei Stra-  
ßenbauvorhaben. – ANliegen Natur 40 (2): 95-106.
- Kangler, G. (2015): Gewässerstrukturkartierung 2.0 – Novellierte Methode für eine bayernweite  
Bewertung morphologischer Eigenschaften der Fließgewässer. – Auenmagazin 8: 18-22.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1999): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bun-  
desrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer.
- LfU Bayern (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2014): Methodenband für die Bestandsauf-  
nahme WRRL in Bayern (Umweltspezial).
- Lüderitz, V. & Jüpner, R. (2009): Renaturierung von Fließgewässern. – In: Zerbe, S., Wiegler, G.  
(Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa, Springer, Berlin-Heidelberg: 95-124.
- Mehl, D., Fischer-Bedtke, C., Damm, C., Gelhaus, M., Gerstner, L., Hoffmann, T. G., Iwanowski, J., Po-  
dschun, S., Rumm, A., Scholz, M. & Stammel, B. (2020): Ergebnisse der Quantifizierung und Be-  
wertung von Ökosystemleistungen vor und nach der Renaturierung der Nebel. In diesem Buch.
- Meier, C., Haase, P., Roauffs, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sundermann, A. & Hering, D. (2006):  
Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung, Handbuch zur Untersuchung und Bewer-  
tung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-  
Wasserrahmenrichtlinie.
- Müller, M., Pander, J., & Geist, J. (2011). The effects of weirs on structural stream habitat and bio-  
logical communities. – Journal of Applied Ecology 48(6): 1450-1461.

- Nissl, M. (2019): Quantifizierung der Habitatbereitstellung im Fluss im Rahmen des "River Ecosystem Service Index (RESI)" am Beispiel der Naab. Bachelorarbeit an der Universität Bayreuth, unveröffentlicht.
- Scholz, M., Fischer-Bedtke, C., Rumm, A., Damm, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Kasperidus, H., Stammel, B. & Henle, K. (2020): Analyse und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung“ – bundesweiter Ansatz für die Aue. In diesem Buch.
- Tittizer, T. & Krebs, F. (Hrsg.) (1996): Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen - Eine Bilanz. Springer (Berlin, Heidelberg): 361-375.
- Umweltbundesamt (UBA) (2018): Chemischer Zustand der Fließgewässer. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/chemischer-zustand-der-fliessgewaesser#textpart-1> (Stand: 15.5.2019).
- Umweltbundesamt (UBA) (2014): Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_43\\_2014\\_strategien\\_zur\\_optimierung\\_von\\_fliessgewaesser-renaturierung\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_43_2014_strategien_zur_optimierung_von_fliessgewaesser-renaturierung_0.pdf) (Stand: 15.5.2019).