

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

Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung – Detailansatz für die Aue

FISCHER-BEDTKE, C., DAMM, C., FOCKLER, F., GELHAUS, M., GERSTNER, L., HORCHLER, P., KASPERIDUS, H. D., RUMM, A., STAMMEL, B. & M. SCHOLZ

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	150
2	Methodisches Vorgehen	150
2.1	1. Schritt: Biotoptypenbezogene Bewertung	152
2.1.1	Der Biotoptyp als Bewertungsgrundlage.....	152
2.1.2	Der Biotoptypwert.....	153
2.2	2. Schritt: Bewertung auf Einzelbiotopenebene (BW)	157
2.3	3. Schritt: Aggregation des Habitatswerts Hab_{reg} auf Kompartiment-Ebene	160
2.4	Verworfen oder bereits integrierte Kriterien.....	161
3	Literaturverzeichnis.....	163
4	Anhänge.....	165

1 Einführung

Auf Grundlage von Scholz et al. (2012) wurde im RESI-Projekt mit bundesweit verfügbaren Daten ein Übersichtsverfahren für die ÖSL Habitatbereitstellung weiterentwickelt (s. Scholz et al. 2020 in diesem Buch). Dieser Beitrag stellt die methodische Herangehensweise bei besserer Datenlage im Rahmen eines Detailverfahrens für die Betrachtung kleinerer Flussabschnitte vor (s. Fischer et al. 2019). Die Definition und Einordnung in bestehende ÖSL Klassifikationssysteme ist Scholz et al. (2020) in diesem Buch zu entnehmen.

Für die Betrachtung kleinerer Flussabschnitte kann eine Bewertung der ÖSL über Biotoptypen oder Tier- und Pflanzenarten als Indikatoren erfolgen (Scholz et al. 2009), die für größere Gebiete oftmals nicht flächendeckend oder einheitlich vorhanden sind. Diese haben sich auch als Indikatoren für die Auswirkungen von Maßnahmen bewährt. Darunter eignen sich insbesondere gefährdete und/oder naturraum- oder standorttypische (hier auentypische) Arten und Biotoptypen (u.a. Rumm et al. 2016) zur Indikation. Aufgrund ihrer guten Verfügbarkeit stellen Biotoptypen die zentrale Bewertungsgrundlage für die ÖSL Habitatbereitstellung auf dieser Ebene dar. Artdaten liegen dagegen oftmals nur in räumlich begrenztem Umfang vor und gehen deswegen als zusätzliches Bewertungskriterium ein, sind jedoch nicht zwangsläufig zur Ermittlung des RESI-Habitatindex erforderlich (Stammel et al. 2020, Rumm et al. 2020 in diesem Buch).

2 Methodisches Vorgehen

Bei dem detaillierteren Verfahren zur Erstellung des Habitatindex wird in einem ersten Schritt eine typbezogene Bewertung aufgrund von vorliegenden flächenhaften Biotopdaten vorgenommen (Biotoptyp-Ebene). In einem zweiten Schritt folgt eine einzelbiotopbezogene Einschätzung (Biotop-Ebene), die anhand von spezifischen Ausprägungen des Biotops oder Biotopkomplexes ggf. vorliegende zusätzliche Detailinformationen integrieren kann. So kann z. B. aufgrund von FFH-Erhaltungszuständen, wertgebenden Artvorkommen, Rückstau durch Querbauwerke oder verändertem Überflutungsregime die typbezogene Bewertung des ersten Schritts für jedes einzelne Biotop auf- bzw. abgewertet werden. In einem dritten Schritt erfolgt die Aggregation auf Kompartiment-Ebene (rezente Aue und Altaue) (Abb. 1) durch flächengewichtete Zusammenfassung der Bewertung auf Biotoptyp-Ebene. Zusätzlich kann es zu einer Aufwertung des Kompartiments durch einen besonders ausgeprägten Feuchtegradienten kommen. Eine Zusammenführung der beiden Kompartimente rezente Aue und Altaue auf 1-km Fluss-Auen-Segmentebene ist möglich. Für den Fluss kann ergänzend die Bewertung der aquatischen Arten und Lebensräume (aquatische Biodiversität) mit dem AquaRESI (Nissl et al. 2020 in diesem Buch) erfolgen.

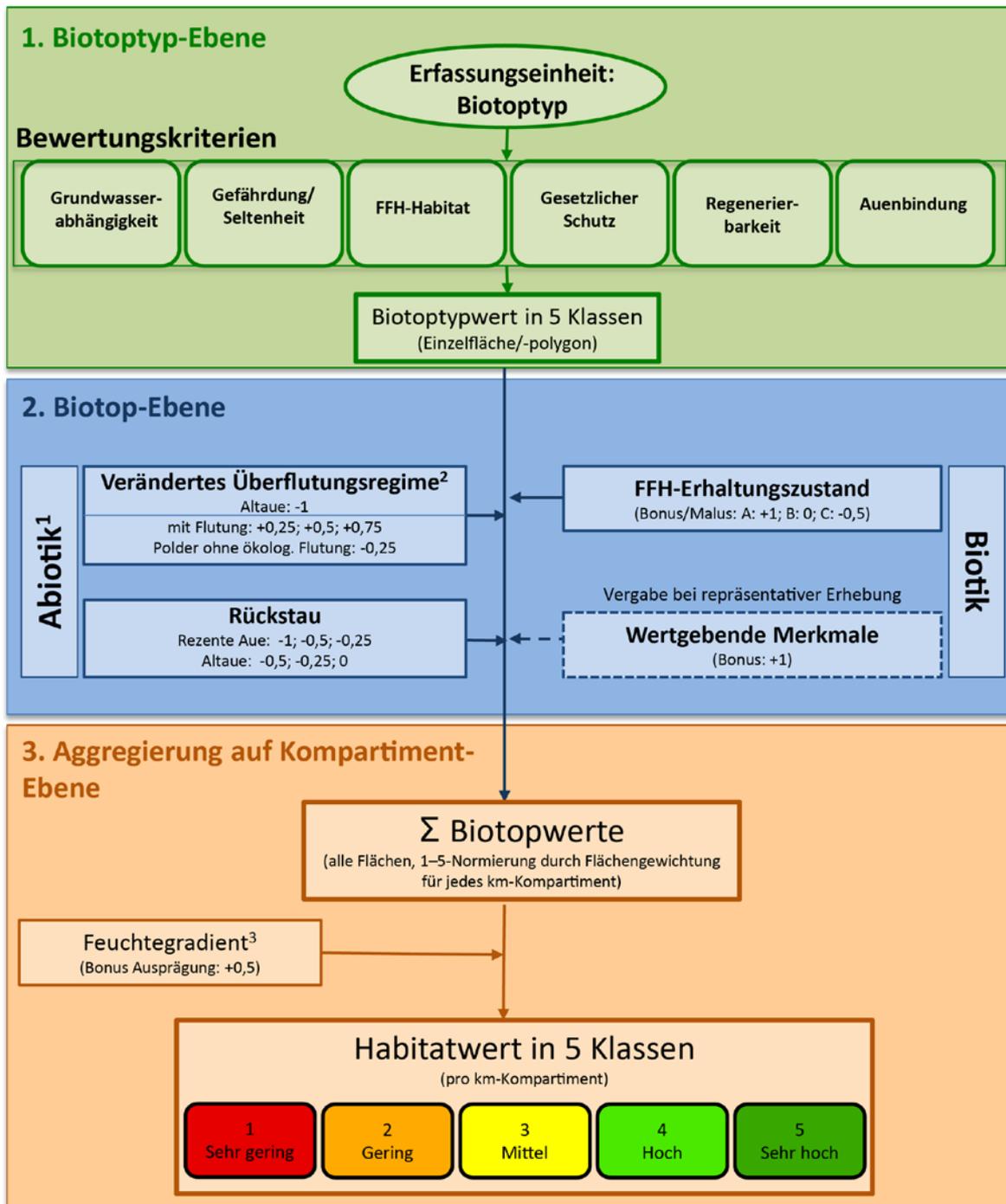


Abb. 1: Schematische Darstellung der drei Ebenen des Habitatindex auf Flussabschnittebene oder Maßnahmenebene; ¹ Malus/Bonus nur für auentypische/naturnahe Biotypen (Biotypen mit Auenbindung = 3 und 5); ² Sommerpolder und andere, von Verwaltungen geschützte Auenbereiche, Überflutungsräume mit Einlaufschwelen oder steuerbaren Einlassbauwerken (z. B. der Riedstrom an der Donau) und gesteuerte Polder (ggf. mit abgestufter Anpassungsflutung); ³ nur für Biotypen mit Auenbindung = 5

2.1 1. Schritt: Biotoptypenbezogene Bewertung

2.1.1 Der Biotoptyp als Bewertungsgrundlage

Wesentlicher Indikator und die maßgebliche Bewertungsgrundlage für den RESI-Habitatindex auf Modellgebiets-Ebene ist der Biotoptyp. Aus diesem Grund folgt eine kurze Definition dieses Begriffes, der in den letzten Jahrzehnten zu einer der wichtigsten Grundlagen für die Beschreibung und Bewertung von Natur und Landschaft von der lokalen bis zur regionalen Ebene innerhalb des Naturschutzes und der Landschaftsplanung in Mitteleuropa geworden ist:

Biotoptypen (Definition)

Der/das Biotop wird als ein Landschaftsausschnitt mit spezifischen, weitgehend homogenen Eigenschaften als Lebensraum einer Biozönose verstanden, der aufgrund kartierbarer Merkmale von seiner Umgebung abgrenzbar ist und eine bestimmte Mindestgröße aufweist (Blab et al. 1993, Wiegleb et al. 2002, von Drachenfels 2012, 2016). Ein Biotoptyp ist ein „abstrahierter Typus aus der Gesamtheit gleichartiger Biotope“ (Wiegleb et al. 2002). Biotoptypen werden über abiotische und biotische Merkmale sowie Nutzungsformen abgegrenzt und bieten somit die Möglichkeit, ökologische Bedingungen für Lebensgemeinschaften abzubilden (Ssymank et al. 1993). Höchste Priorität haben die Merkmale, die zu einer leichten Abgrenzung im Gelände führen. Neben Morphologie, Strukturen oder Standortfaktoren, die sich räumlich abgrenzen lassen, werden hier auch kennzeichnende Pflanzenarten hinzugezogen (Knickrehm & Rommel 1995, Kirsch-Stracke & Reich 2004, von Drachenfels 2012, 2016). Je detaillierter eine Erfassung ist, desto häufiger orientieren sich Biotoptypen an Pflanzengesellschaften und ihren speziellen Standorteigenschaften. Größere Erfassungen orientieren sich eher an Nutzungstypen in der Kulturlandschaft (Scholz et al. 2009). Häufig kommt es aufgrund der Darstellbarkeit in den entsprechenden Bearbeitungsmaßstäben zu einer Aggregation sehr kleinräumiger Bestände.

Deutschlandweit werden Biotoptypenkartierungen bereits seit den 1980er in der Landschaftsplanung und im Naturschutz genutzt. Diese liegen in allen Bundesländern vor. Die Detailschärfe ist aber regional sehr verschieden und von den in den Ländern zur Verfügung stehenden Kartierschlüsseln abhängig. Um eine bundeseinheitliche Nutzung des RESI-Habitatindex zu gewährleisten, wurden alle in den Modellregionen vorkommenden und weitere für den „Lebensraum Fluss- aue“ anzunehmende Biotoptypen ausgewählt, dem bundesweiten Biotoptypenschlüssel (Finck et al. 2017) zugeordnet und hierarchisch sortiert. Anhand dieser Liste können Erfassungen aus einzelnen Bundesländern einem RESI-Biotoptyp zugeordnet werden. Dort, wo eine selektive Biotoptypkartierung (nur ausgewählte Biotoptypen werden erfasst) vorliegt, werden die fehlenden Flächen durch die Informationen aus dem Digitalen Landbedeckungsmodell für Deutschland (LBM-DE 2012) in geringerer Detailschärfe ergänzt. Auch diese Einheiten wurden RESI-Biotoptypen zugeordnet.

2.1.2 Der Biotoptypwert

Für alle RESI-Biotoptypen wurde zusammenfassend ein typbezogener Biotopwert ermittelt. Die Auswahl der Bewertungskriterien orientiert sich dabei an den Zielen und Aufgaben des Naturschutzes und der Landschaftspflege (BNatSchG, Art. 1) und an weiteren gesellschaftlichen Normen. Sie werden durch den speziell entwickelten Bewertungsparameter Auenbindung ergänzt, der zur Bewertung von Flussauen eine wichtige Rolle spielt. Die im RESI-Projekt verwendete Ableitung des Biotoptypwertes erfolgt auf Grundlage folgender Kriterien:

- Grundwasserabhängigkeit gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (GW, Tab. 1, Finck et al. 2017)
- Gefährdung/Seltenheit (Rote Liste des Bundes- Finck et al. 2017) (RL, Tab. 2)
- Fauna-Flora-Habitat (FFH, Tab. 3)
- Gesetzlicher Schutz (BNatSchG, LNatSchG) (GS, Tab. 4)
- Regenerierbarkeit (Wiederherstellbarkeit/Entwicklungszeit) (RE, Tab. 5, Finck et al. 2017)
- Auenbindung (Abhängigkeit von (intakten) Auenfunktionen, expertenbasierte Einstufung) (AB, Tab. 6)

Die Wertstufen der verwendeten Bewertungskriterien werden bis auf die Auenbindung aus einem Standardwerk abgeleitet (Finck et al. 2017). Dabei wurde jeweils eine dreistufige Skala entsprechend der unten folgenden Tabellen (Tab. 1-6) angewandt. Um trotzdem dem fünfstufigen RESI-Index gerecht zu werden, wurden diese auf die Stufen 1, 3 und 5 verteilt. Bei der Mittelwertberechnung des Biotopwertes aus den sechs Kriterien können so Werte von 1 bis 5 erreicht werden.

Grundwasserabhängigkeit nach Finck et al. (2017) (i. S. der WRRL)

Tab. 1: Wertstufen (1, 3 und 5), Kategorien und Beschreibungen des Kriteriums Grundwasserabhängigkeit gemäß WRRL (nach Finck et al. 2017)

Stufen	Kategorien	Kategorien nach Finck et al. 2017	Beschreibung
1	Nicht grundwasserabhängig		Biotoptypen, die in ihrer Ausprägung kaum bzw. nicht vom Grundwasser bestimmt werden. Darunter fallen mehr oder weniger trockene Standorte ohne Merkmale von Grund- und Staunässe bzw. ohne Arten, die auf feuchte Standorte angewiesen sind. Z. B. Nadelwald, Fels.
3	Je nach Ausprägung grundwasserabhängig	2 = „je nach Ausprägung grundwasserabhängig“	Grundwasserabhängigkeit auf Ebene der Biotoptypen nicht eindeutig bestimmbar bzw. von der Ausprägung des jeweiligen Biotoptyps abhängig oder es sind nicht alle Subtypen des jeweiligen Biotoptyps grundwasserabhängig. Z. B. Gebüsche.
5	Grundwasserabhängig	1 = „grundwasserabhängig“	Biotoptypen, die durch den Standortfaktor Grundwasser wesentlich bestimmt werden, d.h. in ihrer Ausprägung direkt grundwasserabhängig sind bzw. einem wechselnden Einfluss von Grund- und Oberflächenwasser unterliegen. Z. B. Hartholz-Auenwald, Stromtalwiesen, Fließgewässer.

Gefährdung/Seltenheit (Rote Listen des Bundes/der Länder) nach Finck et al. (2017)

Tab. 2: Wertstufen (1, 3 und 5), Kategorien und Beschreibungen des Kriteriums Gefährdung/Seltenheit (nach Finck et. al. 2017)

Stufen	Kategorien	Kategorien nach Finck et al. 2017	Beschreibung
X	Gefährdungseinstufung nicht sinnvoll	#	
1	ungefährdet	* aktuell kein Verlustrisiko	Biotoptyp, für den i) keine aktuelle Gefährdung angenommen wird; ii) die vorhandenen Daten nicht ausreichen, um die Bestandes- oder Gefährdungssituation einzuschätzen oder iii) eine Einstufung der Gefährdung aus naturschutzfachlicher Sicht nicht sinnvoll ist. Z. B. Standgewässer anthropogen, Intensivgrünland oder Siedlungs- und Verkehrsflächen
3	Gefährdet/beeinträchtigt	2-3 gefährdet bis stark gefährdet 3 gefährdet 3-V akute Vorwarnliste V Vorwarnliste	Biotoptyp, dessen i) Bestände entweder sehr stark abgenommen haben, aber noch große Flächen einnehmen; ii) Bestände deutlich abgenommen haben und keine großen Flächen mehr einnehmen oder iii) Bestände überwiegend aus naturschutzfachlicher Sicht deutlich an Qualität verloren haben. Z. B. Flutrasen, Standgewässer nährstoffreich
5	Stark gefährdet bis vernichtet	0 vollständig vernichtet 1! akut von vollständiger Vernichtung bedroht 1 von vollständiger Vernichtung bedroht 1-2 stark gefährdet bis von vollständiger Vernichtung bedroht 2 stark gefährdet	Biotoptyp, i) von dem im Bezugsraum kein Bestand mehr existiert; ii) dessen Verschwinden oder dessen Vernichtung in absehbarer Zeit angenommen wird; iii) dessen Bestände entweder sehr stark abgenommen haben und nur noch kleine Flächen einnehmen oder iv) dessen Bestände aus naturschutzfachlicher Sicht stark an Qualität verloren haben. Z. B. Pfeifengraswiesen, Hartholz-Auenwald

FFH-Lebensraumtyp nach Finck et al. (2017)

Zuordnung des Biotoptyps zu den Lebensraumtypen gemäß Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) (92/43/EWG; Fassung vom 13. Mai 2013, RL 2013/17/EU).

Tab. 3: Wertstufen (1, 3 und 5), Kategorien und Beschreibungen des Kriteriums FFH (nach Finck et. al. 2017); LRT: Lebensraumtyp.

Stufen	Kategorien	Kategorien nach Finck et al. 2017	Beschreibung
1	nein		kein FFH-LRT
3	nur in bestimmten Ausprägungen	Biotoptypen, die ganz oder teilweise einem FFH-LRT entsprechen	Komplexe aus FFH-LRT und Nicht-FFH-LRT
5	ja		FFH-LRT

Gesetzlicher Schutz (BNatSchG, LNatSchG) nach Finck et al. (2017) (i. S. von § 30 BNatSchG)

Zuordnung des Biotoptyps zu den gemäß § 30 BNatSchG bzw. nach Ländergesetzen gesetzlich geschützten Biotopen.

Tab. 4: Wertstufen (1, 3 und 5), Kategorien und Beschreibungen des Kriteriums gesetzlicher Schutz (nach Finck et al. 2017)

Stufen	Kategorien	Kategorien nach Finck et al. 2017	Beschreibung
1	nein		Kein geschützter Biotoptyp
3	nur in bestimmten Ausprägungen	L nach speziellem Landesrecht ganz oder teilweise geschützte Biotoptypen	Komplexe aus geschützten und nicht geschützten Biotoptypen
5	ja	§ bundesweit ganz oder teilweise geschützte Biotoptypen	Bundesweit gesetzlich geschützte Biotoptypen

Regenerierbarkeit (Wiederherstellbarkeit/Entwicklungszeit) nach Finck et al. (2017)

Tab. 5: Wertstufen (1, 3, und 5), Kategorien und Beschreibungen des Kriteriums Regenerierbarkeit (nach Finck et al. 2017)

Stufen	Kategorien	Kategorien nach Finck et al. 2017	Beschreibung
X	keine Einstufung sinnvoll	X keine Einstufung sinnvoll	Biotoptyp, bei dem eine Einstufung nicht sinnvoll ist oder dessen Regeneration aus naturschutzfachlicher Sicht nicht erwünscht ist: Z. B. Fließgewässer anthropogen, künstlich gefasste Quellen.
1	bedingt regenerierbar (bis 15 Jahre)	B bedingt regenerierbar (etwa bis 15 Jahre)	Relativ leicht regenerierbare Biotoptypen, deren Regeneration in kurzen bis mittleren Zeiträumen (etwa bis 15 Jahre) wahrscheinlich ist. Der Biotoptyp kann sich in kurzer Zeit entwickeln, seine Standorte sind kurzfristig herstellbar und die Einwanderung der entsprechenden Arten ist bereits in kurzen Zeiträumen wahrscheinlich. Z. B. Intensivgrünland, Röhrliche.
3	schwer regenerierbar (15 - 150 Jahre)	S schwer regenerierbar (15-150 Jahre)	Mittelfristig wiederherstellbare Biotoptypen, deren Regeneration nur in langen Zeiträumen (15 - 150 Jahre) wahrscheinlich ist. Der Biotoptyp besitzt eine lange Entwicklungszeit, ist an nur mittelfristig oder schwer herstellbare Standorte gebunden oder aber die Einwanderung der entsprechenden Arten ist erst in langen Zeiträumen wahrscheinlich. Z. B. Nasswiesen, Pfeifengraswiesen und Kleinseggenriede basenarmer Standorte.
5	nicht bis kaum regenerierbar (> 150 Jahre)	N nicht regenerierbar K kaum regenerierbar (> 150 Jahre)	Nicht oder kaum in annähernder gleicher Ausprägung wiederherstellbare Biotoptypen, deren Regeneration nur in sehr langen Zeiträumen (> 150 Jahre) oder gar nicht möglich ist. Dazu zählen Biotoptypen, die eine extrem lange Entwicklungszeit aufweisen, an nicht wieder oder schwer herstellbare Standorte gebunden sind sowie deren Einwanderung der entsprechenden Arten in sehr langen Zeiträumen nicht oder nur in unvollständiger Form wahrscheinlich ist. Z. B. Hochmoore, natürliche Felsen und Seen, offene Binnendünen, Altarme und viele Waldtypen.

Auenbindung (Abhängigkeit von intakten Auenfunktionen) nach Expertenmeinungen

Das Kriterium Auenbindung beschreibt die Bindung des Biotoptyps an den Lebensraum Aue mit dessen Abhängigkeit vom Grund- und Oberflächenwassereinfluss und seinen stark räumlich und zeitlich schwankenden Lebensbedingungen. Zentrale Rolle spielt dabei die Abhängigkeit von den für Auen besonderen Landschaftsfunktionen, den Auenfunktionen. Unter diesen werden hier alle für Auen spezifischen Prozesse und Strukturen verstanden. Dazu gehört vorrangig die Hydrodynamik sowie die daraus resultierende Überflutung und Austrocknung, die Grundwasserauffüllung, die Wasserreinigung, die Stoffretention, die Bereitstellung von Habitaten, die lokalklimatischen Effekte und viele weitere, welche die Grundlage für die vom Menschen genutzten Ökosystemleistungen bilden. Der Grad der Abhängigkeit von Biotoptypen von diesen Prozessen oder den aus diesen resultierenden Strukturen definiert die Intensität der Auenbindung eines Biotoptyps. Die Zuordnung der einzelnen Biotoptypen zu unten genannten Stufen erfolgte auf der Grundlage der Erfahrungen aller Bearbeiter und im Diskurs mit weiteren Experten. Sie kann bei Bedarf regionalisiert werden.

Tab. 6: Wertstufen (1, 3, und 5), Kategorien und Beschreibungen des Kriteriums Auenbindung (nach Breunig et al. 2000).

Stufen	Art	Beschreibung
1	Auenunabhängig (Biotoptypen durchaus in Auen)	Biotoptypen mit Verbreitungsschwerpunkt außerhalb von Fluss- und Auenlandschaften und ohne Anpassung an Flusssauendynamik bzw. ohne natürliche Flussaufenfunktion (starke Einschränkung, Unterbindung oder vollständiger Verlust der Auenfunktion mit ihrer typischen, angepassten Fauna und Flora). Z. B. Acker, Felsen, Streuobstbestand, Uferverbau
3	Mittlere Auenbindung (Biotoptypen vorwiegend in Auen)	Biotoptypen, die regelmäßig und charakteristischerweise in Flüssen und Auen anzutreffen sind, aber auch außerhalb von Auen auf ähnlich feuchten Standorten vorkommen können (kein Verbreitungsschwerpunkt in Auen, bedingte Auenfunktion, z. B. Röhricht)
5	Auenabhängig/hohe Auenbindung (Biotoptypen ausschließlich in Auen)	Biotoptypen, die ausschließlich oder zumindest mit deutlichem Verbreitungsschwerpunkt in Fluss- und Auenlandschaften mit entsprechend natürlicher bis naturnaher Hydro- und Morphodynamik vorkommen und auf periodisch auftretende Überflutungen und Niedrigwasserverhältnisse, verbunden mit starken Grund- oder Oberflächenwasserstandsschwankungen (Hydrodynamik), angewiesen sind (intakte Auenfunktion). Besonders kennzeichnend oder typisch für Auenlandschaften sind, z. B. Uferpionierfluren, Flutrasen, Uferrohricht, Weich- und Hartholzauwald, Stromtalwiesen sowie Altwasser und Altarme

Zur Ermittlung des Biotoptypwertes (BTW) wird aus den Rangstufen der einzelnen Bewertungskriterien der gewichtete Mittelwert gebildet:

$$BTW = \frac{RL + FFH + GS + RE + AB}{n} \quad \text{Gl. 1}$$

mit n = Anzahl der Kriterien

Die für die RESI-Biotope daraus resultierenden Biotoptypwerte sind dem Anhang 1 zu entnehmen und stellen die Basis für die Bewertung auf Einzelbiotopebene dar.

2.2 2. Schritt: Bewertung auf Einzelbiotopebene (BW)

Die genaue Betrachtung von Biotopausprägungen auf Einzelbiotopebene erlaubt in einem zweiten Bearbeitungsschritt zusätzlich eine bestandsspezifische Auf- oder Abwertung des im ersten Schritt festgelegten Biotoptypwertes (max. +2/-2,25). Die Bewertung erfolgt nach abiotischen (nur für naturnahe und auentypische Biotope) und biotischen (für alle Biotope) Standort-Parametern. Zur ersten Gruppe zählen verändertes Überflutungsregime (V_{Regime} , Tab. 7 und 8) und Lage des Auen-Kompartimentes im Rückstaubereich einer Staustufe (Stau, Abb. 2, Tab. 9). Zur zweiten Gruppe zählen FFH-Erhaltungszustand (FFH_{EHZ} , Tab. 10) und wertgebende Merkmale ($Wert_{\text{Zusatz}}$; z. B.: Wiesenbrüteregebiete, Tab. 11).

An dieser Stelle ist der RESI-Habitatindex in besonderem Maße durch den Nutzer erweiterbar. Die zusätzliche Verwendung weiterer wertgebender Merkmale erfordert unter Umständen eine Anpassung der Größe der Boni/Mali, um ein sinnvolles Gesamtergebnis zu erhalten:

$$BW_i = BTW_i + V_{\text{Regime}} + \text{Stau} + FFH_{\text{EHZ}} + Wert_{\text{Zusatz}} \quad \text{Gl. 2}$$

Verändertes Überflutungsregime (V_{Regime})

Auenflächen können dem natürlichen Abflussregime des Flusses direkt ausgesetzt sein (rezente Aue) oder durch Deiche vom Überflutungsgeschehen ausgeschlossen sein (Altaue). Dazwischen gibt es heute eine Vielzahl von Flächen, in denen das Überflutungsregime in sehr unterschiedlichem Maße durch Eingriffe des Menschen verändert vorliegt. Um eine möglichst einheitliche Bewertung dieses für die Habitatfunktion wichtigen Faktors für sehr verschiedene Situationen zu erreichen, wird der erstgenannte, ökologische Idealfall der ungehindert überfluteten Aue als rezente Aue bezeichnet und alle anderen, veränderten Flächen werden graduell differenziert als Altauen eingestuft. Solche Fälle sind z. B.

- Sommerpolder und andere, von Verwallungen geschützte Auenbereiche,
- Überflutungsräume mit Einlaufschwelen oder steuerbaren Einlassbauwerken und
- gesteuerte Polder (ggf. mit abgestufter Anpassungsflutung).

In beeinträchtigten Auen bekommen naturnahe und auentypische Biototypen zunächst einen Altauen-Malus von -1 (AA, Tab. 7) und anschließend einen abgestuften Bonus (Flut, Tab. 8), der mit der Flutungshäufigkeit zunimmt und damit die Möglichkeit der Adaptation der Auenökosysteme an die Überflutung beschreibt. So bekommen die Biotope in Poldern mit häufigen sogenannten "ökologischen Flutungen" (im Weiteren Anpassungsflutungen) ($\leq HQ5$) auf diesen Flächen einen Bonus von 0,75. Bei selteneren Flutungen ($> HQ5 \leq HQ20$) bekommen sie einen Bonus von 0,5. Bei noch selteneren Flutungen ($> HQ20 \leq 50$) erhalten die Flächen einen Bonus von 0,25. Von Sommerdeichen geschützte Bereiche, welche z. B. 5–20-jährlich überströmt werden, bekommen ebenfalls einen Bonus von 0,5. Bei anderen Situationen sind im Einzelfall plausible Annahmen zu den Jährlichkeiten anzusetzen, wenn genaue Daten zur lokalen Situation nicht vorliegen.

Polderbereiche ohne ökologische Anpassungsflutungen können bei einer möglichen Flutung beispielsweise mit einer 50- bis 100-jährlichen Überflutungswahrscheinlichkeit (HQ_{50} bis HQ_{100}) keine überflutungsangepassten Biozönosen entwickeln, d. h. bei seltenen Flutungen wäre von einer besonders starken Schädigung der hier vorkommenden Biozönosen auszugehen. Dies wird mit einem zusätzlichen Malus von -0,25 bewertet. Auf diese Weise können auch alle weiteren, nutzerspezifischen Überflutungssituationen im RESI-Habitatindex abgebildet werden.

Habitatbereitstellung: Detailansatz in der Aue

Das Merkmal verändertes Überflutungsregime (V_{Regime}) bewertet, abhängig von der Häufigkeit der noch stattfindenden Überflutungen (Flut), somit die Abkopplung der Aue vom Überflutungsregime durch anthropogene Veränderungen (AA):

$$V_{\text{Regime}} = AA + \text{Flut}$$

Gl. 3

Tab.7 : Wert des Malus für die Lage eines Biotops in der morphologischen Aue

Lage Aue*	AA
Rezente Aue	0
Altaue**	-1

*nur für naturnahe oder auentypische Biototypen (Auenbindung 3 oder 5) verwendet

**kann regional differenziert werden

Tab. 8: Wert des Bonus Überflutungshäufigkeit in der Altaue

Überflutungshäufigkeit*	Flut
HQ > HQ 20 und ≤ 50	+0,25
HQ > HQ 5 ≤ HQ 20	+0,5
HQ ≤ HQ 5	+0,75
Polder ohne ökologische Flutungen	-0,25

*nur für naturnahe oder auentypische Biototypen (Auenbindung 3 oder 5) verwendet

Einfluss von Querbauwerken (Malus für Rückstau)

Stauhaltungen verändern die natürliche Hydrodynamik eines Flussabschnittes, was nicht ohne Auswirkungen auf die Ökosystemleistung Habitatbereitstellung bleibt (z. B. Veränderungen der Makrozoobenthos-/Molluskenfauna im Bereich von gestauten Abschnitten, vgl. Banning 1998, Foeckler et al. 2000). Dies wird im RESI-Habitatindex durch einen Malus „Stau“ berücksichtigt. Da der Einfluss des Rückstaus mit zunehmender Entfernung zur Stauhaltung geringer wird (vgl. Abb. 2), wird der Malus in Abhängigkeit der Lage des Kompartiments zur Stauhaltung differenziert vergeben (s. Tab. 9).

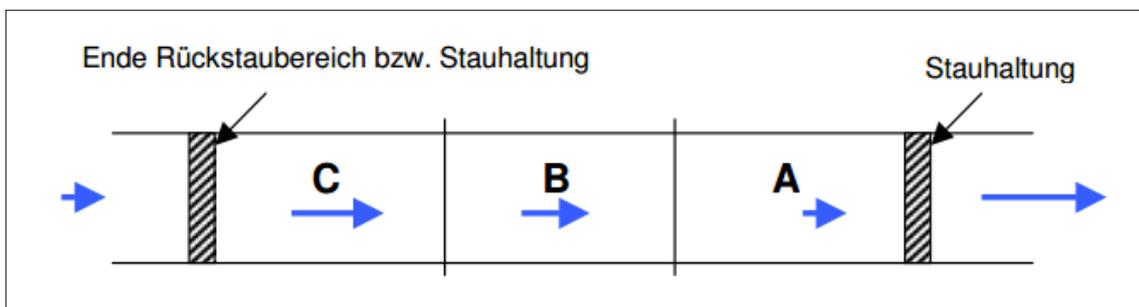


Abb. 2: Schematische Darstellung des Rückstaubereichs einer Stauhaltung, der im Beispiel bis zur nächsten stromaufliegenden Stauhaltung reicht und zur Bewertung in drei Abschnitte unterteilt wird. Die Pfeilgröße soll die in Fließrichtung abnehmende Fließgeschwindigkeit zum Ausdruck bringen (aus ÖKON 2006).

Tab. 9: Ermittlung des Malus Rückstau (Stau) in Abhängigkeit der Entfernung des Kompartiments zur Stauhaltung und der Lage in der morphologischen Aue

Lage	Malus Stau*	
	Rezente Aue	Altaue
A	-1	-0,50
B	-0,50	-0,25
C	-0,25	0

*nur für naturnahe oder auentypische Biotoptypen (Auenbindung 3 oder 5) verwendet

FFH-Erhaltungszustand (FFH_{EHZ})

Die Bewertung der erfassten FFH-Lebensraumtypen erfolgt nach den Stufen A (hervorragend), B (gut) und C (mittel bis schlecht) auf Grundlage der FFH-Lebensraumkartierung der Länder (Tab. 10; wenn Informationen vorhanden).

Tab. 10: Zuordnung (oder Ermittlung) des FFH_{EHZ}-Bonus/Malus eines Biotops zum FFH-Erhaltungszustand (FFH-EHZ)

FFH-EHZ	FFH _{EHZ}
A	+1
B	0
C	-0,5*

*Malus wird nicht vergeben, wenn der FFH-LRT in der Altaue liegt, da bereits ein Altauen-Malus vergeben wurde.

Wertgebende Merkmale (Wert_{Zusatz})

Wenn flächendeckend bzw. für ein gesamtes Gebiet repräsentativ vorhanden, können auch faunistische und floristische Daten als Bonus mit in die Bewertung einbezogen werden (Stammel et al. 2020, Rumm et al. 2020 in diesem Buch). Dies beinhaltet zum Beispiel naturschutzfachlich bedeutende Vorkommen von Arten wie z. B. Wiesenbrüterbestände. Diese Möglichkeit ist nur begrenzt einsetzbar, da der Habitatindex auf fünf Stufen begrenzt ist, d. h. es gibt eine maximale Aufwertung von +1 auch bei mehreren wertgebenden Merkmalen (Tab. 11).

Tab.11: Wert des Bonus wertgebende Merkmale

Wertgebendes Merkmal	Wert _{Zusatz}
Vorhanden	+1*
Nicht vorhanden	0

*wenn qualifizierende Bewertung des wertgebenden Merkmals vorhanden ist, wird der Indexwert mit maximal +1 je Biotoptyp aufgewertet

2.3 3. Schritt: Aggregation des Habitatswerts Hab_{reg} auf Kompartiment-Ebene

Um eine Bewertung auf Auen-Kompartiment-Ebene zu erhalten, werden die Biotopwerte aller Einzelbiotope eines Kompartiments aus Schritt 2 (vgl. Kap. 2.2) flächengewichtet summiert. Dabei wird jeder Biotopwert (BW) eines Einzelobjekts (= Biotop) mit seiner Fläche (A) multipliziert und anschließend die Summe für alle Einzelobjekte eines Kompartiments (Teil eines Auensegments, z. B. rezente Aue rechts) durch dessen Fläche geteilt. Dieser Wert wird anschließend nochmals durch einen Bonus-Wert (max. 0,5) aufgewertet, je nachdem, ob ein vollständig ausgeprägter Feuchtegradient (Feucht) anzutreffen ist. Daraus resultiert der RESI-Habitatindex Hab_{reg} :

$$Hab_{reg} = \frac{\sum_{i=1}^n (BW_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} + Feucht \quad \text{Gl. 4}$$

Die Vollständigkeit des Feuchtegradienten (Bonus „Feucht“)

Die Vielfalt der Lebensräume und Arten wird durch die Dynamik des Wassers bestimmt. In natürlichen Auen besteht eine ausgeprägte Hydro- und Morphodynamik, so dass sich ein ausgeprägtes Auenrelief mit hohen und tiefen Standorten, mit grobkörnigen bis hin zu bindigen Böden, mit länger und kürzer vernässten und sogar sehr trockenen Standorten ausbilden kann. Diese Standortvielfalt bestimmt weitgehend die hohe Biodiversität in Auen (Ward et al. 1999). Ein Zeiger für eine Aue mit einer guten Habitatausstattung ist daher neben dem flächigen Vorkommen bestimmter Biotoptypen auch die Vollständigkeit des Feuchtegradienten von nassen Standorten, wie Altwassern, bis hin zu sehr hohen oder trockenen Standorten, wie beispielsweise Sandtrockenrasen oder Brennen. Für den RESI-Habitatindex wurden daher die auentypischen Biotope (Auenbindung = 5) betrachtet und entsprechend einer Experteneinschätzung in fünf Feuchtestufen eingeteilt (s. Anhang 2):

1. Trockenrasen und Halbtrockenrasen in Auen, Kalk-Kiefernwälder auf Schotterflächen
2. Nass- und Feuchtgrünland, Hartholzauwald inkl. Erlen- und Eschenwald
3. Pfeifengraswiesen, Stromtalwiesen, Flutrasen, krautige Ufersäume, Niedermoore, Weidengebüsche und Weichholzaunen
4. Temporäre Gewässer, zeitweilig trockenfallende Lebensräume unterhalb der Mittelwasserlinie, Großseggenriede, Röhrichte
5. Fließgewässer, Standgewässer, Altarme und Altwasser, Schotterflächen der subalpinen bis alpinen Fließgewässer

Ein Bonus von 0,5 wird dann erreicht, wenn mindestens drei dieser fünf Feuchtestufen der auentypischen Biotope in einem Kompartiment vorkommen. Allerdings wird dieser Bonus nur vergeben, wenn die Fläche der Biotoptypen einer Feuchtestufe auch einen angemessenen Mindestanteil einnimmt, da bei einem geringeren Anteil als 1 % nicht mehr davon ausgegangen werden kann, dass diese kleinen Biotopvorkommen tatsächlich ein Kompartiment aufwerten können.

2.4 Verworfenne oder bereits integrierte Kriterien

Nicht alle der zu Beginn des RESI-Projektes erarbeiteten Indikatoren sind (direkt) zur Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung im Detailverfahren herangezogen worden. Da der RESI-Habitatindex nicht als starres Bewertungsschema zu verstehen ist, bieten diese Kriterien, v. a. dann, wenn höher aufgelöste Daten vorliegen, Erweiterungsmöglichkeiten. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es dadurch nicht zu Doppelbewertungen innerhalb der ÖSL Habitatbereitstellung kommen darf. Die Entscheidung, ob eine Doppelbewertung vorliegt, ist aufgrund der vielfach eng verflochtenen Auenfunktionen nicht immer eindeutig zu treffen. Auch spielt die expertenbasierte Gewichtung der Funktionen für den Index eine erhebliche Rolle und kann in unterschiedlichen Anwendungsfällen des RESI-Habitatindex eine unterschiedliche Auswahl erforderlich machen.

Hydrodynamik, Abfluss und Überflutung sowie Morphodynamik

Die Indikatoren Hydrodynamik, Abfluss, Überflutung und Morphodynamik werden bereits indirekt über die Biotoptypen bzw. die o. g. Bonus-/Malus-Kriterien (z.B. „Rückstau“ oder „Verändertes Überflutungsregime“) in den RESI-Habitatindex integriert.

Konnektivität (Längs- und Quervernetzung)

Auen sind lineare Landschaftselemente, die sehr stark über das Wasser longitudinal und transversal vernetzt sind. Ähnlich wie die o. g. Indikatoren wird dieses für Auen sehr wichtige Kriterium über die vergebenen Kriterien (z. B. „Verändertes Überflutungsregime“ oder „Rückstau“) indirekt bereits integriert und wurde, um keine Doppelbewertungen zu verursachen, nicht weiter berücksichtigt. Denkbar ist hier jedoch eine noch stärker differenzierte Bewertung, wenn detaillierte Informationen auf Maßnahmenebene vorliegen, z. B. ein Malus bei Vorhandensein von Uferverbau für die angrenzenden auentypischen (Auenanbindung = 5) Biotope.

Bewertung biotischer Daten nach WRRL

Dies kann über die Integration der „aquatischen Habitatbereitstellung“ (AquaRESI) in den RESI-Habitatindex erfolgen (Nissl et al. 2020 in diesem Buch). Das Monitoring der WRRL bezieht sich auf den Wasserkörper. Eine Bewertung von Auen mit den verwendeten biologischen Qualitätskomponenten ist damit nicht möglich.

Vorhandensein von Pionierstandorten

Aufgrund der starken anthropogenen Überprägung (Uferbefestigungen, Begradigungen) sind in den überwiegend anthropogen veränderten Flusslandschaften Mitteleuropas kaum noch Pionierstandorte vorhanden oder nur kleinflächig ausgeprägt. Zudem fehlen hier oftmals die Datengrundlagen zu deren Vorkommen, da das Vorhandensein auch starken jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt und daher nur schwer einheitlich erfasst werden kann. Wenn Daten vorhanden sind, kann dieser Parameter auch ohne weiteres über eine leitbildkonforme Biotopzusammensetzung (s. u.) eingebaut werden, bzw. wird in gewissem Maß bereits über die Biotoptypen selbst berücksichtigt.

Die leitbildkonforme Biotopzusammensetzung

Auen können in ihrer Biotopausstattung sehr verschieden sein, ein für alle Auen in Deutschland allgemein gültiges Leitbild ist aufgrund der naturräumlichen, im Speziellen der auentypologischen Vielfalt nicht formulierbar. Neben dem rekonstruierten Urzustand, der zum großen Teil aus Auenwald besteht, aber in manchen Landschaften auch eine hohe Zahl an Pionierflächen aufweist, können durchaus auch Kulturlandschaften mit einem hohen Anteil an (extensivem) Grünland von großer Bedeutung für die Habitatbereitstellung sein. Wertgebend sind dabei v. a. das Vorhanden-

Habitatbereitstellung: Detailansatz in der Aue

sein verschiedener Habitatgruppen (Wald, Grünland, Gewässer und Feuchtgebiete) und ein geringer Flächenanteil von Äckern und Siedlungen. So kann z. B. eine weitgehend walddominierte Auenlandschaft in Tieflandauen ebenso eine hohe Habitatqualität haben wie eine von großen extensiven Grünländern oder hohen Feuchtgebietsanteilen geprägte Aue. Für den RESI-Habitatindex wurde zunächst ein möglichst allgemeingültiges Leitbild für die Auen aufgestellt, das sowohl wald- als auch grünlanddominierte, naturnahe Auen miteinschließt (Tab. 12). Der Flächenanteil der jeweiligen Habitatgruppe, der dem Leitbild entspricht, wird daher mit einer großen Spannweite beschrieben (in Tabelle 12 mit Stufe 5 bewertet). Abstufungen für einen noch vertretbaren Anteil der jeweiligen Habitattypen wurden mit 3 bewertet. Fasst man die Bewertungen der einzelnen Biotopgruppen zusammen, so ergibt sich eine Gesamt-Wertstufe. In der Summe werden 4 bis 20 Punkte vergeben. Es erfolgt eine Aufwertung des Kompartiments, wenn der Gesamtwert >14 und der Anteil an Acker und/oder Siedlung < 30 % im Kompartiment ist. Daraus folgt, dass mindestens drei der vier Biotopgruppen mit einer fünf und der übrige mit einer 3 bewertet werden müssen. Die Bewertungstabelle und die Einteilung in die jeweiligen Kategorien ist kein starres Schema und kann für einen Bonus an das jeweilige Leitbild vor Ort angepasst werden. So könnte bspw. bei vorhandenen Daten auch das Vorkommen von Pionierstandorten etc. und eine detailliertere Unterscheidung von Biotoptypen, d. h. ein lokales/regionales Leitbild, eingebaut werden. Ebenfalls können die Leitbilder der Auentypologie von Koenzen (2005) entnommen und gegebenenfalls modifiziert werden. Auch wenn die Leitbildkonformität ein naturschutzfachlich wichtiges Kriterium für die Bewertung von Maßnahmen darstellen kann, wurde auch hier die Tendenz zu einer Doppelbewertung gesehen, die sich mit der Biotopbewertung in Kombination mit der Bewertung des Feuchtegradienten ergibt.

Tab. 12: Beispielhafte Grenzen für die Zuordnung als leitbildkonforme Biotopzusammensetzung

Biotoptyp	5 (gut)	3 (mittel)	1 (schlecht)
Wald	20-< 90 %	5-< 20 %, oder ≥ 95	< 5 %
Grünland	5-< 80 %	< 5 %, oder 80-< 90%	≥ 90 %
Feuchtgebiet	5-< 80 %	<5 %, oder 80-< 90%	≥ 90 %
Gewässer	5-< 25 %	25-< 50 %, oder < 5 %	≥ 50 %
Acker, Siedlung/ Verkehr	Kein Bonus bei > 50 %		

3 Literaturverzeichnis

- Banning, M. (1998): Auswirkungen des Aufstaus größerer Flüsse auf das Makrozoobenthos - dargestellt am Beispiel der Donau. – Essener Ökologische Schriften 9: 285 S.
- Blab, J., Riecken, U. & Ssymank, A. (1993): Vorschlag eines Kriteriensystems für eine Rote Liste Biotop auf Bundesebene. In: Blab, J. & Riecken, U. (Hrsg.): Grundlagen und Probleme einer Roten Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands: Referate und Ergebnisse. Greven (Kilda-Verlag): 265-273.
- Breunig, T., Riedinger, R. & Vogel, P. (2000): Charakterisierung der Biotoptypen der Oberrhein-niederung. Gutachten im Auftrag der Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein (Lahr) unter Mitwirkung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Karlsruhe.
- Drachenfels, O. v. (2012): Einstufungen der Biotoptypen in Niedersachsen - Regenerationsfähigkeit, Wertstufen, Grundwasserabhängigkeit, Nährstoffempfindlichkeit, Gefährdung. – Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 32, 1 (1/12): 1-60.
- Drachenfels, O. v. (2016): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotop sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie, Stand Juli 2016. – Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. Heft A/4: 326 S.
- Finck, P., Heinze, S., Raths, U., Riecken, U. & Ssymank, A. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Dritte Fortgeschriebene Fassung 2017. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 156, 637 S.
- Fischer, C., Damm, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Harris, R. M. B., Hoffmann, T. G., Iwanowski, J., Kasperidus, H., Mehl, D., Podschun, S. A., Rumm, A., Stammel, B. & Scholz, M. (2019): The "Habitat Provision" Index for Assessing Floodplain Biodiversity and Restoration Potential as an Ecosystem Service - Method and Application. – *Frontiers in Ecology and Evolution* 7: 483, doi: 10.3389/fevo.2019.00483.
- Foeckler, F., Deichner, O., Schmidt, H. & Jacob, K. (2000): Weichtiergemeinschaften als Indikatoren für Auenstandorte – Beispiele von Isar und Donau. – *Angewandte Landschaftsplanung* 37: 33-47.
- Kirsch-Stracke, R. & Reich, M. [mit Beiträgen von R Brinkmann & B. Knickrehm] (2004): Erfassen und Bewerten der Biotopfunktion (Arten- und Lebensgemeinschaften). In: von Haaren, C. (Hrsg.): *Landschaftsplanung*. Ulmer, Stuttgart: 215-247.
- Knickrehm, B. & Rommel, S. (1995): Biotoptypenkartierung in der Landschaftsplanung. Anforderungen an einen Kartierschlüssel vor dem Hintergrund der lokalen Landschaftserfassung.- Schriftenreihe des Institutes für Landschaftspflege und Naturschutz am Fachbereich für Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung. – *Arbeitsmaterialien* 27, 174 S.
- Koenzen, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland. Typologie und Leitbilder. – *Angewandte Landschaftsökologie* 65, 327 S.
- Nissl, M., Stammel, B., Lentz, A., Foeckler, F., Fischer-Bedtke, C., Damm, C., Gelhaus, M., Gerstner, L., Kasperidus, H., Scholz, M. & Rumm, A. (2020): Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung im Fluss – AquaRESI. In diesem Buch.
- ÖKON (2006): Erstellung eines Regel- und Bewertungswerkes für ein in das Flussauenmodell INFORM zu integrierendes Molluskenmodul (Momor). Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerskunde (BfG). Unveröffentlichtes Gutachten.
- Rumm, A., Foeckler, F., Deichner, O., Scholz, M. & Gerisch, M. (2016): Dyke-slotting initiated rapid recovery of habitat specialists in floodplain mollusc assemblages of the Elbe River, Germany. – *Hydrobiologia* 771: 151-163.

Habitatbereitstellung: Detailansatz in der Aue

- 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.
- Scholz, M., Henle, K., Dziock, F., Stab, S. & Foeckler, F. (Hrsg.) (2009): Entwicklung von Indikationssystemen am Beispiel der Elbaue. Ulmer Verlag, Stuttgart, 482 S.
- 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.
- Ssymank, A., Riecken, U. & Ries, U. (1993): Das Problem des Bezugssystems für eine Rote Liste Biotoptypen. – Landschaftspfl. u. Naturschutz 38: 47-58.
- Stammel, B., Damm, C., Fischer-Bedtke, C., Francis, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Horchler, P., Rumm, A. & Scholz, M. (2020): Quantifizierung und Bewertung der Ökosystemleistung Habitatbereitstellung anhand der floristischen Ausstattung – Florix. In diesem Buch.
- Wiegleb, G., Bernotat, D., Gruehn, D., Riecken, U. & Vorwald, J. (2002): Gelbdruck „Biotope und Biotoptypen“. In: Plachter, H., Bernotat, D., Müssner, R. & Riecken, U. (Hrsg.): Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. – Landschaftspfl. u. Naturschutz 70: 281-328.
- Ward, J. V., Tockner, K. & Schiemer, F. (1999): Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity¹. – Regulated Rivers: Research & Management 15: 125-139.

4 Anhänge

Anhang 1: Biotoptypwerte der Kriterien (Gefährdung/Seltenheit (Rote Listen des Bundes/der Länder) (RL); FFH-Status (FFH); Gesetzlicher Schutz (GS); Regenerierbarkeit (Wiederherstellbarkeit/Entwicklungszeit) (RE); Grundwasserabhängigkeit gemäß WRRL (GW); Auenbindung (AB)) für die RESI-Biotoptypen. Der RESI-Biotoptyp-Wert ist Anhang 2 zu entnehmen.

RESI Code	RESI Biotoptypen	RL	FFH	GS	RE	GW	AB
10.0	Gewässer (unspezifisch)	3	3	3	3	5	5
11.0	Quellen	3	3	3	5	5	3
11.1	naturnahe Quellen	5	5	5	5	5	3
11.2	künstlich gefasste Quellen	1	1	1		5	1
12.0	Fließgewässer (unspezifisch)	3	3	3	5	5	5
12.1	Fließgewässer temporär	5	3	5	3	5	5
12.2	Fließgewässer naturnah	5	5	5	5	5	5
12.3	Fließgewässer mäßig beeinträchtigt	3	5	1	3	5	3
12.4	Fließgewässer anthropogen	1	1	1		5	1
13.0	Standgewässer in Auen (unspezifisch)	3	3	3	3	5	5
13.1	Standgewässer in Auen temporär	5	1	5	3	5	5
13.2	Standgewässer in Auen nährstoffarm	5	5	5	3	5	5
13.3	Standgewässer in Auen nährstoffreich	3	5	5	1	5	5
13.4	Standgewässer in Auen anthropogen	1	1	1		5	1
14.0	Altarme und Altwasser	5	5	5	3	5	5
15.0	Abbaugewässer	3	3	3	1	5	3
15.1	Abbaugewässer naturnah	3	5	5	1	5	3
15.2	Abbaugewässer naturfern	1	1	1		5	1
16.0	Lebensräume unterhalb des Mittelwassers	5	5	5	3	5	5
16.1	zeitweilig trockenfallende Lebensräume unterhalb des Mittelwasserbereichs an fließenden Gewässern	5	5	5	3	5	5
16.2	zeitweilig trockenfallende Lebensräume unterhalb des Mittelwasserbereichs an stehenden Gewässern	3	5	5	3	5	5
17.0	Uferverbau	1	1	1		1	1
20.0	Grünland	3	3	3	5	3	3
21.0	Nass-/Feuchtgrünland	3	3	5	3	5	5
21.1	Pfeifengraswiesen in Auen	5	5	5	3	5	5
21.2	Stromtalwiesen	5	5	5	3	5	5
21.3	Sonstiges extensives Feucht- und Nassgrünland	5	1	5	3	5	5
21.4	Flutrasen	3	1	5	1	5	5
22.0	Grünlandbrache	3	3	3		5	3
23.0	Frisches/Mesophiles Grünland	5	5	3	3	3	3
24.0	Intensivgrünland	1	1	1		5	3
25.0	(Halb-)Trockenrasen in Auen	5	5	5	5	1	3
25.1	Trockenrasen	5	5	5	5	1	1
25.2	Halbtrockenrasen	5	5	5	3	1	5

Habitatbereitstellung: Detailansatz in der Aue

RESI Code	RESI Biotoptypen	RL	FFH	GS	RE	GW	AB
30.0	Ufersäume, Stauden- und Ruderalfluren	3	3	1	1	3	3
31.0	Kahlschläge	1	1	1		1	1
32.0	krautige und grasige Säume und Fluren der offenen Landschaft	3	1	3	1	3	3
33.0	krautige Ufersäume oder Fluren an Gewässern	3	5	1	1	3	5
34.0	Staudenflur neophytendominiert	1	1	1		3	3
35.0	Initialvegetation trocken	3	1	1		1	3
40.0	Großseggenriede, Röhrichte und Niedermoore in Auen	5	3	5	3	5	5
41.0	Großseggenriede in Auen	5	1	5	3	5	5
42.0	Röhrichte in Auen	3	5	5	3	5	5
43.0	Niedermoore (ohne Röhrichte und Großseggen)	5	5	5	5	5	5
50.0	Gehölze, Hecken und Gebüsche	3	3	3	3	3	3
51.0	Gebüsche	3	3	5	3	3	3
51.1	(Weiden-)Gebüsch in Auen	3	5	5	3	3	5
51.2	Gebüsche nasser bis feuchter organischer Standorte	3	3	5	3	5	3
51.3	Gebüsche trockener Standorte	3	5	5	3	1	3
51.4	Gebüsche frischer Standorte	3	1	5	3	3	3
52.0	Feldgehölze und Hecken	3	3	3	3	3	3
52.1	Feldgehölze und Hecken feuchter Standorte	3	3	1	3	3	3
52.2	Feldgehölze und Hecken frischer Standorte	3	3	1	3	3	3
52.3	Feldgehölze und Hecken trockener Standorte	5	1	5	3	1	3
52.4	Gehölzanpflanzungen und Hecken eingeführter Arten	1	1	1	1	3	1
53.0	Einzelbaum, Baumgruppen, Alleen	3	1	3	3	3	3
54.0	Streuobstbestand	5	1	3	3	3	1
60.0	Wälder und Forste	3	3	3	5	5	3
61.0	Auwälder (unspezifisch)	5	5	5	5	5	5
61.1	Erlen- und Eschenwälder	3	5	5	5	5	5
61.2	Weichholzauwälder	5	5	5	3	5	5
61.3	Hartholzauwälder	5	5	5	5	5	5
62.0	Laub(misch)wälder	3	3	3	5	3	3
62.1	Laub- und Mischwälder feuchter bis frischer Standorte	3	3	1	3	3	3
62.2	Laub(misch)wälder trockener bzw. trocken-warmer Standorte	5	3	5	3	1	1
62.3	Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald (LRT 9160)	5	5	1	5	5	3
63.0	Laubforste	1	1	1	3	3	1
63.1	Laub(misch)forste überwiegend eingeführter Baumarten	1	1	1	3	3	1
63.2	Pappelforste	1	1	1	3	5	1
64.0	Vorwälder	1	1	1	1	3	3
65.0	Nadelwälder (nur Schneeheide-Kiefernwälder und Waldkiefernwälder des Tieflands)	3	1	3	3	1	1
65.1	Kalk-Kiefernwälder auf Schotterflächen und Schwemmkegeln	3	1	5	3	1	5
65.2	trockene Sandkiefernwälder	3	1	3	3	1	1

River Ecosystem Service Index (RESI)

RESI Code	RESI Biotoptypen	RL	FFH	GS	RE	GW	AB
66.0	Nadelforste	1	1	1		3	1
67.0	Bruch-/Sumpfwälder	3	3	5	5	5	3
67.1	Bruchwälder	5	5	5	5	5	3
67.2	Sumpfwälder	3	1	5	3	5	3
70.0	<u>Fels-, Gesteins- und Offenbodenbiotope</u>	5	5	5	5	1	3
71.0	natürliche Höhlen und Balmen	3	5	5	5	1	1
72.0	Felsen, Block- und Schutthalden	3	5	5	5	1	1
73.0	Lehm- und Lösswände	5	1	5	3	1	3
74.0	Schotterflächen der subalpinen bis alpinen Fließgewässer	5	5	5	5	5	5
80.0	<u>Acker/Ackerbrache</u>	1	1	1		3	1
81.0	Acker	1	1	1		3	1
82.0	Ackerbrache	3	1	1		3	1
90.0	<u>Siedlungs- und Verkehrsflächen</u>	1	1	1		3	1

Habitatbereitstellung: Detailansatz in der Aue

Anhang 2: Biotoptypwerte und Feuchtwerte für die RESI-Biotoptypen. sieben Landnutzungstypen (LN7) nach LBM-DE 2012: GL = Grünland; G= Gewässer; F = Feuchtgebiete; SF = Sonstige Fläche; W = Wald; A = Acker; S = Siedlung; 1 = sehr gering; 2 = gering; 3 = mittel; 4 = hoch; 5 = sehr hoch.

RESI Code	RESI Biotoptypen	LN 7	Biotoptypwert	Feuchtwert
10.0	Gewässer (unspezifisch)	G	4	5
11.0	Quellen	G	4	
11.1	naturnahe Quellen	G	5	
11.2	künstlich gefasste Quellen	G	2	
12.0	Fließgewässer (unspezifisch)	G	4	5
12.1	Fließgewässer temporär	G	4	4
12.2	Fließgewässer naturnah	G	5	5
12.3	Fließgewässer mäßig beeinträchtigt	G	3	
12.4	Fließgewässer anthropogen	G	2	
13.0	Standgewässer in Auen (unspezifisch)	G	4	5
13.1	Standgewässer in Auen temporär	F	4	4
13.2	Standgewässer in Auen nährstoffarm	G	5	5
13.3	Standgewässer in Auen nährstoffreich	G	4	5
13.4	Standgewässer in Auen anthropogen	G	2	
14.0	Altarme und Altwasser	G	5	5
15.0	Abbaugewässer	G	3	
15.1	Abbaugewässer naturnah	G	4	
15.2	Abbaugewässer naturfern	G	2	
16.0	Lebensräume unterhalb des Mittelwassers	F	5	4
16.1	zeitweilig trockenfallende Lebensräume unterhalb des Mittelwasserbereichs an fließenden Gewässern	F	5	4
16.2	zeitweilig trockenfallende Lebensräume unterhalb des Mittelwasserbereichs an stehenden Gewässern	F	4	4
17.0	Uferverbau	SF	1	
20.0	Grünland	GL	3	
21.0	Nass-/Feuchtgrünland	GL	4	2
21.1	Pfeifengraswiesen in Auen	GL	5	3
21.2	Stromtalwiesen	GL	5	3
21.3	Sonstiges extensives Feucht- und Nassgrünland	GL	4	2
21.4	Flutrasen	GL	3	3
22.0	Grünlandbrache	GL	3	
23.0	Frisches/Mesophiles Grünland	GL	4	
24.0	Intensivgrünland	GL	2	
25.0	(Halb-)Trockenrasen	GL	4	
25.1	Trockenrasen	GL	4	
25.2	Halbtrockenrasen in Auen	GL	4	1

RESI Code	RESI Biotoptypen	LN 7	Biotoptypwert	Feuchte-wert
30.0	Ufersäume, Stauden- und Ruderalfluren	GL	2	
31.0	Kahlschläge	SF	1	
32.0	krautige und grasige Säume und Fluren der offenen Landschaft	GL	2	
33.0	krautige Ufersäume oder Fluren an Gewässern	GL	3	3
34.0	Staudenflur neophytendominiert	GL	2	
35.0	Initialvegetation trocken	GL	2	
40.0	Großseggenriede, Röhrichte und Niedermoore in Auen	F	4	4
41.0	Großseggenriede in Auen	F	4	4
42.0	Röhrichte in Auen	F	4	4
43.0	Niedermoore (ohne Röhrichte und Großseggen)	F	5	3
50.0	Gehölze, Hecken und Gebüsche	GL	3	
51.0	Gebüsche	GL	3	
51.2	(Weiden-)Gebüsch in Auen	F	4	3
51.1	Gebüsche nasser bis feuchter organischer Standorte	F	4	
51.3	Gebüsche trockener Standorte	GL	3	
51.4	Gebüsche frischer Standorte	GL	3	
52.0	Feldgehölze und Hecken	GL	3	
52.1	Feldgehölze und Hecken feuchter Standorte	GL	3	
52.2	Feldgehölze und Hecken frischer Standorte	GL	3	
52.3	Feldgehölze und Hecken trockener Standorte	GL	3	
52.4	Gehölzanzpflanzungen und Hecken eingeführter Arten	GL	1	
53.0	Einzelbaum, Baumgruppen, Alleen	GL	3	
54.0	Streuobstbestand	GL	3	
60.0	Wälder und Forste	W	4	
61.0	Auwälder (unspezifisch)	W	5	2
61.1	Erlen- und Eschenwälder	W	5	2
61.2	Weichholzauwälder	W	5	3
61.3	Hartholzauwälder	W	5	2
62.0	Laub(misch)wälder(sonstiger)	W	3	
62.1	Laub- und Mischwälder feuchter bis frischer Standorte	W	3	
62.3	Laub(misch)wälder trockener bzw. trocken-warmer Standorte	W	3	
62.3	Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald (LRT 9160)	W	4	
63.0	Laubforste	W	2	
63.1	Laub(misch)forste einheimischer und eingeführter Baumarten	W	2	
63.2	Pappelforste	W	2	
64.0	Vorwälder	W	2	
65.0	Nadelwälder (nur Schneeheide-Kiefernwälder und Waldkiefernwälder des Tieflands)	W	2	

Habitatbereitstellung: Detailansatz in der Aue

RESI Code	RESI Biotoptypen	LN 7	Biotoptypwert	Feuchtewert
65.1	Kalk-Kiefernwälder auf Schotterflächen und Schwemmkegeln	W	3	1
65.2	trockene Sandkiefernwälder	W	2	
66.0	Nadelforste	W	1	
67.0	Bruch/Sumpfwälder	W	4	
67.1	Bruchwälder	W	5	
67.2	Sumpfwälder	W	3	
70.0	<u>Fels-, Gesteins- und Offenbodenbiotope</u>	SF	4	
71.0	natürliche Höhlen und Balmen	SF	3	
72.0	Felsen, Block- und Schutthalden	SF	3	
73.0	Lehm- und Lösswände	SF	3	
74.0	Schotterflächen der subalpinen bis alpinen Fließgewässer	SF	5	5
80.0	<u>Acker/Ackerbrache</u>	A	1	
81.0	Acker	A	1	
82.0	Ackerbrache	A	2	
90.0	<u>Siedlungs- und Verkehrsflächen</u>	S	1	