

Ökologische Priorisierung zum Rückbau von Querbauwerken in Fließgewässern

Deutschlandweite GIS-Analyse und Vorstellung von Kandidaten mit hohem Umsetzungspotenzial

Ein Projekt des
WWF Deutschland



SEPTEMBER 2024

Arbeitsgemeinschaft aus TB FLUVIUS,
Planungsbüro Koenzen und Fichtner Water & Transportation



WWF-Büro Wildflüsse Alpen
Münchener Straße 27
82362 Weilheim i. OB
Dr. Ruben van Treeck,
Sigrun Lange,
Kristina Walterham



Projektleitung
Dr. Ulrich Schwarz
Hetzgasse 22/7
1030 Wien



Dr. Uwe Koenzen
Dipl.-Geogr. Rainer Bonn
Schulstraße 37
40721 Hilden



Dip.-Ing. Rita Keuneke
Pia Bünis, M.Sc.
Sarweystraße 3
70191 Stuttgart



Beauftragt vom WWF Deutschland im Rahmen des Projekts „Lebendige Flüsse“,
das maßgeblich von der Deutschen Postcode Lotterie finanziert wird.

Inhalt

Zusammenfassung	3
Einleitung	8
1. Methodischer Ansatz	10
1.1 Vorgehen „Ökologische Priorisierung“	10
1.1.1 Datengrundlage für die Auswertung „Struktur und Ökologie“	11
1.1.2 Bewertungsparameter „Struktur und Ökologie“	12
1.1.3 Priorisierung nach den Parametern „Struktur und Ökologie“	13
1.2 Vorgehen „Operative Machbarkeit“	15
1.2.1 Prüfung der Kriterien für die operative Machbarkeit.....	16
1.2.2 Anfrage bei den Behörden / Validierung der Kandidatenliste anhand lokaler Expertise	17
1.3 Auswahl der Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial	19
2. Ergebnisse der ökologischen Priorisierung auf Bundesebene	20
3. Ergebnisse der operativen Machbarkeit und Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial	26
3.1 Rücklauf der Anfragen bei den Behörden.....	26
3.2 Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial.....	26
4. Schlussfolgerungen und Ausblick	30
5. Literaturverzeichnis	31
6. Glossar	32
Annex I Bundesländerergebnisse	33
Schleswig-Holstein und Hamburg.....	33
Niedersachsen und Bremen.....	34
Mecklenburg-Vorpommern	35
Nordrhein-Westfalen	36
Sachsen-Anhalt	37
Brandenburg und Berlin	38
Rheinland-Pfalz	39
Saarland	40
Hessen.....	41
Thüringen.....	42
Sachsen	43
Baden-Württemberg	44
Bayern	45
Annex II Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial	46
Annex III GIS-Analyse	47

Zusammenfassung

Vor nun über zwanzig Jahren wurde die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) auf EU-Ebene verabschiedet. Sie wird seit Beginn des ersten Bewirtschaftungszyklus im Jahr 2009 von Deutschland in der Fläche umgesetzt. Das Ziel: Bis spätestens zum Jahr 2027 muss für alle Oberflächengewässer ein „guter ökologischer Zustand“ bzw. ein „gutes ökologisches Potenzial“ erreicht sein. Doch dieses Ziel erscheint heute, weniger als drei Jahre vor der Deadline, in weiter Ferne: Bisher haben nur **rund acht Prozent der deutschen Fließgewässerkörper** den geforderten Zustand erreicht; es klafft eine große Lücke zwischen der gesetzlichen Verpflichtung und der Umsetzungspraxis in der Fläche. Die Fragmentierung und Veränderung der Flusslebensräume durch **mehr als 215.000 künstliche Querbauwerke** ist ein wesentlicher Faktor für den unbefriedigenden Zustand der deutschen Fließgewässer. Insbesondere Wanderfischarten leiden darunter, dass das Kontinuum von der Meeresmündung bis zu den Quellgebieten der Flüsse durch viele Hindernisse unterbrochen ist. Daher wurde sowohl in der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 als auch im EU-Gesetz zur Wiederherstellung der Natur vereinbart, insbesondere aus der Nutzung genommene Querbauwerke wo immer möglich zurückzubauen und **bis 2030 europaweit mindestens 25.000 freifließende Flusskilometer** hinzuzugewinnen. Die ambitionierte und zügige Planung und Umsetzung von Renaturierungs- und Rückbaumaßnahmen in Bächen und Flüssen ist nun Gebot der Stunde, nicht zuletzt aus wirtschaftlicher Perspektive: bei Nichterfüllung der WRRL-Ziele, droht Deutschland sowie allen EU-Mitgliedsstaaten ein Vertragsverletzungsverfahren mit potenziell äußerst kostspieligen Folgen.

Mit dem Rückbau von Barrieren wird nicht nur die Gewässerdurchgängigkeit für Wanderfischarten und andere Organismen, sondern auch der Transport des grobkörnigen Sediments (Geschiebe) verbessert, welches maßgeblich zur Bildung naturnaher Gewässerstrukturen beiträgt. Die **ökologischen Effekte eines möglichst vollständigen Rückbaus unterscheiden sich daher maßgeblich von Durchgängigkeitsmaßnahmen** wie Fischaufstiegsanlagen. Letztere sind oft technischer Natur, funktionieren nur eingeschränkt und bieten keine Lösung für die degradierten Staubereiche oberhalb sowie die eingetieften und von der Aue entkoppelten Gewässerstrecken unterhalb von Querbauwerken.

Die vom WWF Deutschland initiierte Analyse zum Rückbau von Querbauwerken liefert **erstmalig** einen wichtigen Beitrag zur **deutschlandweiten Auswahl von Barrieren**, mit deren Rückbau sich längere freie Fließstrecken gewinnen lassen. Zunächst erfolgte eine **ökologische Priorisierung durch GIS-Datenauswertungen**. Im Anschluss wurde für die besten Kandidaten in den jeweiligen Bundesländern untersucht, inwieweit bzw. ob deren Rückbau machbar ist (**operative Machbarkeit**). Die ökologische Priorisierung in Kombination mit der Untersuchung der operativen Machbarkeit ausgewählter Kandidaten liefern gemeinsam die Grundlage für die **Auswahl von konkreten Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial**.

Die **ökologische Priorisierung** basiert auf den **vier Parametern Anbindungslänge** oberhalb des Querbauwerks, **Lage im Einzugsgebiet**, **Fragmentierungsgrad** der Untereinzugsgebiete und **Qualität der Gewässerstruktur** im Anbindungsbereich. Als Grundlage wurden Datensätze der Bundesländer ausgewertet, insbesondere zu den physischen Eigenschaften der Bauwerke und der Gewässerstruktur. Daten zu über 180.000 Querbauwerke wurden von den Bundesländern insgesamt übermittelt und näher betrachtet, um anhand von vorhandenen Informationen wie Bauwerkstyp und Absturzhöhe eine pragmatische Reduktion der zur Auswertung benötigten Querbauwerke zu erreichen. Kreuzungsbauwerke – also zahllose Brückenbauwerke und Verrohrungen – aber auch passierbare Sohlverbauungen wurden in der Analyse nicht berücksichtigt.

In den Mittelgebirgen wurden Bauwerke unter 30 cm Höhenunterschied ausgeschlossen, im Norddeutschen Tiefland Bauwerke unter 10 cm. In Bayern wurden bei als passierbar ausgewiesenen Rampen und Gleiten ohne Rückstau Bauwerke bis 50 cm ausgeschlossen, da sie in der Regel als sedimentdurchgängig eingestuft sind. Letztlich fanden so ca. 60.000 für diese Studie relevante Querbauwerke Eingang in die weitere Untersuchung.

Die **Bewertung hinsichtlich des ökologischen Potenzials** wurde wie folgt vorgenommen:

1. Querbauwerke mit den **längsten angebundenen Gewässernetzen** – das betrifft nicht nur Hauptgewässer, sondern auch frei fließende Nebengewässer bis zum nächsten nicht durchgängigen Querbauwerk – erhielten die höchste Bewertung, solche mit den kürzesten Anbindungslängen die niedrigste.
2. Die **Lage in den Einzugsgebieten** spielt eine große Rolle, insbesondere für die Wanderfischarten. Da die Vorranggewässer der Bundesländer (BL) sehr unterschiedlich oder nur teilweise definiert sind, wurde pragmatisch anhand der Gewässergröße bzw. Flussordnungszahl priorisiert. Gewertet wurde allerdings nicht nach amtlicher Ordnung (Gewässer I. - III. Ordnung), sondern nach Strahler Ordnungssystem, unter Berücksichtigung der Werte 3 bis 8. Diese größeren Gewässer sind für die Lang- und Mitteldistanzwanderfischarten als Wanderkorridore maßgeblich und verbinden das gesamte Gewässernetz. Zusätzlich wurde über die Bewertung die Bedeutung der unteren Gewässersegmente der einmündenden kleinen Nebengewässer in das Hauptgewässernetz hervorgehoben.
3. Die Fragmentierung und damit die **Dichte von Querbauwerken entlang von Gewässern** wiederum erlaubt eine Einschätzung der Wirksamkeit von Rückbaumaßnahmen in einem Einzugsgebiet (EZG). Hierzu wurden die im Durchschnitt ca. 20 km² großen Untereinzugsgebiete aus dem EU Hydro Datensatz herangezogen und die darin liegende Gesamtgewässerlänge durch die Anzahl der Querbauwerke geteilt. Je geringer die Fragmentierung ist, desto höher ist der relative Effekt eines einzelnen Rückbaus in der betrachteten Bezugsgröße.
4. Schließlich wurde die 7-stufige **Gewässerstrukturgüte**, die nahezu vollständig für alle Bundesländer vorliegt, in die Charakterisierung der Habitatqualität in den Anbindungsstrecken miteinbezogen. Weist diese eine hohe Strukturvielfalt und Natürlichkeit auf, erscheint eine Anbindung hinsichtlich der dann zur Verfügung stehenden Habitate und deren strukturellen Vernetzung besonders wirkungsvoll. Nicht berücksichtigt werden konnten in der übergreifenden Analyse das Risiko der Einwanderung von Neozoen aus den Unterläufen und die Wirkung der Revitalisierung von Stau- und Ausleitungsstrecken auf Schutzgebiete. Beides muss bei der Gesamtbewertung konkreter Rückbauten ebenfalls betrachtet und die zu erwartenden Effekte gegeneinander abgewogen werden.

Basierend auf dieser Bewertungsarithmetik erzielen Querbauwerke **Werte zwischen minimal vier und maximal 12 Punkten**, wobei eine zunehmende Punktzahl eine höhere ökologische Priorität für den Rückbau des Bauwerks bedeutet. Abzüglich Duplikate und Querbauwerke mit Lageabweichungen zum Analysegewässernetz wurden letztlich 52.661 der relevanten Querbauwerke in Form von Rampen, Abstürzen, Wehren und Dämmen hinsichtlich ihrer ökologischen Priorisierung für den Rückbau bewertet.

Lediglich **776** und damit nur **1,5 % fallen in die höchste Kategorie (Werte mit 9 bis 11 Punkten, vergleiche Abbildung 1)**. Das gänzliche Fehlen von Bauwerken mit maximaler Punktzahl (12) spiegelt den insgesamt hohen Veränderungsgrad der Gewässer wider, nicht nur durch Querbauwerke, sondern durch vielfältige Eingriffe in die Gewässerstruktur. Im Resultat gibt es in Deutschland so gut wie keine

Querbauwerke an großen, vergleichsweise wenig fragmentierten Gewässern mit hoher Anbindungslänge und intakter Gewässerstruktur.

Unter den 776 Querbauwerken mit den höchsten ökologischen Priorisierungswerten befinden sich **viele nutzungsrelevante Bauwerke** der Wasserkraft, der Schifffahrt und auch des Hochwasserschutzes, die auf absehbare Zeit nicht zurückgebaut werden können. Damit stellen die **Werte 7 und 8 mit insgesamt 8.426 Bauwerken** einen wichtigen Fundus für weitere Rückbaukandidaten mit hohem Potenzial dar.

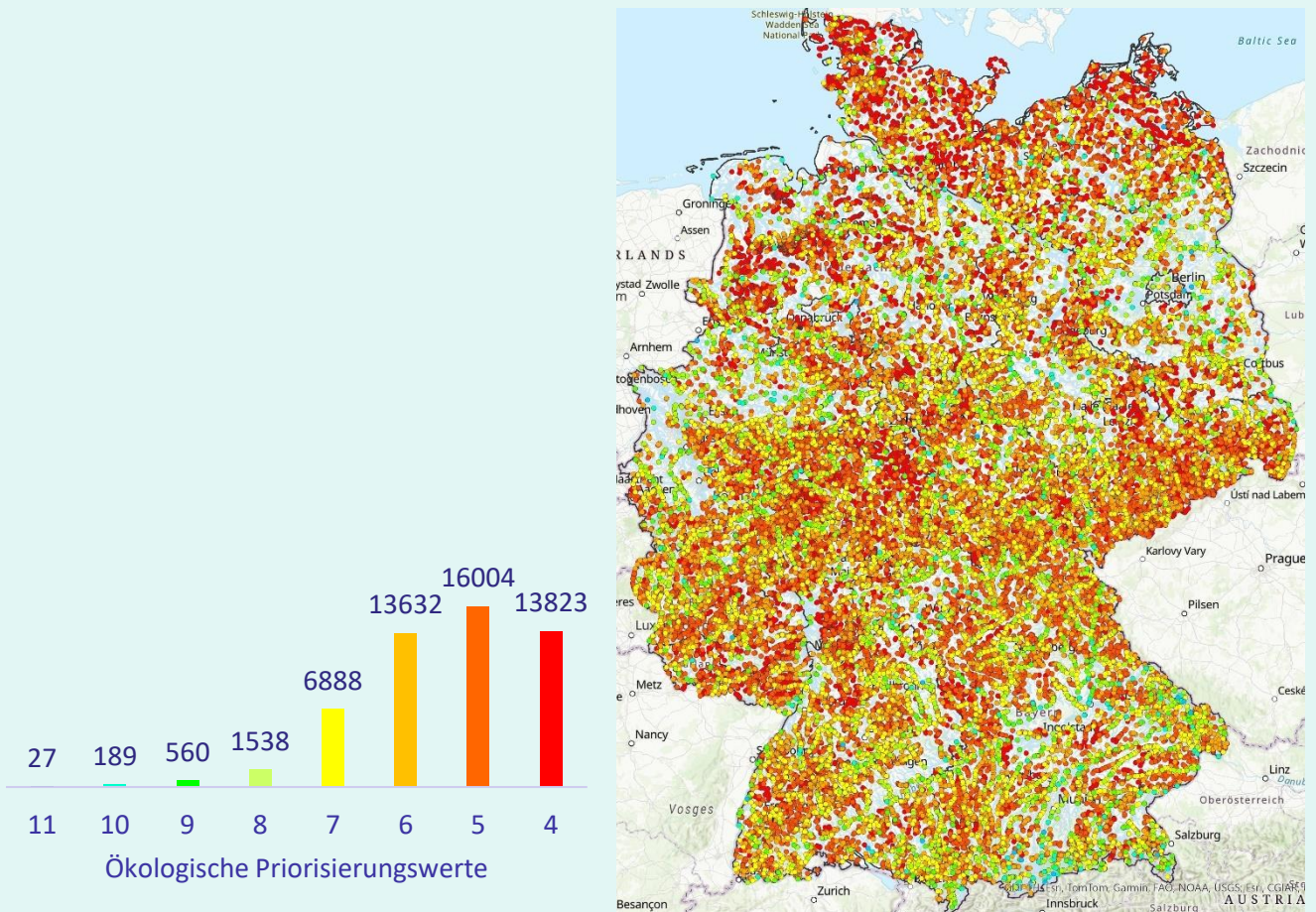


Abbildung 1: Numerische Verteilung und geografische Verortung der ökologischen Priorisierungswerte der analysierten Bauwerke (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung).

Ausgehend von der ökologischen Bewertung wurde die **operative Machbarkeit** eines Rückbaus der am besten geeigneten Kandidaten in engem Austausch mit den Behörden vertiefend betrachtet.

Aus der Liste der Barrieren mit hoher ökologischer Priorisierung und hoher operativer Machbarkeit wurden **16 Querbauwerkskandidaten mit großem und sehr großem Rückbaupotenzial** ausgewählt, die im Detail vorgestellt werden (siehe Tabelle 1 und Abbildung 3). Die Auswahl ergab sich unter anderem aus dem Ziel, möglichst jedes Flächenbundesland sowie die naturräumlichen Großeinheiten im Bericht zu repräsentieren. Das Spektrum reicht von sohlstabilisierenden Bauwerken wie Sohlabstürzen und Rampen bis hin zu festen und beweglichen Wehren ehemaliger und intakter Wasserkraftanlagen, Mühlen und Kulturstaue. Die meisten der ausgewählten Querbauwerke befinden sich in Gewässern der wasserrechtlich zweiten Ordnung.

Durch den Rückbau der ausgewählten Querbauwerke würden **415,6 Kilometer Gewässerstrecke wieder angebunden**, die – vorbehaltlich weiterer Prüfungen – gegebenenfalls sogar teilweise zum 25.000 km EU-Ziel aus der Wiederherstellungsverordnung beitragen könnten. In jedem Fall würde der Rückbau der genannten Querbauwerke eine Verbesserung der Gewässerstruktur und der Habitatqualität in sechs Naturschutzgebieten und elf FFH-Gebieten mit sich bringen. Profitieren können davon unter anderem Bachneunaugen, Aale, Forellen, Groppen und Bachmuscheln, Neunaugen, Lachse und Meerforellen.

Tabelle 1: Beschreibung der ausgewählten Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial. Die geografische Verortung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Nr.	Name	Ursprüngliche Funktion	Gewässer	Anbindungslänge [km]
1	Wolfshagener Wehr	Wasserkraft	Stepenitz	47,9
2	Wehrkette Heinrichsdorf, Dudel II, Dudel I, Wulfersdorf	Kulturstau zur Be- und Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen	Dosse	17,5
3	Peißenberger Wehr	Kühlwasserversorgung Kraftwerk	Ammer	27,9
4	Wehr im Zeller Bach	Wasserkraft	Zeller Bach	5,9
5	Rampe oberhalb A2 Querung	Kulturstau	Ahse	30,8
6	Wehr Buddenburg	Kühlwasserversorgung Kraftwerk	Lippe	11,3
7	Wehr Burgmühle Haina	Wasserkraft	Nesse	41,3
8	Sohlabsturz bei Quickborn	Kulturstau	Pinnau	21,4
9	Bewegl. Wehr Selbstflußgraben	Kulturstau	Selbstflußgraben	28,2
10	Bewegl. Wehr bei Busckuhnsdorf	Kulturstau	Schweinitzer Fließ	2,7
11	Wehr der Weimesmühle	Wasserkraft	Fliede	42,5
12	Absturz Mündung Winkelbach	Sohlensicherung	Winkelbach	36,8
13	Wehr Christoffelsmühle	Wasserkraft	Steinalp	32,6
14	Hoher Absturz ehem. Heidsmühle b. Manderscheid	Wasserkraft	Kleine Kyll	27,9
15	Wehr bei Neunkirchen	Wasserkraft	Blies	33,1
16	Ritterwehr	Wasserkraft	Aich	7,8

Die Autor:innen des vorliegenden Werks würden es sehr begrüßen, wenn die zuständigen Gewässerverantwortlichen die Ergebnisse des Vorhabens berücksichtigen und einen Rückbau insbesondere der vorgestellten 16 Kandidaten in die Praxis umsetzen würden.

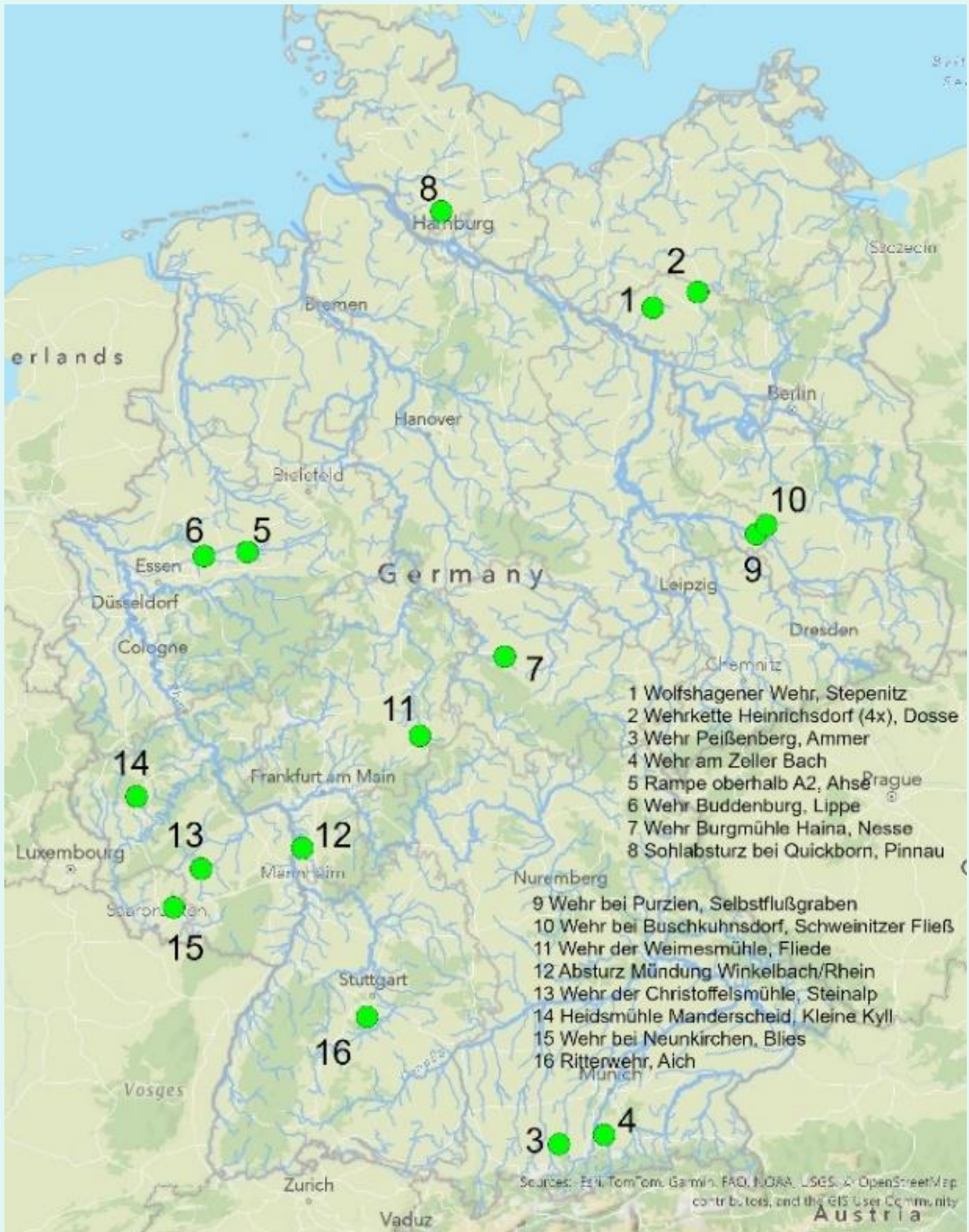


Abbildung 2: Verortung der ausgewählten Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial. Eine Beschreibung der zugehörigen Attribute findet sich in Tabelle 1.

Einleitung

Im Juli 2022 startete der WWF Deutschland das vierjährige Projekt „Lebendige Flüsse“, das von der Deutschen Postcode Lotterie gefördert wird. Ziel ist es, die letzten naturnahen Gewässerstrecken in Deutschland zu erhalten und mehr freifließende Flusskilometer durch den Rückbau von Barrieren wiederherzustellen. Im Kontext des letztgenannten Teilziels werden zwei Ansätze verfolgt:

- 1) Leicht realisierbare Rückbauprojekte (so genannte „Low hanging fruits“) werden finanziell gefördert, um zu verstehen, welche Herausforderungen sich bei der Umsetzung jeweils ergeben und welche Lösungsansätze Erfolg versprechen.
- 2) Mit Hilfe einer strategischen Vorgehensweise sollen diejenigen Querbauwerke innerhalb Deutschlands identifiziert werden, deren Rückbau einen möglichst hohen ökologischen Mehrwert bringt.

Für die Umsetzung des strategischen Ansatzes beauftragte der WWF ein erfahrenes Bürokonsortium mit einer deutschlandweiten ökologischen Priorisierung zum Rückbau von Querbauwerken in Fließgewässern mit einem Einzugsgebiet von mindestens zehn km² Größe. Konkrete Vorschläge für Rückbauten mit hohem ökologischem Mehrwert und hohem Umsetzungspotenzial sollten für das gesamte Bundesgebiet vorgelegt werden. Die 2023 gestartete und nun vorliegende Untersuchung besteht aus einer GIS-basierten ökologischen Priorisierung des Gesamtdatensatzes an Querbauwerken, an die eine Untersuchung der operativen Machbarkeit für Kandidaten mit hohem ökologischen Mehrwert angeschlossen wurde. Die bundesweite Analyse und deren Ergebnisse sollen eine **Diskussionsgrundlage für die Wiederanbindung frei fließender Gewässerstrecken**, auch im Kontext anderer Naturschutz- oder Revitalisierungsbemühungen, liefern.

Viele Behörden arbeiten derzeit verstärkt an der Wiederherstellung des Gewässerkontinuums. Zum einen drängt die Zielerreichung der EU-WRRRL, zum anderen gibt es diverse weitere nationale und internationale, staatliche und nichtstaatliche Renaturierungsinitiativen, -strategien und -bekenntnisse. Dazu gehören die EU-Biodiversitätsstrategie und das EU-Gesetz zur Wiederherstellung der Natur („Nature Restoration Law“) mit dem Ziel, 25.000 Kilometer freie Fließstrecken wiederherzustellen, Die EU-FFH-Richtlinie, die „Dam Removal Europe“ Initiative, die UN-Dekade zur „Wiederherstellung von Ökosystemen“ (2021-2030), sowie die „Freshwater-Challenge“, die bisher größte globale Initiative zum Schutz und zur Wiederherstellung von Süßwasserökosystemen, der sich auch Deutschland angeschlossen hat.

Oftmals wird die Durchgängigkeit durch technische Lösungen wie Fischaufstiegsanlagen hergestellt. Doch immer häufiger bauen Gewässerverantwortliche Barrieren wie Sohlschwellen, Abstürze, Wehre oder sogar größere Dämme auch vollständig zurück oder so um, dass nicht nur die Passierbarkeit für Wanderfische und Wasserorganismen gewährleistet ist, sondern auch die Geschiebedynamik maßgeblich verbessert wird und verloren gegangene Lebensräume wiederhergestellt und miteinander vernetzt werden. Ganzheitlich geplant können dadurch auch die laterale Dynamik und Konnektivität zu den Auen wiederhergestellt oder optimiert/verbessert werden. Die dringende Aufgabe, frei fließende Gewässerabschnitte zu erhalten und wo möglich wiederherzustellen, können Behörden allerdings nur dann effizient erfüllen, wenn der Gewässerschutz einen hohen Stellenwert in Politik und Gesellschaft genießt und entsprechende Ressourcen bereitgestellt werden, oder öffentliche Förderinstrumente für den Rückbau eingerichtet werden.

Der Priorisierungsansatz des WWF zum Rückbau von Querbauwerken in deutschen Fließgewässern wurde vor dem Hintergrund des 25.000-Kilometer-Ziels der EU-Biodiversitätsstrategie und des kürzlich

verabschiedeten EU-Gesetzes zur Wiederherstellung der Natur gestartet. Mit dem darin verankerten gesamteuropäischen Zielwert von 25.000 Kilometer müssten in Deutschland - bezogen auf die Bevölkerungszahl relativ zu den anderen EU-Mitgliedsstaaten - etwa 4.500 Kilometer freifließende Flussstrecken neu geschaffen werden. Allerdings können die Ergebnisse der WWF-Analyse nicht 1:1 als Beiträge zur Erfüllung des EU-Ziels gewertet werden, da sich die Ansätze unterscheiden. Die hier angewandte Methodik ist eigenständig und als Ergänzung zum Freifließende-Flüsse-Ansatz der EU zu verstehen, für den ein Fachgremium, die ECOSTAT Core Group, einheitliche Kriterien entwickelt hat, die aber erst im Juni 2024 veröffentlicht wurden (European Commission et al. 2024): Ein Flussabschnitt gilt im Sinne der EU als „freifließend“, wenn er nicht nur in Längsrichtung barrierefrei ist, sondern auch lateral mit seinem Umfeld, den Auen, und vertikal, über die Gewässersohle mit dem Grundwasser vernetzt ist. Oberhalb des betreffenden Abschnitts darf das Geschiebe nicht zurückgehalten werden, so dass von einem natürlichen Geschiebehaushalt ausgegangen werden kann. Und flussabwärts muss die Durchgängigkeit für die im Betrachtungsraum charakteristischen Fischarten (die Referenz-Fischzönose) gewährleistet sein, insbesondere also für Populationen von anadromen (z.B. Lachs, Flussneunauge) oder katadromen (z.B. Aal) Wanderfischarten, die in ihrem Lebenszyklus zwischen Salz- und Süßwasserlebensräumen wechseln müssen. Der vorgestellte Priorisierungsansatz der WWF-Analyse dagegen konzentriert sich lediglich auf die Anbindungslänge und Gewässerstruktur oberhalb der zurückzubauenden Bauwerke. Er berücksichtigt darüber hinaus die Lage an Hauptgewässern, die für die Wanderbewegungen von Fischen von zentraler Bedeutung ist, sowie die Dichte von Bauwerken in Untereinzugsgebieten. Hinsichtlich der lateralen Verbindung zwischen Gewässern und Auen sind weitere Analysen notwendig, da die allgemeine Gewässerstruktur nur einen ersten Hinweis auf das „Gewässerumland“ liefern kann.

1. Methodischer Ansatz

Zur Bestimmung der ökologischen Priorisierung für das Rückbaupotenzial von Querbauwerken wurden umfangreiche Geoinformationsdaten zusammengetragen und GIS-technisch ausgewertet. Im ersten Schritt stand die flächendeckende ökologische Priorisierung im Vordergrund, im zweiten die tatsächliche, operative Rückbaumachbarkeit ausgewählter Kandidaten. Auf den Ergebnissen der beiden Schritte aufbauend wurden auf der lokalen Ebene ergänzende Informationen zu einzelnen Querbauwerken zusammengetragen (vgl. Abbildung 3).

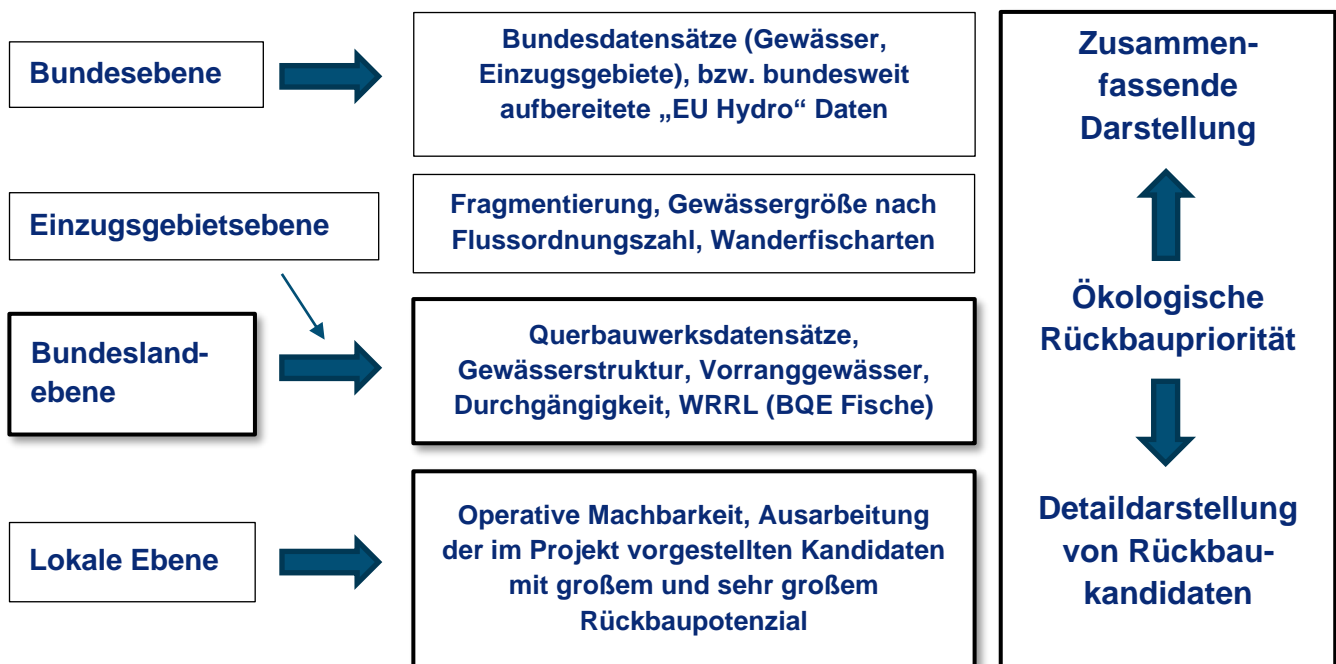


Abbildung 3: Gezeigt sind die Hauptarbeitsebenen des Priorisierungskonzeptes. Der Schwerpunkt liegt klar auf der Auswertung der Daten auf Bundeslandebene für eine ökologische Priorisierung, ergänzt durch eine Prüfung der operativen Machbarkeit und Betrachtung fallspezifischer Besonderheiten auf der lokalen Ebene.

1.1 Vorgehen „Ökologische Priorisierung“

Im Projekt wurde der Schwerpunkt auf größere Gewässer gelegt und nur Gewässereinzugsgebiete berücksichtigt, die der Berichtspflicht der Wasserrahmenrichtlinie unterliegen (> 10 km²). Das Ziel war, unter Einbeziehung von Nebengewässern möglichst lange durchgängige und zusammenhängende Fließgewässerstrecken zu schaffen. Dies ist nicht nur deckungsgleich mit der Zielerreichung der WRRL zur Herstellung des guten ökologischen Gewässerzustandes, sondern unterstützt auch vorhandene Konzepte zur Gewässer- und Auenrenaturierung auf Bundesebene, sowie strategische Überlegungen etwa zum Biotopverbund-Strahlwirkungskonzept und zahlreiche Gewässerplanungsinstrumente der Länder. Die Bundesübersicht stellt einen Mehrwert zu existierenden Konzepten auf Länder- oder Gewässerebene dar (siehe etwa Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen 2017, Müller et al. 2023, Schwarz 2021).

Zunächst wurde versucht, die Analyse auf Basis eines einheitlichen, bundesweiten Querbauwerks- und Gewässerdatensatzes durchzuführen. Davon wurde jedoch Abstand genommen, da etwa der vorhandene

„Inspire“ Querbauwerks-Datensatz der BfG (BfG 2023) deutlich verkürzt und unvollständig ist, bzw. seitens der Gewässerstruktur nur ein generalisierter, zwanzig Jahre alter Datensatz für große Gewässer vorlag. Auch die WRRL-Bewertungsdaten zum ökologischen Zustand enthalten überlagernde Geometrien, bzw. ist das verfügbare allgemeine BfG-Gewässernetz für mehrere Bundesländer zu detailliert. So enthält es etwa neben den natürlichen auch künstliche Gewässerabschnitte, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden. Als Arbeitsbasis diente daher letztendlich der für das ganze Bundesgebiet vorliegende Copernicus „EU Hydro“ Datensatz (Gewässer/EZG, EU Copernicus 2018). Alle weiteren benötigten Fachdaten wurden über die Umweltämter der Bundesländer bezogen, vorwiegend zu den Querbauwerken selbst, die zur bundeseinheitlichen Differenzierung typisiert wurden und sich an Dumont et al. 2005 orientieren. Die angefragten Datensätze und daraus abgeleiteten Parameter können in drei grobe Kategorien unterteilt werden:

- Ein Inventar der Querbauwerke, insbesondere solche, die die Passierbarkeit für Organismen und Sediment, bzw. das Geschiebe einschränken; deren Typ, Absturzhöhe, Rückstaulänge sowie deren Lage und Anzahl im Einzugsgebiet.
- Der Lebensraumgewinn: Abschnittslänge der wiederanzubindenden Fließstrecken oberhalb des Querbauwerks unter Einbeziehung sämtlicher Nebengewässer.
- Die durchgehend bewertete Gewässerstrukturgüte.

Weitere Daten, etwa zur detaillierteren Hydromorphologie, Vorranggewässernetzen, zur WRRL und schließlich zu vorhandenen Maßnahmen- und Rückbauprogrammen bzw. Gewässerentwicklungsplanungen, wurden ebenfalls über die Landesämter beschafft. Nach Abwägung innerhalb des Konsortiums wurde entschieden, keine weiterführenden Themen und Datensätze aus dem Bereich der Wasserrahmenrichtlinienbewirtschaftung, wie zum Beispiel biologische Qualitätskomponenten oder Vorranggewässer, Auen und Schutzgebiete, in der Gesamtbewertung zu nutzen, sondern erst bei Bedarf zu einer anschließenden Einzelfallprüfung heranzuziehen. Damit konzentriert sich die Auswertung auf robuste abiotische und Habitatstruktur-bezogene Parameter und vermeidet artbezogene und naturschutzrelevante Aspekte. Sie umgeht außerdem ein komplexes Bonus-/Malussystem für Teilaspekte, wie zum Beispiel eine Auenbewertung, die nur für die großen Gewässer vorliegt. Viele der genannten zusätzlichen Aspekte sind von erheblicher Bedeutung im Kontext der tatsächlichen Rückbauüberlegungen, die entsprechenden Parameter werden daher für die detaillierte Bewertung der final ausgewählten Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial berücksichtigt.

1.1.1 Datengrundlage für die Auswertung „Struktur und Ökologie“

Basis 1 – Gewässernetz und EZG: Nach ausführlicher Betrachtung der zur Verfügung stehenden Gewässernetze (BfG / Bundesländer-WRRL / DLM250 / EU Hydro) wurde der in den letzten Jahren deutlich verbesserte „EU Hydro“ Datensatz mit einer Länge von 164.116 km und im Durchschnitt rund 20 km² großen Teileinzugsgebieten verwendet. Trotz aller räumlichen Abweichungen stellte er eine gute und schnell verwendbare Option zur Grundlagenanalyse dar, die eine aufwendige Aufbereitung der Datensätze obsolet machte.

Basis 2 – Querbauwerke: Bei der Auswertung der Querbauwerksdetails konnte auf teilweise hochdetaillierte Querbauwerksdatensätze der Bundesländer zurückgegriffen werden. Insgesamt wurden ca. 180.000 Bauwerke übermittelt, von denen 52.661 bewertet wurden. Insbesondere Querungen von Straßen, Verrohrungen und Überbauungen wurden nicht berücksichtigt, genauso wie alle Querbauwerke in den Mittelgebirgen < 30 cm (im Tiefland < 10 cm, im Voralpenland < 50 cm, wenn sie als vollständig ökologisch und für Sediment durchgängig klassifiziert waren). Auch Querbauwerke, die als räumliche

Duplikate angesehen werden können, wurden wo immer möglich aus dem Datensatz entfernt. Dieses Phänomen trat etwa bei Ausleitungswehren und Turbinenhäusern von Wasserkraftanlagen auf.

Da sich die Länderdatensätze insbesondere für Querbauwerke teils erheblich unterscheiden, mussten insbesondere beim Qualitätsanspruch der physischen Eigenschaften der Querbauwerke Kompromisse geschlossen werden: Neben der erwähnten Zusammenfassung der Mindestabsturzhöhen und dem Ausschluss von Querbauwerken wurde auch bei kaskadenförmig angelegten Sohlschwellen und Abstürzen die Dichte reduziert (dort wo mehr als ein Querbauwerk auf 100m verortet ist, etwa bei Sohlstufen mit teilweise nur regelmäßigen Abständen von 20 m), da diese Bauwerke ohnehin kaum das Potenzial haben, sie in ihrer Gesamtheit schnell zurückzubauen. Daher wurden Gewässerabschnitte mit enorm hoher Dichte an kleinen Querbauwerken ausgedünnt, da sie sowieso durchgehend schlechte Bewertungen für die Dichte der Querbauwerke und die Anbindungslängen erhalten.

Hauptkriterium war daher der Bauwerkstyp, der allerdings nicht einheitlich in den Bundesländern definiert ist. Hier wurden Verrohrungen/Überbauungen, reine Sohlverbauungen, aber auch kleinere Sohlgleiten von der Betrachtung ausgenommen, während insbesondere Abstürze und Rampen mit entsprechender Höhe beibehalten wurden. Ebenfalls sehr unterschiedlich ist der Datenbestand hinsichtlich der „Durchgängigkeit“. Die Definition, ob nur die Fische oder auch das Geschiebe gemeint sind, wurde von den Bundesländern nicht einheitlich vorgenommen.

Basis 3 – Gewässerstruktur: Alle Bundesländer übermittelten Gewässerstrukturdaten, zumindest aus den letzten zehn Jahren, wobei durchgehend mit sieben-stufigen Bewertungen gearbeitet wurde.

1.1.2 Bewertungsparameter „Struktur und Ökologie“

Das Bewertungsschema basiert auf vier Auswerteschritten, deren Ergebnis jeweils in einer dreistufigen Skala abgebildet wird. Dabei ist „3“ der beste, „2“ der mittlere und „1“ der schlechteste Wert:

1. Die Länge der **wiederangebandenen Gewässerstrecke oberhalb** einschließlich aller freifließenden Nebengewässer, bis zu den nächsten Querbauwerken: Je länger diese Strecke ist, desto positiver wird das Querbauwerk bewertet. Die Methode zielt grundsätzlich auf einzelne Querbauwerke in wenig fragmentierten EZG ab. Befindet sich die aufgeschlossene Anbindungsstrecke am Ende einer Kaskade (von der Mündung aus betrachtet) und folgen unmittelbar unterhalb weitere Querbauwerke beträgt die effektiv neu angeschlossene Gewässerstrecke im EZG nur jenen Abschnitt zwischen dem vorletzten und letzten Querbauwerk. Diesem Effekt wird die Fragmentierung im Untereinzugsgebiet entgegengestellt, sodass es zwar größere Anbindungslängen geben kann, gleichzeitig aber auch die Fragmentierung unterhalb sehr hoch und daher ausgleichend negativ bewertet wird. Außerdem dient die angeschlossene Anbindungsstrecke oberhalb auch als Indikator für das Potenzial, weitere Querbauwerke unterhalb zurückzubauen oder zumindest durchgängig zu machen. Grundsätzlich könnte die Beurteilung einer solchen Konstellation auch großräumigere Maßnahmen nach sich ziehen: Überall dort, wo das letzte, gut bewertete Querbauwerk liegt und unterhalb weitere Querbauwerke folgen, sollte der Rückbau ganzer Kaskaden in Betracht gezogen werden. In der jetzigen Untersuchung sind diese Effekte nicht implementiert, stellen aber einen möglichen Schritt für die Machbarkeitsuntersuchung dar und wären auch für eine weitergehende Beurteilung wichtig.
2. Die Lage im Hauptgewässernetz der Strahler-Ordnungszahlen 3 – 8 einerseits (siehe Abbildung 4), und allen daran anschließenden Unterläufe der Nebengewässer. Liegen Querbauwerke am Hauptgewässernetz werden sie am höchsten bewertet.

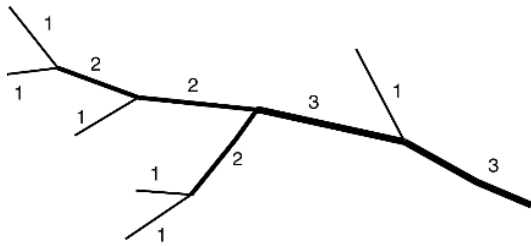


Abbildung 4: Flussordnung nach Strahler. Diese erhöht sich nur, wenn sich Wasserläufe der gleichen Ordnung überschneiden. Daher bleibt der Schnittpunkt eines Gewässers der ersten Ordnung und der zweiten Ordnung ein Gewässer zweiter Ordnung, und es wird kein Gewässer dritter Ordnung erstellt. Für Deutschland ergeben sich so für die Unterläufe der großen Ströme die höchsten

Ordnungszahlen 7 und 8. Quelle: Langläufer 19:40, 16 October 2006 (UTC) - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1283538>

3. Der Fragmentierungsgrad der Teileinzugsgebiete (im Durchschnitt rund 20 km²): Dieser wird aus dem Quotienten der Gesamtgewässerstrecke in einem EZG und der Gesamtzahl der Querbauwerke in diesem EZG abgeleitet. Je länger die „unfragmentierten“, durchschnittlichen Gewässerstrecken zwischen den Querbauwerken sind, desto geringer ist die Fragmentierung.
4. Die Gewässerstruktur, die über den siebenstufigen hydromorphologischen Zustand der Gewässer abgebildet wird (LAWA 2002, UBA 2002). Die durchschnittliche Strukturgröße der gesamten Anbindungsstrecke wurde berechnet, und Strecken mit der höchsten Strukturgröße wurden als am besten klassifiziert, da in diesen Bereichen die meisten Lebenszyklus-kritischen Lebensräume und Strukturen vorhanden sind und durch den Rückbau wieder angebunden werden können.

1.1.3 Priorisierung nach den Parametern „Struktur und Ökologie“

Die umfangreichen Datensätze wurden GIS-gestützt strukturiert und ausgewertet (vergleiche Annex 3) und im Anschluss nach dem folgenden Muster bewertet (siehe ebenfalls Abbildung 5):

Bewertung:

- Länge der oberhalb angebotenen Strecke (Gesamtlänge zwischen den Bauwerken, Haupt- und Nebengewässer bis zum nächsten Querbauwerk): Um die Auswahl der besten Querbauwerke zu reduzieren, wurde die höchste Klasse (3 Punkte) mit > 25 km angegeben, die zweite Klasse (2 Punkte) mit 10 bis < 25 km und alles darunter mit 1 Punkt.
- Position/Lage im Gewässernetz: Hier wurden pragmatisch die Gewässer der Strahler-Ordnungszahlen 3 bis 8 zusammengefasst, was in einer sehr guten Auswahl an Bauwerken in mittelgroßen und großen Gewässern resultierte (3 Punkte), sowie über die „Mündungs-Nodes“ der Nebengewässer Bauwerke in eben diesen Unterläufen (erstes Gewässersegment) mit einbezogen (2 Punkte). Dieses Gewässernetz ist aus ökologischer Sicht, insbesondere im Hinblick auf die Fischwanderung, als „prioritär“ anzusehen und kann so homogen für all BL erzeugt werden. Alle Übrigen erhalten 1 Punkt.
- Dichte in den (Teil-)Einzugsgebieten: Hierzu wurde die EU Hydro-EZG in ihrer kleinsten Größe verwendet (im Durchschnitt ca. 20 km²) und die Gesamtlänge der Gewässer und die darin vorhandenen Querbauwerke berechnet. Berücksichtigt wird daher die Tatsache, dass auf kleinem Raum sehr viele Querbauwerke zu finden sein können, was den Rückbau eines singulären Bauwerks in vielen Fällen ökologisch nicht zielführend macht. Dichten wurden als Quotient aus der Summe der Gewässerslängen des EZG / Querbauwerken im EZG berechnet. Für Querbauwerke mit geringer Dichte (> 20 km mittlerer Abstand zwischen den Querbauwerken im EZG) wurden 3 Punkte vergeben, für >5 bis 20 km 2 Punkte und für noch kleinere mittlere Abstände 1 Punkt. Die maximale Dichte bzw. der kürzeste Abstand zwischen zwei Querbauwerken im EZG wurde alle 500 m erhoben.

- Die Gesamtbewertung der Gewässerstruktur wurde über Puffer der Anbindungsstrecken erhoben und als Mittelwert (bzw. mittlere Klasse gerundet) bestimmt. Im Detail bedeutet das für die 1. bis 7. Klasse wie folgt: Klasse 1 bis 2 erhält 3 Punkte, Klasse 3 bis 4 erhält 2 Punkte und Klasse 5 bis 7 nur 1 Punkt. Erklärend ist hier zu vermerken, dass sich ein ökologisch besonders relevanter Parameter, nämlich die absolute Länge der Staustrecken, leider nicht durchgehend auswerten lässt und dessen Auswertung nur bei größeren Gewässern zu plausiblen Ergebnissen führt. Die Mittelwertbildung für die Gewässerstrukturgüte war jedoch problemlos möglich, da die Bewertungssegmente einheitlich 100 oder 500 m lang sind.

In Folge kann ein Querbauwerk in der Gesamtbewertung zwischen 4 (die schlechteste Bewertung, in der jeder Einzelparameter nur einen Punkt erhält) und 12 (die beste Bewertung, jeder Parameter erhält die höchste Punktzahl) Gesamtpunkten erreichen. Diese Ergebnisse in Form der Punktevergabe von 4 bis 12 lassen eine hinreichende Differenzierung zu und bilden einen Pool von Bauwerken, die im zweiten Schritt zur Bewertung der tatsächlichen Rückbaumachbarkeit detaillierter analysiert werden können. Von einer vereinfachten Gruppierung in drei Hauptgruppen wurde im Weiteren abgesehen, u.a. weil die beste Klasse „12“ nicht erreicht wurde und die Werte 7 und 8 noch immer einen relativ hohen ökologischen Wert im Gegensatz zu allen schlechter bewerteten Querbauwerke besitzen.

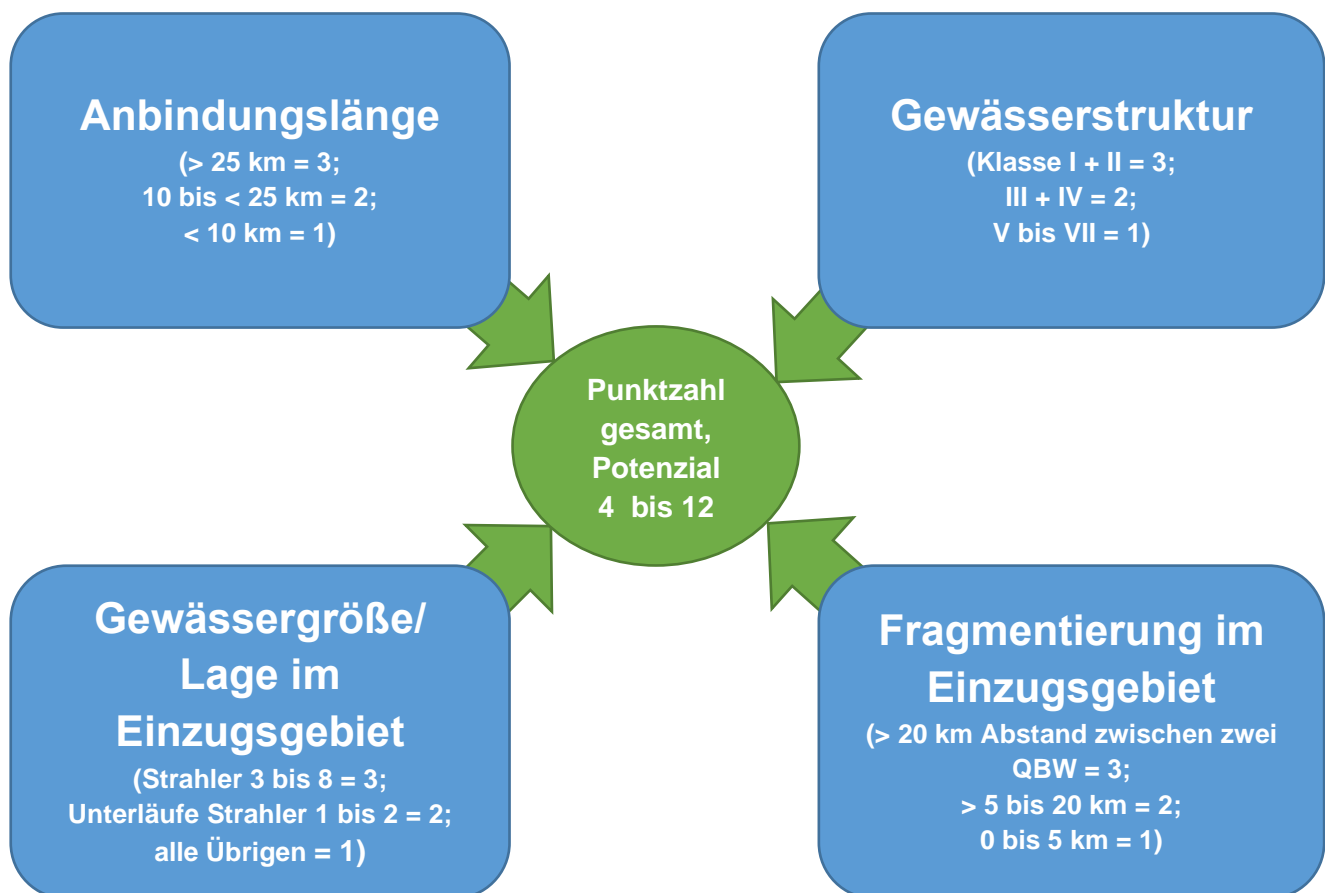


Abbildung 5: Die vier Hauptbewertungsparameter und mögliche Gesamtpunktzahl für die ökologische Priorisierung zwischen 4 (geringste) und 12 (höchste).

1.2 Vorgehen „Operative Machbarkeit“

Basierend auf den Ergebnissen der vorangehend dargestellten Methodik der ökologischen Priorisierung wird die operative Machbarkeit eines Rückbaus für die Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem ökologischem Mehrwert abgeschätzt. Abbildung 6 gibt einen schematischen Überblick zur Vorgehensweise.

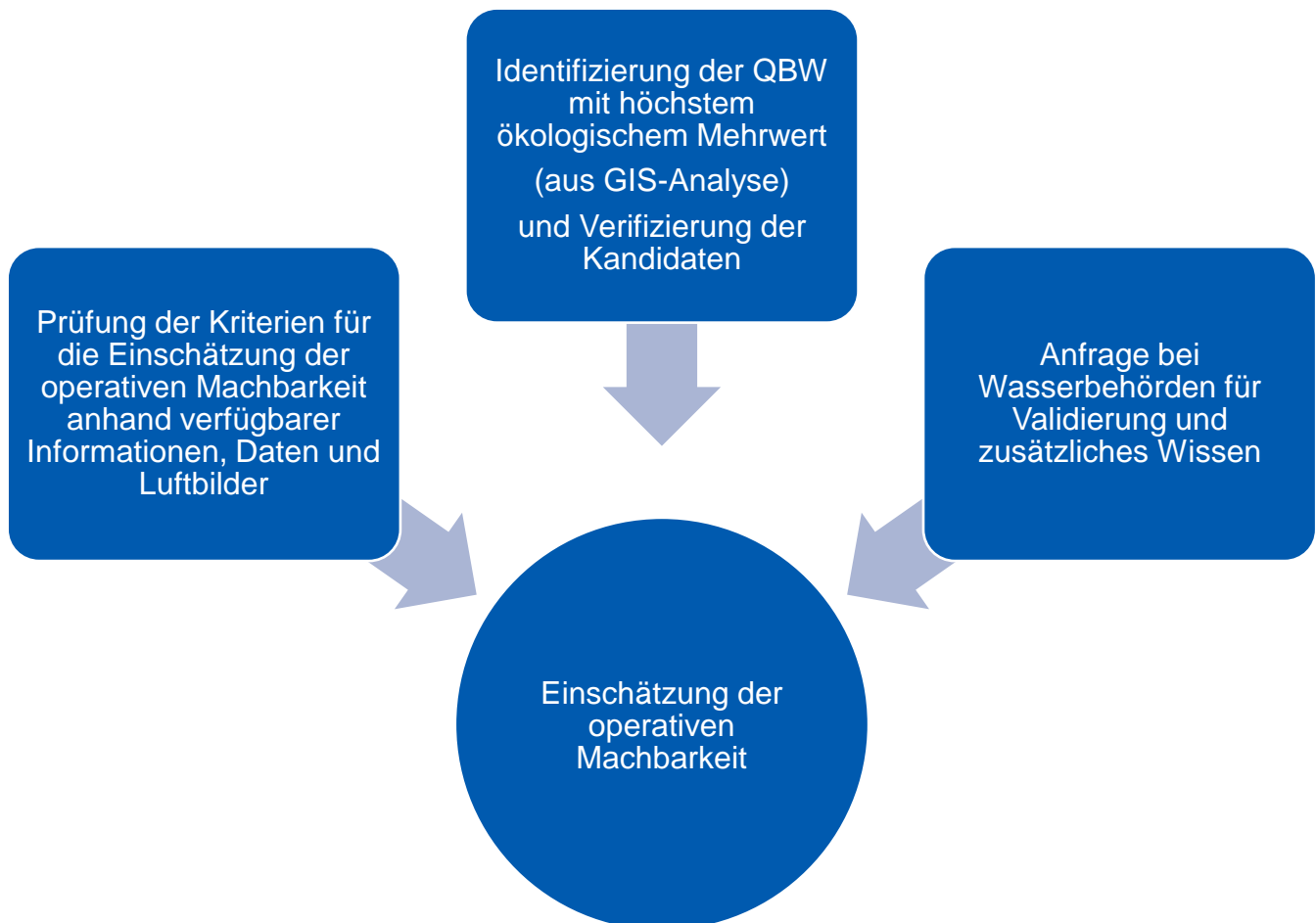


Abbildung 6: Vorgehensweise zur Einschätzung eines möglichen Querbauwerk-Rückbaus.

Die Einschätzung der operativen Machbarkeit ist im Gegensatz zur ökologischen Priorisierung nicht rein datengetrieben, sondern bezieht im zweiten Schritt das zum Befragungszeitpunkt relevante Erfahrungswissen der Gewässerverantwortlichen ein. Das Vorgehen beruht auf der fachlichen Einschätzung ausgewählter Querbauwerke durch das Bearbeitungsteam unter Einbindung der Fachbehörden. **Letztlich ist eine bekannte Rückbauabsicht ein gewichtiges Argument für die positive Einschätzung der operativen Machbarkeit.** Die bekannten Rückbauabsichten liegen nicht immer datenbasiert (etwa in den Umsetzungsfahrplänen für die WRRL) vor, sondern sind primär örtlich Agierenden, bzw. den entsprechenden Fachbehörden bekannt. Die direkte behördliche Anfrage zur Rückbauabsicht stellt somit einen höchst effizienten Weg dar, um die operative – in der Regel multifaktoriell bestimmte - Machbarkeit einzuschätzen.

1.2.1 Prüfung der Kriterien für die operative Machbarkeit

Je Bundesland wurden die Querbauwerke mit hohen Priorisierungswerten (wenn möglich mit elf und zehn Punkten) für die weitere Bearbeitung ausgewählt und nochmals verifiziert. Nach diesem ersten Auswahlsschritt variierte die Anzahl der ökologisch relevanten Rückbaukandidaten je Bundesland zwischen ca. 15 und 30 Querbauwerken.

Diese Rückbaukandidaten wurden dann einer systematischen Eignungsprüfung unterzogen. Dafür wurde mithilfe von Luftbildern abgeschätzt, ob die Bauwerke in der Form Wanderhindernisse darstellen könnten, wie sie auch in den Datenbanken beschrieben werden.

Mögliche weitere Kriterien, die die Einschätzung der operativen Machbarkeit unterstützen, sind nachfolgend dargestellt:

- Rezente Wasserkraftanlage (mit altem Recht / mit auslaufendem Recht)
- Andere relevante Nutzungen
- Bundeswasserstraße mit Schleusenbetrieb
- Bundeswasserstraße mit erlaubter Motorschiffahrt
- Lage im historischen Ortskern
- Denkmalschutz
- Baulicher Zustand
- FFH-Gebiet im Rückstaubereich
- Bekannte Rückbauabsicht
- Talsperre
- Standort ist für die aquatische Fauna passierbar

Diese Kriterien können sowohl zu einer positiven als auch zu einer negativen Einschätzung der Machbarkeit führen. Ein Kriterium, welches sich negativ auf die Bewertung der operativen Machbarkeit auswirkt, führt jedoch nicht automatisch dazu, dass der Rückbau des Querbauwerks grundsätzlich ausgeschlossen wird.

Bauwerke wie Talsperren, Schleusen, Sperrwerke, Siele und Schöpfwerke, die definitiv nicht zurückgebaut werden können, wurden aus der Liste gestrichen. Ebenso wurden Querbauwerke in Wasserstraßen in der Regel nicht berücksichtigt. Wasserkraftanlagen wurden hingegen in der Liste belassen. Da die Laufzeit der wasserrechtlichen Genehmigungen und die Absichten der Wasserkraftanlagenbetreiber nicht bekannt war, konnte nicht ausgeschlossen werden, dass eine Auflösung der Stauhaltung grundsätzlich möglich ist. Anders verhält es sich, wenn in den Luftbildern erkennbar ist, dass eine Wasserkraftanlage neu gebaut und auch durchgängig gestaltet wurde (siehe Abbildung 7). Ein Rückbau ist hier sehr unwahrscheinlich, weswegen die abgebildete Wasserkraftanlage aus der Liste der Rückbaukandidaten entfernt wurde.

Bei einigen Bundesländern wurde die Anzahl der Rückbaukandidaten mit hohen Priorisierungswerten durch diese Prüfung stark dezimiert. In solchen Fällen wurden weitere Querbauwerke mit neun, acht oder sieben Punkten in die Prüfung mit einbezogen, bis je Bundesland die Anzahl der geprüften Rückbaukandidaten bei ca. 15 bis 20 Querbauwerken lag.

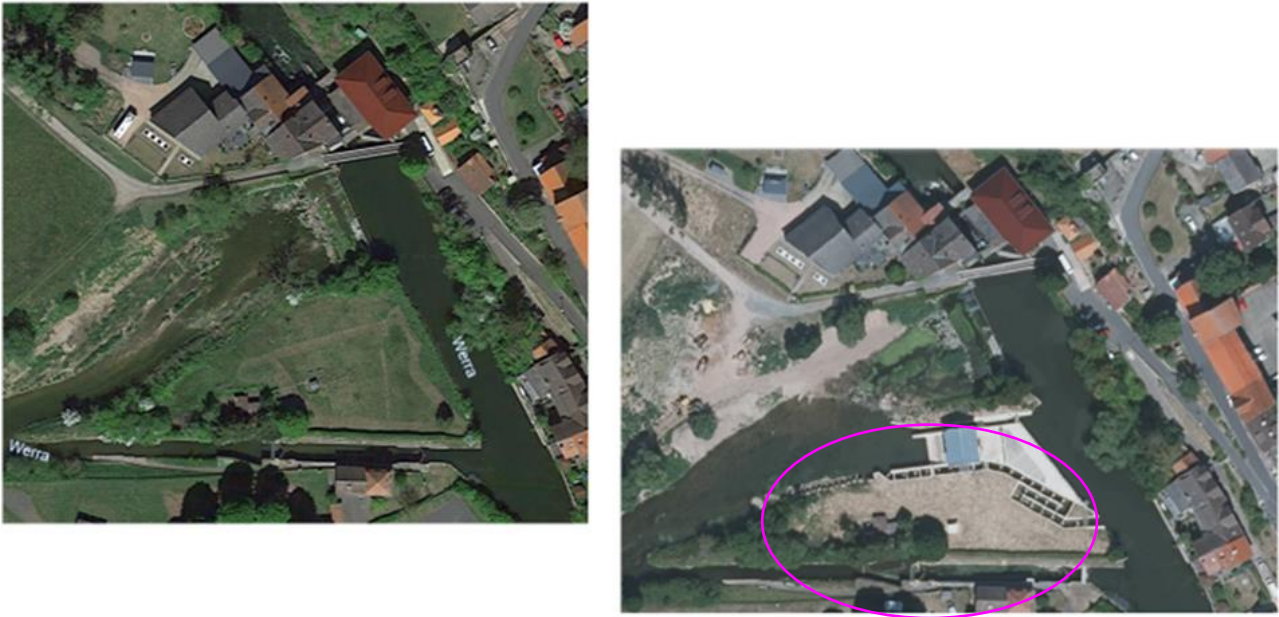


Abbildung 7: Beispiel der Eignungsprüfung als Rückbaukandidat. Die Luftbildauswertung ergab eine neu angelegte Fischaufstiegsanlage (Quellen: links: Google Earth (Luftbildaufnahme von 2020); rechts: Geoportal-Hessen (Luftbildaufnahme von 2020) Datenlizenz Deutschland - Zero - Version 2.0).

1.2.2 Anfrage bei den Behörden / Validierung der Kandidatenliste anhand lokaler Expertise

Eine erste, fundierte Bewertung der operativen Machbarkeit ist mit den öffentlich zugänglichen Daten und Luftbildern für jedes Querbauwerk möglich. Für eine Validierung der Ergebnisse zur operativen Machbarkeit und Ergänzung von nicht öffentlich zugänglichem Wissen ist es jedoch sehr hilfreich und wertvoll, die Einschätzung der für das Querbauwerk zuständigen Wasserbehörde einzuholen. Die Erfahrungen zeigen, dass die Behörden Querbauwerke in ihrem Zuständigkeitsbereich gut kennen und die operative Machbarkeit eines Rückbaus einschätzen können. Darüber hinaus sind den Behörden auch die aktuelle Wasserrechtssituation und die Besitzverhältnisse bekannt. Sie wissen auch, ob es politische, statische oder sonstige Gründe gibt, die gegen einen Rückbau sprechen. Ebenfalls ist ihnen die Historie von eventuellen Planungen rund um den Standort bekannt. Abbildung 8 zeigt einige zu berücksichtigende Aspekte zur Einschätzung der Rückbaumachbarkeit.



Abbildung 8: Aspekte zur Einschätzung der Umsetzbarkeit von Querbauwerksrückbauten.

Daher wurden in einem nächsten Schritt die oberen und unteren Wasserbehörden der Länder angeschrieben, um die eigene Einschätzung der operativen Machbarkeit fachlich zu ergänzen. Falls ein:e Ansprechpartner:in im Bundesland zu diesem Thema bekannt war, wurde diese Person direkt kontaktiert. Andernfalls wurden die Querbauwerke in kleinere Zuständigkeitsbereiche von Bezirksregierungen, Wasserwirtschaftsämtern oder Unteren Wasserbehörden aufgeteilt. Die jeweiligen Ansprechpartner:innen waren entweder aus vorheriger Zusammenarbeit bekannt oder wurden recherchiert.

Die Anfragen an die Behörden wurden per E-Mail verschickt. Im Anschreiben wurde das Vorgehen zur Bestimmung des ökologischen Potenzials kurz erläutert. Neben einem Begleitbrief des WWF Deutschland, in dem das Vorhaben beschrieben wurde, wurde eine Tabelle mit bereits zusammengetragenen Informationen über die Rückbaukandidaten im Zuständigkeitsbereich verschickt. Die Ansprechpartner:innen wurden gefragt, wie sie die operative Machbarkeit eines Rückbaus einschätzen und welche Gründe dafür oder dagegen sprechen. Um die Menge an Querbauwerken mit einer hohen operativen Machbarkeit eines Rückbaus zu vergrößern, wurden die Ansprechpartner:innen zusätzlich gefragt, ob ihnen aussichtsreiche Rückbaukandidaten in ihrem Zuständigkeitsbereich bekannt sind, die aus unterschiedlichen Gründen nicht bereits auf der Vorauswahlliste geführt wurden.

1.3 Auswahl der Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial

Nach Einschätzung des ökologischen Mehrwerts und der operativen Machbarkeit wurden am Ende Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial ausgewählt und ausführlich beschrieben. Entscheidend für die Auswahl waren folgende Kriterien in der dargestellten Reihenfolge:

1. Operative Rückbaumachbarkeit
 - I. Die Funktion des Bauwerks wird nicht länger benötigt.
 - II. Ein Rückbau erscheint bei den bestehenden Besitzverhältnissen möglich oder eine Änderung der Besitzverhältnisse scheint möglich.
2. Ökologische Priorität
 - I. Die Gesamtbewertung des Querbauwerks sollte bei 9 oder höher liegen, Ausnahmen werden begründet.
 - II. Die Anbindungslänge beträgt mind. 10 km (mind. Bewertungsstufe 2)
3. Verteilung auf die Bundesländer
 - I. Die möglichen Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial nach Kriterium 1 und 2 werden möglichst gleichmäßig auf die Bundesländer verteilt.
4. Umgang mit Konfliktfällen
 - I. Unter den Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial sollen auch solche sein, deren Rückbau umstritten ist.

Eng aufeinanderfolgende Querbauwerke sollen ebenfalls vertieft betrachtet werden. Durch einen seriellen Rückbau kann die starke Fragmentierung eines Gewässers aufgehoben und insgesamt eine überzeugende Gewässerlänge angebunden werden.

2. Ergebnisse der ökologischen Priorisierung auf Bundesebene

Aus rund 180.000 von den Bundesländern gelieferten Querbauwerken wurden etwa 60.000 als relevant für die Analyse ausgewählt. Dabei handelt es sich wie beschrieben um Rampen, Abstürze, Wehre und Dämme. Die große Zahl an Brücken, aber auch Verrohrungen und kleinen Sohlschwellen (unterhalb der oben genannten Schwellenwerte zur Wasserspiegeldifferenz) an kleineren Gewässern wurde nicht berücksichtigt.

Konkret wurden 59.483 Querbauwerke analysiert. Davon wurden 6.822 nicht weiter bewertet, etwa, weil Duplikate vorlagen oder die Überlagerung mit dem Analysegewässernetz fehlschlug. Lediglich 776 von 52.661 und damit 1,5 % der betrachteten Bauwerke fallen in die obersten Werte mit 9 bis 11 Punkten (siehe Abbildung 9). Hohe Bewertungen und damit die höchste ökologische Priorisierung erhalten Querbauwerke grundsätzlich an größeren Gewässern mit langen Anbindungsstrecken, einer geringen Fragmentierung sowie einer sehr guten durchschnittlichen Gewässerstrukturgüte in der Anbindungsstrecke. Allerdings fehlt die beste Klasse 12 komplett, was den insgesamt hohen Veränderungsgrad der Gewässer durch Querbauwerke und Strukturveränderungen in Deutschland unterstreicht.

Neben den 776 Querbauwerken mit der höchsten Rückbaupriorität, unter denen sich auch viele nutzungsrelevante Bauwerke der Wasserkraft, Schifffahrt und teils des Hochwasserschutzes befinden, sollte das Potenzial der Werte 7 und 8 (8.426) keinesfalls unterschätzt werden. Die hier entwickelte Methodik identifiziert insbesondere Querbauwerke mit hoher ökologischer Priorisierung in großen Gewässern mit langen Anbindungsstrecken. Deren Durchgängigkeit ist – insbesondere für Langstrecken-Wanderfischarten, die vom Meer bis in die Oberläufe zum Laichen wandern – sehr wichtig, auch wenn an diesen Fließgewässern die Gewässerstrukturgüte oftmals stark degradiert ist.

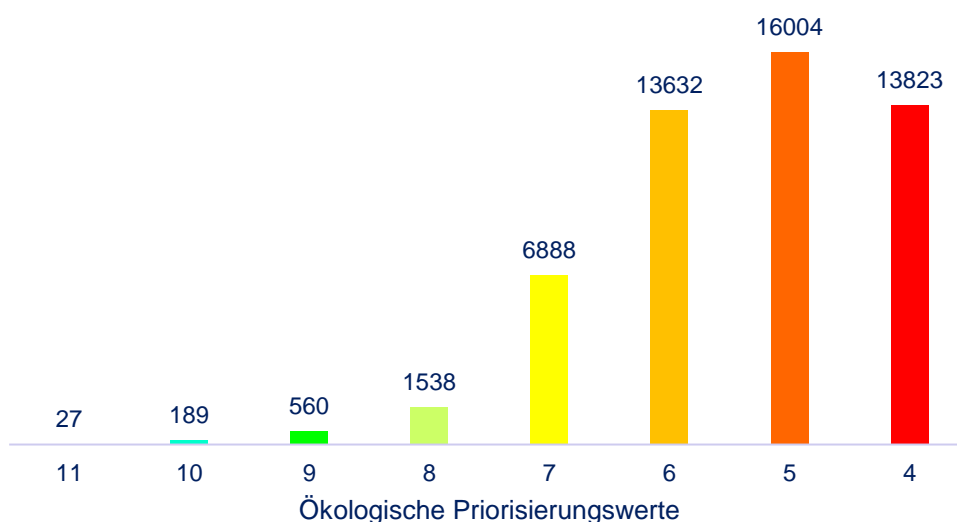
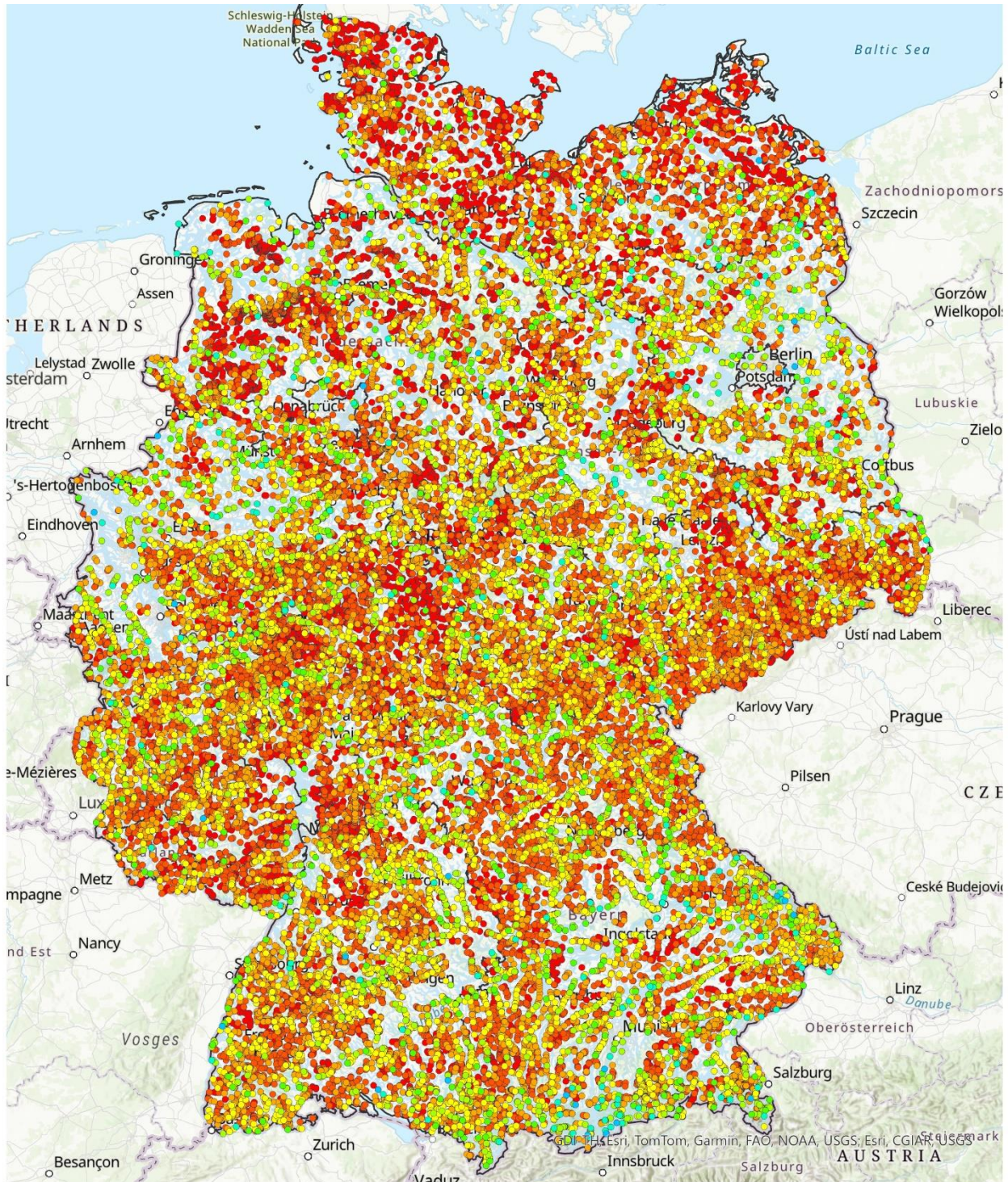


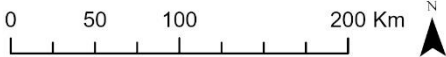
Abbildung 9: Verteilung der ökologischen Priorisierungswerte (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung).

Ökologische Priorisierung zum Rückbau von Querbauwerken in Fließgewässern Deutschlandweite GIS-Analyse und Vorstellung von Kandidaten mit hohem Umsetzungspotenzial



Legende

Ökologische Priorisierungswerte (11 höchste – 4 niedrigste)	● 11	● 7
	● 10	● 6
	● 9	● 5
	● 8	● 4



Datenquelle Querbauwerke: Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein Dezernat 41 Fließgewässerökologie, Hamburger Chaussee 25 24220 Flintbek; Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWK), Am Sportplatz 23 26506 Norden; Landesamt für Umwelt, Naturschutz u. Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Goldbergstr. 12b, 18273 Güstrow; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen; Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47, 06116 Halle (Saale); Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU), Von-Schön-Strasse 7, 03050 Cottbus; Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin, Abteilung Wasserwirtschaft 1, Brückenstraße 6, 10179 Berlin; Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland-Pfalz, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität, Kaiser-Friedrich-Straße 1 55116 Mainz; Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland (LUA) FB 2.4 Gewässerentwicklung und HWS, Don-Bosco-Str. 1, 66119 Saarbrücken; Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Dezernat W1, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden; Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, Göschwitzer Str. 41, 07745 Jena; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden; Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg LUBW, Referat 41 Fließgewässer, Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe; Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 14 - Datenstelle, Internet, Bibliotheken, Umweltrecht, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160 86179 Augsburg; BIG Inspire Datensatz Querbauwerke, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz

Datenquelle Gewässernetz: EU HYDRO Datensatz, EU Copernicus 2018; Datenquelle Bundesländergrenzen: VG1000 Staats- und Bundeslandgrenzen (BKG 2023)

Abbildung 10: Bundesübersicht der ökologischen Priorisierung.

Die Querbauwerke und auch die Verteilung der ökologischen Priorisierung zeigen die insgesamt hohe Veränderung und Belastung der Gewässer (vergleiche Abbildung 10). Nur in weniger dicht besiedelten Räumen (etwa in Brandenburg), in Bereichen des Alpenvorlandes oder teils am Nordrand der Mittelgebirge (an den Flüssen Lippe, Aller und Mulde) finden sich räumlich mehr Kandidaten mit höheren Bewertungen.

Betrachtet man die **Anbindungslängen** für die besten Werte 9 bis 11, so kommt man auf insgesamt 26.483 Kilometer potenziell wieder anbindbarer Gewässerstrecke. Grundsätzlich sind alle Bundesländer vertreten, wobei sich die Zahlen zwischen 232 Kilometer im Saarland und 7.835 Kilometer in Bayern bewegen (vergleiche Abbildung 11). Die Ergebnisse müssen jedoch auch in Relation zur Landesgröße bzw. der damit verbundenen Gewässerslänge betrachtet werden. Hier liegt Bayern mit einer Gewässerslänge von rund 100.000 Kilometern und 11.142 bewerteten Querbauwerken vorn.

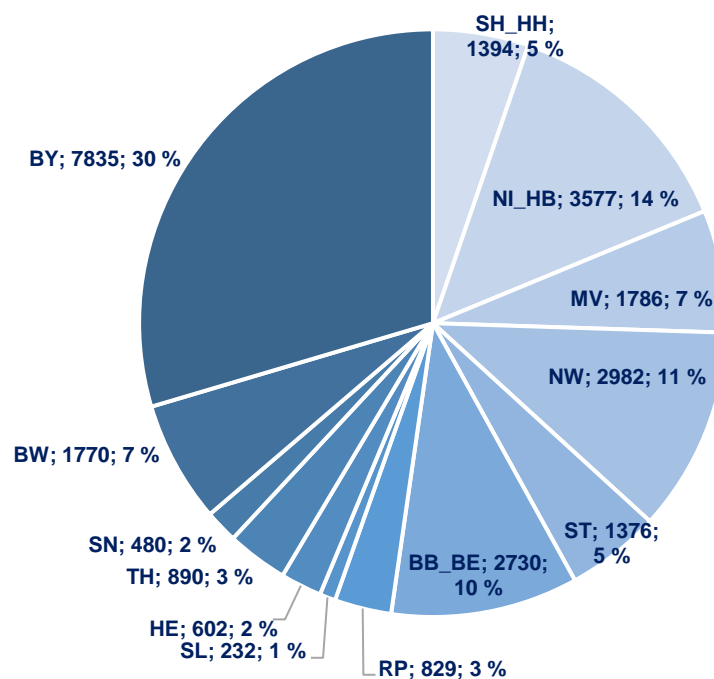


Abbildung 11: Absolute (in km Anbindungslänge) und prozentuelle Verteilung der besten Kandidaten (Klasse 9 bis 11) verteilt auf die Bundesländer: SH_HH = Schleswig-Holstein und Hamburg, NI_HB = Niedersachsen und Bremen, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NW = Nordrhein-Westfalen, ST = Sachsen-Anhalt, BB_BE = Brandenburg und Berlin, RP = Rheinland-Pfalz, SL = Saarland, HE = Hessen, TH = Thüringen, SN = Sachsen, BW = Baden-Württemberg und BY = Bayern.

In einem weiteren Schritt wurde der grundsätzliche **Bauwerkstyp** ausgewertet, wobei Wehre, Dämme und Stauhaltungen mit 40 % knapp über den Abstürzen (36 %) und weit vor Rampen, Gleiten bzw. Schwellen (24 %) liegen (siehe Abbildung 12). Wie bereits beschrieben, umfassen die Bauwerkstypen vor allem große und ökologisch nicht durchgängige Strukturen. Zahlreiche kleine Querbauwerke, wie zum Beispiel unzählige Verrohrungen ohne Abstürze oder kleine Sohlschwellen, sind nicht berücksichtigt.

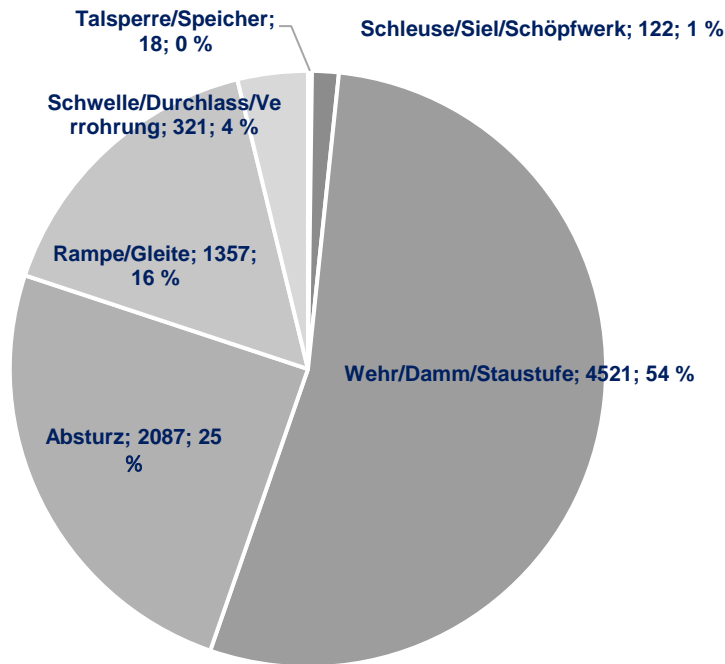


Abbildung 12: Verteilung der Bauwerkstypen über alle Querbauwerke (inkludiert auch die nicht bewerteten Querbauwerke).

Aus quantitativer Sicht wäre der Rückbau von großen Bauwerken wie Wehren und Dämmen, ökologisch eindeutig zu priorisieren (68 %, Abbildungen 13 und 14), allerdings steht dem oftmals die operative Machbarkeit entgegen, bedingt etwa durch die übergeordnete Nutzung der Bauwerke für die Wasserkraft und/oder Schifffahrt.

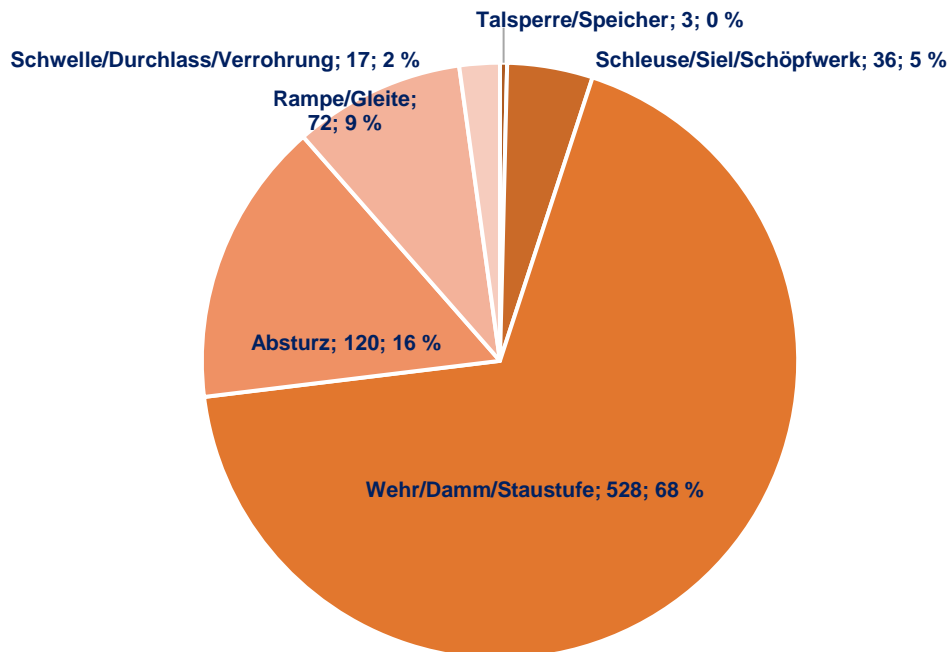


Abbildung 13: Verteilung der Bauwerkstypen für die besten Kandidaten (Werte 9 bis 11): Während Schwellen und Rampen sowie ein größerer Teil der Abstürze (25 %) mit geringerem Aufwand um- oder zurückgebaut werden könnten, stellen Wehre und Dämme erhebliche größere Anforderungen an Um- oder Rückbauten (68 %).

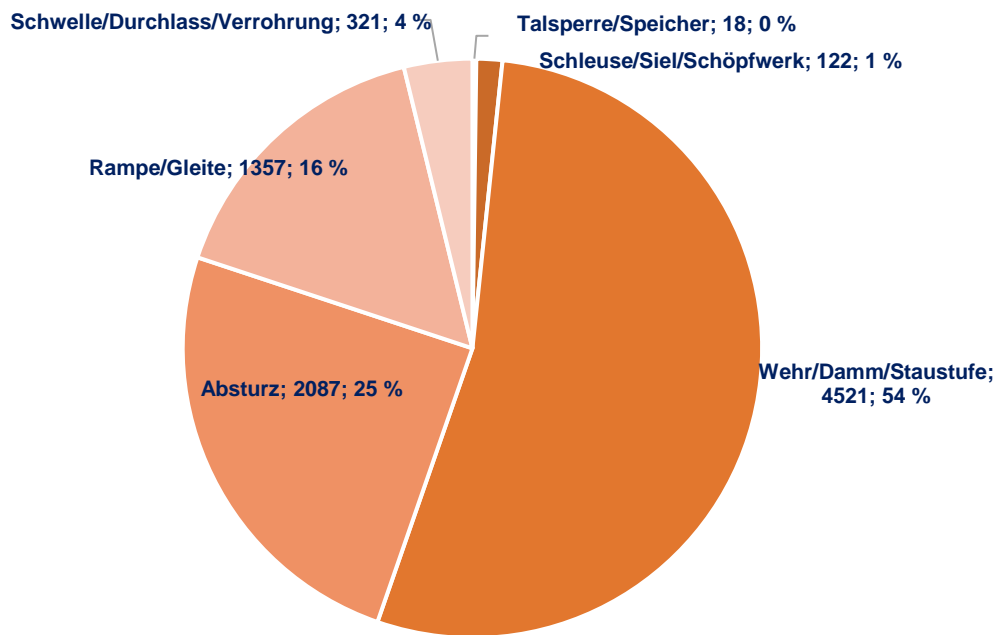


Abbildung 14: Verteilung der Bauwerkstypen für die weiteren Werte 7 bis 8: Deutlich mehr Abstürze und Rampen (41 %) erhöhen zwar die Anzahl bei allerdings geringerer ökologischer Priorisierung (vergl. Abbildung 13).

Schließlich wurde noch die grundsätzliche Zuordnung der ökologischen Priorisierung zu den Ökoregionen, die auch wesentliche Grundlage für die Fließgewässertypisierung sind, untersucht. Grundsätzlich sind die Verteilungen der ökologischen Priorisierung in den bergigen und hügeligen Regionen sehr ähnlich, allerdings ist die schlechteste Klasse 4 anteilig im Mittelgebirge bereits etwas stärker vertreten als in den Alpen und dem Alpenvorland. Dieser Effekt verstärkt sich noch im Tiefland, das anteilig die meisten Kandidaten der Klasse 4 aufweist (siehe Abbildungen 15 und 16).

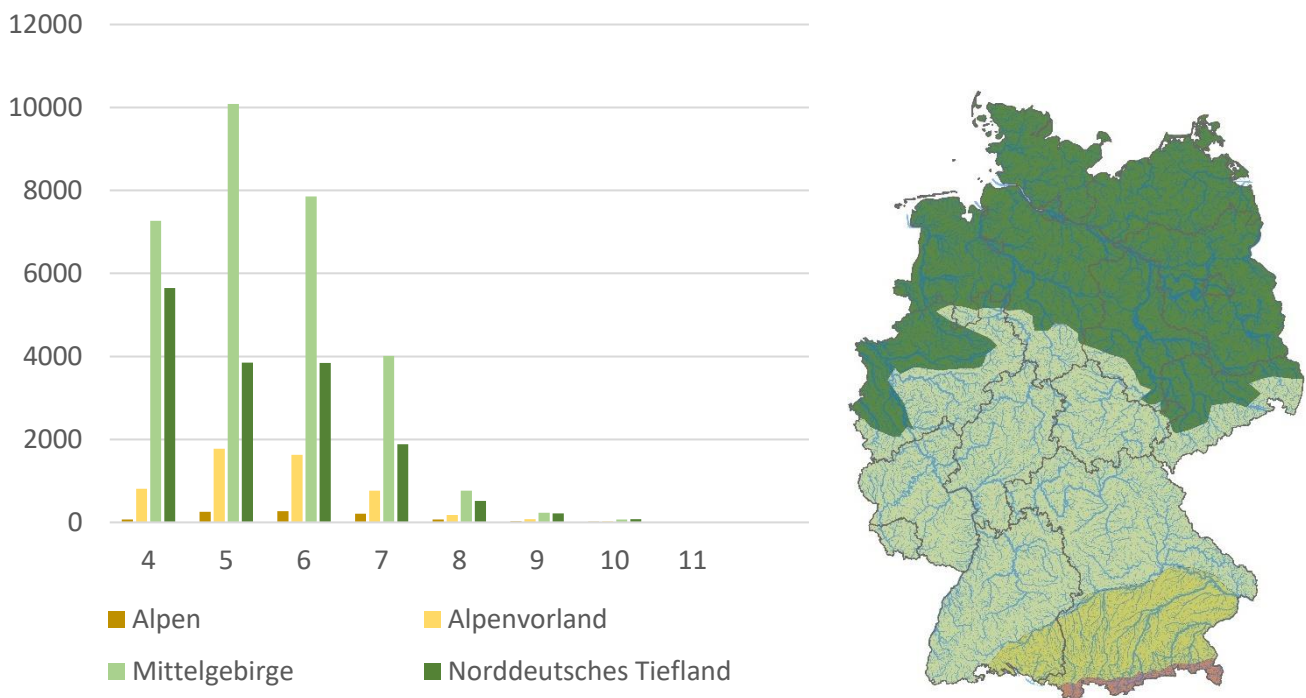


Abbildung 15: Verteilung der Querbauwerke nach Hauptökoregionen.

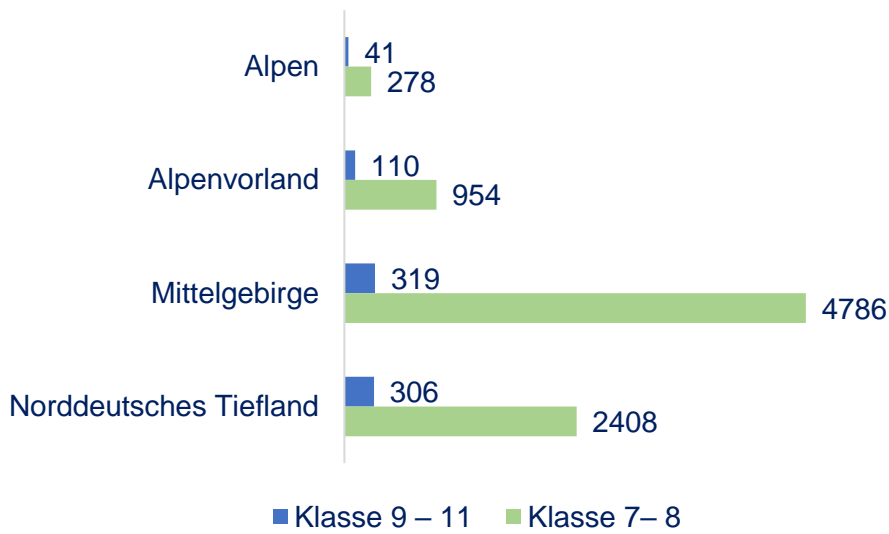


Abbildung 16: Absolute Betrachtung der Zuordnung der höchsten Priorisierungen (Klasse 9 bis 11 sowie 7 bis 8): Während die höchsten Priorisierungen (9 bis 11) mit einer gewissen Äquivalenz über die Ökoregionen mit ihren Fließgewässern verteilt sind, steht bei den Werten 7 bis 8 eindeutig das Mittelgebirge im Vordergrund, wo auch insgesamt die meisten Querbauwerke zu finden sind.

3. Ergebnisse der operativen Machbarkeit und Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial

3.1 Rücklauf der Anfragen bei den Behörden

Die Querbauwerke, deren Rückbau mithilfe von Kriterien und basierend auf öffentlich einsehbaren Daten und Luftbildern als operativ machbar in Frage kommen, wurden zur Validierung bei den oberen und unteren Wasserbehörden angefragt (siehe Kapitel 1.2.2). In den Rückmeldungen teilten die Behörden mit, ob sie der durch das Projektteam getroffenen Einschätzung der operativen Machbarkeit eines Rückbaus zustimmen würden, oder ob Gründe bekannt sind, die gegen einen Rückbau sprechen könnten. Die Rückmeldungen fielen dabei sehr unterschiedlich aus: Von einigen Behörden wurde mit der Begründung einer aktuell sehr hohen Auslastung keine Einschätzung der operativen Machbarkeit getroffen. Überwiegend gab es jedoch eine positive Resonanz und Interesse an dem Vorhaben. Teilweise gab es Missverständnisse, da der Begriff ‚Rückbau‘ mit ‚Herstellung der Durchgängigkeit im Sinne der WRRL‘ gleichgesetzt wurde. Insgesamt wurde für 19 angefragte Querbauwerke die operative Machbarkeit eines Rückbaus durch die Behörden als hoch eingeschätzt. 16 dieser Querbauwerke wurden ursprünglich erbaut, um den Wasserspiegel für den Betrieb einer Mühle oder einer Wasserkraftanlage anzuheben, die aktuell nicht mehr existiert oder zumindest nicht mehr in Betrieb ist.

Zusätzlich wurden von den Behörden und Verbänden 36 aussichtsreiche Rückbaukandidaten in ihrem Zuständigkeitsbereich genannt. Darunter fallen ebenfalls viele nicht mehr genutzte Stauhaltungen für Mühlen und Wasserkraftanlagen, jedoch auch Kulturstau und Bauwerke zur Sohlsicherung. Die vorgeschlagenen Querbauwerke wurden dann im zuvor erstellten Datensatz zur Berechnung des ökologischen Potenzials querreferenziert. In den meisten Fällen wurde dabei keine allzu hohe Bewertung der ökologischen Potenzialanalyse festgestellt, da oftmals vor allem die Anbindungslängen oberhalb der genannten Bauwerke eher gering ausfielen. Vereinzelt waren die genannten Querbauwerke auch gar nicht in den Datenbanken enthalten.

3.2 Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial

Basierend auf den in Kapitel 1.2.1 genannten Kriterien wurde für die Querbauwerke mit der höchsten ökologischen Priorität die operative Machbarkeit eines Rückbaus eingeschätzt. Gemäß den in Kapitel 1.3 genannten Kriterien wurden 16 Rückbaukandidaten ausgewählt. Ursprüngliches Ziel war es, dass alle Kandidaten sowohl ein hohes ökologisches Potenzial als auch eine hohe operative Machbarkeit aufweisen. Bei der letztlichen Auswahl der Kandidaten wurden jedoch noch weitere Aspekte berücksichtigt. Bei drei der Querbauwerke ist die Anbindungslänge geringer als 10 Kilometer. Beispielsweise wurde das Wehr im Zeller Bach (einem Zufluss zur Isar) dennoch ausgewählt, da dort ein altes Bachbett wieder angeschlossen werden kann; daher bringt dieses Vorhaben einen hohen ökologischen Nutzen mit sich. Sowohl das bewegliche Wehr bei Busckuhnsdorf mit einer Anbindungslänge von (wie sich erst später herausstellte) lediglich 2,7 Kilometer als auch das Ritterwehr in der Aich mit einer Anbindungslänge von 7,8 Kilometer verblieben trotz des eher mäßigen ökologischen Potenzials in der Endauswahl. Dabei stellt das bewegliche Wehr bei Busckuhnsdorf im Schweinitzer Fließ einen ähnlichen Fall dar, wie etwa eine Wehrkette in der Dosse. Der Rückbau des

Wehres wird als operativ machbar eingeschätzt und stellt im Idealfall eine Initialzündung für den Rückbau der Folgewehre dar, so dass mehrere Kilometer Anbindungslänge gewonnen und etliche hundert Meter Rückstaubereiche revitalisiert werden könnten. Der Rückbau des Ritterwehrs erscheint möglich und wurde auch mangels Alternativen in Baden-Württemberg trotz der relativ geringen Anbindungslänge ausgewählt.

Von den Wasserbehörden wurden zwei Gewässer genannt, an denen der Rückbau mehrerer aufeinander folgender Querbauwerke machbar erscheint. Um die Wirkung eines seriellen Rückbaus darzustellen, wurde für ein Fallbeispiel der Rückbau der Querbauwerke Wulfersdorf, Dudel I, Dudel II und Heinrichsdorf an der Dosse betrachtet, obwohl diese einzeln betrachtet Kriterium 2 (Gesamtbewertung mindestens 9 und Anbindungslänge mindestens 10 Kilometer) nicht genügen. Die genannten Querbauwerke in der Dosse dienen als Kulturstau für die Landwirtschaft und die Bauwerke ähneln sich konstruktiv stark. Ein gemeinsamer Rückbau kann in derartigen Fällen den Genehmigungs- und Planungsaufwand erheblich vereinfachen.

Die ausgewählten Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial sind in der nachfolgenden Tabelle 2 und Abbildung 15 dargestellt. Enthalten sind sowohl bei den Behörden angefragte Querbauwerke, als auch von den Behörden vorgeschlagene Querbauwerke. Für jedes Querbauwerk sind das Bundesland, das Gewässer und die Anbindungslänge sowie die Bewertung des ökologischen Potenzials dargestellt.

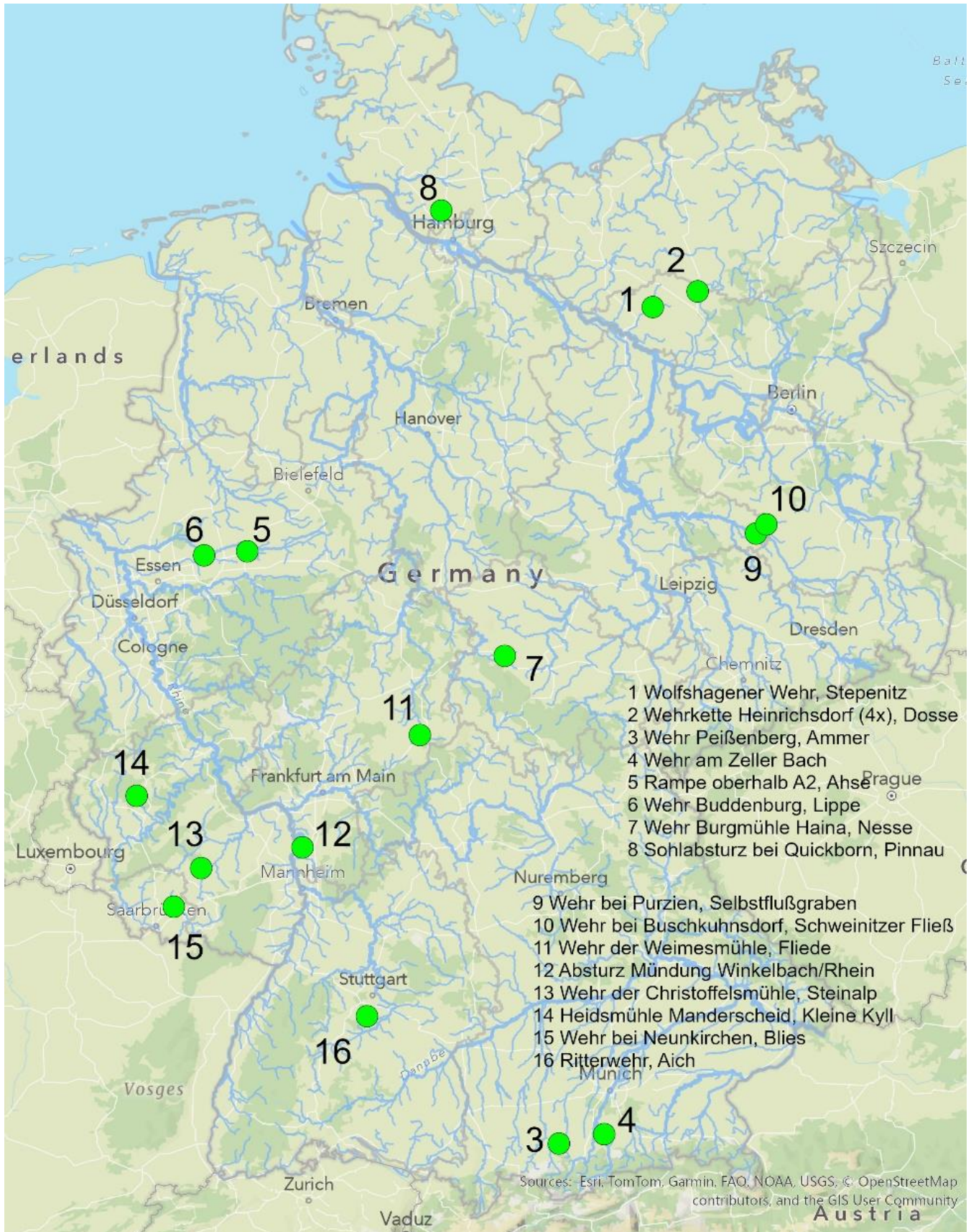


Abbildung 15: Verortung der ausgewählten Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial.

Tabelle 2: Ausgewählte Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial.

Bundes-land*	Name	Gewässer	Ursprüngliche Funktion	Anbindungslänge [km]	Länge	Lage	Bewertung		Ökol. Priorisierung
							Fragmentierung	Struktur-güte	
BB	Wolfshagener Wehr.	Stepenitz	Wasserkraft	47,9	3	3	1	3	10
BB	Wehrkette: Heinrichsdorf, Dudel II, Dudel I, Wulfersdorf.	Dosse	Kulturstau	17,5	2	3	1	1	7
BY	Peißenberger Wehr.	Ammer	Kühlwasser-versorgung Kraftwerk	27,9	3	3	2	3	11
BY	Wehr im Zeller Bach.	Zeller Bach	Wasserkraft	5,9	1	2	1	3	7
NW	Rampe oberhalb A2 Querung.	Ahse	Kulturstau	30,8	3	3	2	2	10
NW	Wehr Buddenburg.	Lippe	Kühlwasser-versorgung Kraftwerk	11,3	3	2	3	2	10
TH	Wehr Burgmühle Haina.	Nesse	Wasserkraft	41,3	3	3	1	2	9
SH	Sohlabsturz bei Quickborn.	Pinnau	Kulturstau	21,4	2	3	1	1	7
ST	Bewegl. Wehr Selbstflußgraben.	Selbstfluß-graben.	Kulturstau	28,2	3	3	1	3	10
ST	Bewegl. Wehr bei Busckuhnsdorf.	Schweinit-zer Fließ	Kulturstau	2,7	1	3	1	1	6
HE	Wehr der Weimesmühle.	Fliede	Wasserkraft	42,5	3	3	1	1	8
HE	Absturz Mündung Winkelbach.	Winkelbach	Sohlen-sicherung	36,8	3	3	2	1	9
RP	Wehr Christoffelsmühle.	Steinalp	Wasserkraft	32,6	3	3	2	3	11
RP	Hoher Absturz ehem. Heidsmühle b. Manderscheid.	Kleine Kyll	Wasserkraft	27,9	3	3	2	2	10
SL	Wehr bei Neunkirchen.	Blies	Wasserkraft	33,1	3	3	1	2	9
BW	Ritterwehr.	Aich	Wasserkraft	7,8	1	3	1	2	7

*BB=Brandenburg, BY=Bayern, NW=Nordrhein-Westfalen, TH=Thüringen, SH=Schleswig-Holstein, ST=Sachsen-Anhalt, HE=Hessen, RP=Rheinland-Pfalz, SL=Saarland und BW=Baden-Württemberg

Bei den ausgewählten Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial handelt sich um Querbauwerke, durch deren Rückbau eine beeindruckende Gewässerstrecke von insgesamt 415,6 Kilometern wieder angebinden werden könnte. Jeweils zwei Kandidaten kommen aus Brandenburg, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Hessen und Rheinland-Pfalz; der häufigste Bauwerkstyp sind Wehre (12) und Abstürze (3).

Für jeden Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial wurde ein Steckbrief erstellt. Dieser informiert über die ursprüngliche Funktion des Querbauwerks, die heutige Situation, das Gewässer, mögliche Schutzgebiete und die positiven Folgen eines Rückbaus. Für eine räumliche Einordnung ist in einer Karte die Lage des Querbauwerks dargestellt. Die potenzielle neue Anbindungslänge nach Rückbau des Querbauwerks ist ebenfalls abgebildet. Die Steckbriefe befinden sich im Annex 2 und können als Diskussionsgrundlage für den Rückbau der entsprechenden Barrieren dienen.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung liefert erstmals bundesweite Ergebnisse für die ökologische Priorisierung zum Rückbau von Querbauwerken, definiert sechzehn Rückbaukandidaten mit hohem und sehr hohem Potenzial.

- Insgesamt erhalten 776 von 52.661 bewerteten Querbauwerke die drei höchsten ökologischen Priorisierungswerte 9 bis 11, gefolgt von einer Gruppe der folgenden zwei Priorisierungswerte 7 bis 8 mit insgesamt 8.426 Querbauwerken. Somit fallen 9.202 Querbauwerke in die obersten fünf ökologischen Priorisierungswerte 7 bis 11.
- Basierend auf der Einschätzung der operativen Machbarkeit wurden aus diesem Pool beispielhaft sechzehn Kandidaten mit hohem und sehr hohem Rückbaupotenzial hervorgehoben und in Steckbriefen dargestellt.
- Die vorgestellte Vorgehensweise zur operativen Machbarkeit ist nicht rein datengetrieben, sondern beinhaltet auch Personeneffekte, die die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erschwert oder sogar unmöglich macht. Mit der entwickelten Methodik wurden aussichtsreiche Kandidaten bestimmt, deren Rückbau machbar erscheint und einen hohen ökologischen Mehrwert mit sich bringen würde. In einem nächsten Schritt sollte daher der Rückbau der dargestellten Querbauwerke von den zuständigen Gewässerverantwortlichen erwogen werden.
- Allein der Rückbau der 16 ausgewählten Kandidaten würde 415,6 Kilometer Gewässerstrecke wieder anbinden. Dadurch würde sich die Gewässerstruktur und die Habitatqualität in den Gewässern und begleitenden Auen in sechs Naturschutzgebieten und elf FFH-Gebieten verbessern, da unter anderem die weitreichenden Rückstauwirkungen entfallen würden.

Vom Rückbau dieser Querbauwerke würden aquatische Lebewesen, wie z.B. Bachneunaugen, Aale, Forellen, Groppen aber auch Bachmuscheln, profitieren, da sich die Durchgängigkeit des Gewässers und der Fließgewässer- und Auenhabitats verbessern würde.

Da die Anzahl der Querbauwerke in Deutschland, die zu einer Beeinträchtigung der Durchgängigkeit führen, über alle Landschaften und Gewässer verteilt sehr hoch ist, kommt dem Rückbau in der Fläche bzw. an vielen einzelnen Orten eine große Bedeutung zu. Die vorliegende Analyse filtert daher Querbauwerke für den Rückbau mit dem größten ökologischen Mehrwert heraus, also solche mit den längsten Anbindungsstrecken mit noch intakter Gewässerstruktur. Es lohnt sich aus ökologischer Perspektive, den Rückbau der 16 Fallbeispiele zu forcieren, auch wenn nicht zwangsläufig offiziellen Planungen, etwa aus den Umsetzungsfahrplänen der EG-WRRL, vorliegen.

Die Untersuchung unterstreicht die Notwendigkeit und umfangreiche Aufgabe des Rückbaus von Querbauwerken in deutschen Fließgewässern. Die gesammelten Querbauwerksdaten aus allen Bundesländern könnten die Bundesbehörden dabei unterstützen, ein Verzeichnis künstlicher Hindernisse in Oberflächengewässern zu erstellen, wie im Rahmen der Verordnung zur Wiederstellung der Natur gefordert. Das Ziel der LAWA sollte künftig eine vertiefte bundesweite Harmonisierung der vorhandenen Daten von Querbauwerken sein, um bundesweite Priorisierungsansätze – wie etwa zur Erfüllung des 25.000-Kilometer-Ziels aus der Verordnung zur Wiederherstellung der Natur gefordert – leichter durchführen zu können. Zudem sollte die Umsetzung der vorgestellten sechzehn Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial geprüft und soweit möglich umgesetzt werden.

5. Literaturverzeichnis

BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde) (2023): Datensatz zu den bundesweiten Querbauwerken (ManMadeObject, ETRS89 (INSPIRE conformant):

<https://geoportal.bafg.de/inspire/download/HY/manmadeobject/datasetfeed.xml>

Dumont, U., Anderer, P., Schwevers, U. (2005): Handbuch Querbauwerke. Herausgeber Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. [https://www.google.at/url?sa=t und source=web und rct=j und opi=89978449 und url=https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/handbuch_querbauwerke_2005.pdf und ved=2ahUKEwjL4ZjMp7yFAxWabfEDHSw3ByIQFnoECBUQAQ und usg=AOvVaw2-a6277DodVscGvzXt6AH1](https://www.google.at/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/handbuch_querbauwerke_2005.pdf&ved=2ahUKEwjL4ZjMp7yFAxWabfEDHSw3ByIQFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw2-a6277DodVscGvzXt6AH1)

European Commission, Joint Research Centre, van de Bund, W., Bartkova, T., Belka, K., Bussettini, M., Calleja, B., Christiansen, T., Goltara, A., Magdaleno, G., Mühlmann, H., Ofenböck, G., Parasiewicz, P., Peruzzi, C., Schmitt, K., Schultze, A., Reckendorfer, W. and Bastino, V. (2024): Criteria for identifying free-flowing river stretches for the EU Biodiversity Strategy for 2030, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/402517>, JRC137919.

EU Copernicus (2018): EU-Hydro Datensatz, Version: 1.4. Europaweite Gewässernetze und Einzugsgebiete. Copernicus Informationssystem:

<https://sdi.eea.europa.eu/catalogue/copernicus/api/records/393359a7-7ebd-4a52-80ac-1a18d5f3db9c?language=all>

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2017): Lebensraumgewinn durch Rückbau von Querbauwerken. Ausarbeitung durch Projektteam chromgruen-umweltbüro essen-Die Gewässer-Experten. Velbert / Essen / Lohmar, pp.66.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2002): Gewässerstrukturkartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Übersichtsverfahren. [W 2225 KM-20160630130208 \(lawa.de\)](http://www.lawa.de)

Müller, A, Kranl, J., Gschrei, S., Pottgiesser, T., Behrens, S., Münzinger A, Schäfer, K., Schultze A.-K. (2023): Bewertung der Sedimentdurchgängigkeit in Fließgewässern in NRW. Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, LANUF Fachbericht 145, Recklinghausen, pp62.

RivEx (2023): Arc GIS und Arc GIS Pro toolbox for processing river networks: <http://www.rivex.co.uk/>

Schwarz, U. (2021): The potential of barrier removal to reconnect Europe's rivers. For WWF CH and WWF EPO. Vienna, Zurich, Brussels, pp. 21: <https://www.wwf.eu/?2898441/New-WWF-analysis-shows-huge-potential-for-river-restoration-through-barrier-removal-in-Europe>

Umweltbundesamt (UBA) (2002): Gewässerstrukturkarte Deutschland (Quelle LAWA, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), Stand 2001: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/bilder/struktur_der_fliessgewaesser_2001.jpg

6. Glossar

BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BQE	Biologisches Qualitätselement der WRRL, z.B. Fische
DLM	Deutsches Landschaftsmodell (Geodaten)
EG-WRRL	EU-Wasserrahmenrichtlinie
EZG	Einzugsgebiet von Gewässern
FFH-Gebiet	Fauna-Flora-Habitat-Gebiet
QBW	Querbauwerk in Gewässern

BL	Bundesland
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
BE	Berlin
BB	Brandenburg
HB	Bremen
HE	Hessen
HH	Hamburg
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
RP	Rheinland-Pfalz
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
SH	Schleswig-Holstein
TH	Thüringen

Annex I Bundesländerergebnisse

Schleswig-Holstein und Hamburg

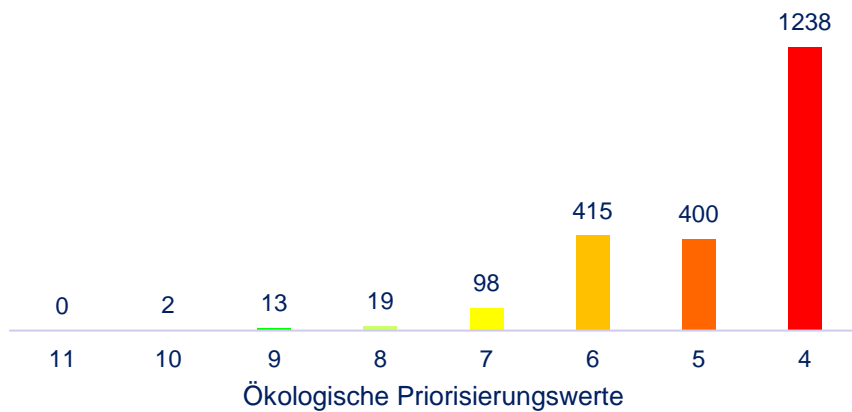
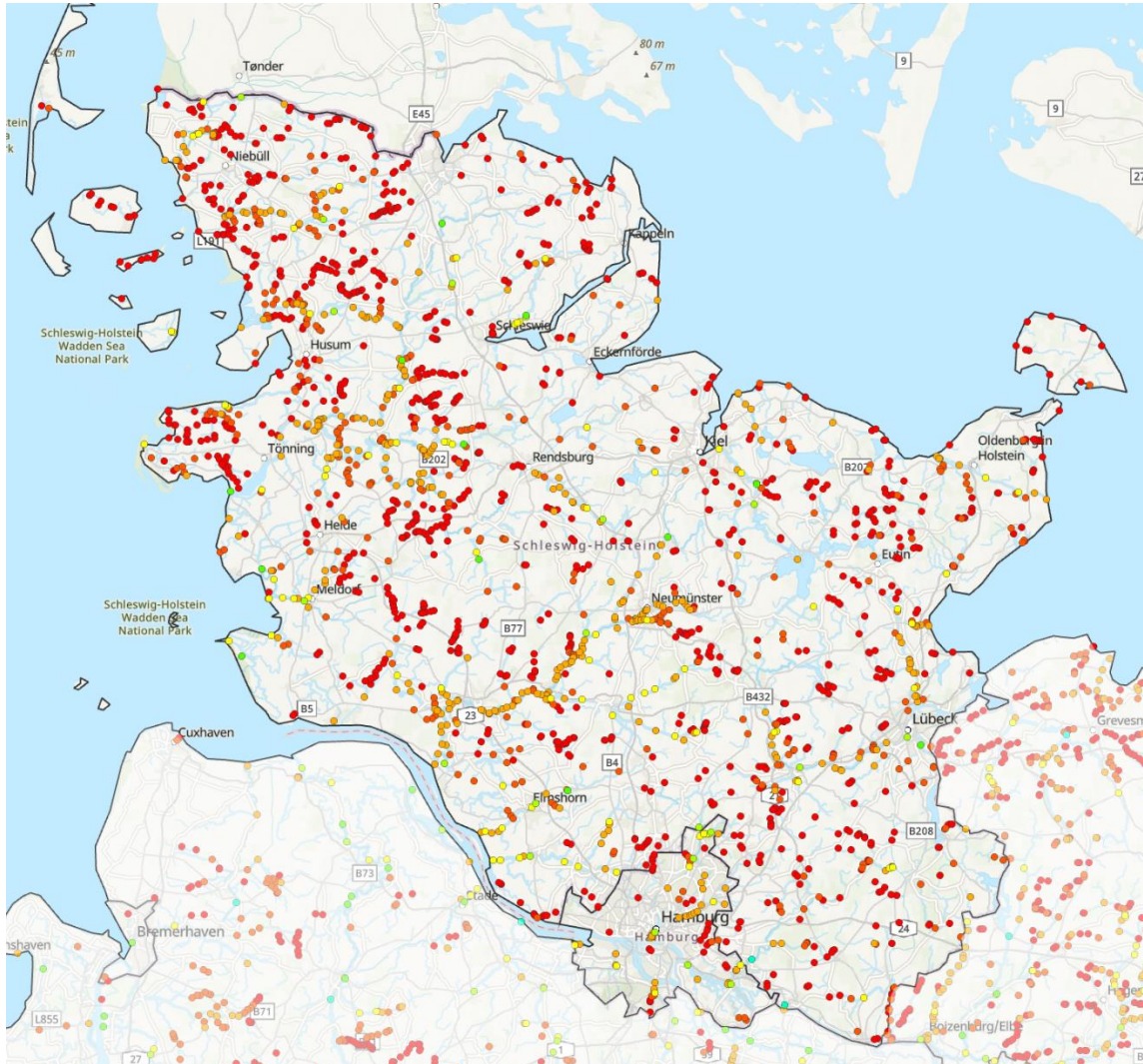


Abbildung 16 und 17: Karte und Verteilung der Werte für Schleswig-Holstein und Hamburg (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein Dezernat 41 Fließgewässerökologie, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek.

Niedersachsen und Bremen

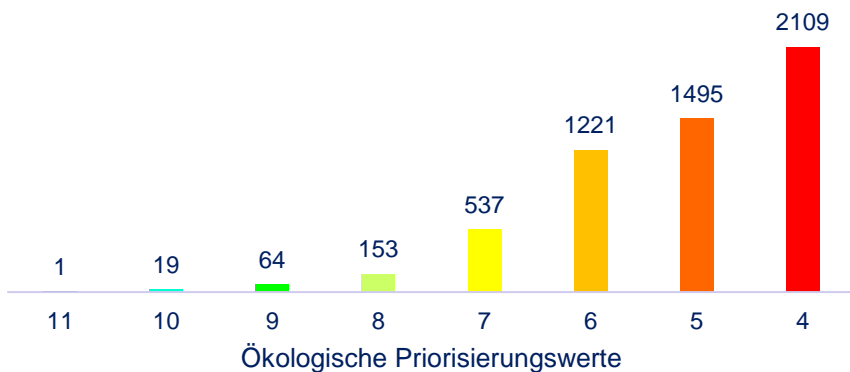
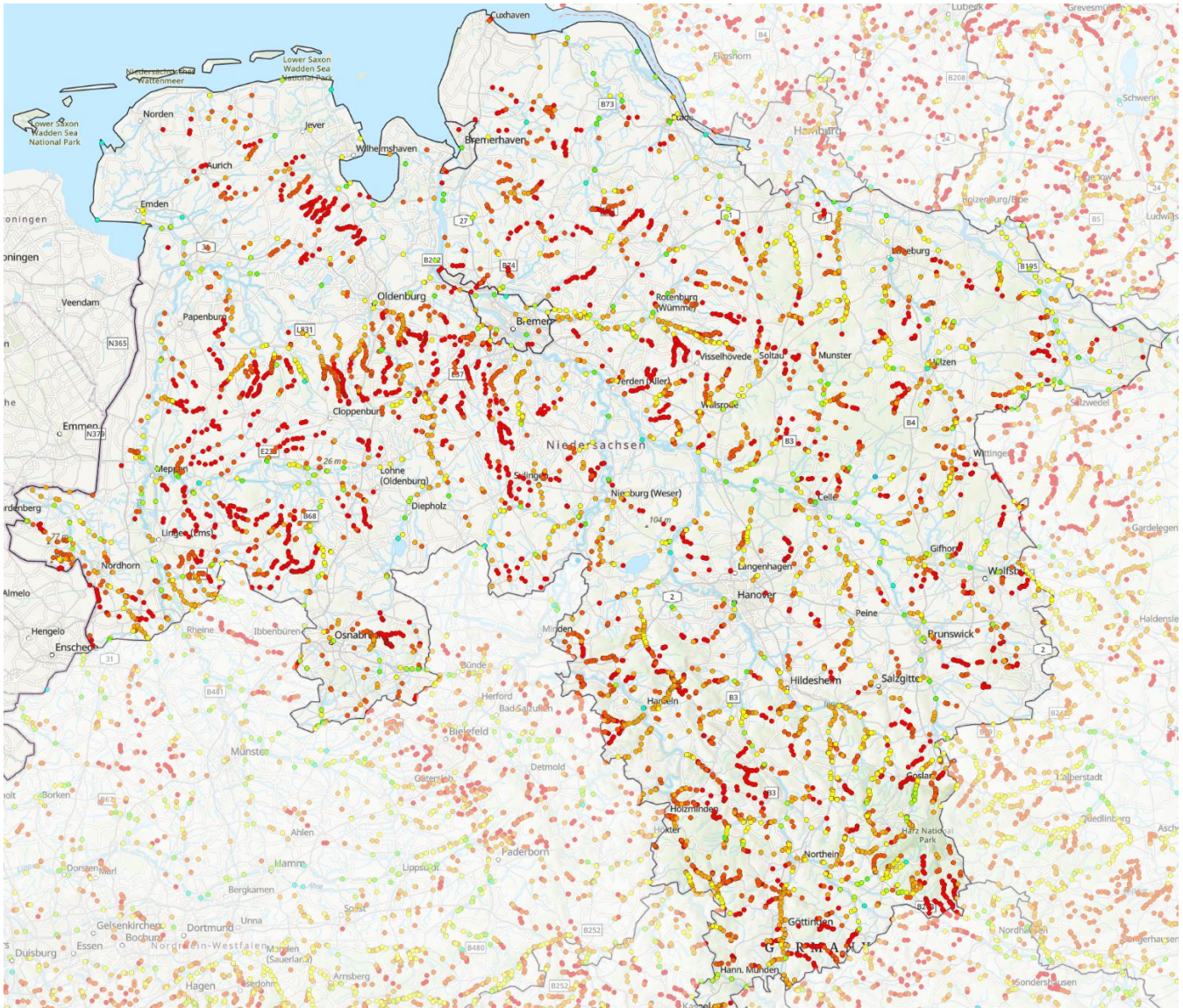


Abbildung 18 und 19: Karte und Verteilung der Werte für Niedersachsen und Bremen (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Am Sportplatz 23, 26506 Norden und Freie Hansestadt Bremen; Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft, An der Reeperbahn 2, 28217 Bremen.

Mecklenburg-Vorpommern

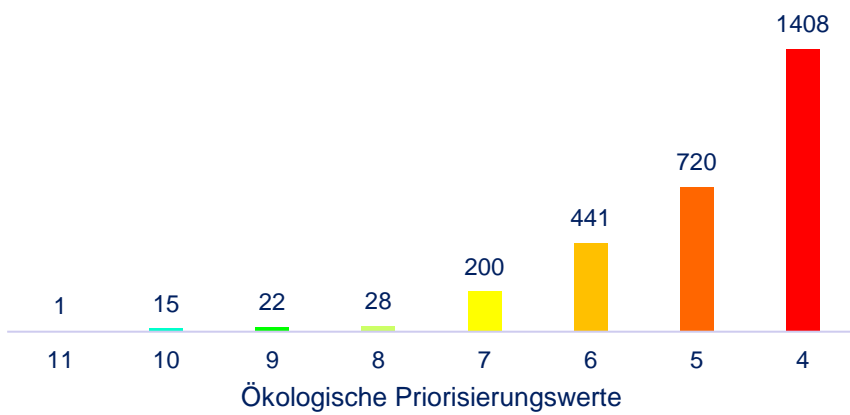
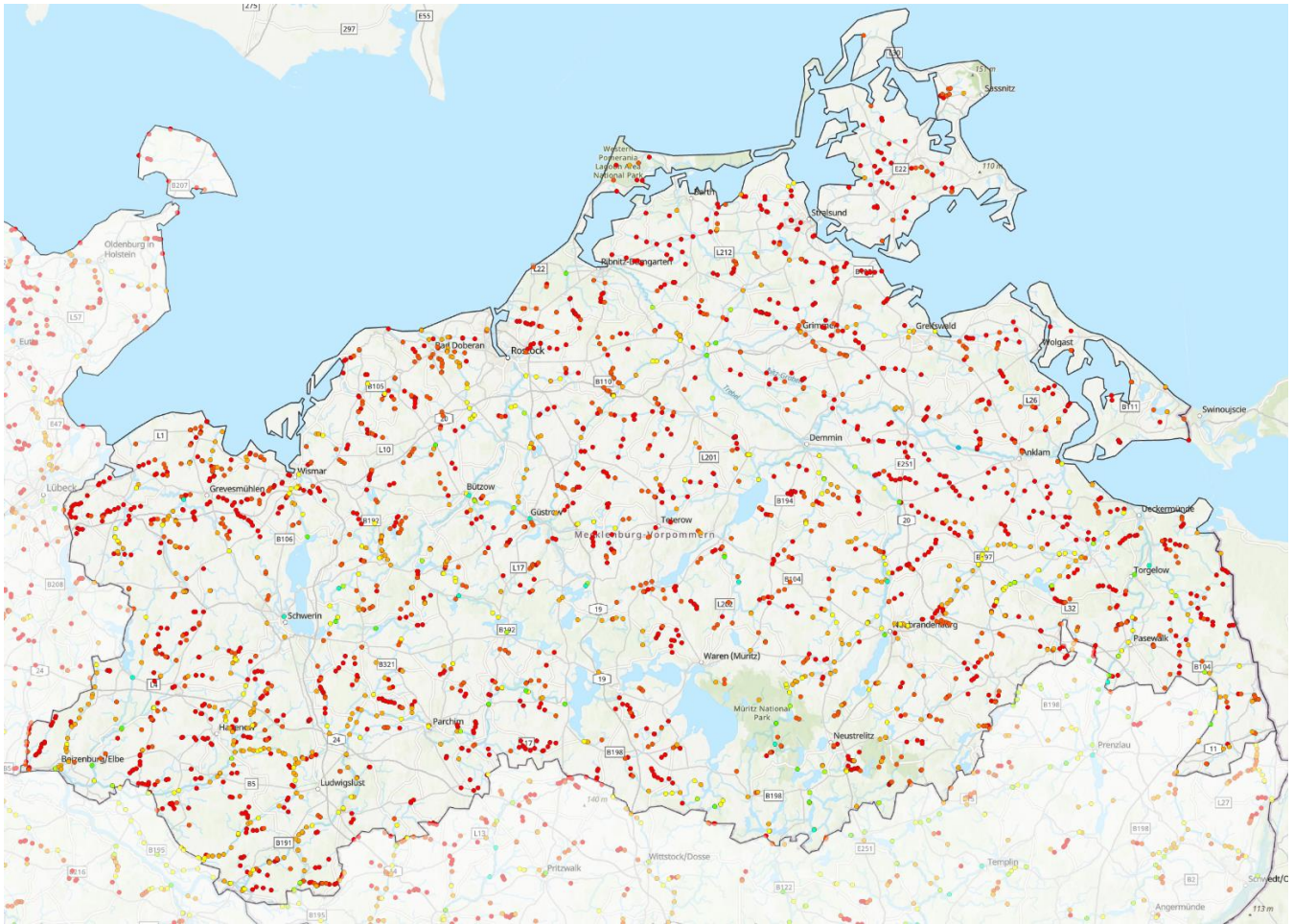


Abbildung 20 und 21: Karte und Verteilung der Werte für Mecklenburg-Vorpommern (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Landesamt für Umwelt, Naturschutz u. Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Goldberger Str. 12b, 18273 Güstrow.

Nordrhein-Westfalen

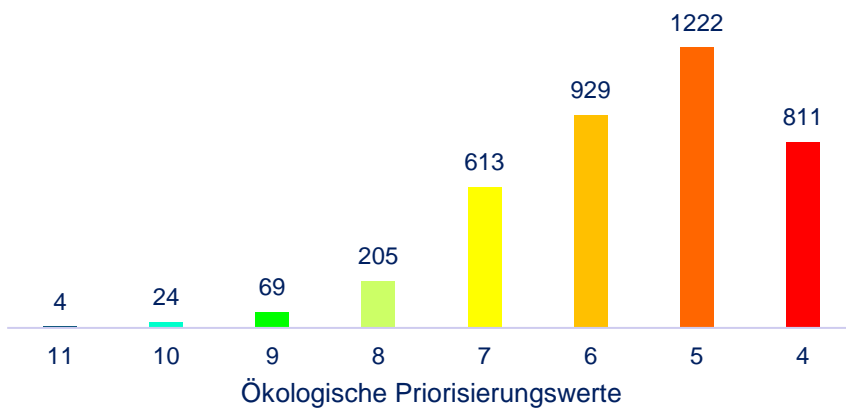
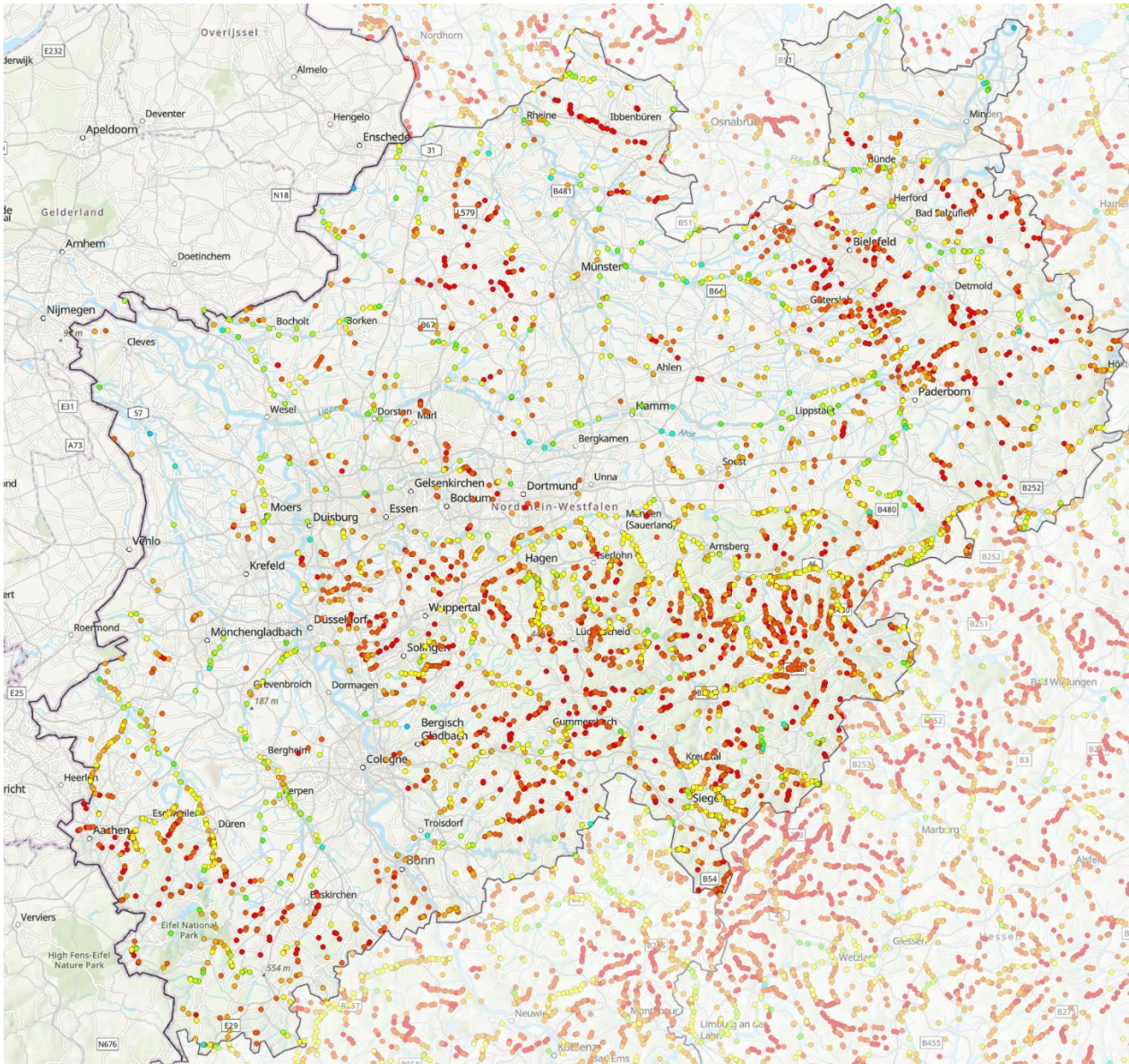


Abbildung 22 und 23: Karte und Verteilung der Werte für Nordrhein-Westfalen (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen.

Sachsen-Anhalt

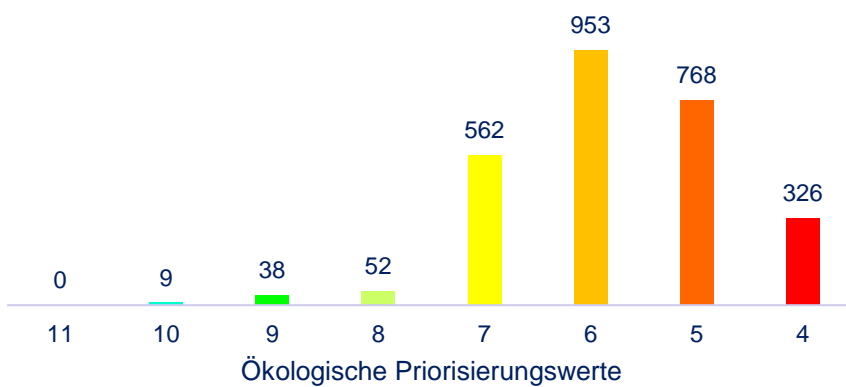


Abbildung 24 und 25: Karte und Verteilung der Werte für Sachsen-Anhalt (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47, 06116 Halle (Saale); BfG Inspire Datensatz Querbauwerke.

Brandenburg und Berlin

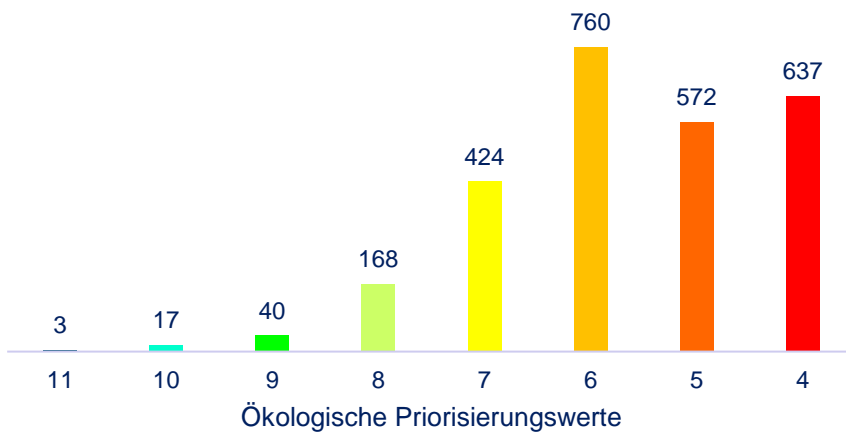
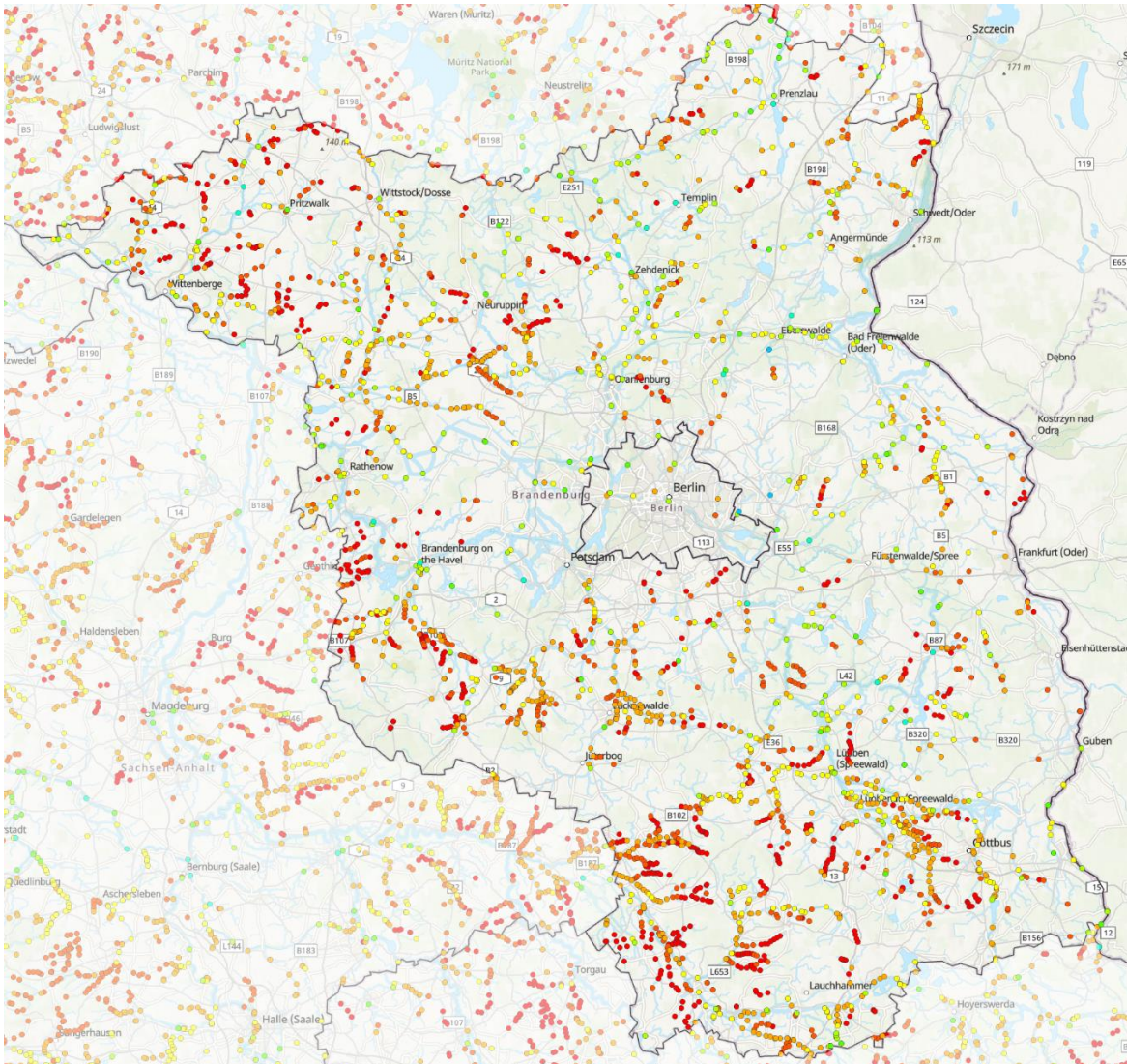


Abbildung 26 und 27: Karte und Verteilung der Werte für Brandenburg und Berlin (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU), Von-Schön-Straße 7, 03050 Cottbus und Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin, Abteilung Wasserwirtschaft 1, Brückenstraße 6, 10179 Berlin (Daten wurden teilweise durch Brandenburg abgedeckt).

Rheinland-Pfalz

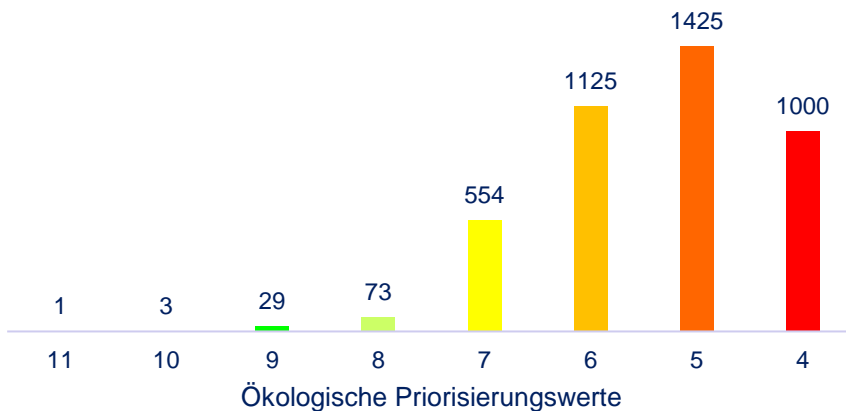
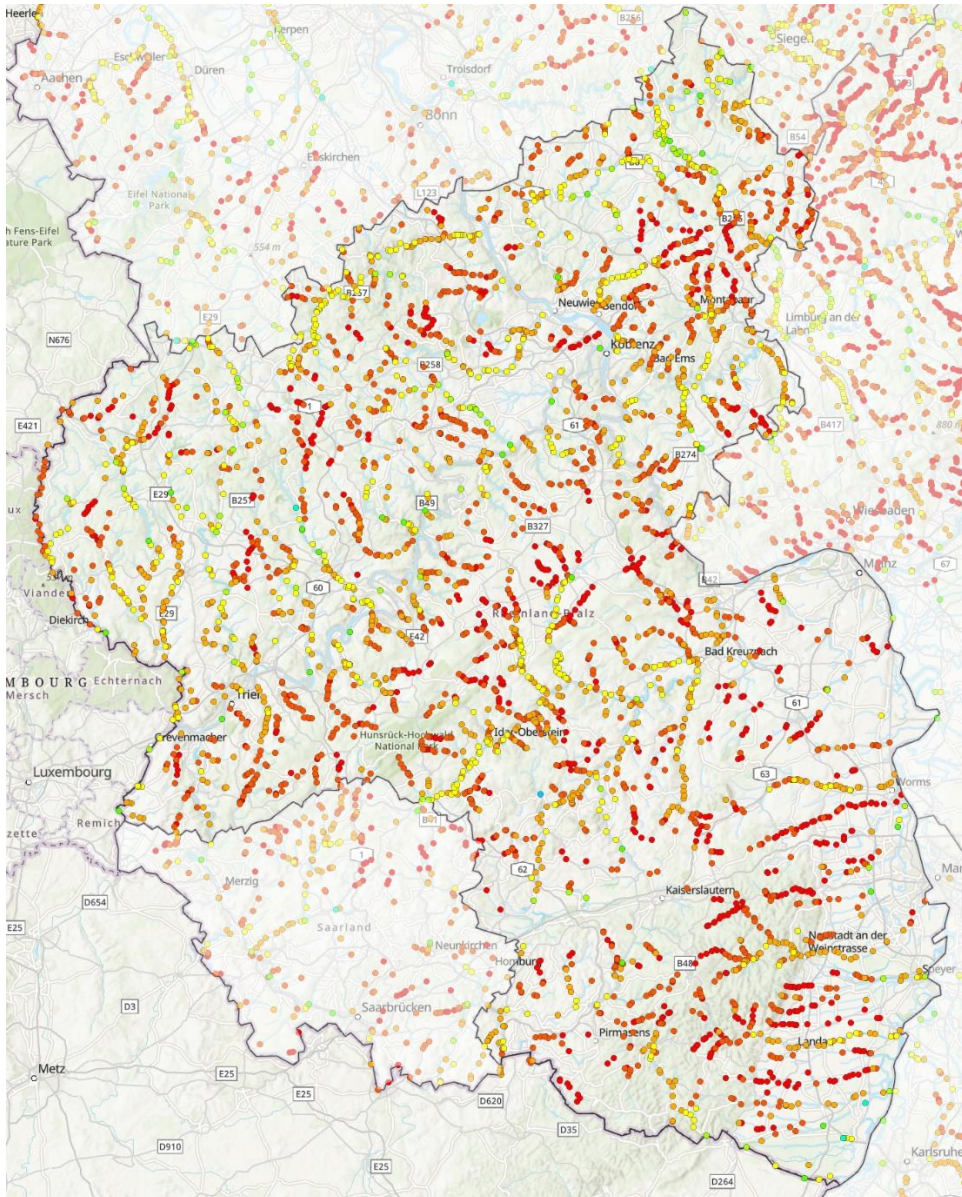


Abbildung 28 und 29: Karte und Verteilung der Werte für Rheinland-Pfalz (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland-Pfalz, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität, Kaiser-Friedrich-Straße 1, 55116 Mainz.

Saarland

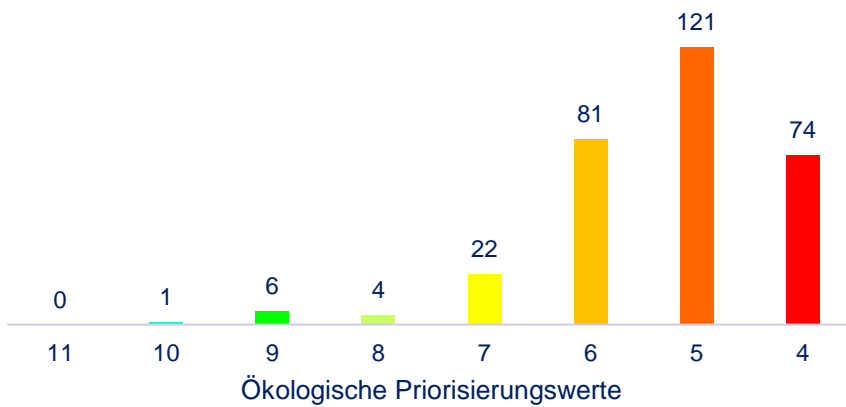
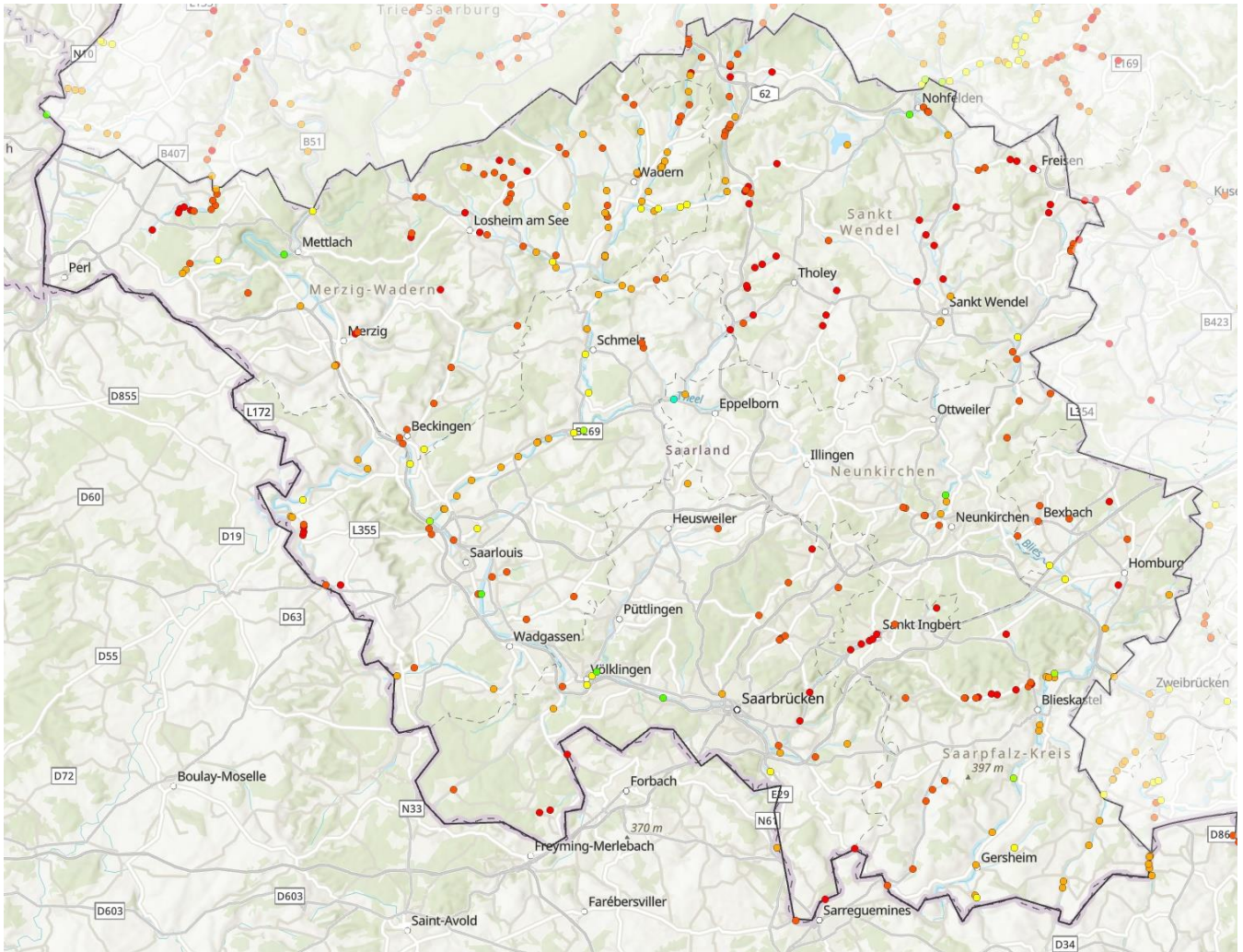


Abbildung 30 und 31: Karte und Verteilung der Werte für das Saarland (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland (LUA) FB 2.4 Gewässerentwicklung und HWS, Don-Bosco-Str. 1, 66119 Saarbrücken.

Hessen

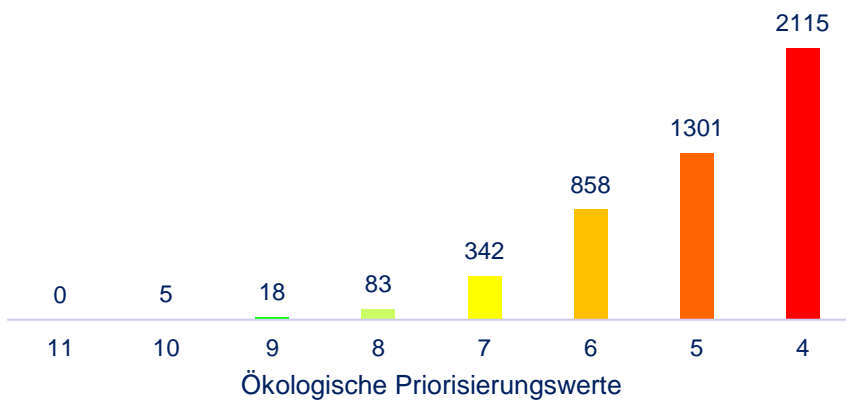


Abbildung 32 und 33: Karte und Verteilung der Werte für Hessen (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie; Dezernat W1, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden.

Thüringen

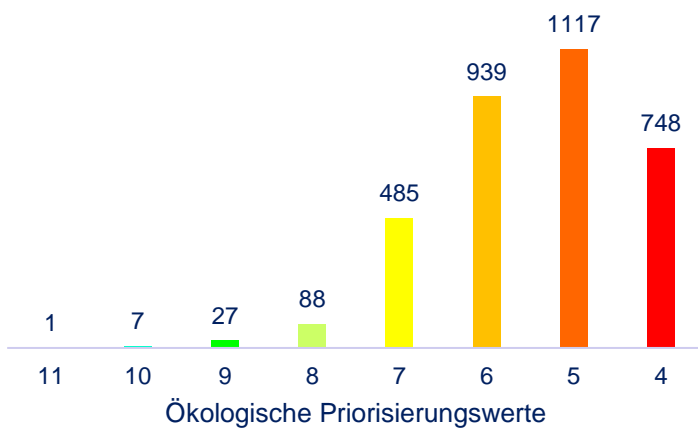


Abbildung 34 und 35: Karte und Verteilung der Werte für Thüringen (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz, Göschwitzer Str. 41, 07745 Jena.

Sachsen

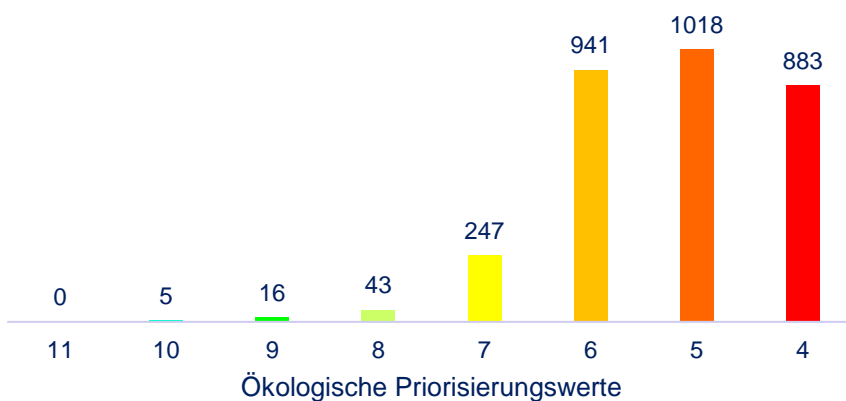
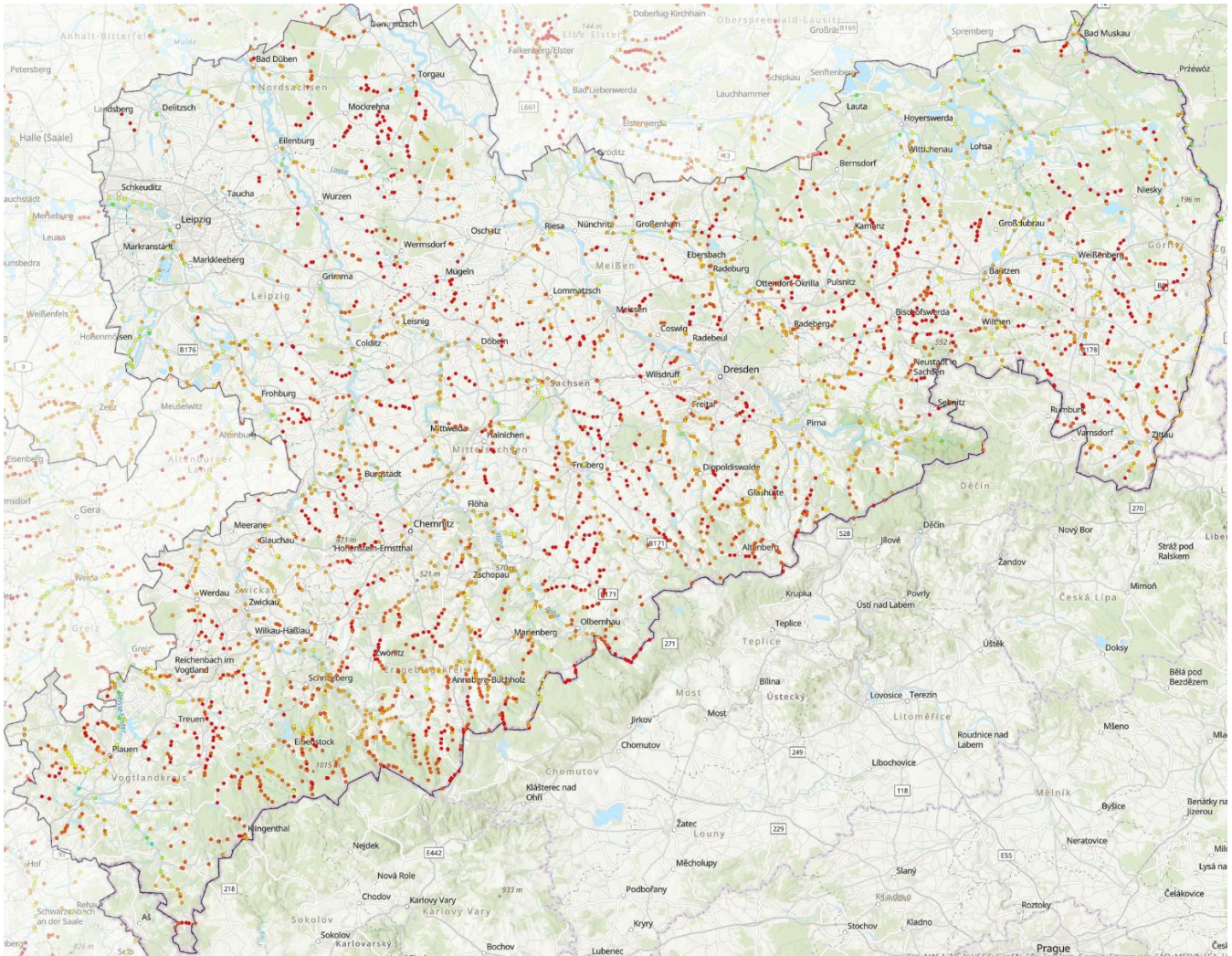


Abbildung 36 und 37: Karte und Verteilung der Werte für Sachsen (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden Pillnitz.

Baden-Württemberg

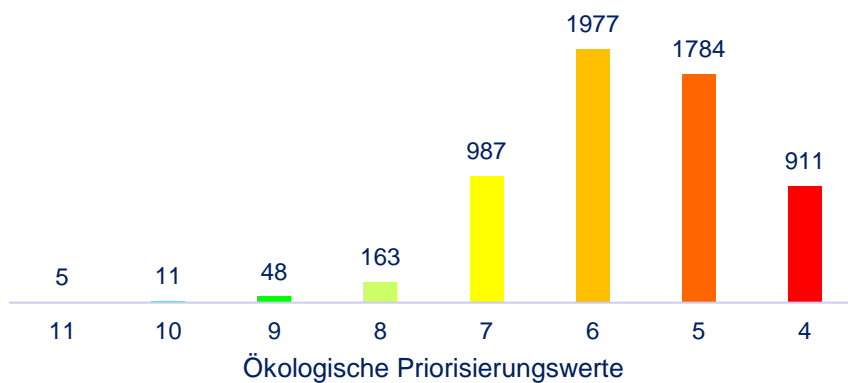
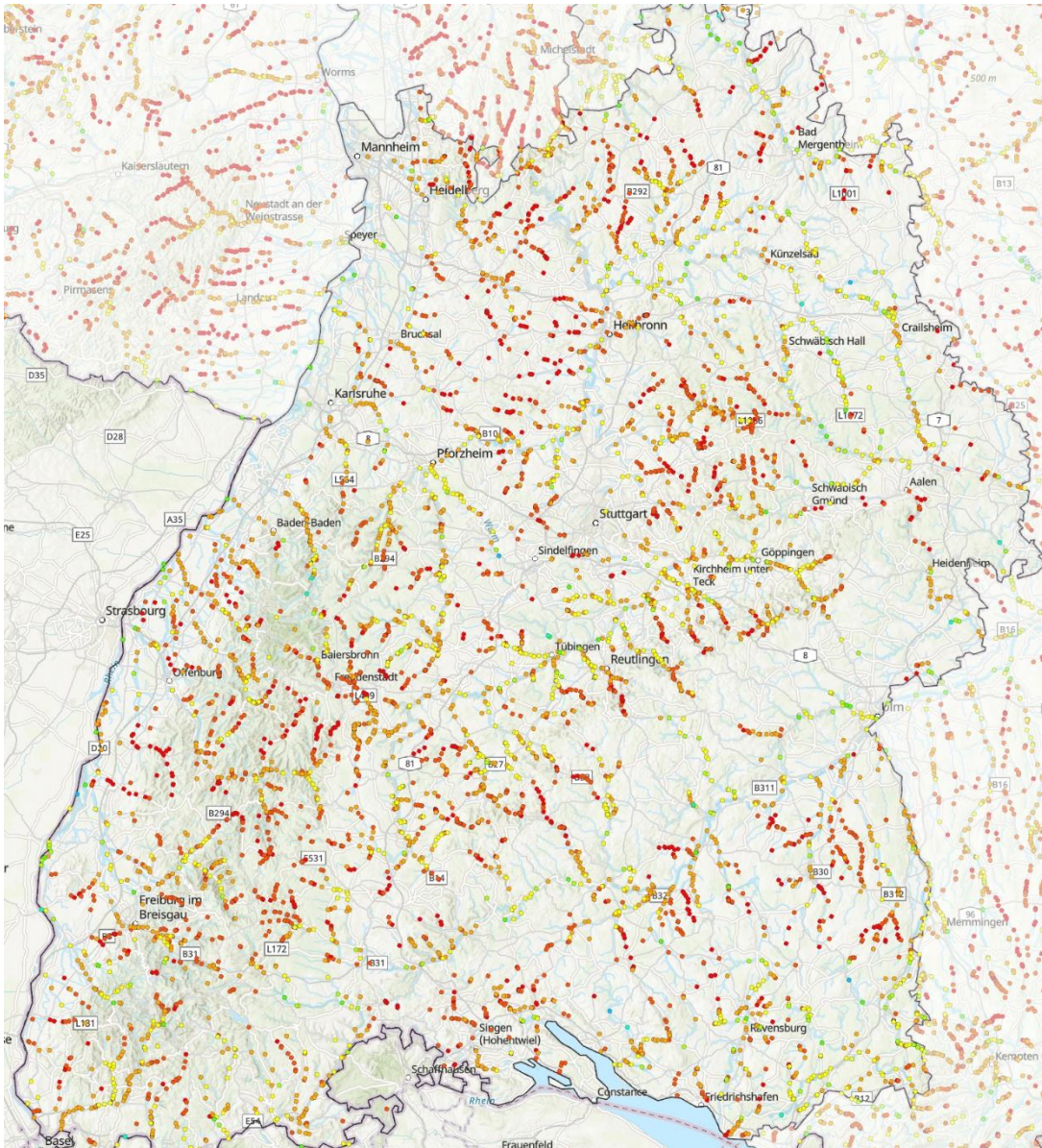


Abbildung 38 und 39: Karte und Verteilung der Werte für Baden-Württemberg (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg LUBW, Referat 41 Fließgewässer, Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe.

Bayern

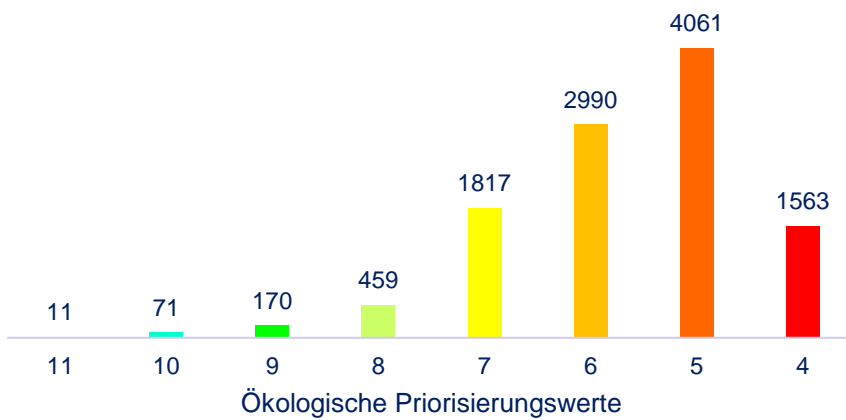
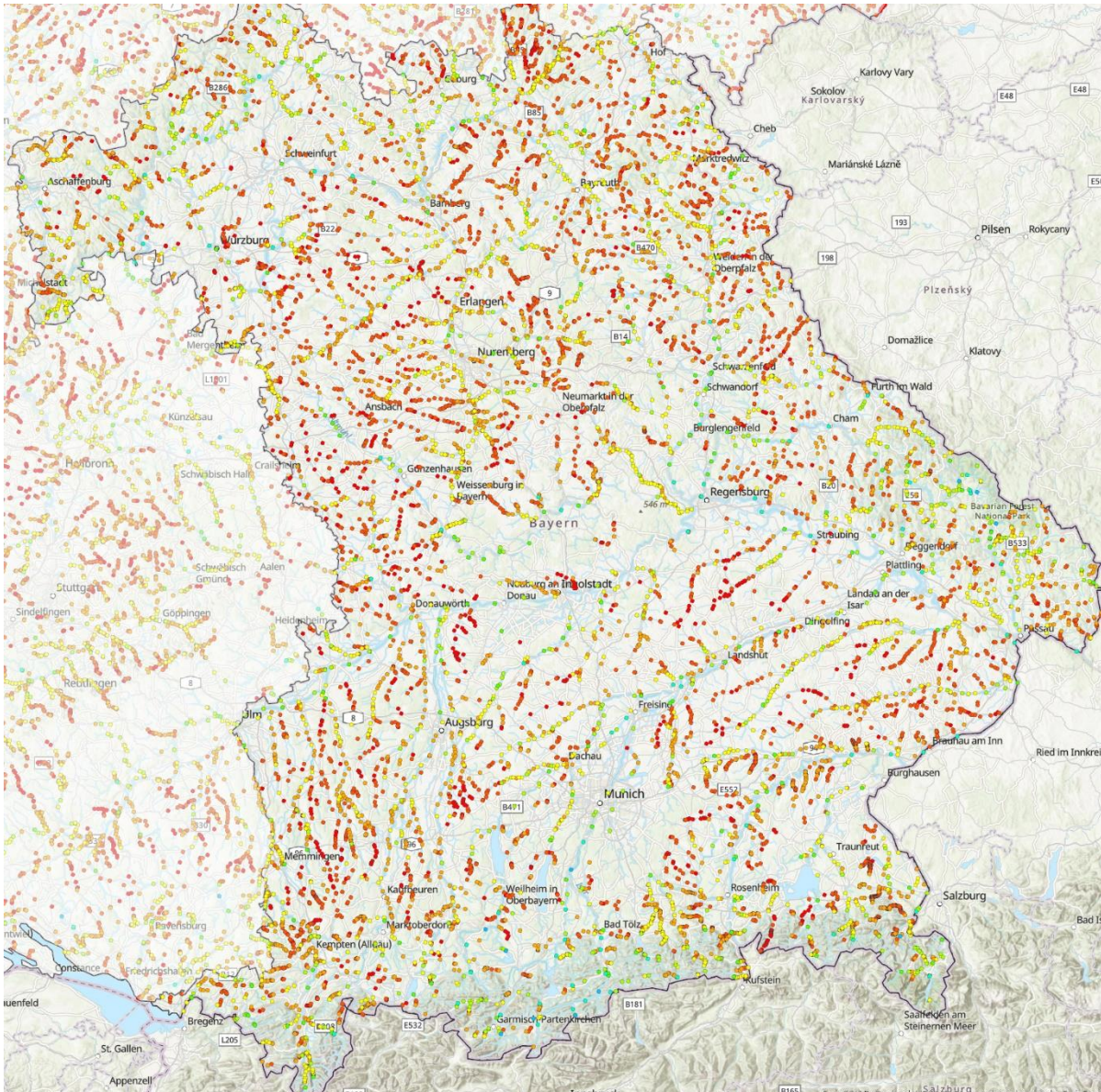


Abbildung 40 und 41: Karte und Verteilung der Werte für Bayern (11 = höchste ökologische Priorisierung, 4 = niedrigste ökologische Priorisierung). Datenquelle für Querbauwerke und Gewässerstruktur: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 14 - Datenstelle, Internet, Bibliotheken, Umweltrecht, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg.

Annex II Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial

Die Rückbaukandidaten mit großem und sehr großem Potenzial in Form von sechzehn mehrseitigen Steckbriefen für die gewählten Kandidaten sind als PDF-Anhang dem Report beigefügt.

Annex III GIS-Analyse

GIS-Analyse (ESRI ArcGIS Desktop ohne Extensions und RivEx-Add-on):

1. Die Flussegmente aus dem EU Hydro Datensatz (EU Copernicus 2018) wurden mit 1 m gepuffert. Die mit Hilfe von RivEx (RivEx 2023) gesnappten Querbauwerke (QBW) (100 m Abstand zum Gewässer) werden ebenfalls gepuffert (2m) und zwar so, dass die Flussegmentpuffer überlagert werden.
2. Puffer aus Flussegmenten und QBW werden mit dem Befehl „Union“ verschmolzen, und anhand der Attribute lassen sich danach die Puffer für die QBW einfach herauslöschen, die Räumliche Auflösung liegt durch die gewählten Puffer bei wenigen Metern und ist völlig ausreichend.
3. Die so gewonnenen „zerschnittenen“ Flusspuffer werden mit dem Befehl „Dissolve ohne „Multipart features““ zusammengeführt, d.h. vorhandene „Unterbrechungen (Nodes)“ werden verschmolzen und das Ergebnis zeigt alle zusammenhängenden Flussegmentpuffer jeweils zwischen den QBW. Darüber folgende Zubringer und Quellarme werden mit einbezogen. Zuletzt vergibt man eine ID für jeden Abschnitt (fortlaufende Nummer, kann in das automatisch angelegte ID-Feld aus den FID kopiert werden). Die Ergebnisse sollten übersichtsmäßig überprüft werden, vor allem dort, wo wie bei der Netzwerkanalyse Verzweigungen, Parallelgerinne oder Kanäle bei der Ausführung der Netzwerkanalyse, etwa in RivEx zu Problemen führen.
4. Um nun die gewünschten Flussegmente „zurückzugewinnen“, nutzt man den Befehl „Intersect“ und anschließend wiederum „dissolve (diesmal mit „Multipart features“)“ mit dem ID-Feld für die Abschnitte (siehe 3.). Nun lässt sich nicht nur leicht die Abschnittslänge berechnen, sondern im nächsten Schritt können diese Abschnitte auch wieder den QBW zugeordnet werden.
5. Im nächsten Schritt ist es notwendig, die oberhalb liegende Anbindungsstrecken mit den QBW zu verknüpfen. Dazu wird in RivEx zunächst ein neuer, von Pseudo Nodes bereinigter Gewässerdatensatz der Anbindungsstrecken berechnet und anschließend ein Mündungs-Nodes Datensatz erzeugt. Danach ist über einfache räumliche Zuordnungen die Übertragung zunächst der Streckenlänge auf die Mündungs-Nodes und schließlich der Streckenlänge auf die QBW möglich.
6. Um weitere Gewässerdaten wie die Gewässerstrukturbewertung mit anderen Gewässer-Geometrien thematisch überlagern zu können, muss der Gewässerpuffer gegebenenfalls vergrößert werden, ohne dass er sich allerdings an Verzweigungen/Einmündungen allzu stark überlagert. Damit werden ausreichend gute Ergebnisse erzielt (zumeist ist ein 100 m Puffer ausreichend).
7. Nachdem weitere Schritte wie die EZG-Dichte oder die Lage im EZG durch einfache Überlagerung der Gewässer und QBW mit den EZG berechnet wurden, können bei Bedarf die QBW wieder auf die Ursprungs-Geometrien (Gewässerdatensätze der Länder) zurückgeführt werden.

Insgesamt werden über 20 Zwischenschrittlayer erzeugt, um alle Operationen auszuführen und zum Enddatensatz zu gelangen. Dieser besteht aus dem jeweiligen vorreduzierten QBW-Länderdatensatz mit allen Angaben zu den QBW sowie den Bewertungsparametern und der Gesamtbewertung der Bauwerke.