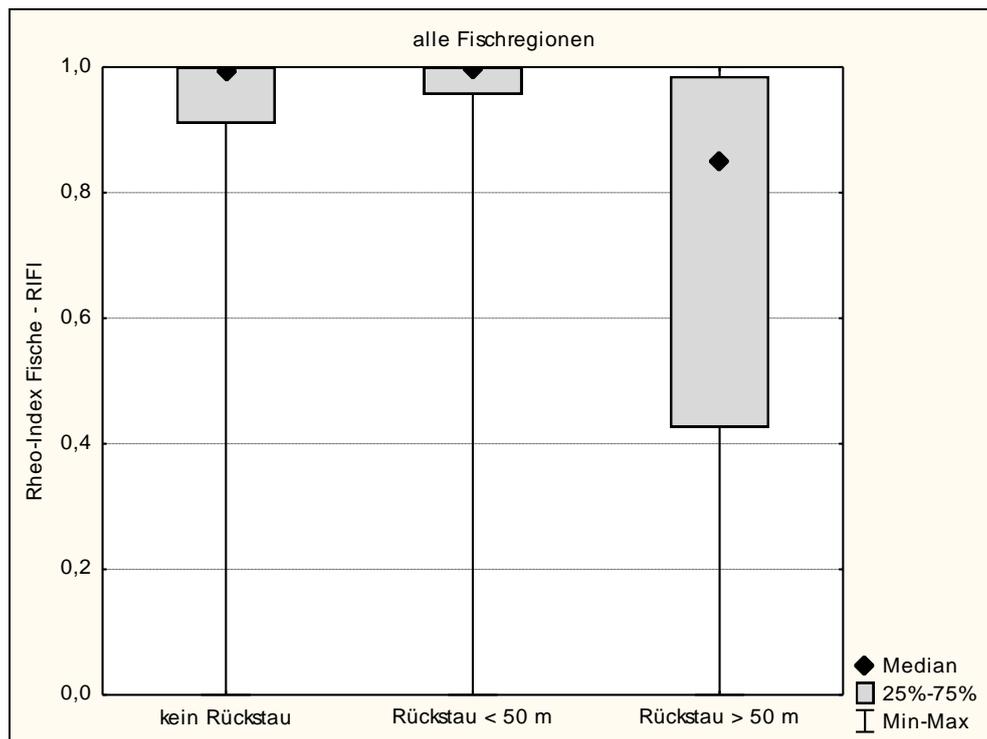


**Auswertungen von Untersuchungsergebnissen zur Fischfauna
im Hinblick auf die Durchgängigkeit der Fließgewässer flussaufwärts**

**PROJEKTARBEIT im Studiengang MA Bio- und Umwelttechnik
an der Hochschule Rhein-Main**



erstellt von: Jonas Hess, Annika Over und Veronika Wank

unterstützt von: Dr. Mechthild Banning und Ulrike Meyer (HLNUG)

Betreuer und Gutachter der Arbeit: Prof. Dr. Schmid (Präsident des HLNUG)

GLIEDERUNG

1. Anlass der Untersuchung	6
2. Methodik.....	7
a. Das fischbasierte Bewertungssystem fiBS.....	7
b. Umfang der biologischen Untersuchungen	9
c. Ermittlung der Indexklassen Durchgängigkeit	12
d. Rückstau und Rheo-Index Fische (RIFI)	14
3. Ergebnisse	17
a. Bewertungsparameter gemäß fiBS	17
b. Vorkommen und Häufigkeit einzelner Fischarten	27
c. Rückstau und Rheo-Index Fische (RIFI)	35
4. Diskussion der Ergebnisse.....	44
5. Zusammenfassung	48
6. Literaturverzeichnis	50
7. ANHANG.....	52

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Beurteilung der ökologischen Zustandsklasse anhand der Fischfauna (Handbuch fiBS)	8
Abbildung 2: Umfang der Befischungen in Abhängigkeit von der Lage in den einzelnen Fischregionen und der ökologischen Zustandsklasse.....	9
Abbildung 3: Anzahl der Befischungen in den einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit 1 km	10
Abbildung 4: Anzahl der Befischungen in den einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit 5 km	11
Abbildung 5: Anzahl der Befischungen in den einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit 10 km	11
Abbildung 6: Anzahl der Befischungen in verschiedenen Rückstaubereichen der Fischregionen.....	14
Abbildung 7: Anzahl der hinsichtlich der Strömung eingestufteten Arten gemäß fiBS	16
Abbildung 8: fiBS-Bewertung aller Fischregionen bei WH-Index-1 km, mit zunehmenden Wanderhindernissen minimale Verbesserung des ökologischen Zustands ($p < 0,05$; $r = 0,15$).....	17
Abbildung 9: Zustand des Qualitätsmerkmals „Migrationsindex“ in den verschiedenen Fischregionen.....	19
Abbildung 10: „Ökologischer Zustand“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km ..	20
Abbildung 11: „Gesamtbewertung fiBS“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km	21
Abbildung 12: „Arten- & Gildeninventar“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km	22
Abbildung 13: „Altersstruktur“ Forellenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km	23
Abbildung 14: Merkmal „Altersstruktur“ der Äschenregion bei der Indexklasse Durchgängigkeit 5 km	24
Abbildung 15: „Migration“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km	25
Abbildung 16: „Dominante Arten“ Forellenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km.....	26
Abbildung 17: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion.....	27
Abbildung 18: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 5 km in der Barbenregion.....	28
Abbildung 19: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 10 km in der Barbenregion.....	29
Abbildung 20: Anzahl nachgewiesener Äschen, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion	31
Abbildung 21: Anzahl nachgewiesener Barben, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion	33
Abbildung 22: Anzahl nachgewiesener Barben, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km Äschenregion	32

Abbildung 23: Anzahl nachgewiesener Nasen, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion	34
Abbildung 24: Anzahl nachgewiesener Bachneunaugen, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der oberen Forellenregion.....	30
Abbildung 25: „Ökologischer Zustand“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen	36
Abbildung 26: Gesamtbewertung bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m in der Forellenregion	37
Abbildung 27: Qualitätsmerkmal „Fischregion“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen	38
Abbildung 28: „Rheo-Index Fische RIFI“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen	39
Abbildung 29: „Rheo-Index Fische RIFI“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m in der Barbenregion	40
Abbildung 30: „Δ RIFI“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen	41
Abbildung 31: „Δ RIFI“ – Rückstau Barbenregion	42
Abbildung 32: Das Wanderhindernis 22975 mit erkennbarem Rückstau im Gewässerabschnitt 258_261	43
Abbildung 33: Der untersuchte Abschnitt der Lahn bei Cölbe oberhalb des Rückstaus (MST_ID 11407) © NZO Bielefeld.....	43

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Klassengrenzen der ökologischen Zustandsbewertung von Fließgewässerabschnitten	9
Tabelle 2: Einteilung der Wanderhindernisse in Indexklassen 1 bis 8 (ZKL=Zustandsklasse, WH=Wanderhindernis)	13
Tabelle 3: Korrelationen der verschiedenen fIBS-Qualitätsmerkmale für die einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit im Umkreis 1, 5 und 10 km.....	18
Tabelle 4: Korrelationen der Anzahl der nachgewiesenen Arten in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit.	27
Tabelle 5: Korrelationen der einzelnen Qualitätsmerkmale und der Gesamtbewertung, $p < 0,05$	35

1. ANLASS DER UNTERSUCHUNG

Der ökologische Zustand/Potenzial der Fischfauna wurde und wird seitens des HLNUG durch einen Vergleich der aktuellen Fischbestände mit der potenziell natürlichen Fischfauna der Fließgewässer ermittelt (gemäß nationalem Bewertungsverfahren „fiBS“ – siehe HMULV (2007) & VDFF (2009)).

Ziel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie ist u.a. das Erreichen eines guten ökologischen Zustands/Potenzials auch für die Fischfauna der Fließgewässer.

In Hessen gibt es derzeit knapp 20.000 Wanderhindernisse unterschiedlichster Größenordnung, vom Massivsohlenabschnitt bis hin zum Stauwehr mit Wasserkraftanlage. An insgesamt ca. 4.000 weitgehend unpassierbaren und unpassierbaren Wanderhindernissen sind Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit vorgesehen (siehe Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm 2015 – 2021 in Hessen – HMUKLV 2015a & 2015b).

Die Bewertung des ökologischen Zustands/Potenzials der Wasserkörper anhand der Fischfauna lässt derzeit keinen signifikanten Zusammenhang zur Anzahl der weitgehend unpassierbaren und unpassierbaren Wanderhindernisse in einem Wasserkörper erkennen (TRÄBING & THEOBALD 2016).

Projektziel ist, zu prüfen, ob und wenn ja welche Indikationsmöglichkeiten es gibt, Zusammenhänge zwischen der (Nicht-)Durchgängigkeit der Fließgewässer und der Fischfauna anzuzeigen.

Basierend auf den Untersuchungsergebnissen zum Vorkommen der verschiedenen Wanderhindernisse in Hessen sollen folgende Fragestellungen geprüft werden:

- Gibt es signifikante Abhängigkeiten zwischen der Gesamtbewertung fiBS bzw. einzelnen Qualitätsmerkmalen einer Messstelle (Arten-/Gildeninventar, Artenabundanz und Gildenverteilung, Altersstruktur, Migrationsindex, Fischregionsindex und /oder dem Vorkommen von dominanten Arten) und dem Vorkommen von Wanderhindernissen ober- und unterhalb der jeweiligen Messstelle?
- Lassen sich anhand des Vorkommens und der Häufigkeit einzelner Fischarten oder anhand weiterer Parameter Abhängigkeiten zu den bestehenden Wanderhindernissen erkennen?
- Spiegelt sich der Rückstau eines Fließgewässers in den Befischungsergebnissen wider?

2. METHODIK

a. Das fischbasierte Bewertungssystem fiBS

Mit der Verabschiedung der EG-Wasserrahmenrichtlinie müssen spätestens seit dem Jahr 2006 Fließgewässer regelmäßig auf ihren ökologischen und chemischen Zustand überprüft und bewertet werden (EU, 2000). Die ökologische Fließgewässerbewertung basiert auf verschiedenen biologischen Qualitätskomponenten. Die Fischfauna stellt dabei einen wesentlichen biologischen Indikator dar und wurde daher in die Überwachung zum nachhaltigen Gewässermanagement in Europa aufgenommen. Zur Umsetzung bedurfte es völlig neuartiger Verfahren, die eine Bewertung des Zustandes von Gewässern anhand ihrer Fischbesiedlung in einer bislang nicht gekannten Qualität und Zuverlässigkeit ermöglichen mussten.

In Deutschland wurde in der Folge im Jahre 2004 das fischbasierte Bewertungssystem fiBS als Excel®-basierte Softwareanwendung entwickelt, das zwischenzeitlich als nationales Verfahren zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern anhand der Biokomponente Fisch etabliert wurde.

Die Bewertung der einzelnen Untersuchungsabschnitte erfolgt bei fiBS durch einen Vergleich mit den im natürlichen (sehr guten) Zustand anzutreffenden Fischdominanz (Fischreferenzen – siehe Anhang 2-11 des Bewirtschaftungsplans Hessen HMUKLV 2015a) und der tatsächlich festgestellten Fischfauna.

Dabei werden drei Hauptgruppen unterschieden, welche bei der Bewertung unterschiedlich stark von Bedeutung sind (siehe nachstehende Abbildung 1):

- Leitarten mit einer Dominanz $\geq 5\%$
- typspezifische Arten mit einer Dominanz zwischen 1% und $4,9\%$
- Begleitarten mit einer Dominanz $< 1\%$

Im Rahmen des Bewertungsverfahrens werden sechs fischökologische Qualitätsmerkmale betrachtet (siehe Abbildung 1):

- A. Arten- und Gildeninventar
- B. Artenabundanz und Gildenverteilung
- C. Altersstruktur
- D. Migrationsindex
- E. Fischregionsindex
- F. Dominante Arten – Leitartenindex und Community Dominance Index

Abhängig vom Ausmaß der Abweichungen zwischen Probenahmeergebnis und Referenz-Fischzönose werden für jedes Qualitätsmerkmal gemäß vorgegebener Kriterien 5, 3 oder 1 Punkt(e) – nachfolgend als Scoring bezeichnet – vergeben.

Jedem dieser sechs Qualitätsmerkmale sind wiederum verschiedene, insgesamt 18, Einzelmetrics zugeordnet (siehe Abbildung 1). Zur Gesamtbewertung werden dann die aus dem Scoring ermittelten Punkte zu einem gewichteten Gesamtmittel verrechnet, welches einen Wert zwischen 1,00 und 5,00 annimmt und den entsprechenden ökologischen Zustand widerspiegelt (siehe Tabelle 1 und Abbildung 1):

- > 3,75: sehr guter ökologischer Zustand;
- > 2,50 – 3,75: guter ökologischer Zustand;
- > 2,00 – 2,50: mäßiger ökologischer Zustand;
- > 1,50 – 2,00: unbefriedigender ökologischer Zustand;
- < 1,50: schlechter ökologischer Zustand.

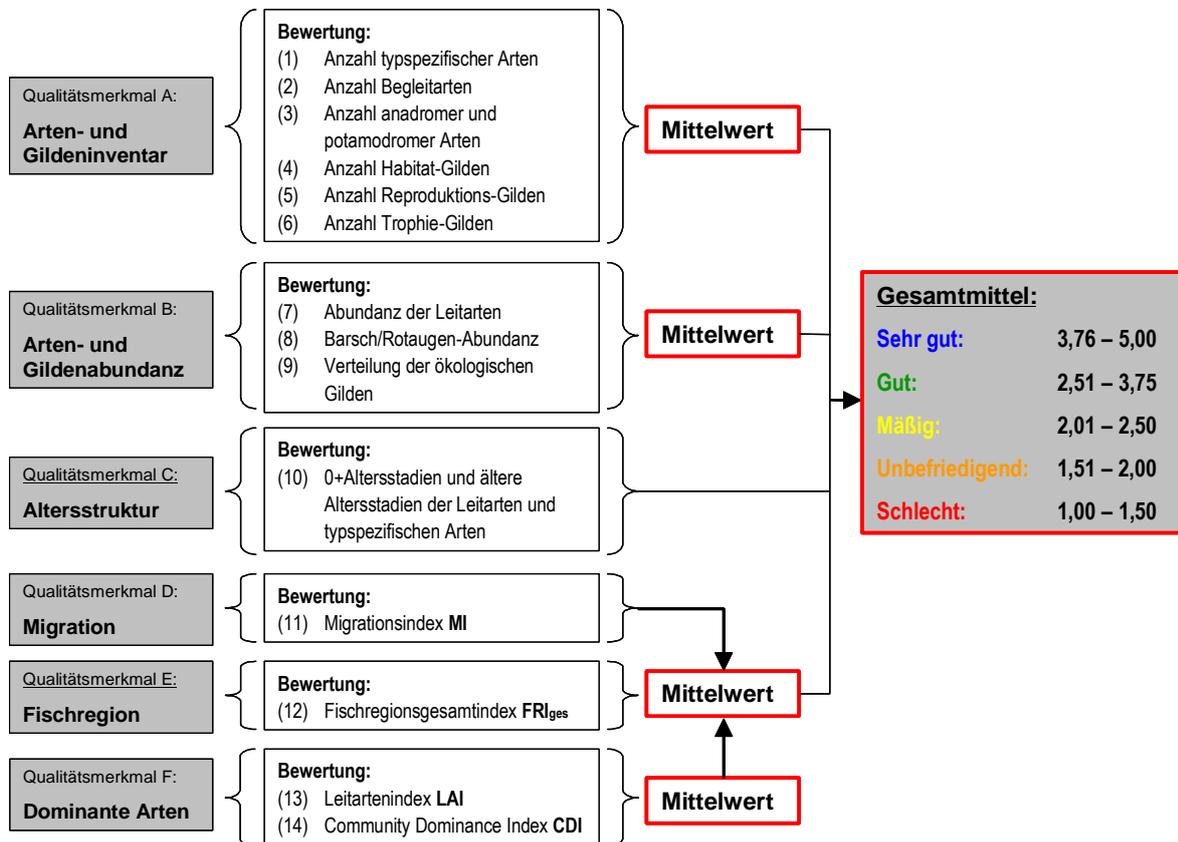


Abbildung 1: Beurteilung der ökologischen Zustandsklasse anhand der Fischfauna (Handbuch fiBS)

Tabelle 1: Klassengrenzen der ökologischen Zustandsbewertung von Fließgewässerabschnitten

Bewertungsparameter/ Ökologischer Zustand	Ökologischer Zustand	Gesamtbewertung fiBS	Bewertung der Qualitätsmerkmale
sehr gut	1	3,76 – 5,00	5
gut	2	2,51 – 3,75	3
mäßig	3	2,01 – 2,50	1
unbefriedigend	4	1,51 – 2,00	
schlecht	5	1,00 – 1,50	

b. Umfang der biologischen Untersuchungen

In Abbildung 2 ist der Umfang der Untersuchungen mit insgesamt 2066 Befischungen innerhalb der einzelnen Fischregionen - inklusive der jeweiligen ökologischen Zustandsklasse - dargestellt. Es ist zu sehen, dass lediglich in der oberen und unteren Forellenregion auch sehr gute Zustände festgestellt werden konnten. Mit zunehmender Gewässergröße verschlechtert sich insgesamt der ökologische Zustand.

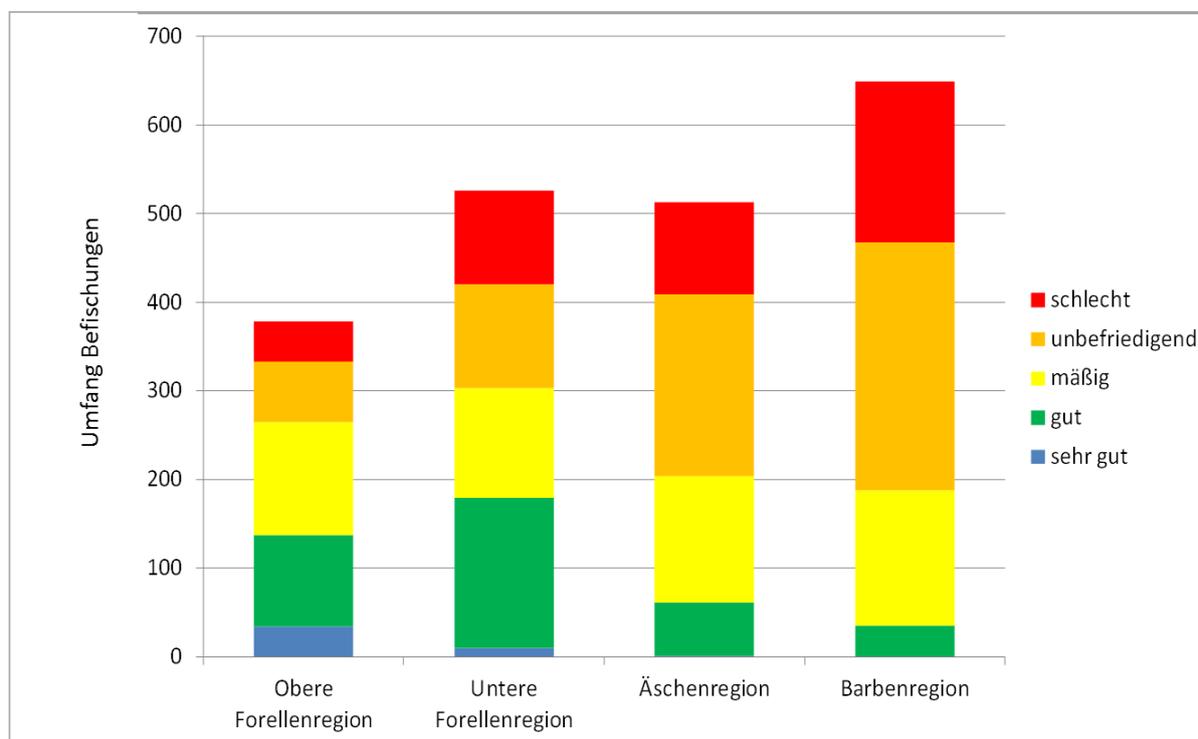


Abbildung 2: Umfang der Befischungen in Abhängigkeit von der Lage in den einzelnen Fischregionen und der ökologischen Zustandsklasse

Zur Bewertung der longitudinalen Durchgängigkeit wurden die Wanderhindernisse der jeweiligen Messstelle in drei Umkreise (1, 5, 10 km) und in acht Indexklassen eingeteilt (siehe Kap. 2 c). In den nachstehenden Abbildungen 3, 4 und 5 ist die Anzahl der Befischungen in den einzelnen Fischregionen, in Abhängigkeit von der jeweiligen Indexklasse Durchgängigkeit in 1, 5 und 10 km dargestellt.

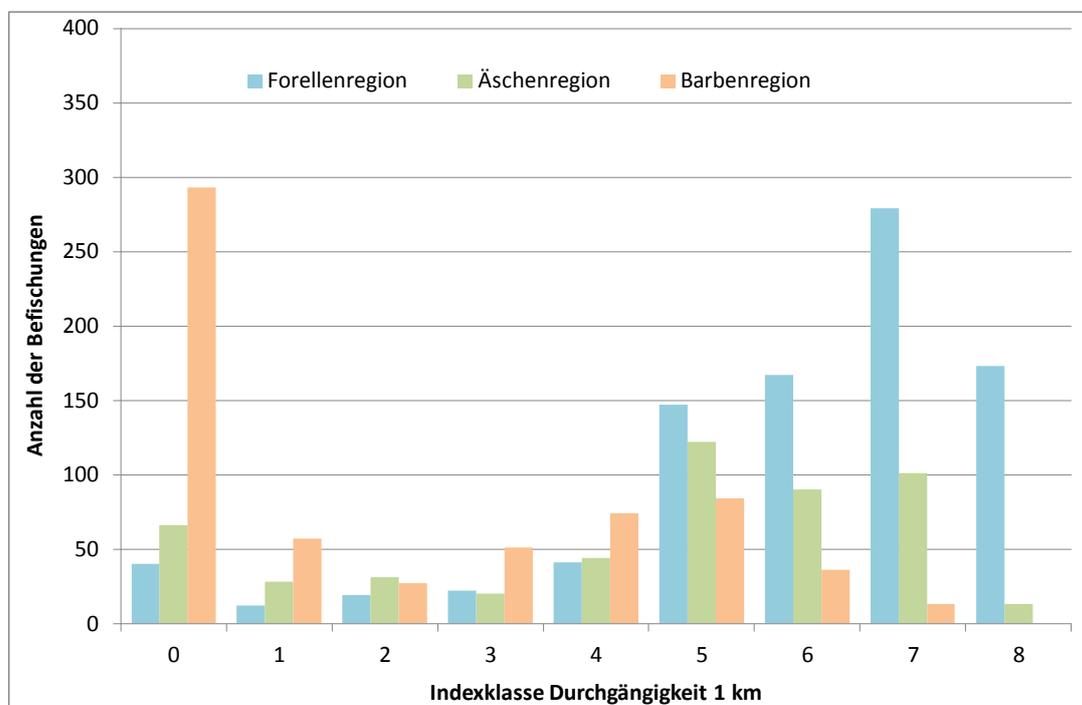


Abbildung 3: Anzahl der Befischungen in den einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

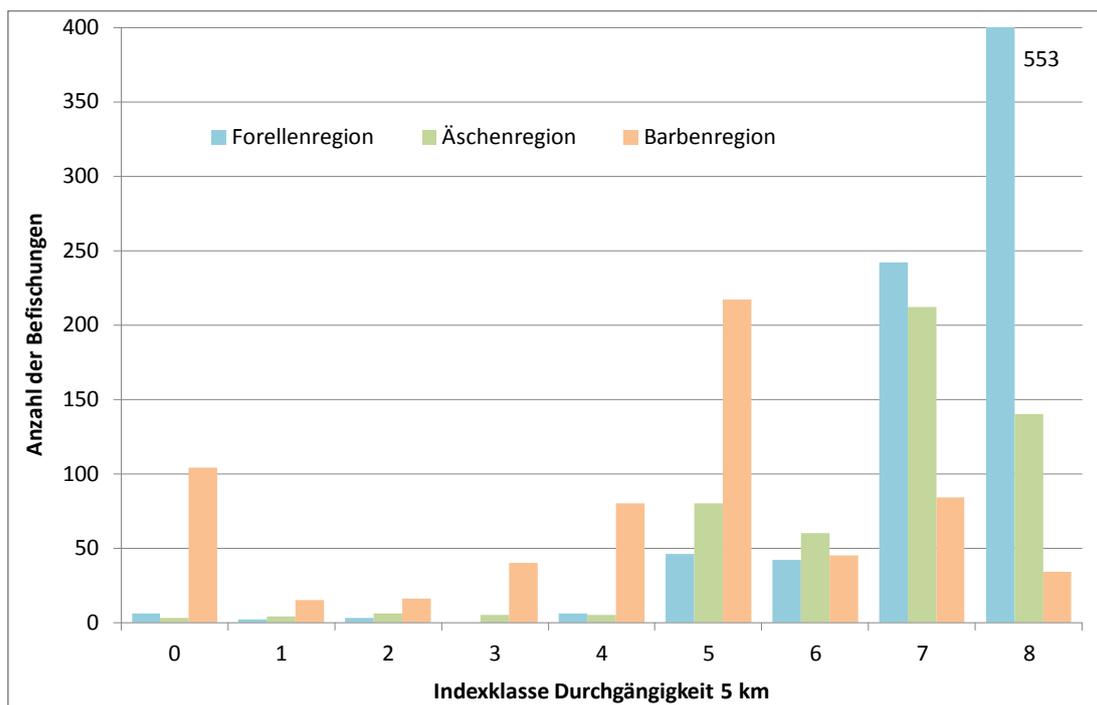


Abbildung 4: Anzahl der Befischungen in den einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

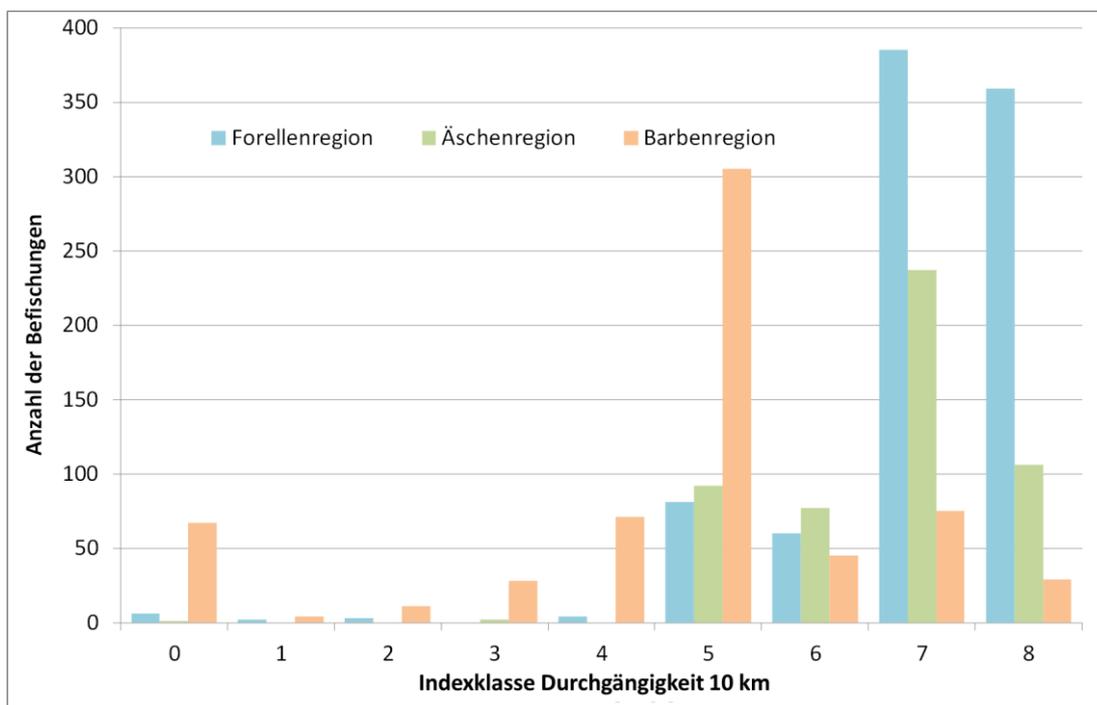


Abbildung 5: Anzahl der Befischungen in den einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

Wie in Abbildung 3 deutlich wird, ist für die Indexklasse Durchgängigkeit 1 km jeweils eine ausreichende Anzahl an Befischungen vorhanden, um eine repräsentative Bewertung durchführen zu können.

Für die Indexklasse Durchgängigkeit 5 km (Abbildung 4) ist die Anzahl an Befischungen für die Indexklassen 0 bis 4 nicht ausreichend, insbesondere in der Forellen- und Äschenregion. In Abbildung 5 wird deutlich, dass für die Indexklassen 0 bis 4 der Indexklasse Durchgängigkeit 10 km die Anzahl an Befischungen in allen Fischregionen nicht ausreichend ist.

Um Zusammenhänge zwischen der (Nicht-)Durchgängigkeit der Fließgewässer und der Fischfauna zu untersuchen wurde ferner das Vorkommen von acht Fischarten näher betrachtet: Bachneunauge, Groppe, Elritze, Schmerle, Nase, Äsche, Gründling und Barbe.

Das Bachneunauge (*Lampetra planeri*) ist eine geschützte Art gemäß Fauna-Flora-Habitat-(FFH-)Richtlinie. Es ist zudem kein Besatzfisch, stellt eine Charakterart der Forellenregion dar und führt nur kurze bis mittlere Laichwanderungen stromaufwärts durch.

Die Groppe (*Cottus gobio*) zählt ebenfalls zu den geschützten Arten gemäß FFH-Richtlinie und lebt bevorzugt in sauerstoffreichen und sommerkühlen Fließgewässern der Forellen- und Äschenregion. Sie gilt als empfindlichere Art, da sie eine hohe Wasserqualität und einen Lebensraum mit ausreichenden Versteckmöglichkeiten und abwechslungsreicher Morphologie benötigt.

Die Groppe zählt jedoch zu den sehr standorttreuen Arten. WERTH ET AL. (2011) geben für die Groppe eine Ausbreitungsdistanz von nur 12 bis 48 m an. Im Gegensatz dazu legen andere Fischarten große Distanzen zurück, wie beispielsweise die Nase mit Ausbreitungsdistanzen von 140 km flussaufwärts.

Die Nase (*Chondrostoma nasus*) ist ein Schwarmfisch und lebt in schnell fließenden Gewässern der Äschen- und Barbenregion, kann sich aber auch an das Leben im stehenden Wasser anpassen.

Die Europäische Äsche (*Thymallus thymallus*) als Leitart der Äschenregion und die Barbe (*Barbus Barbus*), als Leitart der Barbenregion, sind beide rheophile Arten und sind typische Besatzfische (FISCHLEXIKON, Stand 2017).

Je nach Lebensweise der Arten und Anpassungsfähigkeit müsste die eingeschränkte Passierbarkeit also eine entsprechend große Auswirkung haben. Insbesondere auf Arten mit einem größeren Aktionsradius, wie z.B. Bachneunaugen und Nasen, müsste eine eingeschränkte longitudinale Durchgängigkeit theoretisch einen größeren Einfluss haben. Bei Besatzfischen, wie Bachforelle, Barbe und Äsche, als auch bei seltenen Arten, könnten die Ergebnisse hingegen weniger eindeutig ausfallen.

c. Ermittlung der Indexklassen Durchgängigkeit

In der vorliegenden Arbeit wird geprüft, ob es signifikante Abhängigkeiten zwischen der fiBS-Gesamtbewertung sowie der Bewertung einzelner Qualitätsmerkmale und dem Vorkommen von Wanderhindernissen ober- und unterhalb der jeweiligen Messstelle gibt.

Untersuchungen von KUEMMERLEN ET AL. (2016) zeigen, dass die Fischfauna hauptsächlich im Umkreis von 5 km einer Messstelle beeinflusst wird. Aufgrund dessen wurden die vorliegenden Wanderhindernisdaten in drei Umkreise unterteilt:

in 1, 5 und 10 km Abstand zwischen Wanderhindernis (WH) und Fischmessstelle.

Je nach Gewässerabschnitt variiert dabei die Anzahl der Messstellen und Befischungen pro Messstelle. Wie im Kap. 2.b dargestellt, wurden insgesamt 2.066 Ergebnisse (an 903 Messstellen) berücksichtigt.

Zur Bewertung der longitudinalen Durchgängigkeit wurden die Hindernisse (insgesamt 19.320) in den betrachteten Umkreisen in acht Indexklassen eingeteilt (siehe Tabelle 2).

Dazu wurde den einzelnen Wanderhindernissen zunächst entsprechend der Aufwärtspassierbarkeit eine Zustandsklasse zugeordnet:

- WH passierbar → Zustandsklasse 3
- WH weitgehend passierbar → Zustandsklasse 4
- WH weitgehend unpassierbar → Zustandsklasse 6
- WH unpassierbar → Zustandsklasse 7

Im Anschluss wurde dann über die Summierung der Zustandsklassen der Wanderhindernisse im Umkreis der jeweiligen Messstelle dieser jeweils eine Indexklasse Durchgängigkeit 1 km, eine Indexklasse Durchgängigkeit 5 km und eine Indexklasse Durchgängigkeit 10 km entsprechend Tabelle 2 zugewiesen. Dabei erfolgt - abhängig von der Anzahl und Art der Wanderhindernisse - die Klassifizierung

Eine Indexklasse 0 bedeutet also jeweils kein Wanderhindernis im Umkreis der Messstelle.

Eine Indexklasse 1 bedeutet jeweils maximal ein passierbares Wanderhindernis im Umkreis der Messstelle und eine Indexklasse 2 maximal ein weitgehend passierbares

Wanderhindernis im Umkreis der Messstelle. Eine Indexklasse 3 wird erreicht, wenn entweder maximal 2 passierbare Wanderhindernisse oder maximal ein weitgehend unpassierbares Wanderhindernis im Umkreis der Messstelle vorhanden ist.

Mit steigender Indexklasse steigt also die Anzahl der vorkommenden Hindernisse und die Aufwärtspassierbarkeit verschlechtert sich, d.h. je höher die Indexklasse, desto eingeschränkter ist die Durchgängigkeit.

Tabelle 2: Einteilung der Wanderhindernisse in Indexklassen 1 bis 8
(ZKL=Zustandsklasse, WH=Wanderhindernis)

Index-Klasse	0	1	2	3	4	5	6	7	8
∑ ZKL WH 1 km Umkreis	0	3	4	6	7	8-14	15-21	22-42	> 42
∑ ZKL WH 5 km Umkreis	0	3	4	6	7	8-28	29-42	43-84	> 84
∑ ZKL WH 10 km Umkreis	0	3	4	6	7	8 - 56	57-84	85-170	> 170

d. Rückstau und Rheo-Index Fische (RIFI)

Bei der Kartierung der Wanderhindernisse in Hessen wurde auch der Rückstau erfasst. Über eine Verschneidung des kartierten Rückstaus mit der Lage der Untersuchungsabschnitte wurden drei Kategorien gebildet:

- kein Rückstau
- Rückstau < 50 m
- Rückstau > 50 m (z.T. Rückstau bis zum nächsten Wanderhindernis)

Wie der nachstehenden Abbildung und der Tabelle zu entnehmen sind, überwiegen die Untersuchungen in Fließgewässerabschnitten ohne jeglichen Rückstau. Lediglich innerhalb der Barbenregion fanden fast 30 % der Untersuchungen (101) in Rückstaubereichen > 50 m statt, so dass hier die deutlichsten Ergebnisse zu erwarten sind. Hingegen ist die Zahl der Untersuchungen in Rückstaubereichen < 50 m am größten in der Forellenregion (27) und am zweitgrößten in der Äschenregion (11).

Da die untersuchten Abschnitte bei der vorliegenden Auswertung aber jeweils 300 m oder sogar 500 m lang waren, werden sich die Auswirkungen der Rückstaubereiche < 50 m hier auf die Fischfauna vermutlich nicht deutlich widerspiegeln.

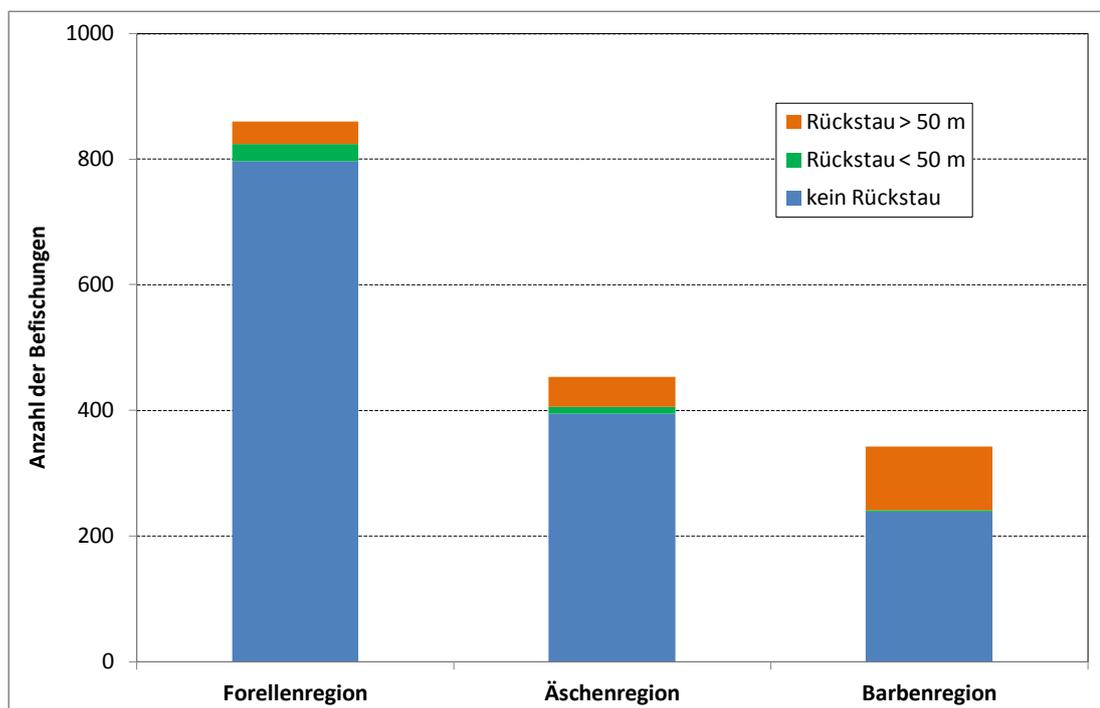


Abbildung 6: Anzahl der Befischungen in verschiedenen Rückstaubereichen der Fischregionen

Zur Klärung der Frage, ob sich der Rückstau eines Fließgewässers in den Befischungsergebnissen widerspiegelt, wurde analog zum „Rheo-Index Makrozoobenthos“ (BANNING 1998) sowohl für die einzelnen Befischungsergebnisse, als auch für die jeweiligen Referenzen ein „Rheo-Index Fische (RIFI)“ berechnet:

$$RIFI = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n a_i rp}{2 \cdot \sum_{i=1}^n a_i rp + 2 \cdot \sum_{i=1}^n a_i sp + \sum_{i=1}^n a_i id}$$

rp = rheophile Art* i
 sp = stagnophile Art* i
 id = (strömungs-) indifferente Art* i
 a_i = Abundanz der Art i

*Einstufung der einzelnen Arten gemäß fiBS

Die Berechnung eines Rheo-Index Fische (RIFI) wurde als erforderlich angesehen, da die Mehrheit der Arten gemäß fiBS als rheophil eingestuft ist und nur 6 Arten als stagnophil (siehe nachstehende Abbildung 7). Zwar wird auch in fiBS beim Qualitätsmerkmal B das Verhältnis der rheophilen zu den stagnophilen Fischen (ohne eine Gewichtung) berücksichtigt, jedoch werden bei diesem Einzelmetric (Anteil der Habitatgilden), die als indifferent geltenden 20 Arten nicht berücksichtigt.

Zudem wurden die 6 als stagnophil eingestuft Arten in Hessen bisher nur relativ selten und in vergleichsweise geringen Individuenzahlen gefangen bzw. gar nicht gefunden:

- Karausche (11 Nachweise),
- Moderlieschen (25 Nachweise),
- Rotfeder (61 Nachweise),
- Schlammpeitzger (1 Nachweis),
- Schleie (155 Nachweise) und
- Zwergwelsarten (kein Nachweis).

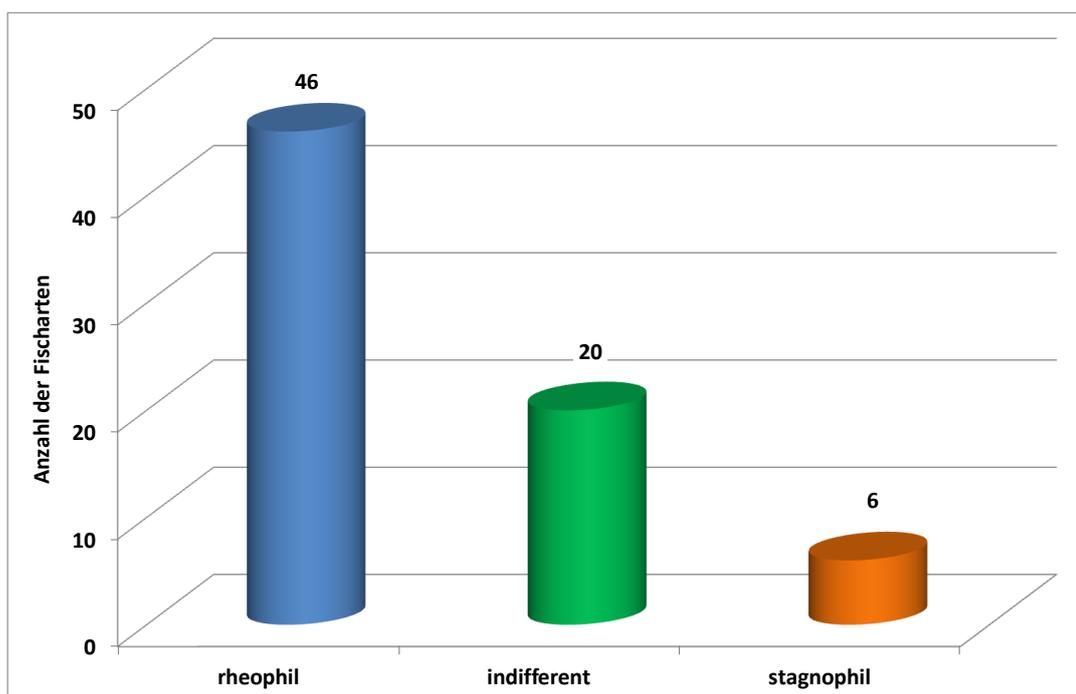


Abbildung 7: Anzahl der hinsichtlich der Strömung eingestuft Arten gemäß fiBS

Neben dem Rheo-Index Fische wurde auch, analog zum Bewertungsverfahren fiBS noch die Differenz zwischen dem RIFI der Referenz und dem RIFI der jeweiligen Probenahme ermittelt:

$$\Delta RIFI = RIFI_{Referenz} - RIFI_{Probenahme}$$

Die Differenz ist also umso größer, je weniger rheophile Fische oder je mehr strömungsindifferente oder stagnophile Fische im Vergleich zum natürlichen Arten- und Dominanzspektrum festgestellt werden.

3. ERGEBNISSE

a. Bewertungsparameter gemäß fiBS

In nachstehender Abbildung ist zu sehen, dass sich der ökologische Zustand mit zunehmender Wanderhindernisanzahl tendenziell sogar leicht verbessert. Wie auch TRÄBING & THEOBALD (2016) bereits gezeigt haben, zeigt die Gesamtbewertung gemäß fiBS insgesamt keinen signifikanten Zusammenhang zur Anzahl der weitgehend unpassierbaren und unpassierbaren Wanderhindernisse in einem Wasserkörper.

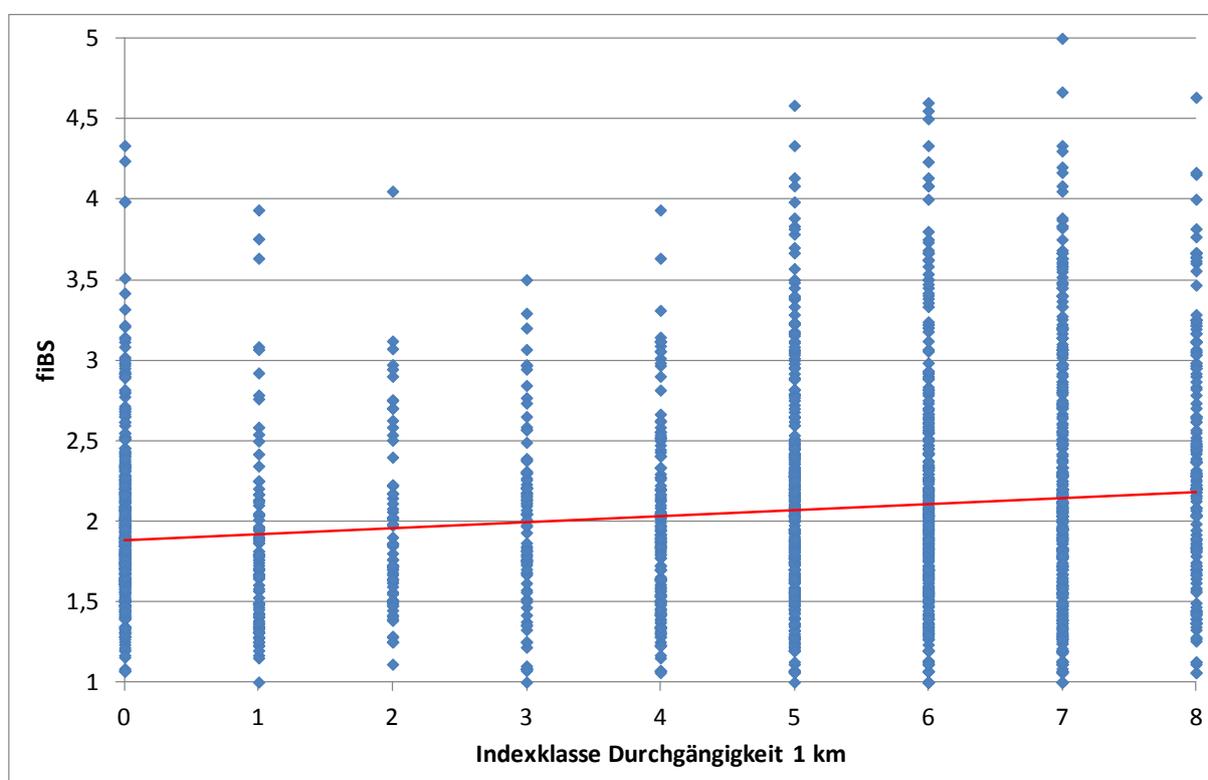


Abbildung 8: fiBS-Bewertung aller Fischregionen bei WH-Index-1 km, mit zunehmenden Wanderhindernissen minimale Verbesserung des ökologischen Zustands (Signifikanzwert $p < 0,05$; $r = 0,15$)

Die getrennte Auswertung für die einzelnen Fischregionen und Qualitätsmerkmale ist in Tabelle 3 zu sehen.

Auch hier sind nur wenige signifikante Korrelationen ($p < 0,05$) ermittelt worden, die mit einer Ausnahme (Altersstruktur in der Forellenregion) zwar die richtigen Trends, aber nur sehr kleine Korrelationskoeffizienten enthalten.

Tabelle 3: Korrelationen (r) der verschiedenen fiBS-Qualitätsmerkmale für die einzelnen Fischregionen in Abhängigkeit von der Indexklasse Durchgängigkeit im Umkreis 1, 5 und 10 km

Indexklasse Durchgängigkeit	Forellenregion (N = 733)			Äschenregion (N = 504)			Barbenregion (N = 624)		
	1 km	5 km	10 km	1 km	5 km	10 km	1 km	5 km	10 km
Ökologischer Zustand	0,05	0,03	-0,04	0,02	0,12	0,09	0,15	0,17	0,09
Gesamtbewertung fiBS	-0,02	-0,01	0,07	-0,03	-0,13	-0,09	-0,17	-0,18	-0,10
Arten- & Gildeninventar	-0,03	0,00	0,02	-0,11	-0,20	-0,20	-0,15	-0,06	-0,01
Artenabundanz & Gildenverteilung	0,02	0,00	0,06	-0,03	-0,01	0,05	-0,01	-0,04	0,00
Altersstruktur	0,00	0,05	0,12	0,00	-0,13	-0,10	-0,09	-0,11	-0,02
Migration	0,01	-0,01	0,00	-0,02	-0,05	-0,02	-0,08	-0,16	-0,16
Fischregion	0,06	-0,05	-0,03	0,04	-0,01	-0,01	-0,06	-0,08	-0,04
Dominante Arten	-0,14	-0,07	0,03	0,03	0,02	0,04	-0,18	-0,21	-0,21

Die rot markierten Werte besitzen einen Signifikanzwert von $p < 0,05$

Je größer die Fischregion, desto mehr signifikante Werte und verbesserte Korrelationen sind vorhanden. Dies könnte an der größeren Rückstauwirkung der Wanderhindernisse liegen (siehe Kap. 2.d – Abbildung Rückstau). So verändern gerade die größeren Wanderhindernisse die Gewässerstruktur (Habitatbedingungen) erheblich, insbesondere durch den Rückstau.

Die Qualitätsmerkmale „Artenabundanz & Gildenverteilung“ besitzen keine signifikanten Korrelationen (siehe vorige Tabelle 3) und werden deshalb auch nicht in den folgenden Graphiken dargestellt.

Beim Qualitätsmerkmal „Fischregion“ gibt es nur eine signifikante Korrelation, zudem zeigte dieses Qualitätsmerkmal bei Erfolgskontrollen in Renaturierungsbereichen sogar eine Verschlechterung an (BANNING 2017).

Neben dem Qualitätsmerkmal „Fischregion“ zeigte auch das Qualitätsmerkmal „Migration“ in der Forellen- und Äschenregion keine signifikanten Korrelationen.

Wie in der nachstehenden Graphik dargestellt, zeigt das Qualitätsmerkmal „Migrationsindex“ in der überwiegenden Zahl (bei 1590 von 1861 Einzelergebnissen = 85 %), unabhängig von der Fischregion, immer einen mäßigen bis schlechten Zustand (Qualitätsmerkmal Migration = 1) an.

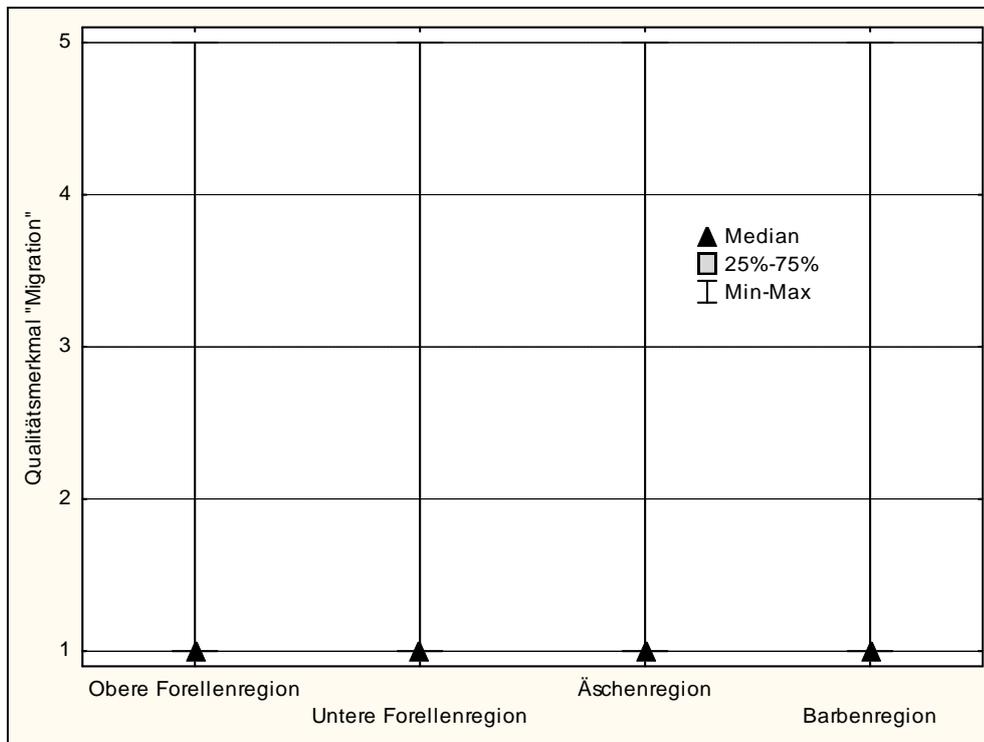


Abbildung 9: Zustand des Qualitätsmerkmals „Migrationsindex“ in den verschiedenen Fischregionen

Ursache dieser geringen Spreizung ist ggf., dass bei fiBS 47 von 72 eingestuften Fischarten jeweils als Kurzdistanzwanderfische eingestuft sind. Hingegen wurden nur der Aal und die acht anadromen und in Hessen nur selten bzw. gar nicht nachgewiesenen Fischarten, wie Lachs, Stör, Flussneunauge, Maifisch, Meerforelle, Meerneunauge, Nordseeschnäpel und Ostseeschnäpel, als Langdistanzwanderfische eingestuft.

Außerdem sind mit Ausnahme des Bachneunauges in Hessen alle in den Referenzen der Forellenregion angegebenen Fischarten mit einer Dominanz $> 0,1$ als Kurzdistanzwanderer eingestuft. Der Migrationsindex wird somit in der Forellenregion in Hessen ausschließlich über die festgestellte Dominanz des Bachneunauges bestimmt.

Nachfolgende Abbildungen zeigen beispielhaft einige der in der Tabelle dargestellten signifikanten, aber nur sehr geringen „Korrelationen“. Weitere Abbildungen der signifikanten Korrelationen finden sich im Anhang.

- Ökologischer Zustand

In Abbildung 10 wird in der Äschenregion der „Ökologische Zustand“ und die Indexklasse bei einer Durchgängigkeit von 5 km graphisch dargestellt.

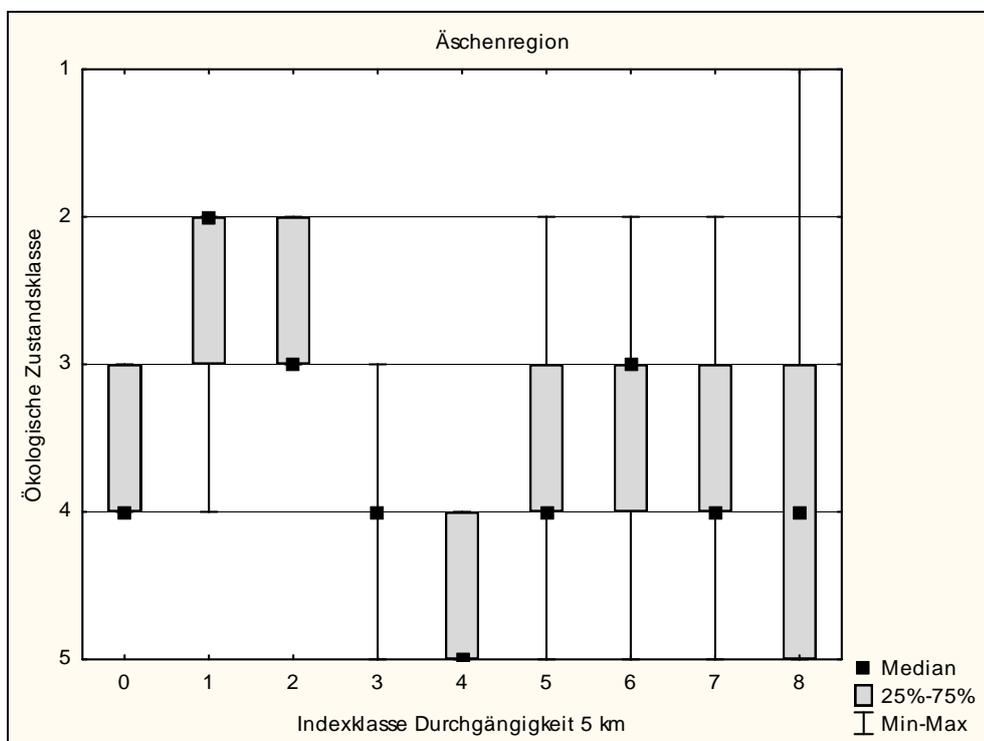


Abbildung 10: „Ökologischer Zustand“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

Auch bei fehlenden Wanderhindernissen (Indexklasse 0) liegt hier das 25-/75-Perzentil nur zwischen mäßigen und unbefriedigend (die ökologische Zustandsklasse liegt dabei zwischen 3 und 4). Dies kann daran liegen, dass andere Belastungen, wie beispielsweise die Gewässerstruktur, Eutrophierung oder Ammonium ebenfalls auf die Gewässer einwirken. Ergebnisse der Indexklassen 1, welches „nur“ ein passierbares Wanderhindernis und 2, welches „nur“ ein weitgehendes passierbares Wanderhindernis im Umkreis von 5 km enthält besitzen im Gegensatz zu den anderen Indexklassen, mit einem 25-/75 Perzentil zwischen gut und mäßig, eine bessere ökologische Zustandsklasse (Korrelation von 0,12). Ab der Indexklasse 4 schwankt der Median dann zwischen einem mäßigen (3) bis sogar schlechten (5) Zustand.

- Gesamtbewertung fiBS

Die „Gesamtbewertung fiBS“ in der Äschenregion mit der Indexklasse Durchgängigkeit innerhalb von 5 km wird in Abbildung 11 graphisch dargestellt.

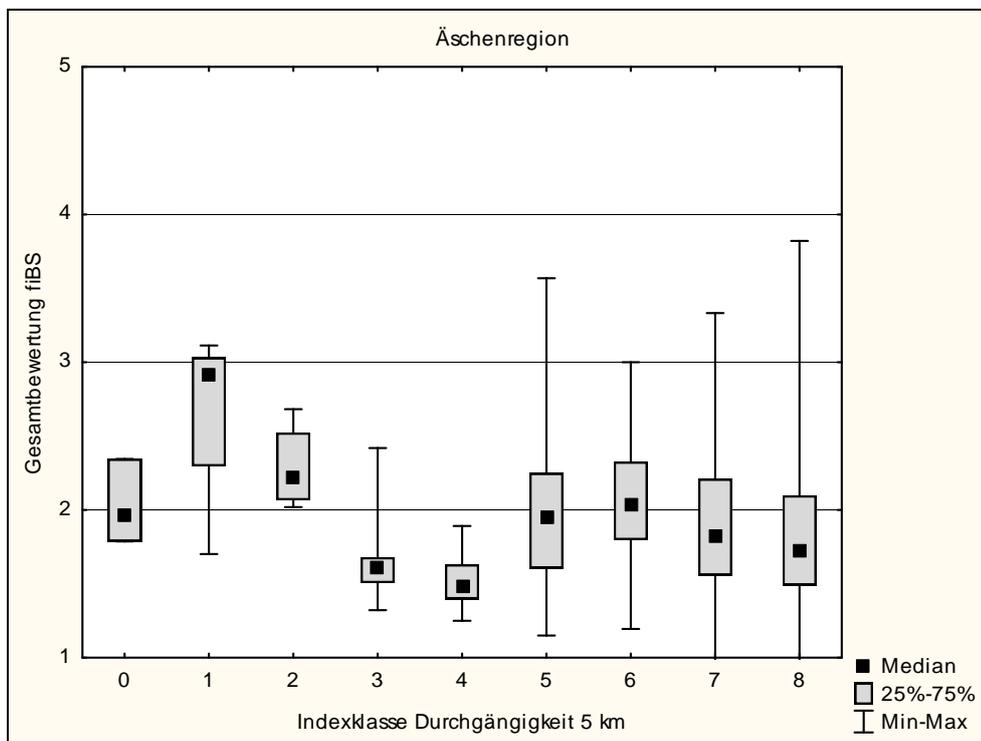


Abbildung 11: „Gesamtbewertung fiBS“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

Der Median bleibt hier ebenfalls nicht konstant, hierbei liegt der Median der Klasse 0 bis 2 zwischen einem guten ($> 2,5$) und mäßigen ($> 2,0$) ökologischen Zustand, ab der Indexklasse 3 liegen die Mediane meist im unbefriedigenden ($> 1,5$) bis schlechten ($\leq 1,5$) Bereich.

Auch hier in Abbildung 11 liegt bei der indexklasse 0, mit fehlenden Wanderhindernissen, das 25-/75-Perzentil bei einem Bewertungsparameter zwischen mäßig und unbefriedigend. Die Beeinflussung durch Gewässerstruktur, Eutrophierung oder Ammonium usw. können hier eine Rolle spielen und somit den Gewässerzustand beeinträchtigen (Korrelation von $-0,13$).

- Arten- & Gildeninventar

Abbildung 12 zeigt das Qualitätsmerkmal des „Arten- & Gildeninventars“ der Äschenregion mit Indexklassen 1 bis 8 bei einer Durchgängigkeit von 5 km (mit $r = -0,2$ zeigt sich hier eine etwas „größere“ Korrelation).

Hervorzuheben ist, dass der Median in den Klassen 0 bis 2, also ohne weitgehend unpassierbare und unpassierbare Wanderhindernisse, nahe am oder im guten Bereich (Qualitätsmerkmal = 3) liegt. Hingegen liegt der Median der Indexklassen 3 bis 8 immer im mäßigen bis schlechten (< 3) ökologischen Zustand (siehe Tabelle 1).

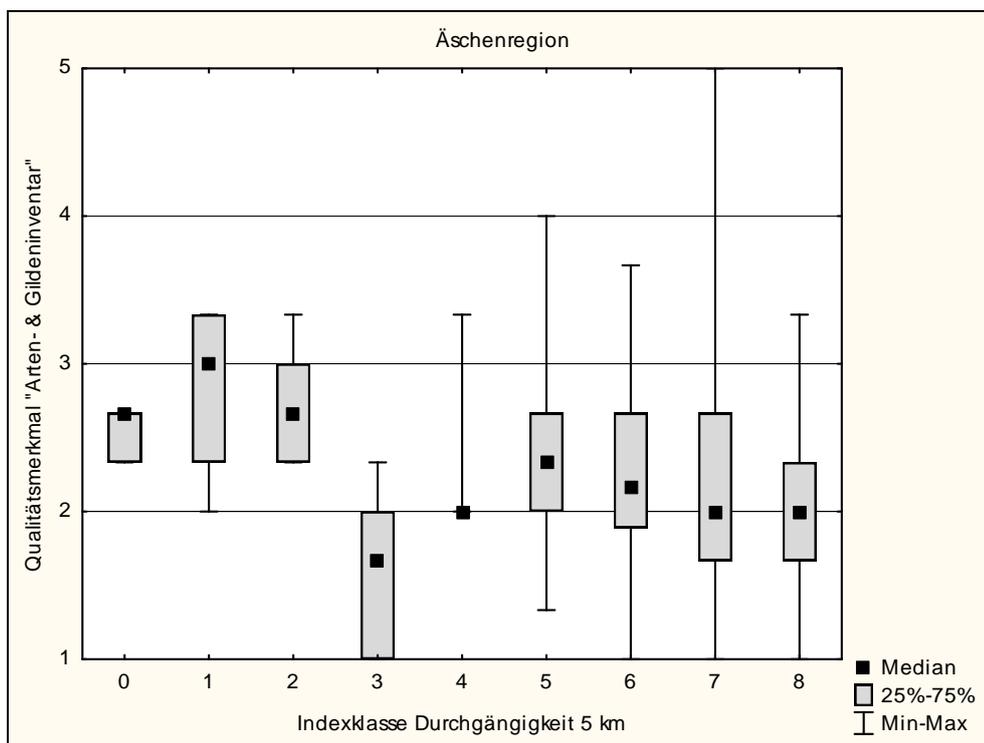


Abbildung 12: „Arten- & Gildeninventar“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

- Altersstruktur

In Abbildung 13 wird in der Forellenregion die „Altersstruktur“ und die – Indexklasse mit einer Durchgängigkeit von 10 km graphisch dargestellt.

Fälschlicherweise wird bei dieser „signifikanten Korrelation“ angezeigt, dass sich mit zunehmender Zahl der Wanderhindernisse der Zustand bei diesem Qualitätsmerkmal sogar verbessert ($r = + 0,12$). Des Weiteren erreicht der Median bei der Indexklasse Durchgängigkeit 4 und 8 sogar einem guten Zustand (Qualitätsmerkmal = 3).

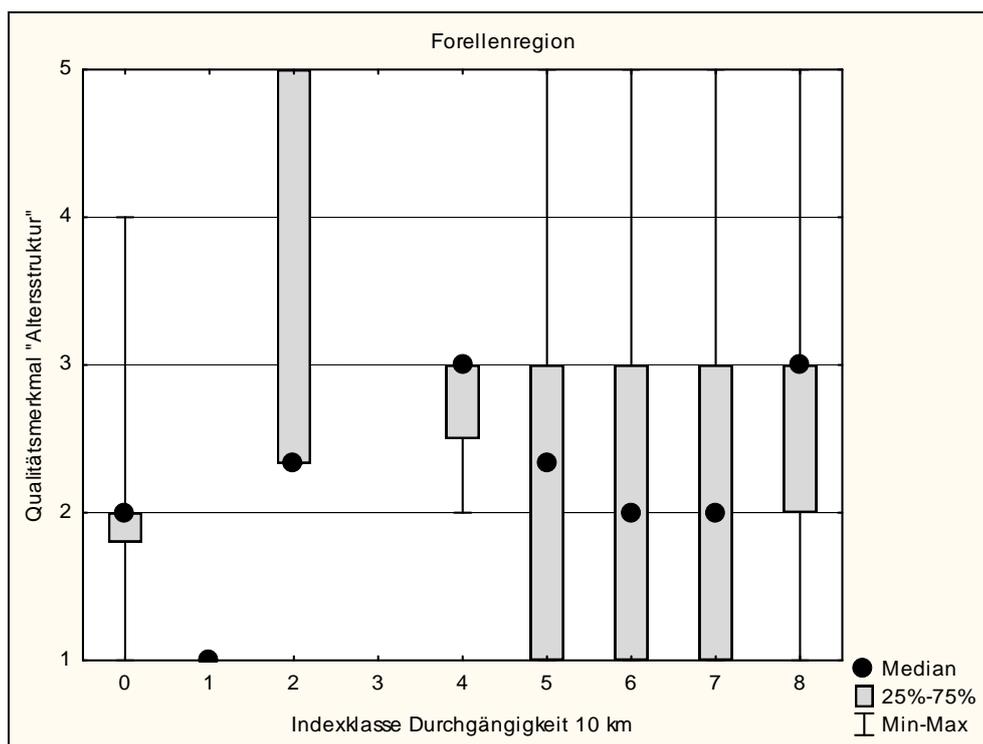


Abbildung 13: „Altersstruktur“ Forellenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

Abbildung 14 zeigt die „Altersstruktur“ in der Äschenregion über die Indexklasse mit einer Durchgängigkeit von 5 km.

Der Median liegt fast ausschließlich in der Nähe von 2, bis auf die Indexklasse 1, bei welchem der Median in der Nähe des guten Zustands (Qualitätsmerkmal =3) und das 25-75-Perzentiel im guten Zustand zwischen 3 und 4 liegt (Korrelation – 0,13).

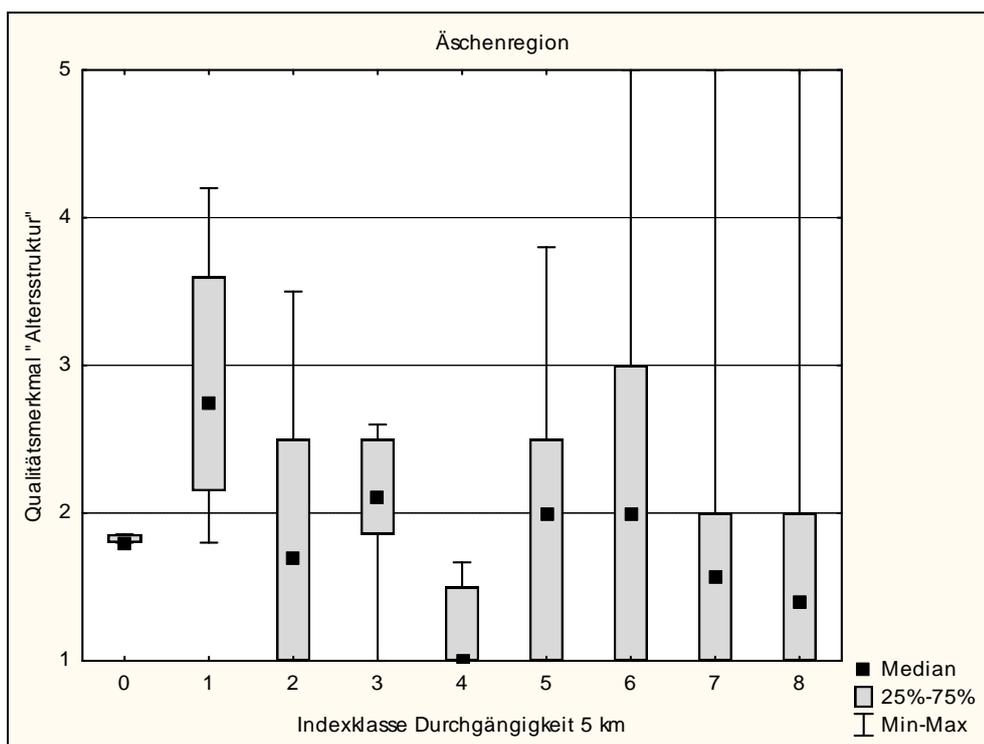


Abbildung 14: Merkmal „Altersstruktur“ der Äschenregion bei der Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

- Migration

In der Abbildung 15 ist das Qualitätsmerkmal „Migration“ der Barbenregion über der Indexklasse mit einer Durchgängigkeit von 10 km dargestellt.

Der Median liegt bei allen Indexklassen 0-8 bei einem Qualitätsmerkmal von 1, welches eine mäßige bis schlechte Zustandsklasse definiert.

Das 75-Perzentil erreicht dennoch bei fehlenden Wanderhindernissen im Umkreis von 10 km (Indexklasse Durchgängigkeit = 0) knapp einen guten Zustand (Qualitätsmerkmal = 3, Korrelation -0,16).

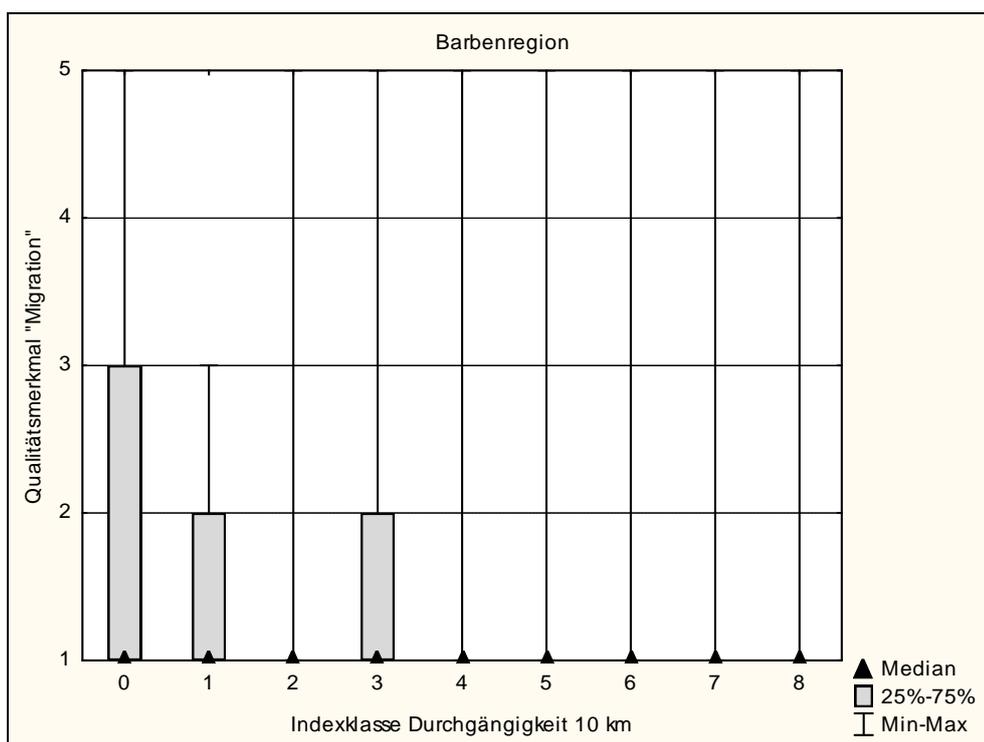


Abbildung 15: „Migration“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

- Dominante Arten

In Abbildung 16 wird das Qualitätsmerkmal „Dominante Arten“ der Forellenregion und die Indexklasse 0-8 mit einer Durchgängigkeit von 1 km graphisch dargestellt. Das 25-/75-Perzentil weist extreme Schwankungen auf, wobei der Median nur bei Indexklasse 0 und 1 im sehr guten Zustand (=5) liegt. Danach liegt der Median immer bei 1, welche einen mäßigen bis schlechten Zustand definiert (Korrelation -0,14).

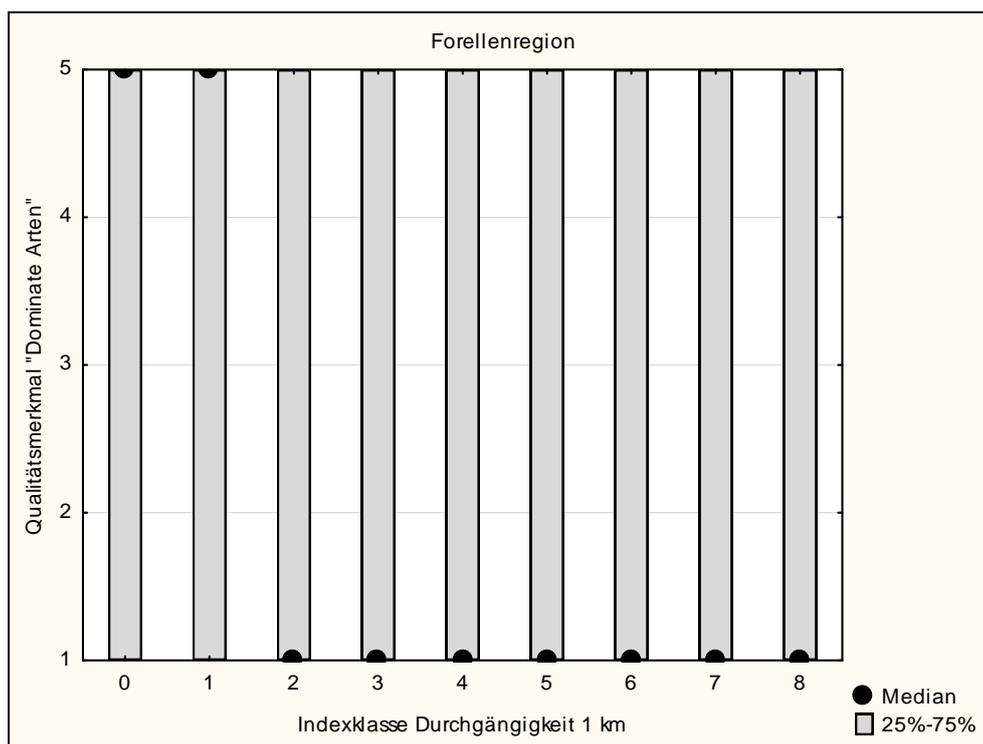


Abbildung 16: „Dominante Arten“ Forellenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

b. Vorkommen und Häufigkeit einzelner Fischarten

In nachstehender Tabelle 4 sind die Korrelationen zur Anzahl der nachgewiesenen Fischarten/Untersuchung in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit innerhalb der verschiedenen Fischregionen dargestellt.

Tabelle 4: Korrelationen der Anzahl der nachgewiesenen Arten in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit.

Indexklasse Durchgängigkeit	Forellenregion			Äschenregion			Barbenregion		
	1 km	5 km	10 km	1 km	5 km	10 km	1 km	5 km	10 km
Anzahl nachgewiesener Fischarten	-0,18	-0,13	-0,01	-0,19	-0,37	-0,38	-0,38	-0,37	-0,32

$p < 0,05$

Im Vergleich zu fiBS sind die ermittelten Korrelationen deutlich größer, insbesondere in der Äschen- und Barbenregion, wie dies beispielhaft in Abbildung 17 bis Abbildung 19 zu sehen ist.

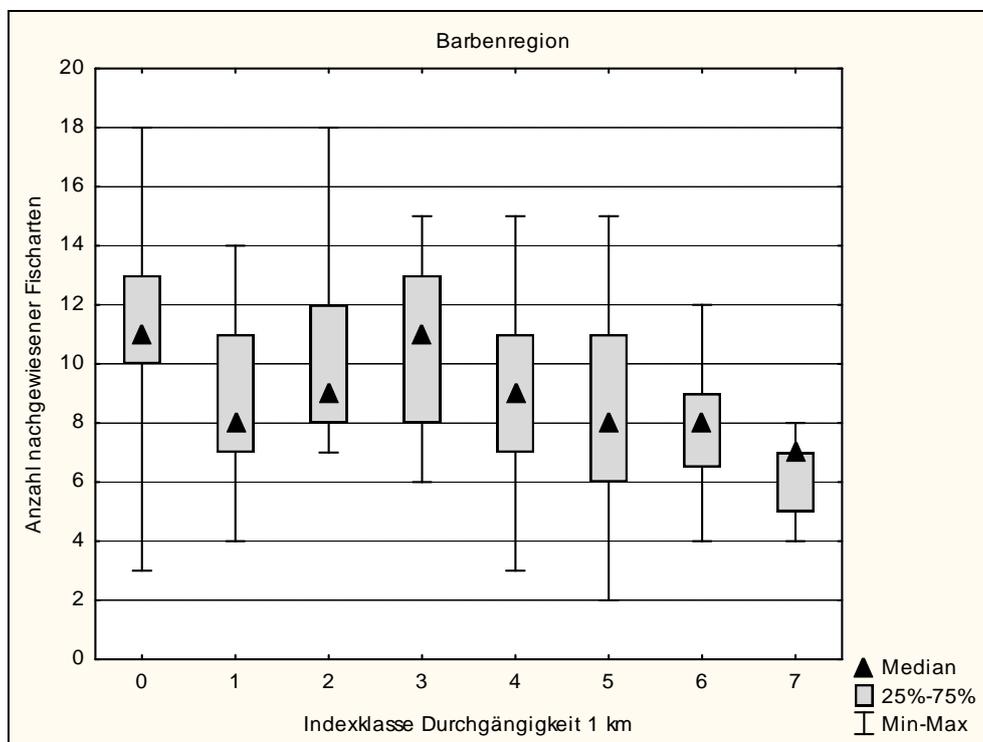


Abbildung 17: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion

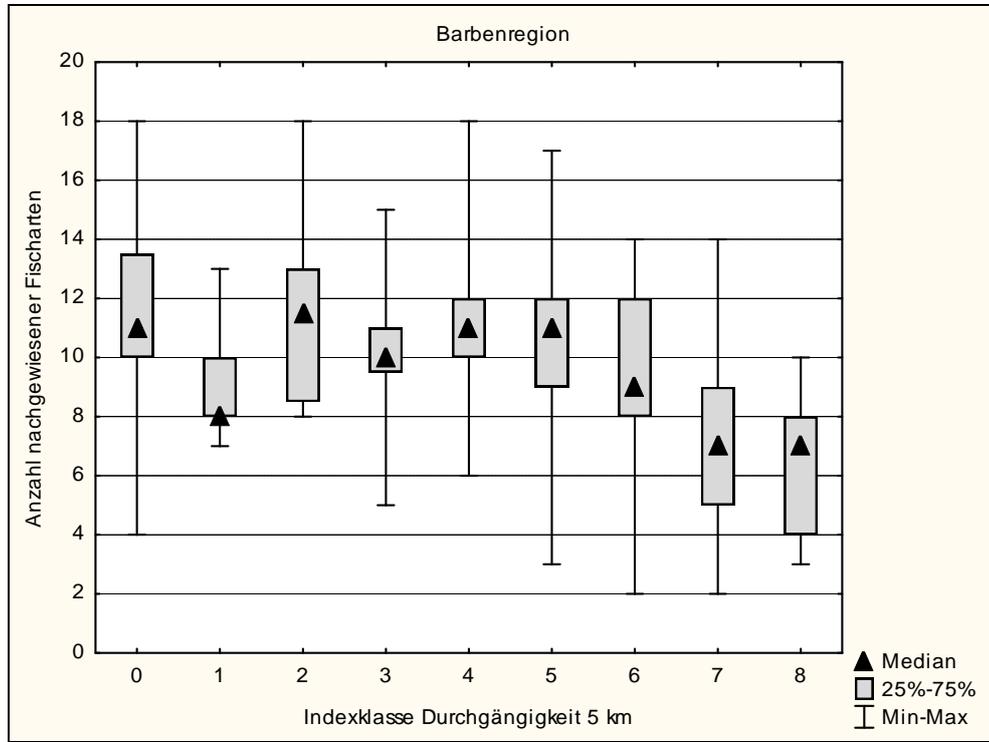


Abbildung 18: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 5 km in der Barbenregion

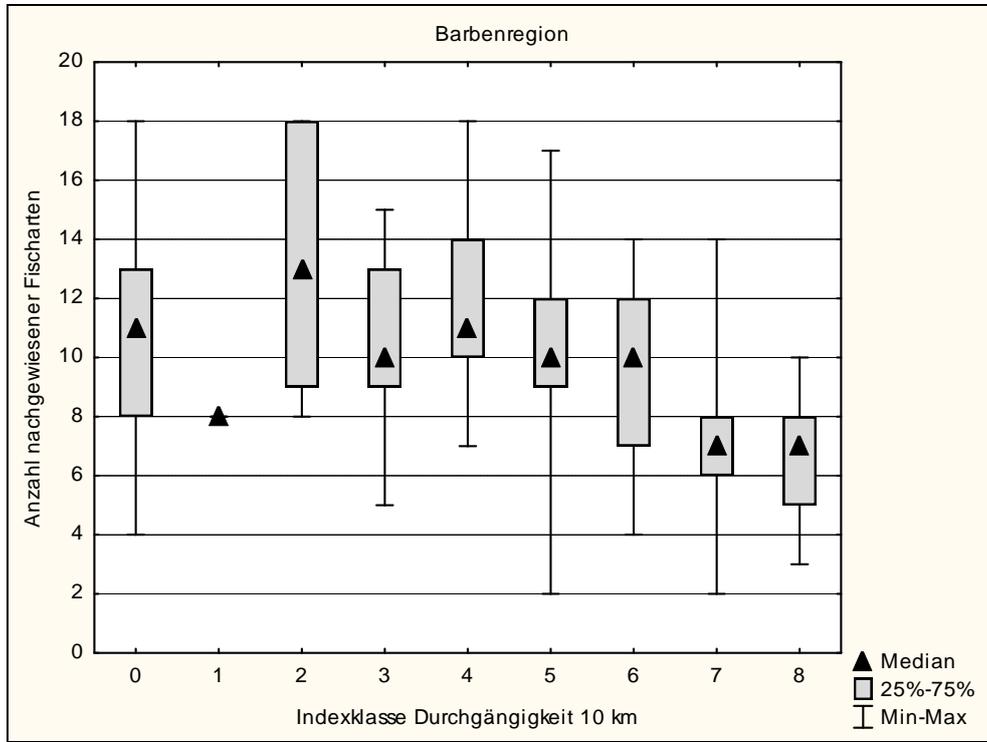


Abbildung 19: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 10 km in der Barbenregion

In den nachfolgenden Abbildungen 20 bis 23 ist die mittlere Anzahl der gefangenen Individuen von ausgewählten Fischarten in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit (Indexklasse 1 km) für jeweils artentypische Fischregionen dargestellt.

- Bachneunauge

Abbildung 20 zeigt den Mittelwert der Anzahl der gefangenen Bachneunaugen in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit (Indexklasse 1 km) für die obere Forellenregion. Für die untere Forellenregion konnte keine eindeutige Tendenz festgestellt werden. Die Anzahl der Individuen nimmt bei größerer Indexklasse eindeutig zu. Ein linearer Zusammenhang ist mit einem Wert von $R^2 = 0,51$ zu vermuten.

Laut „Atlas der Fische Hessens“ (2014) wird das Bachneunauge durch Querverbauungen aber stark beeinflusst, da es eigentlich nicht in der Lage ist, selbst niedrige Hindernisse zu überwinden.

Möglicherweise ist das hier nicht erwartete Ergebnis aber darauf zurückzuführen, dass in der oberen Forellenregion in einigen Indexklassen nur wenige Befischungen durchgeführt wurden. Eventuell wurden ferner nicht alle Individuen bei den Befischungen gefangen, da sich das Bachneunauge (hauptsächlich Larvenstadium) im Flusssediment eingräbt (HMUKLV (2014)).

Möglicherweise ist die mit zunehmender Zahl an Wanderhindernissen ebenfalls zunehmende Zahl der Bachneunaugen aber auch darauf zurückzuführen, dass als Folge der Wanderhindernisse die für Bachneunaugen geeigneten Habitate – sandige Sohlenbereiche – zunehmen. Diese sind in den Oberen Forellenregionen der Mittelgebirge ansonsten oft eher selten.

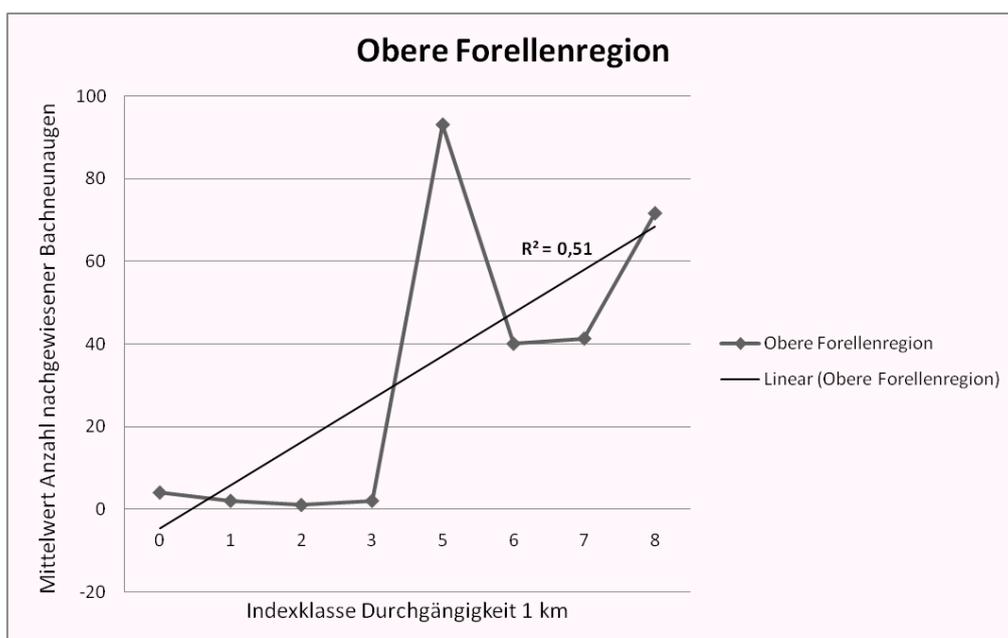


Abbildung 20: Anzahl nachgewiesener Bachneunaugen, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der oberen Forellenregion

- Äsche

Gewählt wurden Diagramme für die Äsche in der Barbenregion, Barbe in der Äschen- und Barbenregion, sowie die Nase in der Barbenregion, da bei diesen eine Tendenz zur Abnahme der Individuen mit zunehmender Nichtdurchgängigkeit zu erkennen ist. Wegen einer nicht ausreichenden Anzahl von Befischungen wurden die Indexklassen 7 und 8 bis auf Abbildung 21 aus den Diagrammen herausgenommen. Das Bestimmtheitsmaß gibt Aufschluss auf die Stärke des linearen Zusammenhangs. Bei $R^2=0$ wäre kein linearer Zusammenhang vorhanden und $R^2=1$ würde einen perfekten linearen Zusammenhang bedeuten.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Mittelwert der gefangenen Äschen/Untersuchung über der Indexklasse Durchgängigkeit 1 km für die Barbenregion. Das Bestimmtheitsmaß ist mit $R^2=0,165$ relativ niedrig, weshalb man von einem geringen linearen Zusammenhang ausgehen kann.

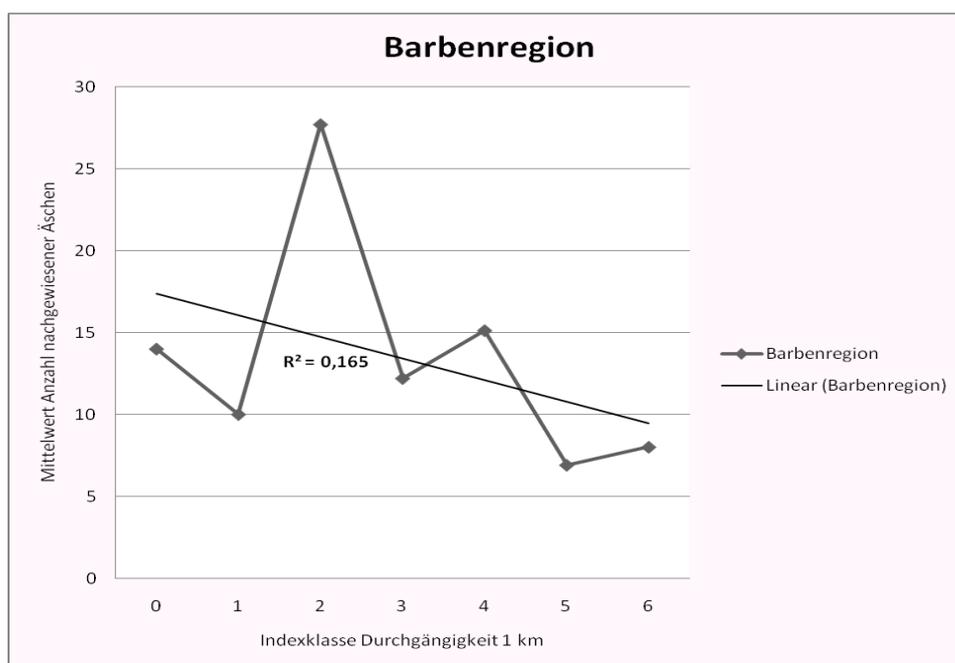


Abbildung 21: Anzahl nachgewiesener Äschen, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion

- **Barbe**

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Mittelwert der Anzahl der gefangenen Barben in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit (Indexklasse 1 km) für die Äschenregion. Eine Abnahme der Anzahl der Individuen bei größerer Indexklasse ist hier relativ deutlich zu sehen. Das Bestimmtheitsmaß liegt bei $R^2=0,5026$, was einen linearen Zusammenhang vermuten lässt.

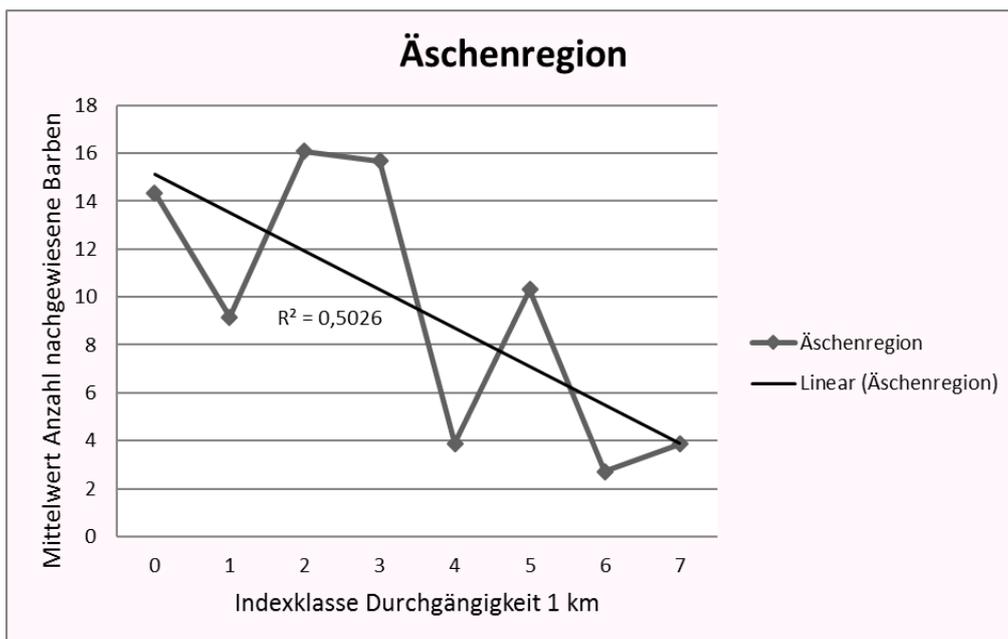


Abbildung 22: Anzahl nachgewiesener Barben, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km
Äschenregion

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Mittelwert der Anzahl der gefangenen Barben in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit (Indexklasse 1 km) für die Barbenregion. Eine Tendenz zur Abnahme der Anzahl der Individuen ist zu erkennen.

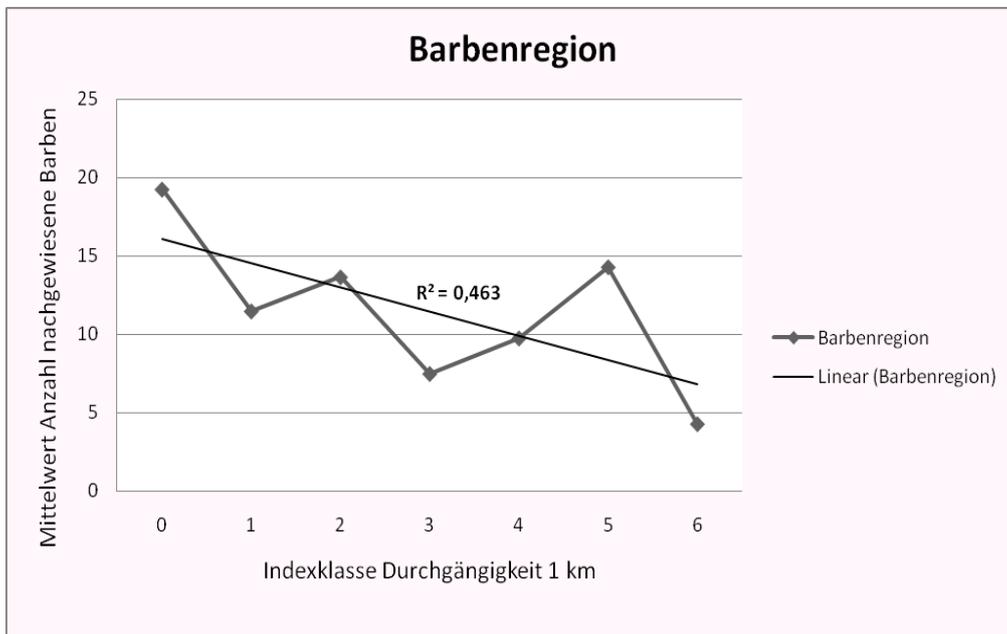


Abbildung 23: Anzahl nachgewiesener Barben, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion

- **Nase**

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Mittelwert der Anzahl der gefangenen Nasen in Abhängigkeit von der Durchgängigkeit (Indexklasse 1 km) für die Barbenregion. Die Anzahl der Individuen nimmt mit zunehmender Indexklasse ab. Hier zeigt sich der lineare Zusammenhang mit einem Wert von $R^2 = 0,53$ nochmal etwas deutlicher als in Abbildung 23.

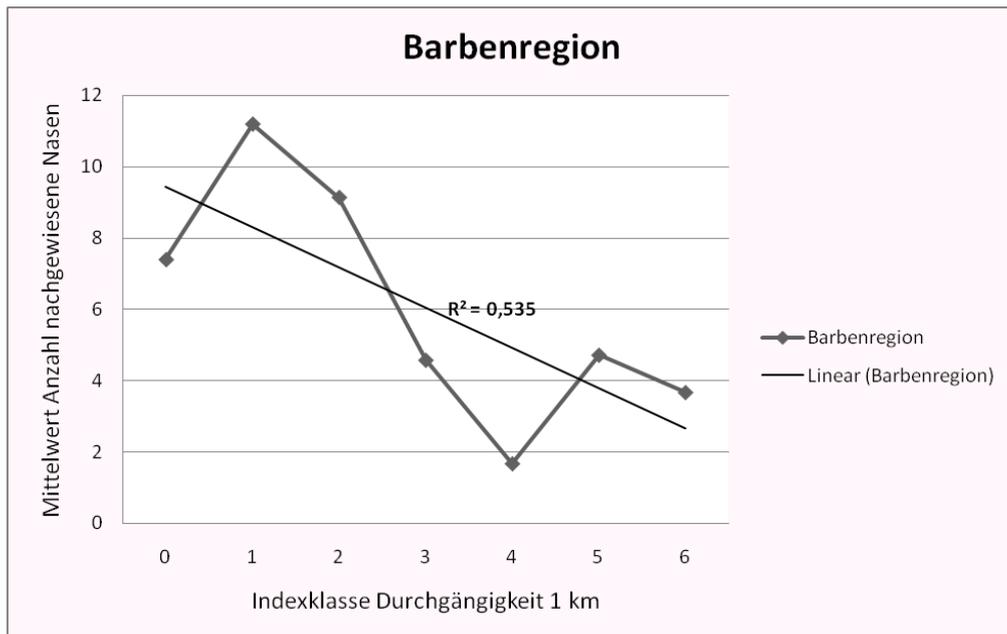


Abbildung 24: Anzahl nachgewiesener Nasen, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Barbenregion

c. Rückstau und Rheo-Index Fische (RIFI)

In nachstehender Tabelle 5 sind die ermittelten Korrelationen der verschiedenen Qualitätsmerkmale in den Fischregionen aufgelistet. Die Korrelationen der einzelnen Qualitätsmerkmale und auch bei der Gesamtbewertung fiBS sind ebenfalls nur gering bzw. gar nicht feststellbar (Migrationsindex und alle Qualitätsmerkmale einschließlich der Gesamtbewertung in der Äschenregion).

Im Vergleich dazu sind beim Rheo-Index Fische und beim Δ RIFI in der Barbenregion deutlich höhere, wenn auch keine hohen Korrelationen erkennbar.

Tabelle 5: Korrelationen der einzelnen Qualitätsmerkmale und der Gesamtbewertung,
 $p < 0,05$

Korrelation Rückstau	alle Fischregionen	Forellenregion	Äschenregion	Barbenregion
Ökologischer Zustand	0,10	-0,09	0,10	0,09
Gesamtbewertung fiBS	-0,09	0,10	-0,09	-0,09
Arten- & Gildeninventar	0,02	0,10	-0,01	0,08
Artenabundanz & Gildenverteilung	-0,15	-0,02	-0,09	-0,14
Altersstruktur	-0,06	0,12	-0,07	-0,05
Migration	-0,05	0,05	-0,06	-0,10
Fischregion	-0,07	0,06	-0,01	-0,12
Dominante Arten	-0,06	0,05	-0,08	-0,01
Rheo-Index (RIFI)	-0,23	0,05	-0,05	-0,20
Δ RIFI	0,23	-0,05	0,06	0,28

Abbildung 25 zeigt den „Ökologischen Zustand“ der Gewässer über den Rückstau aller Fischregionen. Hier liegt der Median fast konstant bei 4, der ökologische Zustand ist somit unbefriedigend. Auch bei fehlendem Rückstau liegt das 25-/75-Perzentil im mäßigen bis unbefriedigenden Zustandsbereich. Zu beachten ist, dass weitere Belastungen, wie die Gewässerstruktur, Eutrophierung und Ammonium ebenfalls eine Auswirkung haben können.

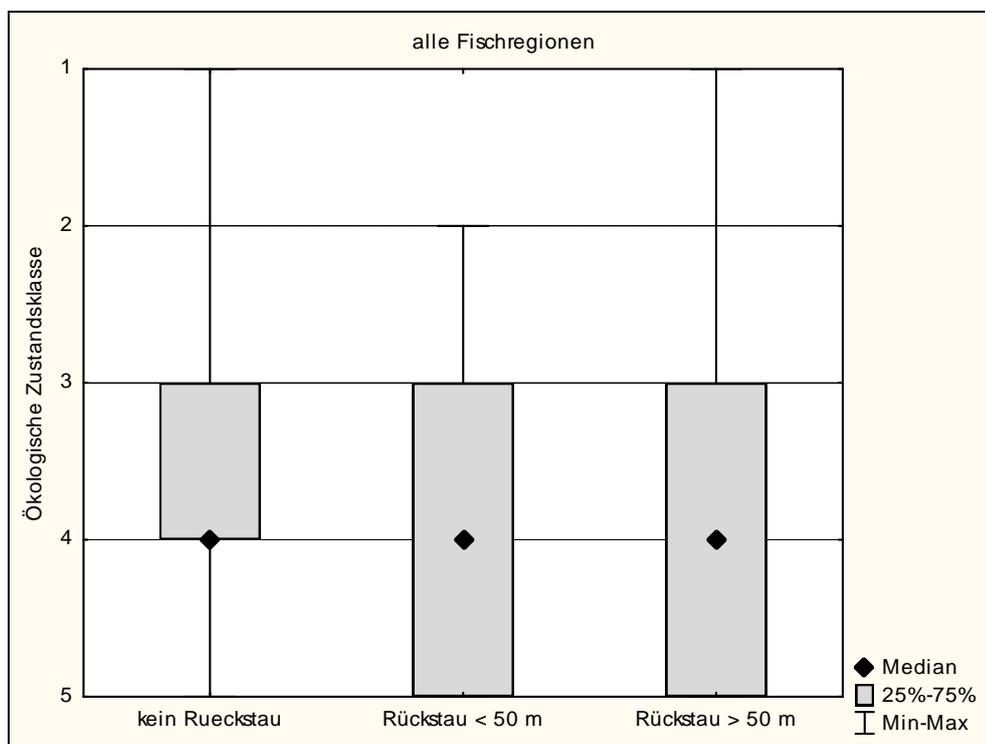


Abbildung 25: „Ökologischer Zustand“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen

Bei Abbildung 26 ist die „Gesamtbewertung von fiBS“ bei den drei betrachteten unterschiedlichen Rückstauverhältnissen in der Forellenregion graphisch dargestellt. Das Ergebnis zeigt bei einem Rückstau von > 50 m hier den besten Zustand an (Median gut; 25-/75-Perzentil zwischen gut (> 2,5) und mäßig (> 2,0). Dies ist möglicherweise auf die Länge der Untersuchungsabschnitte, hier jeweils 300 m, zurückzuführen. Eine mögliche fachliche Ursache für diesen merkwürdigen Sachverhalt ist nicht möglich – vermutlich liegt hier eher ein Fehler im Bewertungsverfahren (siehe z.B. Anmerkungen zum Migrationsindex im Kap. 3.a).

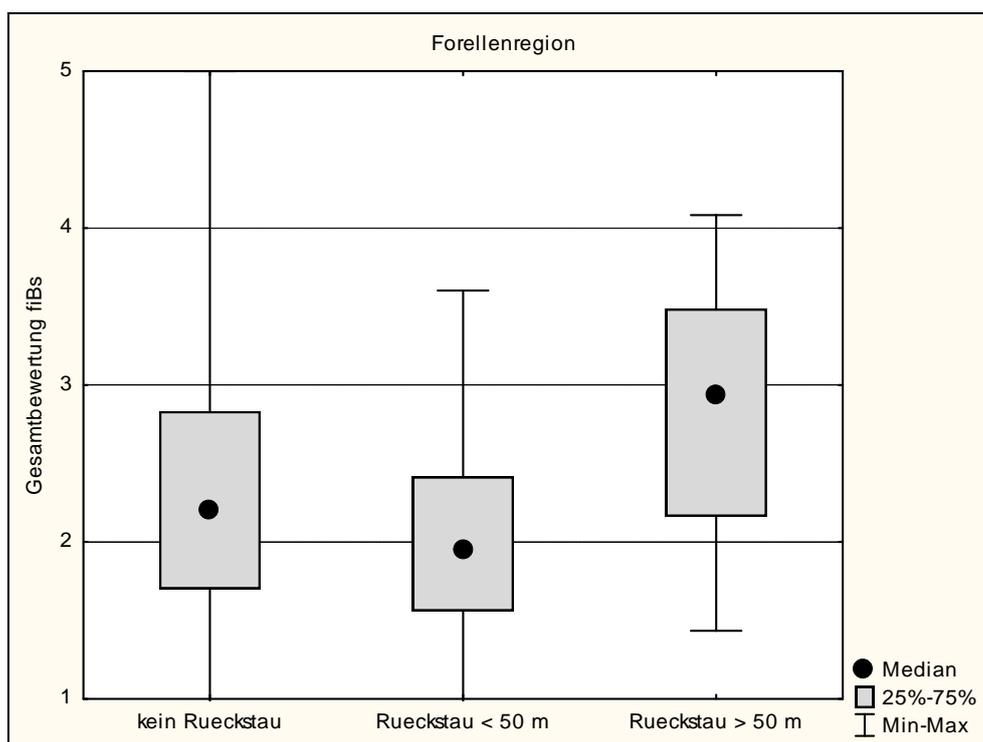


Abbildung 26: Gesamtbewertung bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m in der Forellenregion

In Abbildung 27 ist zu sehen, dass die Werte über alle Klassen eine große Streuung aufweisen. Es ist somit nicht klar ob hier tatsächlich eine signifikante Korrelation vorhanden ist (siehe Tabelle 5).

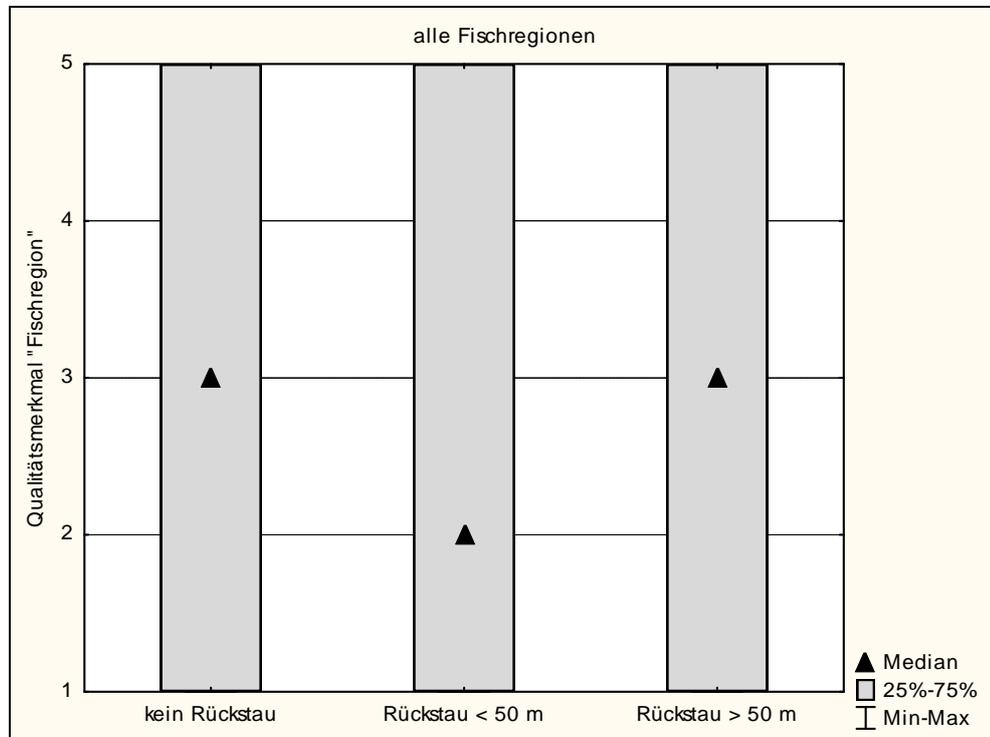


Abbildung 27: Qualitätsmerkmal „Fischregion“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen

In der Abbildung 28 wird der „Rheo-Index Fische RIFI“ gegenüber dem Rückstau über alle Fischregionen dargestellt. Hierbei wird ein Unterschied zwischen dem Rückstau > 50 m und dem Rückstau < 50 m deutlich. Hingegen ist kein eindeutiger Unterschied zwischen einem Rückstau < 50 m und keinem Rückstau zu erkennen. Eine mögliche Ursache könnte die Länge der Befischungstrecken sein, 300 bzw. 500 m (siehe Kap. 2 d).

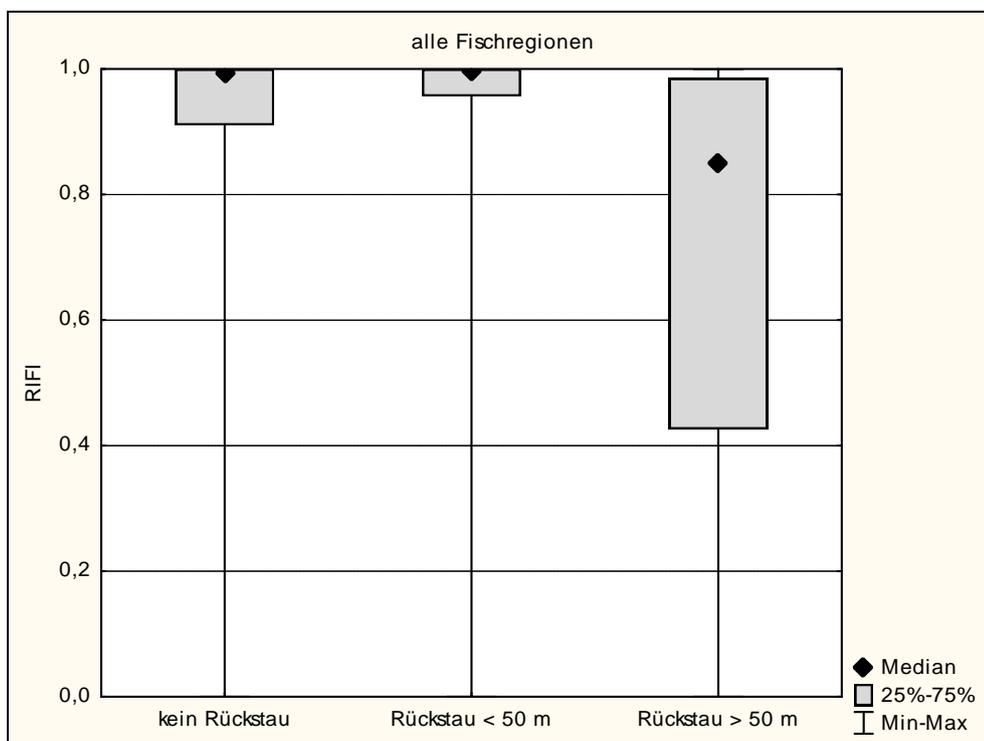


Abbildung 28: „Rheo-Index Fische RIFI“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen

In Abbildung 29 wird der „Rheo-Index Fische RIFI“ in der Barbenregion bei fehlendem Rückstau und bei einem Rückstau von < 50 m und, > 50 m dargestellt.

Die Untersuchungen mit einem Rückstau von < 50 m und einer Probenahme von N= 2 sind jedoch nicht aussagekräftig. Die ausgewerteten Befischungstrecken waren hier zudem mit 500 m deutlich länger als 50 m.

Untersuchungen mit einem Rückstau von > 50 m und einem N=101 und hingegen sehr aussagekräftig. Bei Untersuchungen ohne Rückstau (N = 239) sind die Streuungen der Ergebnisse relativ groß, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass auch in naturbelassenen Barbenregionen strömungsindifferente Arten in höherer Zahl vorkommen können, wie z.B. Aal, Flussbarsch, Kaulbarsch, Ukelei, Rotaugen. Die Streuung ist beim Δ RIFI somit auch etwas geringer und liegt im Median nur bei 0,1 (siehe Abbildung 29).

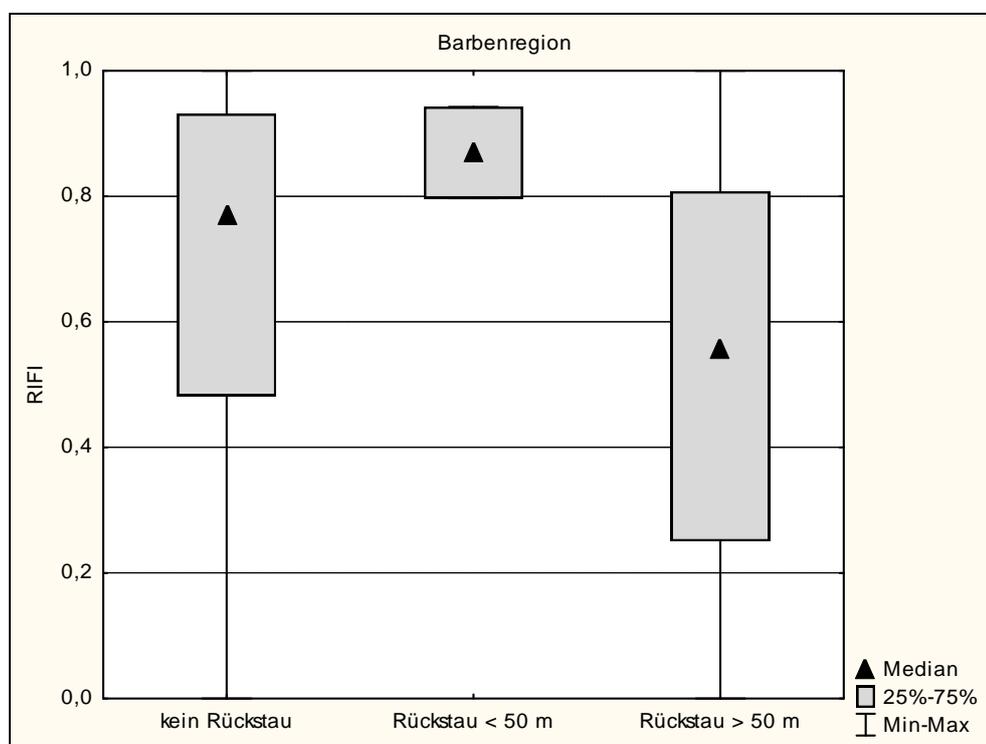


Abbildung 29: „Rheo-Index Fische RIFI“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m in der Barbenregion

In Abbildung 30 ist ein deutlicher Unterschied beim „ Δ RIFI“ zwischen fehlendem Rückstau und einem Rückstau > 50 m zu sehen. Zwischen Rückstau < 50 m und kein Rückstau ist hingegen kein Unterschied erkennbar. Wie bereits oben dargelegt, wird hier als eine mögliche Ursache die Länge der Befischungsstrecken, 300 bzw. 500 m, vermutet (siehe Kap. 2 d).

Bei den Untersuchungen ohne Rückstau sind die Streuungen zudem nur gering, da das Ergebnis sicherlich von den Untersuchungsbereichen der Forellen- und Äschenregion bestimmt wird.

So kommen in der Forellenregion natürlicherweise keine als stagnophil oder strömungsindifferent eingestuft Arten vor. Dies bedeutet, dass sowohl der RIFI_{Referenz} als auch der RIFI_{Probenahme} hier jeweils eine 1 ergeben; somit ist der Δ RIFI hier dann jeweils gleich 0).

Die z.T. negativen Werte sind dagegen hauptsächlich auf die begradigten und damit rithralisierten Abschnitte der Äschen- und Barbenregion zurückzuführen – im Vergleich zur jeweiligen Referenz findet man hier dann weniger strömungsindifferente und stagnophile Arten.

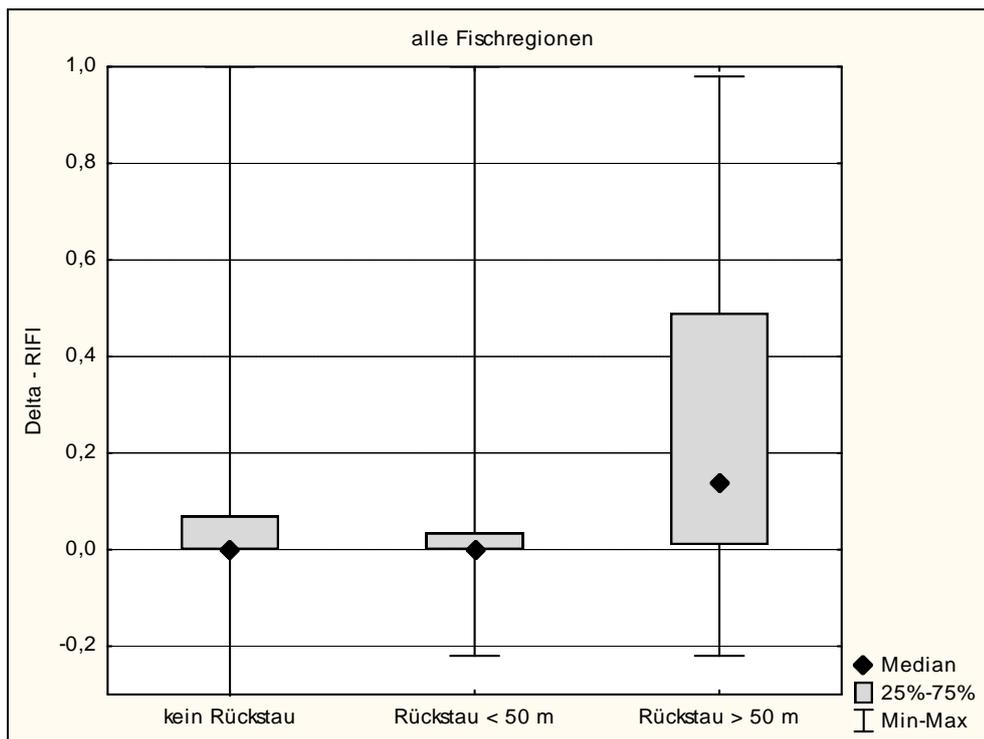


Abbildung 30: „ Δ RIFI“ bei fehlendem Rückstau sowie bei einem Rückstau < 50 m und > 50 m – betrachtet wurden hier alle Fischregionen

In nachstehender Abbildung 31 zeigt sich hier mit $r = 0,28$ von allen signifikanten Korrelationen (mit $p < 0,05$) die höchste Korrelation in Bezug zum Rückstau. Ohne Rückstau ist das 25-Perzentiel sogar negativ, d.h. es wurden mehr strömungsliebende Fische gefangen, als im Referenzzustand zu erwarten wären. Ursache dafür dürfte hauptsächlich in den Begradigungen zu suchen sein (Rhithralisierung) – siehe auch die Erläuterungen zu Abbildung 31.

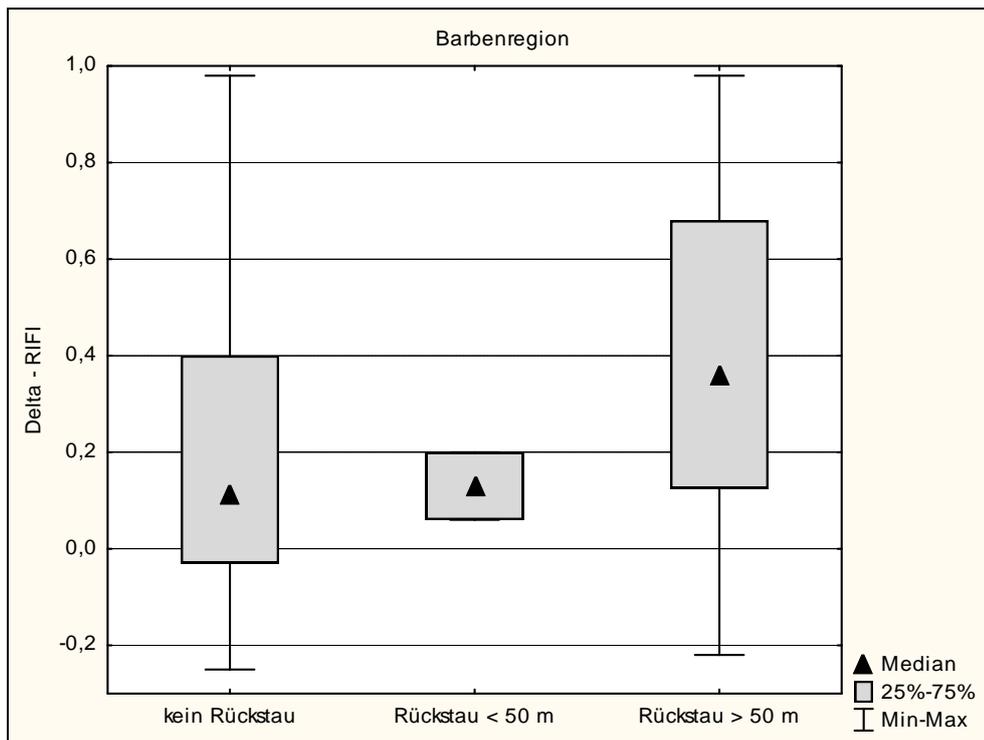


Abbildung 31: „ Δ RIFI“ – Rückstau Barbenregion

Die negativen Differenzen in der Kategorie „Rückstau > 50 m“ (hier insgesamt 9 x) sind andererseits vermutlich darauf zurückzuführen, dass nicht im gesamten Untersuchungsabschnitt ein Rückstau war. So wurden die „Ausreißerergebnisse“ alle in „kleineren“ Barbenregionen erzielt. Die untersuchten Abschnittslängen betragen hier jeweils 500 m; der Rückstau z.B. in der Lüder bei Großenlüder (MST_ID = 12593) erstreckte sich zum Zeitpunkt der Befischungen jedoch nur auf 100 bzw. 300 m. Auch dem Untersuchungsabschnitt an der Lahn oberhalb Cölbe (MS_ID 11407) wurde – entsprechend der Datenbank Wanderhindernisse ein Rückstau > 50m zugeordnet (WH_ID 22975). Dieser glatten Rampe ist mit einer Wasserspiegeldifferenz von 1,2 m in der Datenbank Wanderhindernisse ebenfalls ein Rückstau > 50 m zugeordnet. Dieser ist auf dem nachstehenden Bild der glatten Rampe gut zu erkennen.



Abbildung 32: Das Wanderhindernis 22975 mit erkennbarem Rückstau im Gewässerabschnitt 258_261

Die Befischungen fanden jedoch oberhalb des Rückstaubereichs statt (Gewässerabschnitte 258_263 bis 258_267). Bei den Befischungen wurde hier sowohl 2012 als auch 2015 kein Rückstau vermerkt. An dieser Messstelle führte die „automatische“ Verschneidung mit den Rückstaubereichen aus der Datenbank Wanderhindernisse somit zu einer fehlerhaften Zuordnung eines Rückstaubereichs > 50 m. Dies dokumentiert auch das nachstehende Bild des untersuchten Lahnabschnitts bei Cölbe. Die Lahn weist hier eher naturnahe Verhältnisse auf. Der Δ RIFI zeigte 2015 mit einem Wert von $-0,02$ nur eine minimale „Rheophilisierung/Rhitralisierung“ an. 2012 lag der Δ RIFI bei 0, der RIFI von 0,98 entsprach also genau dem RIFI des Referenzzustands mit überwiegend rheophilen Arten.



Abbildung 33: Der untersuchte Abschnitt der Lahn bei Cölbe oberhalb des Rückstaus (MST_ID 11407) © NZO Bielefeld

4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Im Rahmen dieses Projektes sollten Indikationsmöglichkeiten ermittelt werden, um Zusammenhänge zwischen der (Nicht-)Durchgängigkeit der Fließgewässer und der Fischfauna aufzeigen zu können.

Dazu wurde zum einen überprüft, ob es signifikante Abhängigkeiten zwischen der Gesamtbewertung fiBS bzw. einzelnen Qualitätsmerkmalen und dem Vorkommen von Wanderhindernissen ober- und unterhalb der jeweiligen Messstelle existieren.

Des Weiteren wurde untersucht, ob sich anhand des Vorkommens und der Häufigkeit einzelner Fischarten oder anhand weiterer Parameter Abhängigkeiten zu den bestehenden Wanderhindernissen erkennen lassen und ob sich der Rückstau eines Fließgewässers in den Befischungsergebnissen widerspiegelt.

Bezüglich der Überprüfung auf signifikante Abhängigkeiten zwischen fiBS und dem Vorkommen von Wanderhindernissen konnten nur wenige signifikante und nur geringe Korrelationen ermittelt werden. Es wurden dabei mehr signifikante Werte und etwas höhere Korrelationen festgestellt, je größer die Fischregion war.

Eventuell sind die niedrigen bzw. fehlenden Korrelationen in der Forellenregion z.T. aber auch darauf zurückzuführen, dass einige standorttreue Kurzdistanzwanderfische, wie die Groppe, keine vollständige Durchgängigkeit benötigen, sofern keine Wiederbesiedlung z.B. nach einem Störfall erforderlich wird. Dies wäre also insbesondere in der Forellenregion der Fall.

Die festgestellten niedrigen Korrelationen stehen zudem z.T. weniger mit der Durchgängigkeit an sich, sondern indirekt mehr mit der Gewässerstruktur im Zusammenhang, da die Regulierung der Fließgewässer durch Wanderhindernisse auch die Gewässerstruktur (Änderung der Habitatbedingungen durch Eigendynamik, Erosion & Sedimentation) verschlechtert.

Insgesamt zeigen die nur niedrigen bzw. fehlenden Korrelationen aber deutlich, dass ein bundesweiter Forschungsbedarf mit einem erweiterten Datensatz dringend notwendig ist.

- Zum Teil wurden bei fiBS sogar falsche Trends oder sehr große Streuungen (25-/75-Perzentil über alle Zustandsklassen) ermittelt (siehe Tabelle 3 und 5).
- Es wurden keine signifikanten Korrelationen hinsichtlich Indexklasse Durchgängigkeit beim Qualitätsmerkmal „Artenabundanz und Gildenverteilung“ und lediglich eine beim Qualitätsmerkmal „Fischregion“ festgestellt.
- Beim Qualitätsmerkmal „Migrationsindex“ konnten fast nur schlechte Zustände – unabhängig von der Zahl der Wanderhindernisse - ermittelt werden (siehe Abb. 9).

- Auch beim Rückstau konnten z.B. beim Qualitätsmerkmal „Migrationsindex“ keine und nur eine Korrelation beim Qualitätsmerkmal „Arten- & Gildeninventar“ festgestellt werden (siehe Tabelle 5).

Die Wiederherstellung der Durchgängigkeit ist mit hohen Kosten verbunden. Beispielsweise liegt allein in Hessen der geschätzte Investitionsbedarf bei ca. 150 Millionen Euro (siehe HMUKLV 2015a).

Bei einer Überarbeitung des Bewertungssystems sollten neben der Aufwärtspassierbarkeit und dem Rückstau zudem die hier nicht betrachteten weiteren Belastungsfaktoren, wie die Gewässerstruktur und stoffliche Belastungen (insbesondere Ammonium und Eutrophierung) mitberücksichtigt werden. Zudem wurde im Rahmen dieses Projektes der Flussabstieg nicht betrachtet. Problematisch bei der Wanderung abwärts (bei Wasserkraftnutzung) ist, dass sich die Fische oft mit der Hauptströmung treiben lassen und so direkt zu den Turbinen der Kraftwerke gelangen. Insbesondere Aale verletzen sich hierbei und verenden dann qualvoll (SRF 2017).

Im Bewertungsverfahren von Österreich (BMLFUW 2015) werden die kaum bzw. gar nicht korrelierenden Qualitätsmerkmale („Arten- & Gildeninventar“, „Artenabundanz und Gildenverteilung“ und Migrationsindex“) nicht verwendet.

Zudem werden in diesem Verfahren (FIA - Fish Index Austria) alle einzelnen Qualitätsmerkmale 5-stufig bewertet – es wird also bereits auf dieser Ebene – anders als bei fiBS - zwischen den Stufen mäßig, unbefriedigend und schlecht unterschieden. Die rechnerischen Abstände zwischen den einzelnen Zustandsklassen sind dabei immer gleich groß. Eine solche fünfstufige Einstufung auch bei einzelnen Qualitätsmerkmalen wäre auch für das Aufbaumodul bei Erfolgskontrollen (UBA 2014) – also für die Bewertung der Renaturierung anhand der Fische - sinnvoll.

Anzumerken ist hier jedoch, dass der berechnete Fischregionsindex des deutschen und österreichischen Verfahrens nicht zu 100 % gleich ausfallen. So stimmt in einigen Fällen der artspezifische Fischregionsindex einzelner Arten nicht genau überein (z.B. Bachforelle $FRI_{fiBS} = 3,75$ bzw. $FRI_{FIA} = 3,8$ oder Mühlkoppe $FRI_{fiBS} = 4,17$ bzw. $FRI_{FIA} = 4,0$). Zudem wird in Deutschland bei der Berechnung zusätzlich die artspezifische Fischregionsvarianz berücksichtigt (DUSSLING 2014), auf der anderen Seite werden in Österreich auch die invasiven Neobiota (Kesslergrundel und Marmorierte Grundel) berücksichtigt. Da aber für die Bewertung der ΔFRI berücksichtigt wird, dürften die Unterschiede bei den beiden Verfahren nur minimal und somit vergleichbar sein.

Es wird für die Überarbeitung angeregt, zu prüfen, ob einzelnen Fischarten über einen bestimmten Arealbedarf ein spezifischer Vernetzungsindex zugeordnet werden kann, mit welchem die fehlende Durchgängigkeit der Fließgewässer dann besser dokumentiert werden kann (siehe auch Anmerkungen Migrationsindex Kap. 3.a).

Gegebenenfalls lässt sich der hier erstmals erprobte RIFI noch weiter entwickeln, so dass auch in der Forellen- und Äschenregion deutlichere Ergebnisse angezeigt werden können (siehe Tabelle 5). So ist ggf. eine weitere Unterscheidung und unterschiedliche Gewichtung von 5 (rheobiont, rheophil, strömungsindifferent, stagnophil, stagnobiont) statt den jetzigen 3 Kategorien (rheophil, strömungsindifferent, stagnophil) zielführend. Analog der Kategorisierung der Fischarten im Bewertungsverfahren Österreichs (BMLFUW 2015) sind möglicherweise auch 7 Kategorien (katadrom, anadrom, rheophil A, rheophil B, rhithral, eurytop, stagnophil) sinnvoll.

Wie das Beispiel der Lahn bei Cölbe (Kap. 3.c) zeigt, ist bezüglich des Rückstaus vor einer Weiterentwicklung des RIFI auch die Zuordnung der Rückstaubereiche zu überprüfen und eine detailliertere Kategorisierung anzustreben (z.B. kein Rückstau, Rückstau < 50 m; Rückstau 50 - 100 m, Rückstau > 100 m – 300 m, Rückstau > 300 – 500 m, Rückstau > 500 m).

RIFI und Δ RIFI zeigen in der Barbenregion die negativen Auswirkungen eines Rückstaus deutlicher an als die fiBS-Gesamtbewertung (siehe Kap. 3.c). Da sich der im Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“ (BMVI & BMUB 2017) genannte mögliche Rückbau von Schleusen- und Wehranlagen auf die Fischfauna ökologisch deutlich positiver auswirken würde als lediglich ein Umbau der Schleusen- und Wehranlagen, könnte dies anhand von RIFI und Δ RIFI bei Wirksamkeits- und Effizienzkontrollen zur Fischfauna somit besser dokumentiert werden. Gemäß BMVI & BMUB (2017) gibt es allein an den rund 2.800 km Nebenwasserstraßen (i.d.R. Barbenregion) rund 120 Wehr- und 140 Schleusenanlagen, bei denen ein Rück- oder Umbau geprüft wird.

Bezüglich des Vorkommens und der Häufigkeit einzelner Fischarten lassen sich teilweise größere Abhängigkeiten zu den bestehenden Wanderhindernissen erkennen. Wie in Abbildung 22 und 24 zu sehen ist, zeigt sich vor allem bei der Barbe in der Äschenregion und der Nase in der Barbenregion eine relativ deutliche Abnahme bei der Anzahl der gefangenen Individuen mit zunehmender Zahl der Wanderhindernisse. Da die Nase meistens mit der Barbe vergesellschaftet und ebenfalls eine strömungsliebende Art ist, kann man davon ausgehen, dass beide Arten von den Wanderhindernissen selbst und über den Rückstau besonders beeinträchtigt werden. Diese Erkenntnis stärkt die Vermutung, dass hier ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Individuen und der Durchgängigkeit für diese beiden Arten besteht.

Sowohl beim Bachneunauge als auch bei der Groppe konnte jedoch keine eindeutige Abnahme mit zunehmender Wanderhindernisanzahl festgestellt werden. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Groppe zu den sehr standorttreuen Arten gehört. WERTH ET AL. (2011) geben für die Groppe eine Ausbreitungsdistanz von nur 12 bis 48 m an.

Beim Bachneunauge zeigte sich bei größerer Indexklasse in der oberen Forellenregion sogar eindeutig eine Zunahme. Laut „Atlas der Fische Hessens“ (2014) wird das Bachneunauge durch Querverbauungen aber stark beeinflusst, da es eigentlich nicht in der Lage ist, selbst niedrige Hindernisse zu überwinden.

Möglicherweise ist das hier nicht erwartete Ergebnis darauf zurückzuführen, dass in der oberen Forellenregion in einigen Indexklassen nur wenige Befischungen durchgeführt wurden. Eventuell wurden zudem nicht alle Individuen bei den Befischungen gefangen, da sich das Bachneunauge (hauptsächlich Larvenstadium) im Flusssediment eingräbt (HMUKLV (2014)). Möglicherweise ist die mit zunehmender Zahl an Wanderhindernissen ebenfalls zunehmende Zahl der Bachneunaugen aber auch darauf zurückzuführen, dass als Folge der Wanderhindernisse die für Bachneunaugen geeigneten Habitate – sandige Sohlenbereiche – zunehmen. Diese sind in den Oberen Forellenregionen der Mittelgebirge ansonsten eher selten.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Das Projektziel bestand darin zu prüfen welche Indikationsmöglichkeiten es gibt, Zusammenhänge zwischen der (Nicht)Durchgängigkeit der Fließgewässer und der Fischfauna anzuzeigen. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen zum Vorkommen der verschiedenen Wanderhindernisse in Hessen wurde geprüft, ob es signifikante Abhängigkeiten zwischen der Gesamtbewertung fiBS bzw. einzelnen Qualitätsmerkmalen (Arten-/Gildeninventar, Artenabundanz und Gildenverteilung, Altersstruktur, Migrationsindex, Fischregionsindex und /oder Vorkommen von dominanten Arten) und dem Vorkommen von Wanderhindernissen im Umkreis eines Untersuchungsabschnitts gibt. Es wurde ebenfalls untersucht ob sich anhand des Vorkommens und der Häufigkeit einzelner Fischarten oder anhand weiterer Parameter Abhängigkeiten zu den bestehenden Wanderhindernissen erkennen lassen. Hierfür wurden Indexklassen für die Durchgängigkeit ermittelt.

Des Weiteren wurde untersucht, ob sich der Rückstau eines Fließgewässers in den Befischungsergebnissen widerspiegelt. Es wurde analog zum „Rheo-Index Makrozoobenthos“ (BANNING 1998) sowohl für die einzelnen Befischungsergebnisse als auch für die jeweiligen Referenzen ein „Rheo-Index Fische (RIFI)“ berechnet und auf Korrelationen geprüft.

Zum einen wurde also überprüft ob signifikante Abhängigkeiten zwischen der Gesamtbewertung fiBS bzw. einzelnen Qualitätsmerkmalen und dem Vorkommen von Wanderhindernissen ober- und unterhalb der jeweiligen Messstelle existieren:

- Insgesamt konnten nur wenige signifikante und nur geringe Korrelationen ermittelt werden.
- Es wurden keine signifikanten Korrelationen hinsichtlich der Durchgängigkeit beim Qualitätsmerkmal „Artenabundanz und Gildenverteilung“ und lediglich eine beim Qualitätsmerkmal „Fischregion“ festgestellt.
- Beim Qualitätsmerkmal „Migrationsindex“ wurden hauptsächlich schlechte Zustände ermittelt.
- Hinsichtlich Rückstau wurden keine signifikanten Korrelationen beim Qualitätsmerkmal „Migrationsindex“ und nur eine beim Qualitätsmerkmal „Arten- & Gildeninventar“ festgestellt.
- RIFI und Δ RIFI zeigen in der Barbenregion die negativen Auswirkungen eines Rückstaus deutlicher an als die fiBS-Gesamtbewertung.

Bezüglich des Rückstaus ist vor einer Weiterentwicklung des RIFI die Zuordnung der Rückstaubereiche zu überprüfen und eine detailliertere Kategorisierung der einzelnen Fischarten anzustreben.

Des Weiteren wurde in der vorliegenden Arbeit untersucht, ob sich anhand des Vorkommens und der Häufigkeit einzelner Fischarten oder anhand weiterer Parameter Abhängigkeiten zu den bestehenden Wanderhindernissen erkennen lassen:

- Die fehlende Vernetzung wirkt sich deutlich auf die Anzahl der vorkommenden Fischarten, also auf die Biodiversität, aus.
- Bezüglich des Vorkommens und der Häufigkeit einzelner Fischarten lassen sich z.B. bei Nase und Barbe größere Abhängigkeiten zu den bestehenden Wanderhindernissen erkennen.
- Beim Bachneunauge und der Groppe konnten diese Abhängigkeiten nicht festgestellt werden.

Unbestritten ist, dass Wanderhindernisse definitiv zu einer Vernetzungsbeeinträchtigung führen. Zum Aufzeigen dieser Beeinträchtigung ist somit dringend ein weiterer Forschungsbedarf mit einem erweiterten bundesweiten Datensatz notwendig. Dabei sollten auch weitere, hier nicht betrachtete Belastungsfaktoren, wie die Passierbarkeit flussabwärts, die Gewässerstruktur und stoffliche Belastungen (insbesondere Ammonium und Eutrophierung) berücksichtigt werden.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- BANNING, M. (1998): Auswirkungen des Aufstaus größerer Flüsse auf das Makrozoobenthos - dargestellt am Beispiel der Donau. - Essener Ökologische Schriften, **9**, 285 S. (Westarp-Wissenschaften).
- BANNING, M. (2017): Vergleichende Untersuchungen von Fischen und Fischnährtieren in renaturierten und nicht renaturierten Fließgewässerabschnitten. – Jahresbericht 2016 HLNUG, S. 27 – 47.
- BMLFUW - BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2015) (Hrsg): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente in Österreich – Teil A1 – Fische.
[https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wisa/fachinformation/ngp/ngp-2015/hintergrund/methodik/bio_lf_2015.html; Stand: 09.02.2017].
- BMVI & BMUB - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR & BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (2017): Bundesprogramm Blaues Band Deutschland - Eine Zukunftsperspektive für die Wasserstraßen – beschlossen vom Bundeskabinett am 1. Februar 2017. [http://www.blaues-band.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/BBD_02_2017.pdf;jsessionid=34FB6E9DAF50177842E018383027313A.live21301?__blob=publicationFile&v=5; Stand: 07.02.2017].
- DUSSLING, U. (2014): Kurzbeschreibung des fischbasierten Bewertungssystems für Fließgewässer – fiBS – Version 8.1.1. [<http://www.lazbw.de/pb/,Lde/668444>; Stand: 09.02.2017].
- EU – EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- FISCHLEXIKON (Stand 2017): WESO Software GmbH, DE 111668270; Internetadresse: <http://www.fischlexikon.eu/fischlexikon/suesswasserfische> Zugriff am 12.03.2017
- HMULV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (2007): Handbuch zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – 5. Lieferung Handbuch Hessen Kap. 3.1. B.
[http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/hessenundlawahandbuchlieferung5/t3k3_1_b_lieferung5_070725.pdf; Stand: 07.02.2017].
- HMUKLV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMASCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (2014): Atlas der Fische Hessens; Verbreitung der Rundmäuler, Fische Krebse und Muscheln; Auflage 5.000, Band 2, 2014, S 43ff 48ff
- HMUKLV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMASCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (2015a): Bewirtschaftungsplan Hessen 2015 – 2021). [http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/BP2015-2021/_BP_Hauptdokument_BP2015-2021_.pdf; Stand: 07.02.2017].

- HMUKLV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMASCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (2015b): Maßnahmenprogramm Hessen 2015 – 2021. [http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/MP2015-2021/MP_Hauptdokument_151221.pdf; Stand: 07.02.2017].
- KUEMMERLEN, M.; STOLL, S.; HAASE, P. (2016): How barriers shape freshwater fish distributions: a species distribution 1 model approach; Senckenberg Research Institute and Natural History Museum Frankfurt, Department of River, Germany; University of Koblenz-Landau, Institute for Environmental Sciences, Germany; University of Duisburg-Essen, Faculty of Biology, Essen, Germany
- SCHWEIZER RADIO UND FERNSEHEN (SRF) (2017): Wasserwerk-Turbinen zerfetzen Tausende Aale [<https://www.srf.ch/sendungen/kassensturz-espresso/wasserwerk-turbinen-zerfetzen-tausende-aale>; Stand: 07.02.2017].
- TRÄBING, K. & S. THEOBALD (2016): Rhithrale fischökologische Zielerfüllung, Gewässerstruktur und Durchgängigkeit. – WasserWirtschaft **2/3**, S. 28 – 34.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2014): Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_43_2014_strategien_zur_optimierung_von_fliessgewaesser-renaturierung_0.pdf; Stand: 09.02.2017].
- VDF (VERBAND DEUTSCHER FISCHEREIVERWALTUNGSBEAMTER UND FISCHEREIWISSENSCHAFTLER E.V.) (2009) (Hrsg.): Handbuch zu fiBS – 2. Auflage: Version 8.0.6 – Hilfestellungen und Hinweise zur sachgerechten Anwendung des fischbasierten Bewertungsverfahrens fiBS [<http://www.lazbw.de/pb/,Lde/668444>; Stand: 09.02.2017].
- WERTH, S., WEIBEL, D., ALP, M., JUNKER, J., KARPATI, T., PETER, A., SCHEIDEGGER, C. (2011): Flussgebietsmanagement, Lebensraumverbund Fliessgewässer: Die Bedeutung der Vernetzung; «Wasser Energie Luft» – 103. Jahrgang, 2011, Heft 3, CH-5401 Baden.

7. ANHANG

- **Bewertungsparameter gemäß fiBS**
- Ökologischer Zustand

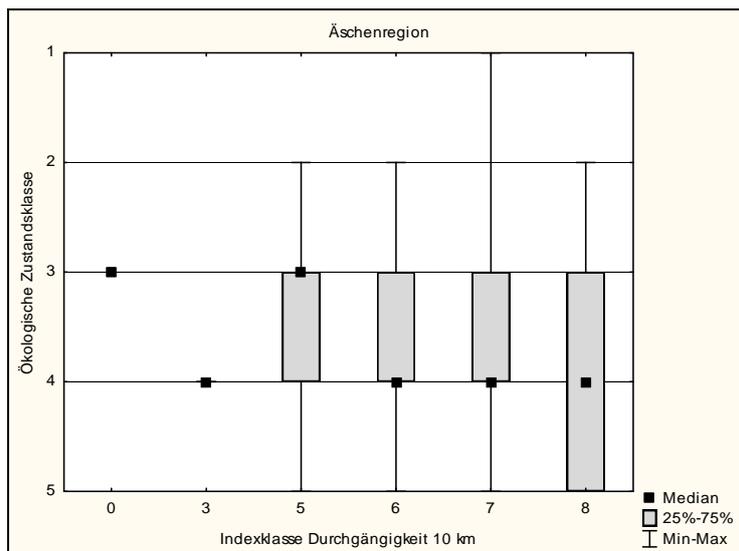


Abbildung 34: „Ökologischer Zustand“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km.

- ⇒ Bei Indexklasse 0 nur 1 Ergebnis, zu Indexklassen 1 und 2 leider keine Ergebnisse. Bei Indexklasse 3 nur 2 Ergebnisse, ab Indexklasse 5 zwischen 77 und 237 Ergebnisse. Die Korrelationen wären ggf. besser, wenn es mehr Untersuchungen in der Äschenregion ohne Wanderhindernisse gäbe.

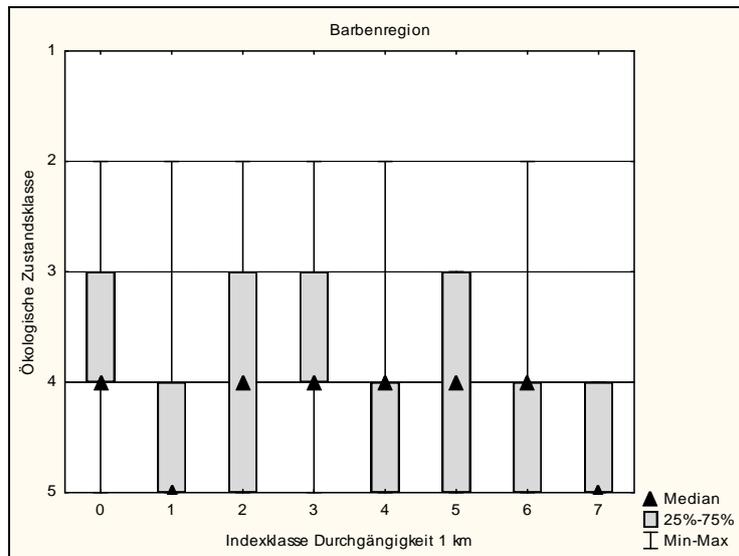


Abbildung 35: „Ökologischer Zustand“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

⇒ Median fast konstant bei 4 (unbefriedigend)

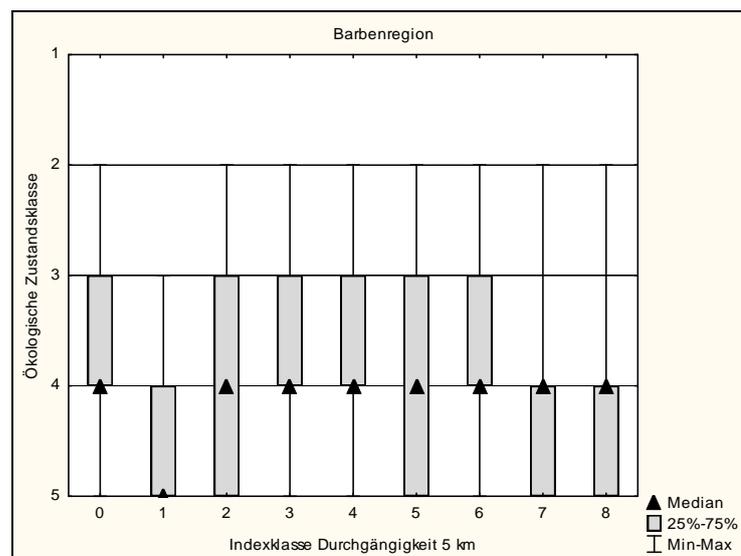


Abbildung 36: „Ökologischer Zustand“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

⇒ Median auch hier fast konstant bei 4 (unbefriedigend).

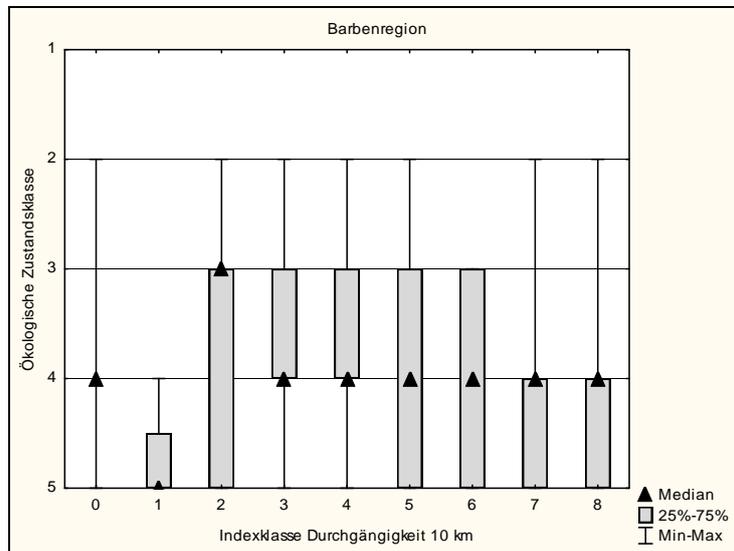


Abbildung 37: „Ökologischer Zustand“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

⇒ Median auch hier fast konstant bei 4 (unbefriedigend).

- Gesamtbewertung fiBS

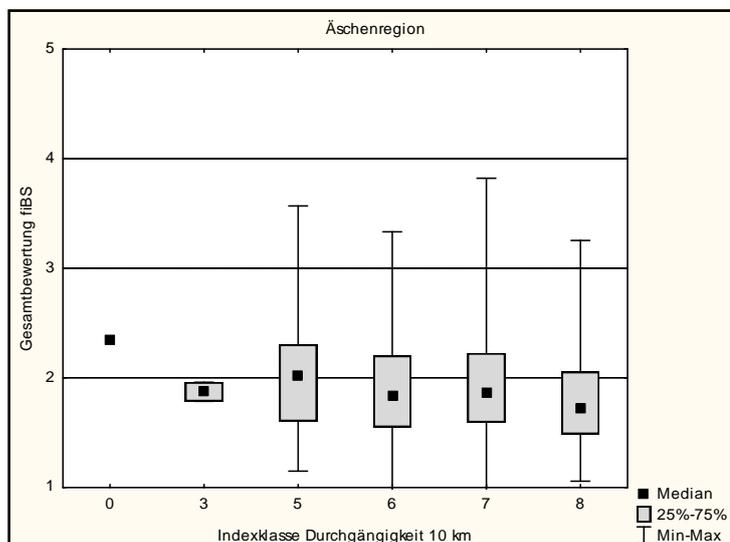


Abbildung 38: „Gesamtbewertung fiBS“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

⇒ Bei Indexklasse 0 nur 1 Ergebnis, bei Indexklasse 3 nur 2 Ergebnisse, ab Indexklasse 5 zwischen 77 und 237 Ergebnisse. Die Korrelationen wären ggf. besser, wenn es mehr Untersuchungen in der Äschenregion ohne Wanderhindernisse gäbe.

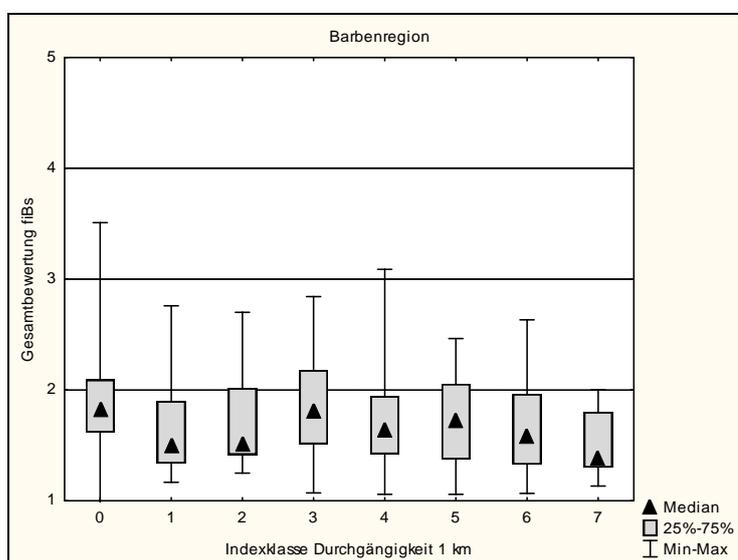


Abbildung 39: „Gesamtbewertung fiBS“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

⇒ Median liegt immer im unbefriedigendem ($\leq 2,0$) oder schlechten Zustand ($\leq 1,5$)

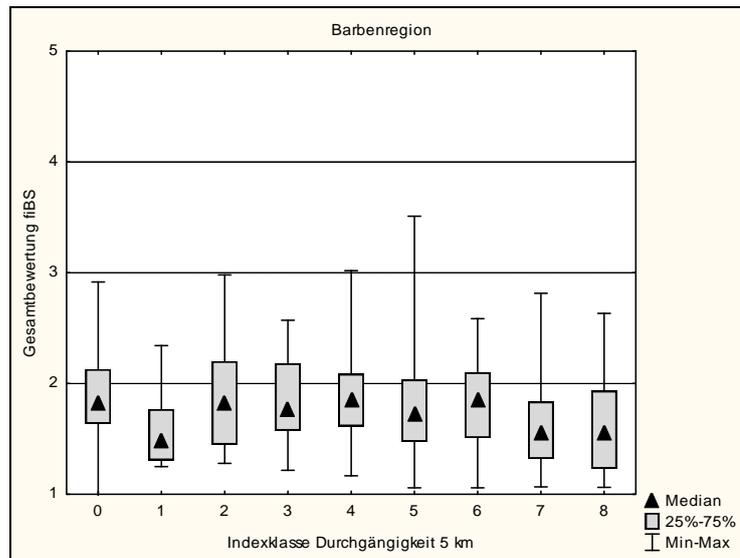


Abbildung 40: „Gesamtbewertung fiBS“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

⇒ Median liegt immer im unbefriedigendem ($\leq 2,0$) oder schlechten Zustand ($\leq 1,5$)

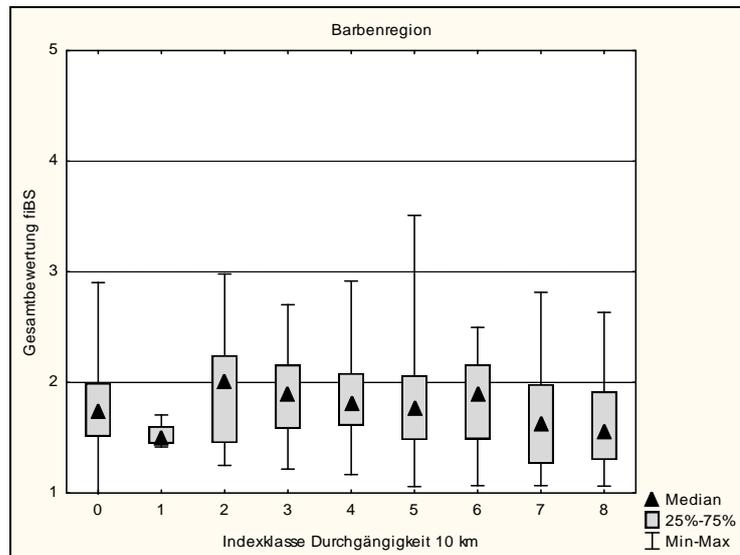


Abbildung 41: „Gesamtbewertung fiBS“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

- Arten- & Gildeninventar

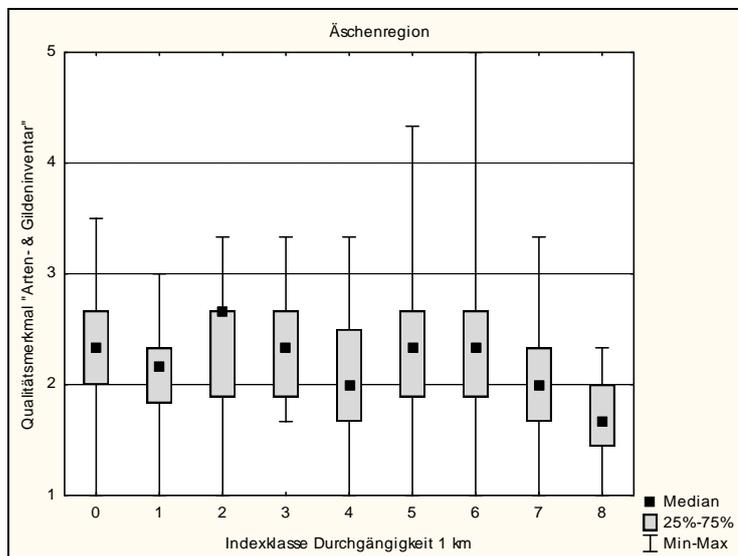


Abbildung 42: „Arten- & Gildeninventar“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

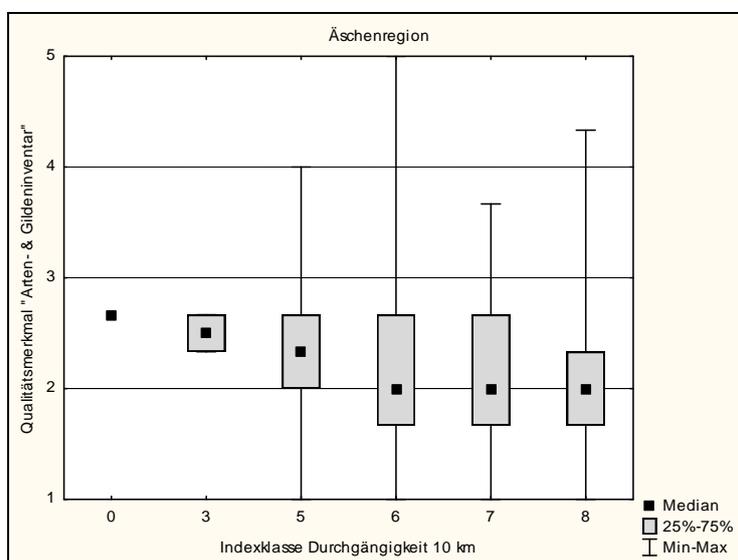


Abbildung 43 „Arten- & Gildeninventar“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

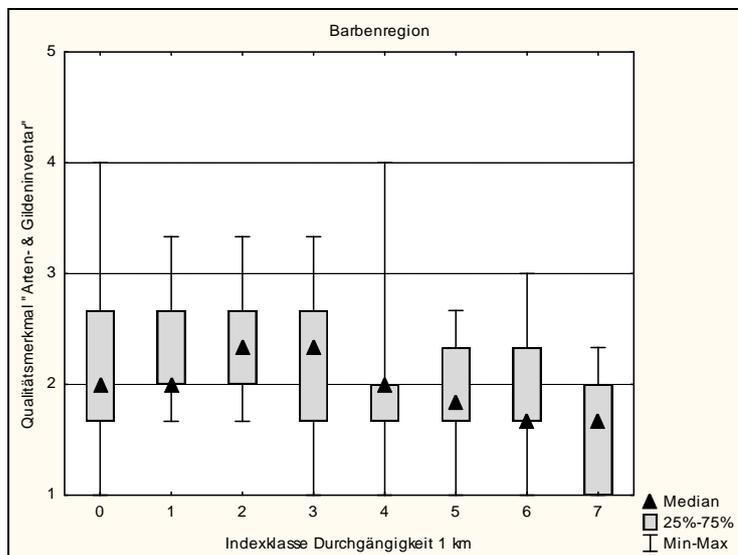


Abbildung 44: „Arten- & Gildeninventar“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

- Altersstruktur

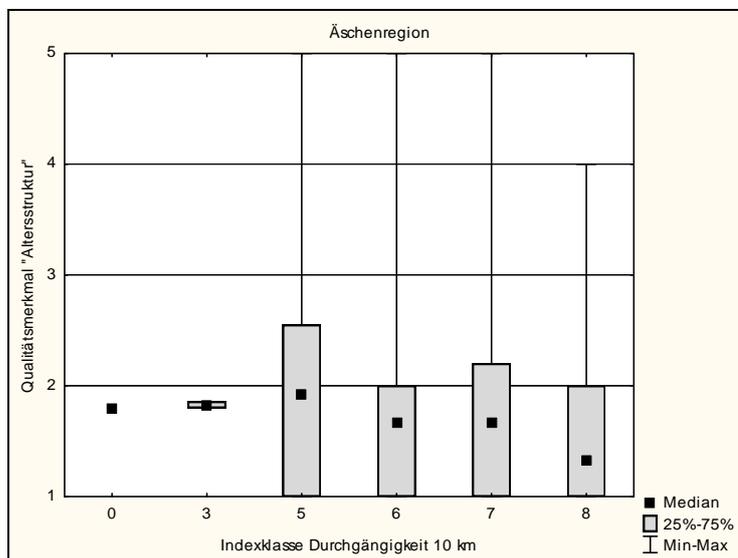


Abbildung 45: „Altersstruktur“ Äschenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

⇒ Median liegt immer unter 2; bei Indexklasse 0 nur 1 Ergebnis, bei Indexklasse 3 nur 2 Ergebnisse, ab Indexklasse 5 zwischen 77 und 237 Ergebnisse; das 25-75 %-Perzentil ist immer < 3 (= guter Zustand).

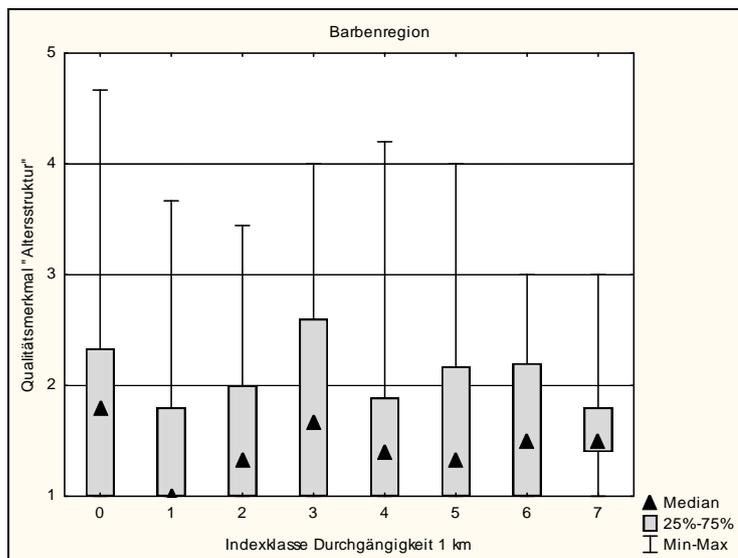


Abbildung 46: Abbildung „Altersstruktur“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

⇒ Median ist immer < 2

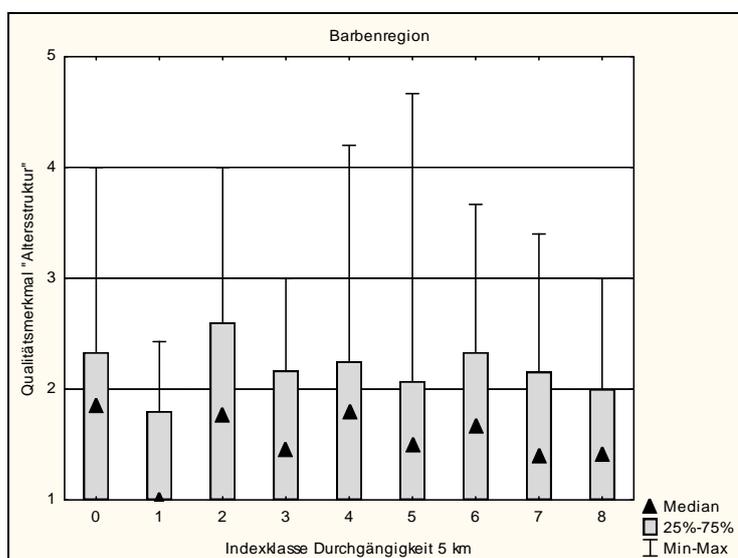


Abbildung 47: „Altersstruktur“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

⇒ Median ist immer < 2

- Migration

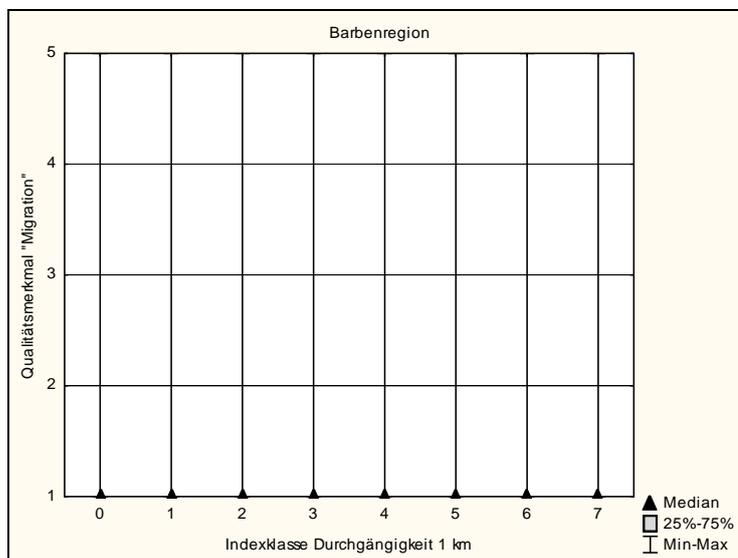


Abbildung 48: „Migration“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

⇒ signifikante „Korrelation“ ($r=-0,08$)

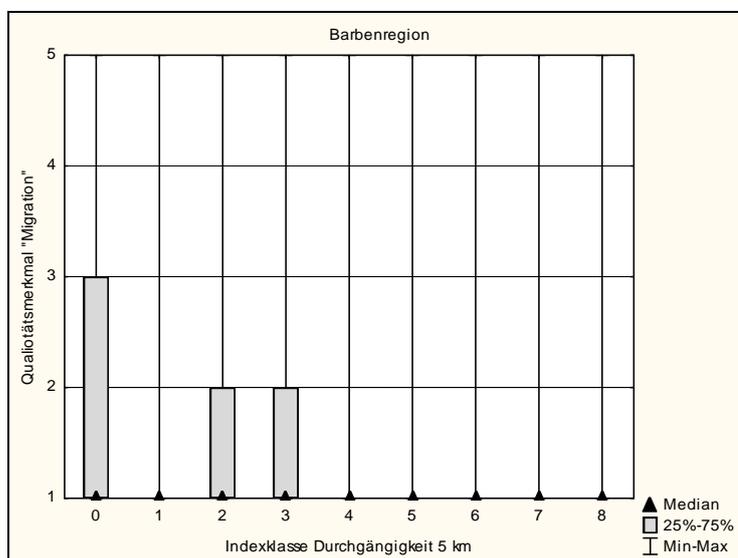


Abbildung 49: „Migration“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

⇒ Median immer bei 1 (mäßiger bis schlechter Zustand); das 75-Perzentil erreicht erfreulicherweise nur bei fehlenden Wanderhindernissen im Umkreis von 5 km (Indexklasse Durchgängigkeit = 0) knapp einen guten Zustand (Qualitätsmerkmal = 3)

- Fischregion

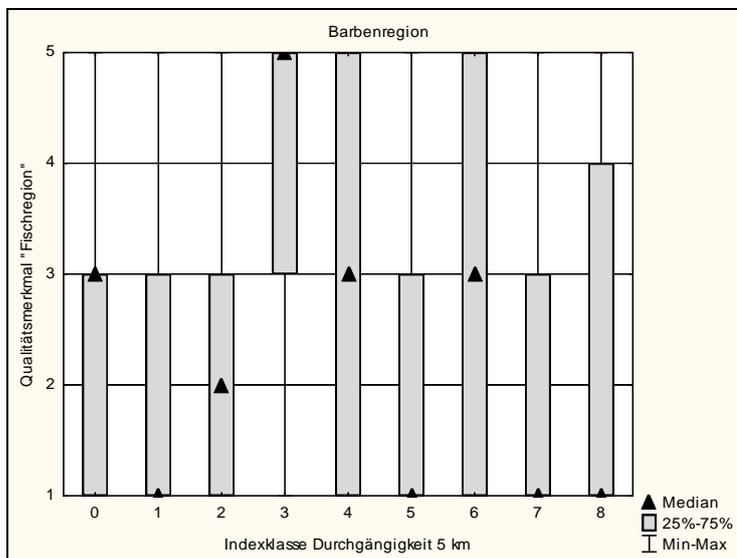


Abbildung 50: „Fischregion“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

⇒ signifikante „Korrelation“ ($r=-0,08$)

- Dominante Arten

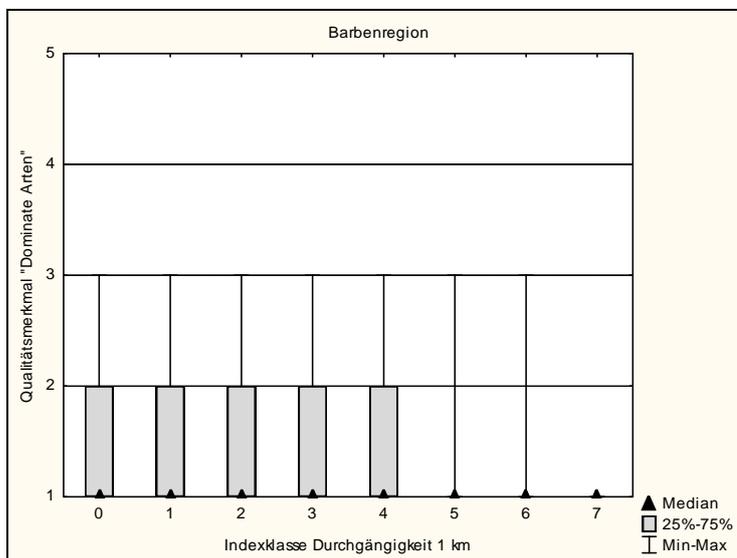


Abbildung 51: „Dominante Arten“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 1 km

⇒ Median immer bei 1 (mäßiger bis schlechter Zustand); 75-Perzentil immer 1 oder 2 (mäßiger bis schlechter Zustand)

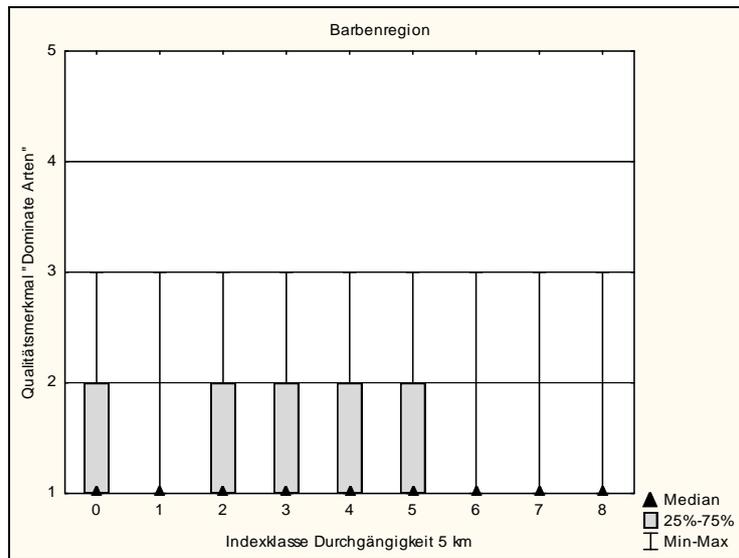


Abbildung 52: „Dominante Arten“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 5 km

⇒ mit $r = -0,21$ „größte“ festgestellte „Korrelation“; Median immer bei 1 (mäßiger bis schlechter Zustand); 75-Perzentil immer 1 oder 2 (mäßiger bis schlechter Zustand)

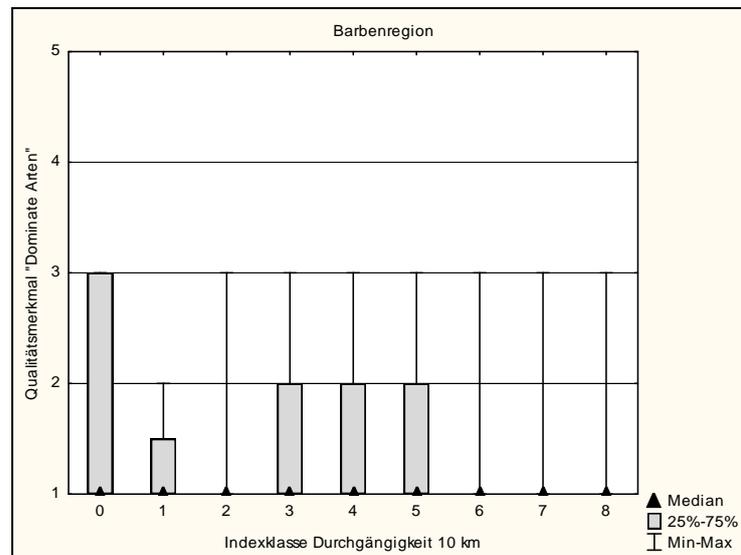


Abbildung 53: „Dominante Arten“ Barbenregion – Indexklasse Durchgängigkeit 10 km

⇒ mit $r = -0,21$ „größte“ festgestellte Korrelation; Median immer bei 1 (mäßiger bis schlechter Zustand); 75-Perzentil immer 1 oder 2 (mäßiger bis schlechter Zustand); nur bei Indexklasse 0 knapp im guten Bereich.

Vorkommen und Häufigkeit einzelner Fischarten

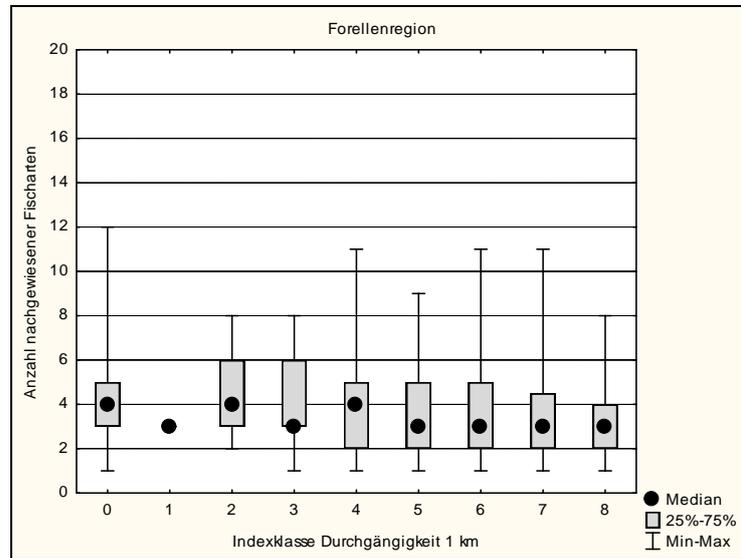


Abbildung 54: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 1 km in der Forellenregion

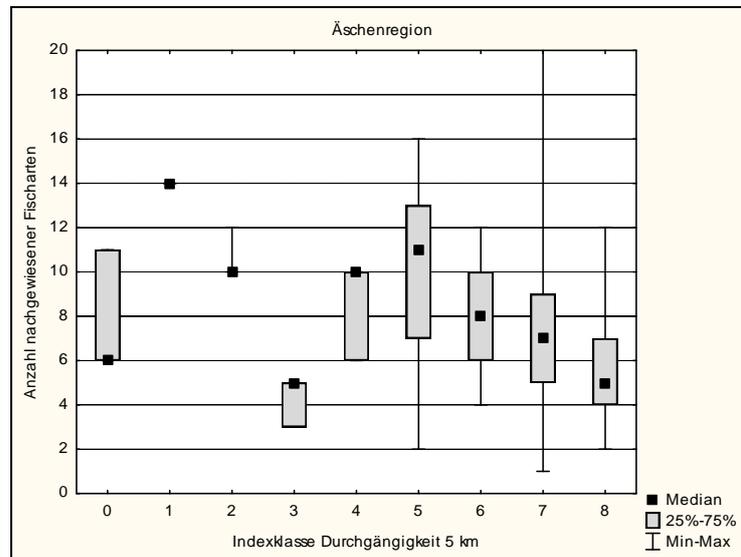


Abbildung 55: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 5 km in der Äschenregion

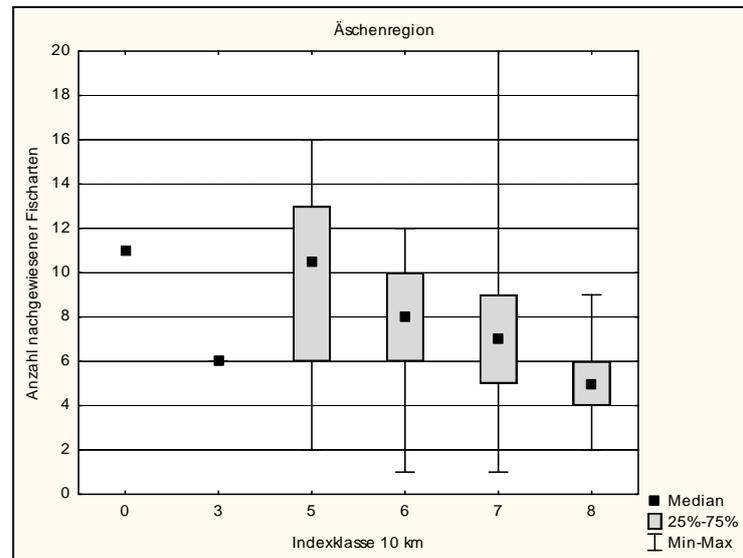


Abbildung 56: Anzahl nachgewiesener Fischarten, Indexklasse Durchgängigkeit 10 km in der Äschenregion

Rückstau und Rheo-Index Fische (RIFI)

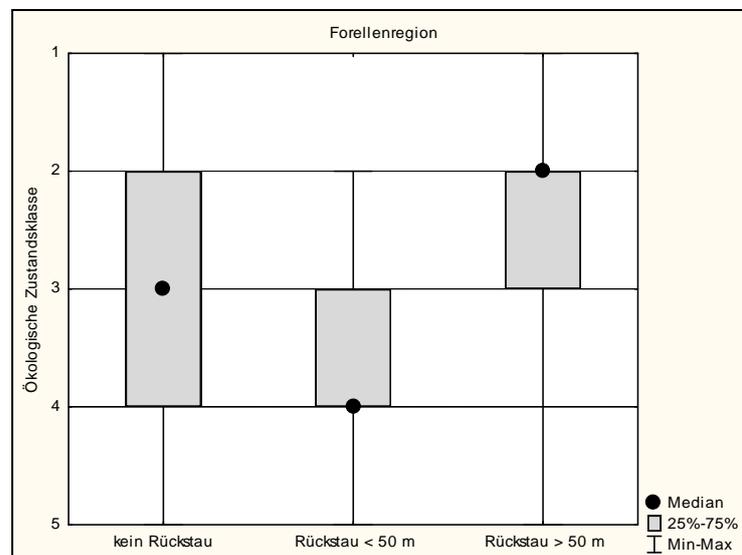


Abbildung 57: „Ökologischer Zustand“ – Rückstau Forellenregion

- ⇒ bei Rückstau > 50 m die besten Zustände (Median gut; 25-/75-Perzentil zwischen gut und mäßig); mögliche Ursache kann an den Längen der Untersuchungsabschnitte (hier jeweils 300 m) liegen

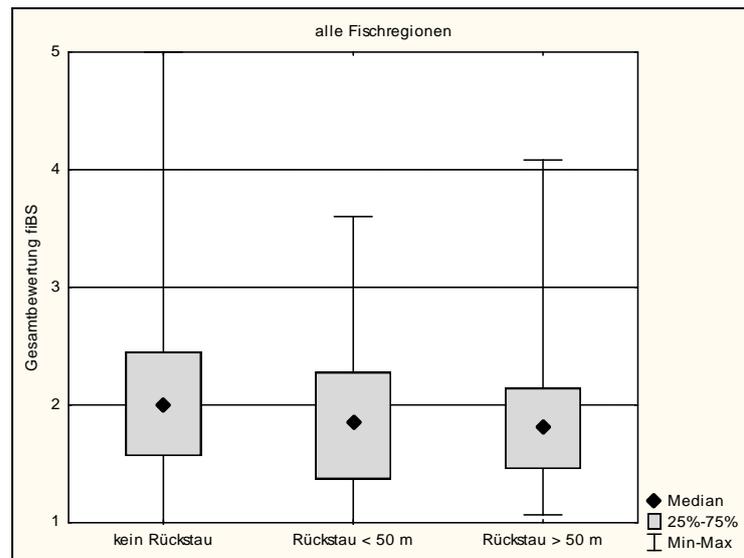


Abbildung 58: „Gesamtbewertung fiBS“ – Rückstau alle Fischregionen

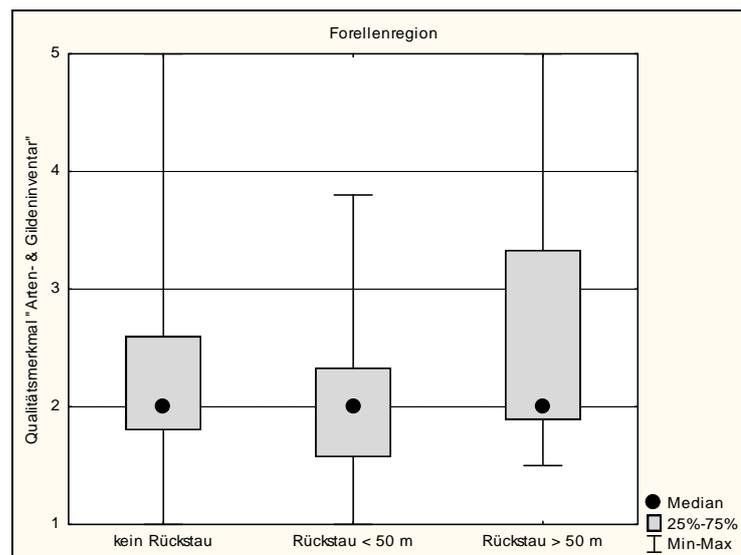


Abbildung 59: „Arten- & Gildeninventar“ – Rückstau Forellenregion

- ⇒ bei Rückstau > 50 m die besten Zustände (Median gut; 25-/75-Perzentil zwischen gut und mäßig); mögliche Ursache kann an den Längen der Untersuchungsabschnitte (hier jeweils 300 m) liegen

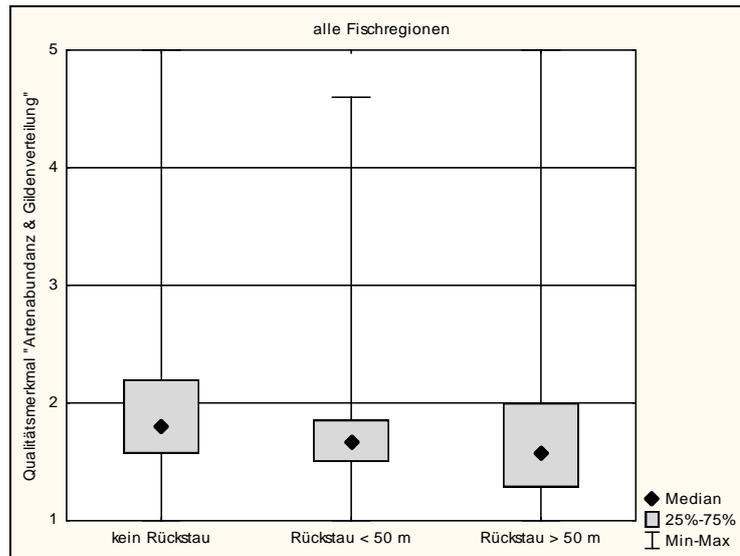


Abbildung 60: „Artenabundanz & Gildenverteilung“ – Rückstau alle Fischregionen

⇒ Median, und 25-/75-Perzentil jeweils nur im mäßigen bis schlechten Bereich

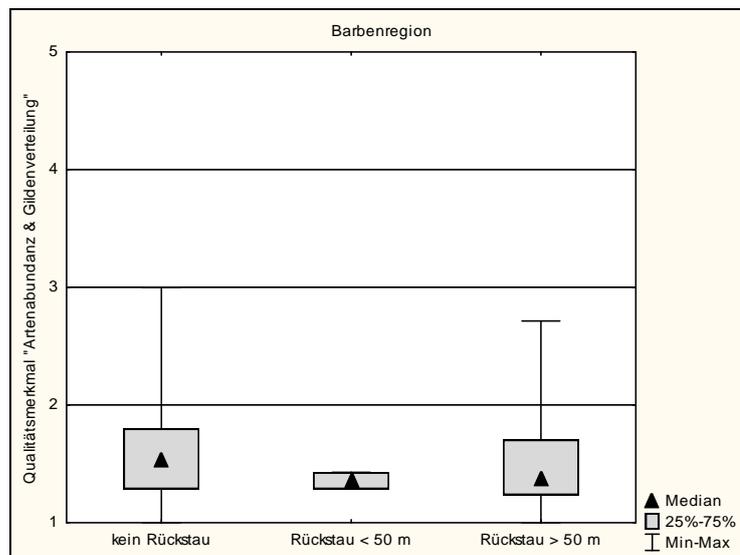


Abbildung 61: „Artenabundanz & Gildenverteilung“ – Rückstau Barbenregion

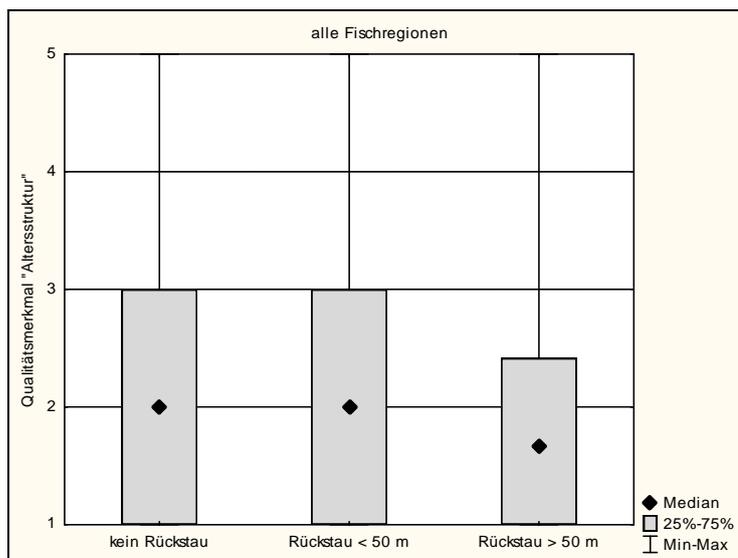


Abbildung 62: Abbildung „Altersstruktur“ – Rückstau alle Fischregionen

⇒ bei keinem Rückstau und bei Rückstau < 50 m) liegt zumindest das 75-Perzentil im guten Zustand (Qualitätsmerkmal = 3)

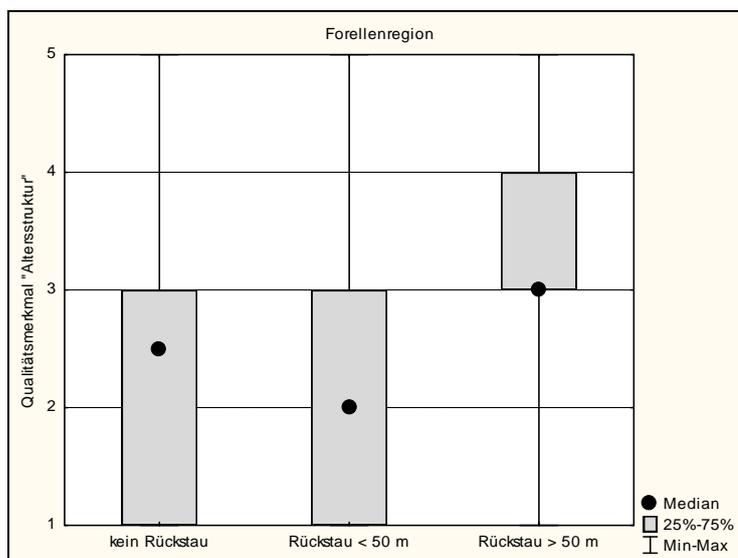


Abbildung 63: „Altersstruktur“ – Rückstau Forellenregion. „falsches Ergebnis“

⇒ bei Rückstau > 50 m die besten Zustände (Median & 25-/75-Perzentil guter Zustand (>3); mögliche Ursache kann an den Längen der Untersuchungsabschnitte (hier jeweils 300 m) liegen

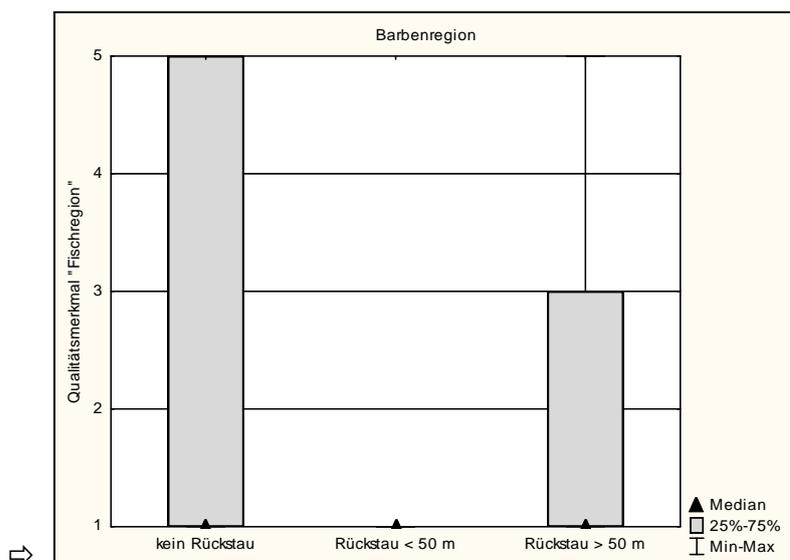


Abbildung 64: „Fischregion“ – Rückstau Barbenregion

- ⇒ Untersuchungen mit Rückstau < 50 m ist N= 2 => keine Streuung und keine Aussagekraft; zudem Befischungstrecken hier 500 m lang; Untersuchungen mit Rückstau > 50 m N=101 => gute Aussagekraft; ohne Rückstau große Streuung der Ergebnisse)

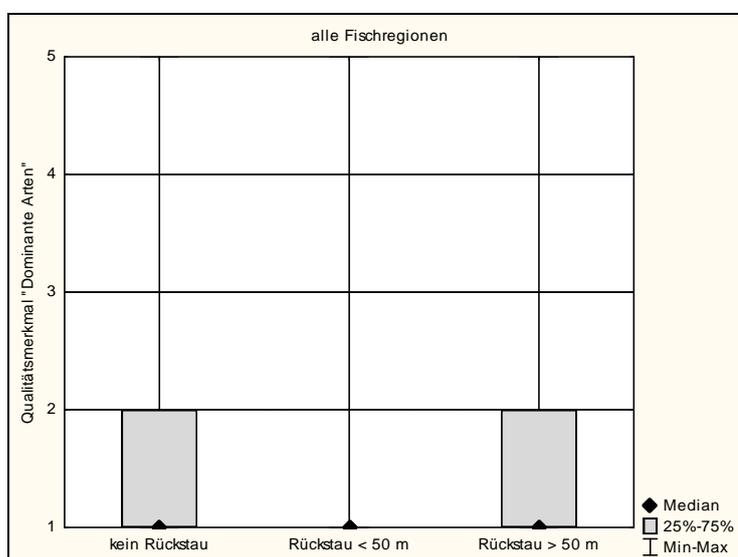


Abbildung 65: Abbildung „Dominante Arten“ – Rückstau alle Fischregionen

- ⇒ signifikante „Korrelation“