

OPERATIVES UND ÜBERBLICKSWEISES FISCHMONITORING 2019
WRRL SEEMONITORING
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WITTENSEE



Auftraggeber
Landesverband der Wasser- und Bodenverbände Schleswig-Holstein
vertreten durch das
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume

Auftragnehmer
Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow

Bearbeiter
David Ritterbusch

Im Oktober 2019

Zitation

Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow (2019): Operatives und überblicksweises Fischmonitoring 2019 Schleswig-Holstein: Wittensee. Im Auftrag Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume. 53 Seiten.

Untersuchte Qualitätskomponente

Fische

Stammdaten

Gewässerkategorie: Seen
Wasserkörper: 0449 Wittensee
Wasserkörpertyp: 13 Kalkreicher, geschichteter Flachlandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet
Flussgebietseinheit: Elbe
Bearbeitungsgebiet: 10: Obere Eider
federführendes Bundesland: Schleswig-Holstein

Einstufung 2. Bewirtschaftungszeitraum: natürlich

Einstufung 1. Bewirtschaftungszeitraum: natürlich

Umweltziel Ökologie 2. Bewirtschaftungszeitraum: guter ökologischer Zustand

Umweltziel Chemie 2. Bewirtschaftungszeitraum: guter chemischer Zustand

INHALT

Zusammenfassung	5
Einleitung, Aufgabenstellung	6
Gewässerinformationen	7
Morphometrie	7
Anthropogene Degradation	8
Biologie und Zustandsbewertungen	9
Methodik	10
Einbindung Berufsfischerei	10
Begleitmessungen	10
Befischungen	10
Elektrobefischungen	12
Netzbefischungen	15
Auswertung	16
Längen-Häufigkeitsdiagramme	16
Altersschätzungen und Wachstumsrückberechnungen	17
Entwicklungskategorien	17
Wachstumsgleichungen nach von Bertalanffy	18
Darstellung der Fangergebnisse	18
Mortalitäten	18
Fischbasierte Bewertung des ökologischen Zustandes nach DeLFI	20
Ergebnisse	21
Begleitmessungen	21
Befragung des Fischers	22
Altersstufen und Populationsaufbau	23
Längen-Häufigkeitsdiagramme	23
Altersschätzungen und Wachstumsrückberechnungen	25
Entwicklungskategorien	27
Elektrobefischungen	28
Stellnetzbefischungen benthisch	29
Stellnetzbefischungen pelagisch	29
Mortalitäten	30
Fischbasierte Gewässerzustandsbewertung nach DeLFI	32
Site	32
Type	32

Diskussion	34
Gewässer	34
Fänge	34
Reproduktion, Populationsaufbau und Wachstum.....	34
Mortalität	36
Fischbasierte Bewertung des ökologischen Zustands des Wittensees	37
Tauglichkeit des Bewertungsverfahrens DeLFI anhand der bisher bewerteten Seen in Schleswig-Holstein	38
Quellen	40
Anhang	45
Wissenschaftliche Artnamen.....	45
Korrelationen für die Wachstumsrückberechnungen.....	46
Netzfänge im Tiefenprofil.....	47
Bewertungstemplates DeLFI	48
DeLFI-Site.....	48
DeLFI-Type.....	50
Vergleichstabelle Befischungen in Schleswig-Holstein	53

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Monitorings der Fließgewässer und Seen in Schleswig-Holstein wurden im Jahr 2019 vom Institut für Binnenfischerei Fischbestandsuntersuchungen am Wittensee durchgeführt. Die Methodik der Untersuchungen richtete sich nach europäischen Normen für die Befischung von Seen mit Multimaschen-Stellnetzen (EN 14757 2015) sowie mit Elektrofangeräten (EN 14011 2003). Die Ergebnisse wurden aus biologischen und fischereilichen Gesichtspunkten analysiert. Zudem wurde das fischbasierte Verfahren zur Bewertung des ökologischen Zustands von Seen DeLFI angewandt.

Der Wittensee ist mit 993 ha sehr groß aber vergleichsweise flach (21 m maximal). Er ist stark nährstoffbelastet, trotz der Belastung finden sich hohe Makrophytenaufkommen. Nutzungsintensität und Uferverbau sind am Wittensee eher gering ausgeprägt.

Bei den Befischungen wurde ein geringes Fischaufkommen nachgewiesen. Bei den fischereilich bedeutsamen Arten hat der Wittensee ein gutes Aufkommen von Kleiner Maräne, Hecht und Barsch jedoch geringe Aufkommen von Aal und Zander. Letztere sind für nährstoffreichere Seen eigentlich charakteristisch. Es ließen sich keine Defizite der Reproduktion einzelner Fischarten feststellen. Der Fischbestand wies als Besonderheit geringe Aufkommen bzw. die Abwesenheit allgemein häufiger Cyprinidenarten auf: Blei, Güster, Rotfeder und Ukelei.

Die Bewertung des Fischbestandes mit dem DeLFI ergab für den Wittensee einen guten Zustand. Der DeLFI umfasst zwei Module, deren Ergebnisse verglichen wurden. Das Typbasierte Modul DeLFI-Type ergab einen guten bis mäßigen Zustand des Wittensees. Defizite zeigten sich im Fehlen kleiner Barsche. Der Sachverhalt ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine innerartliche Räuber-Beute-Beziehung und nicht auf Effekte anthropogener Beeinflussung zurückzuführen. Daher ist der ökologische Zustand gemäß DeLFI-Bewertung eher als gut einzuschätzen. Das gewässerspezifische und Referenzbasierte Modul DeLFI-Site ergab einen sehr guten Zustand. Im Hinblick auf die Belastungsintensitäten und die Ergebnisse anderer ökologischer Zustandsbewertungen waren die Ergebnisse des DeLFI-Type plausibler.

EINLEITUNG, AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen des Monitorings der Fließgewässer und Seen in Schleswig-Holstein wurden im Jahr 2019 vom Institut für Binnenfischerei Fischbestandsuntersuchungen am Wittensee durchgeführt. Die Methodik der Untersuchungen richtete sich nach europäischen Normen für die Befischung von Seen mit Multimaschen-Stellnetzen (EN 14757 2015) sowie mit Elektrofangeräten (EN 14011 2003).

Die Fänge wurden hinsichtlich Artenzusammensetzung und Populationsaufbau der Fischgemeinschaft in den Seen ausgewertet. Es wurden Arteninventar, die artspezifischen Häufigkeiten, das Wachstum und das Jungfischauftreten charakterisiert und bewertet.

Zudem wurde der „Verfahrensvorschlag zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Seen anhand der Fische“ (DeLFI) eingesetzt (Ritterbusch & Brämick 2015). Der DeLFI hat zwei Module, die je nach Gewässerfläche zum Einsatz kommen: Das Site-Modul basiert auf einem Vergleich der Referenzfischgemeinschaft mit der aktuellen Fischgemeinschaft auf Basis von Literaturdaten, Fischereistatistiken und Expertisen. Das Type-Modul basiert auf Stellnetzfangen nach dem o.g. EN 14757, die mit typspezifischen Referenzbedingungen verglichen werden.

Der DeLFI wurde mit beiden Modulen bereits an Seen Schleswig-Holsteins getestet (Neumann 2011, 2013; Ritterbusch 2017a). Die Ergebnisse der Befischungen am Wittensee werden im Zusammenhang mit den bereits vorliegenden Bewertungen zur Prüfung des DeLFI-Verfahrens genutzt.

GEWÄSSERINFORMATIONEN

MORPHOMETRIE

Der Wittensee befindet sich im Norden Deutschlands in Schleswig-Holstein, westlich von Kiel. Der See liegt ca. 7,5 km landeinwärts der Ostsee und 2,3 km nördlich des Nord-Ostsee-Kanals (Abb. 1).



Abb. 1: Lage des Wittensees (Karte Google earth (7.3.2.5776), abgerufen am 13.05.2019, Aufnahmedatum lt. Angabe 12.09.2016)

Der Wittensee hat eine auffällig quadratische Form. Er entspricht dem Seetyp 13 „Kalkreicher, geschichteter Tieflandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet“ in der Kategorisierung der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Mathes et al. 2002). Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von ca. 48 km² und ist relativ isoliert. Der Wittensee hat mehrere kleine Zuläufe (Maynbek, Habyer Au, Brobach, Mühlenbek). Der Ablauf ist die Schirnauer Au bei Bünsdorf. Diese führt in den Nord-Ostseekanal.

Durch die große Fläche des Beckens und die Ost-West-Ausrichtung des Beckens ist der See windexponiert. Dadurch kann die Schichtung des Wasserkörpers spät einsetzen und sich früh oder zwischenzeitlich wieder auflösen

Angaben zur Morphometrie des Gewässers finden sich in Tab. 1. Die Angaben zur Morphometrie des Sees stammen aus folgenden Quellen: Arp (2005); Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein (1995, 1999); MELUND (2019); WaFIS (2019).

Tab. 1: Morphometrische Angaben zum Wittensee (WaFIS 2019)

Morphometrie des Wittensees	
Fläche	993,1 ha
Volumen bei 3,81 m über NN	99 * 10 ⁶ m ³
Maximale Tiefe	21,4 m
Mittlere Tiefe	10,0 m
Uferlänge	14,5 km
Uferentwicklung	1,2
Theoretische Wasseraufenthaltszeit	6,6 a

ANTHROPOGENE DEGRADATION

Der Wittensee ist stark nährstoffbelastet. Quellen der Belastung sind zu 54 % diffuse Einträge aus landwirtschaftlichen Quellen (Versickerung, Erosion, Ableitung und andere), zu 28 % Niederschlag und zu 13 % Schmutzwasser/Abwasser aus Kläranlagen (WaFIS 2019). Einträge durch Wasservögel werden auf auf < 10 % geschätzt (Wesseler, pers. Mitt.). Die Jahresmittelwerte für den Gesamtposphorgehalt lagen lange Zeit über 100 µg/l, für das Jahr 2016 liegen erstmalig geringere Werte vor (Tab. 2). Während der Schichtung werden direkt über dem Grund sehr hohe Werte über 500 µg/l erreicht (MELUND 2019).

Tab. 2: Zusammenstellung trophischer Kennzahlen für den Wittensee für verschiedene Jahre. Quellen: a, b - (Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein 1995, 1999), c - (WaFIS 2019), d - (MELUND 2019), e - (Arp 2005).

	1990	1998	2004	2010	2016
TP gesamt µg/l (Jahresmittel)	160	110 ^d	150 ^e	140 ^d	80 ^d
TP Sommer Epilimnion	250	120-160 ^c	130-190 ^c	75-130 ^c	50-70 ^c
Sichttiefe		3,4 ^b	1,2-2,7 ^c	3,5 ^c	3,6-4,9 ^c
Trophische Kategorie	eutroph 2 ^b	eutroph 1 ^b	eutroph 1 ^e		

Vor dem in Tab. 2 dargestellten Zeitraum waren die Nährstoffgehalte noch deutlich höher. Durch den Bau von vier Kläranlagen und zahlreichen Hauskläranlagen wurden die Phosphoreinträge in den Wittensee zwischen 1975 und 1991 auf < 50 % gesenkt. Noch um 1990 herum gab es am Wittensee Algenmassenentwicklungen mit Badeverboten. Später in den 90er Jahren entwickelte sich die auch aktuell noch kennzeichnende ausgeprägte Unterwasservegetation. Auch nach 1990 verringerte sich der Nährstoffgehalt in den Zuläufen und weitere externe Einträge deutlich (Wesseler 2017, 2019). Der Zielzustand für den Wittensee (Seetyp 13) sind mesotrophe Verhältnisse mit Gesamtposphorgehalten unterhalb von 25-35 µg/l (LAWA 2013, 2015).

Die in Tab. 2 genannten Trophieparameter erlauben keine eindeutige Klassifikation für das Jahr 2016 – die Phosphorgehalte kennzeichnen nach LAWA (2013) ein hoch eutrophes Gewässer, die Sichttiefen eher ein schwach mesotrophes. Es ist davon auszugehen, dass das Wachstum des Planktons zeitweise Stickstoff-limitiert ist und die Trübung daher nicht den Phosphorgehalt reflektiert (Wesseler, pers. Mitt.).

Am Ufer des Wittensees finden sich Verbauungen wie Bootstege, künstliche Uferbefestigungen oder Slipanlagen. Bei einer Bewertung des äußeren Ufers mit emerser Vegetation wurden 87% des Ufers als schwer beeinträchtigt und kaum regenerierbar charakterisiert (Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein 1995). Diese schlechte Einschätzung trifft auf den aktuellen Zustand nicht mehr zu. Nach Abschätzungen des IfB an Google earth (7.3.2.5776) hat der Uferverbau an der Wasserkante einen eher geringen Umfang. Auch Fell und Fell (2016) bewerten die anthropogene Veränderung von Flachwasserzone und Uferzone als insgesamt gering.

BIOLOGIE UND ZUSTANDBEWERTUNGEN

Die ökologische Zustandsbewertung des Wittensees anhand von biologischen Qualitätselementen (BQE) nach Wasserrahmenrichtlinie ergab für mehrere Jahre einen mäßigen Zustand (Tab. 3). Ein mäßiger Zustand bedeutet, dass Maßnahmen zur Verbesserung durchgeführt werden müssen. Untersucht wurden das BQE Phytoplankton und das BQE Makrophyten/Phytobenthos mit beiden Teilbereichen.

Tab. 3: Ergebnisse von ökologischen Zustandsbewertungen nach Wasserrahmenrichtlinie am Wittensee in verschiedenen Jahren

BQE	2004	2005	2010	2013	2016	Quelle
BOE Phytoplankton	3		3		3	Arp and Maier (2017)
TK Makrophyten		3	3	3	3	Stuhr et al. (2016)
TK Diatomeen			3	4	4	Grothe et al. (2017)

Das Phytoplankton des Wittensees zeigt einen mäßigen ökologischen Zustand des Gewässers. Ursache sind ausgeprägte Kieselalgenblüten sowie das Fehlen von Arten mit geringem Nährstoffbedarf. Die Untersuchenden weisen auf die spezielle Situation am Wittensee hin. Durch die große Fläche ist der See sehr windanfällig, die Schichtung ist instabil oder kurz und die Sprungschicht tief. Dadurch werden die hohen Nährstoffgehalte nicht einem zu erwartendem Maß in Algenbiomasse umgesetzt (Arp 2005).

Die submerse Makrophytenvegetation des Wittensees wird als artenreich und bis in 4-6 m Tiefe meist dicht entwickelt beschrieben. Die mäßige Bewertung in den verschiedenen Untersuchungsjahren resultiert aus ausgeprägten Beständen von Tauchblattpflanzen eutropher Seen bzw. entsprechend geringen Vorkommen von Armleuchteralgen. Zudem weisen fädige Grün- und Blaualgen hohe Deckungswerte auf. Im Untersuchungszeitraum lassen sich tendenziell Verbesserungen erkennen. Anhand der unteren Makrophytengrenze lässt sich der Wittensee als mesotroph an der Grenze zu eutroph charakterisieren. Der Teilbereich Phytobenthos des BQE Makrophyten zeigt einen unbefriedigenden ökologischen Zustand des Wittensees an. Das Bewertungsverfahren basiert auf der Analyse der benthischen Kieselalgen-Gemeinschaft. Diese ist artenarm, nährstoffliebend und hat hohe Anteile von sog. Störzeigern. Während des Untersuchungszeitraums war eine Verschlechterung zu beobachten. In der Gesamtbewertung anhand von Makrophyten/Phytobenthos wird der Wittensee als in einem mäßigen ökologischen Zustand charakterisiert. Es ist eine Tendenz zur Verbesserung zu beobachten, die aber innerhalb des ökologischen Zustands mäßig bleiben. Letzter Absatz nach Stuhr et al. (2016) und Grothe et al. (2017).

METHODIK

EINBINDUNG BERUFSFISCHEREI

Der berufsfischereiliche Bewirtschafter des Wittensees, Herr Arne Bening, wurde in die Untersuchungen eingebunden. Er stellte Arbeits- und Bootsliegeplatz zur Verfügung, informierte über Gewässereigenschaften, Vorhandsein und Häufigkeit von Fischarten sowie über Besatzmaßnahmen. Zudem stand er für das Klären der Netze und die Bearbeitung des Fangs zur Verfügung.

BEGLEITMESSUNGEN

Zu den Untersuchungsterminen wurden die Secchi-Sichttiefe, der pH-Wert an der Wasseroberfläche sowie Tiefenprofile von Sauerstoffgehalt und Temperatur in 1m-Schritten gemessen (Messgerät WTW Multi 350i).

BEFISCHUNGEN

In der vorliegend beschriebenen Untersuchung wurden Uferrandbefischungen mit einem Elektrofängergerät sowie Netzbefischungen mit benthischen und pelagischen Multimaschen-Stellnetzen durchgeführt. Abb. 2 zeigt eine Übersicht der Stellorte der Netze sowie der Lage der elektrisch befischten Uferstrecken.

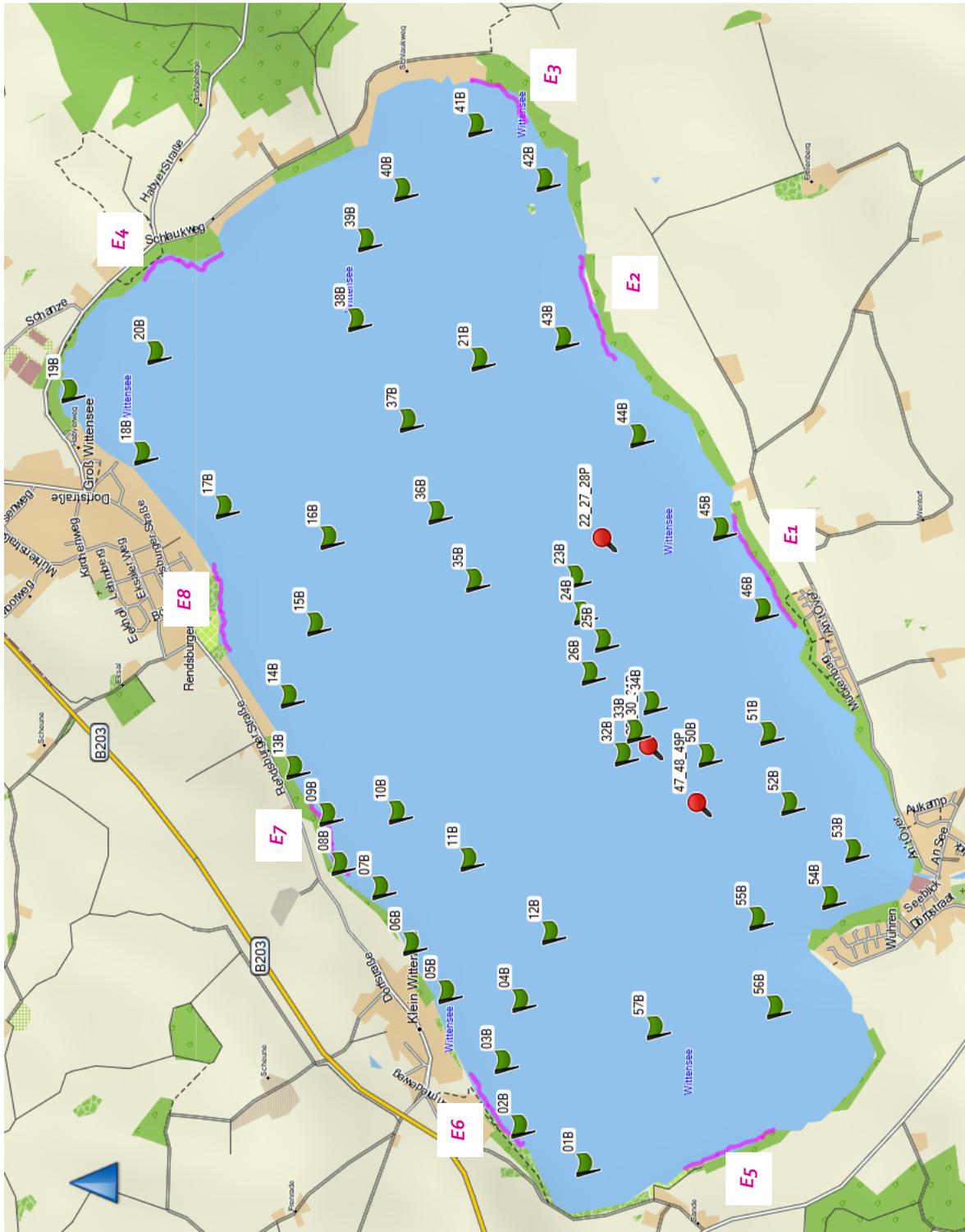


Abb. 2: Lage der Befischungsstrecken am Wittensee. Grüne Markierung: benthisches Netz, rote Markierung: pelagisches Netz, violette Linie: elektrisch befischte Strecke. Darstellung Basecamp (4.7.0) mit Karte TOPO DE (2013).

Elektrobefischungen

Zum Nachweis von Fischarten der Uferzone wurden die Gewässer vom Boot aus elektrisch befischt. Bei den Befischungen wurden das Generator-Gerät FEG 5000 der Firma EFKO Leutkirchen genutzt. Auftragsgemäß wurden acht Befischungen mit einem Aufwand von jeweils 100 Dips durchgeführt (Streckenlänge mindestens 300 m Länge). Die gefangenen Fische wurden im Fischkasten des Bootes zwischengehäkelt, bis die Befischung der jeweiligen Strecke beendet war. Von allen Fischen wurde die Art bestimmt und die Totallänge in mm gemessen. Die Fische wurden individuell vermessen. Im vorliegenden Bericht werden eindeutige deutsche Namen für die Fischarten verwendet, die zugehörigen lateinischen Artnamen finden sich im Anhang.

Die Streckenverläufe wurden mit einem GPS-Gerät aufgezeichnet (Abb. 2). Die Strecken deckten die vier Uferseiten und die vorhandenen Habitat ab.

Nachfolgend wird eine Übersicht der Strecken mit Lage, Strukturbeschreibung, Befischungsaufwand und jeweils zwei charakterisierenden Fotos dargestellt. Weitere Fotos werden elektronisch zur Verfügung gestellt.

- Strecke 1 - Südufer Mitte: Flachwasser bis ca. 0,5 m, steiniges Substrat, vereinzelt Schilfröhricht, etwas Baumüberhang und Totholz, Fadenalgen, geringe Anteile Uferverbau (Abb. 3). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 567 m, Dauer 15 min.
- Strecke 2 - Südufer östlich: Flachwasser bis ca. 0,3 m, steiniges Substrat, Schilfröhricht, Baumüberhang und Totholz, Fadenalgen (Abb. 3). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 513 m, Dauer 14 min.
- Strecke 3 - Ecke Südufer/Ostufer: Flachwasser bis ca. 0,3 m, überwiegend sandiges Substrat, Schilfröhricht, wenig Baumüberhang, wenig Fadenalgen (Abb. 3). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 351 m, Dauer 16 min.
- Strecke 4 - Ostufer nördlich: Flachwasser bis ca. 0,5 m, zunächst steiniges, dann sandiges Substrat, ganz vereinzelt Schilfröhricht, etwas Baumüberhang und Totholz, auf Steinen Fadenalgen, nennenswert Uferverbau (Abb. 3). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 461 m, Dauer 15 min.
- Strecke 5 - Westufer: Flach abfallend, sandig, Gehölzüberhang und Totholz. Substrat überwiegend steinig mit Fadenalgen, teilweise sandig (Abb. 4). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 458 m, Dauer 21 min.
- Strecke 6 - Nordufer westlich: Uferverbau prägend am Ufer und auch im Gewässer, Gehölzüberhang. Substrat steinig mit Fadenalgen (Abb. 4). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 346 m, Dauer 17 min.
- Strecke 7 - Nordufer Mitte-West: Flachwasser, Ufer Waldrand und Schilfröhricht. Substrat steinig mit vielen Fadenalgen (Abb. 4). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 433 m, Dauer 14 min.
- Strecke 8 - Nordufer Mitte-Ost: Waldrand, Schilfröhrichte und Uferverbau. Flachwasser mit steinigem Substrat und vielen Fadenalgen (Abb. 4). Befischt mit 100 Dips, Streckenlänge 445 m, Dauer 15 min.

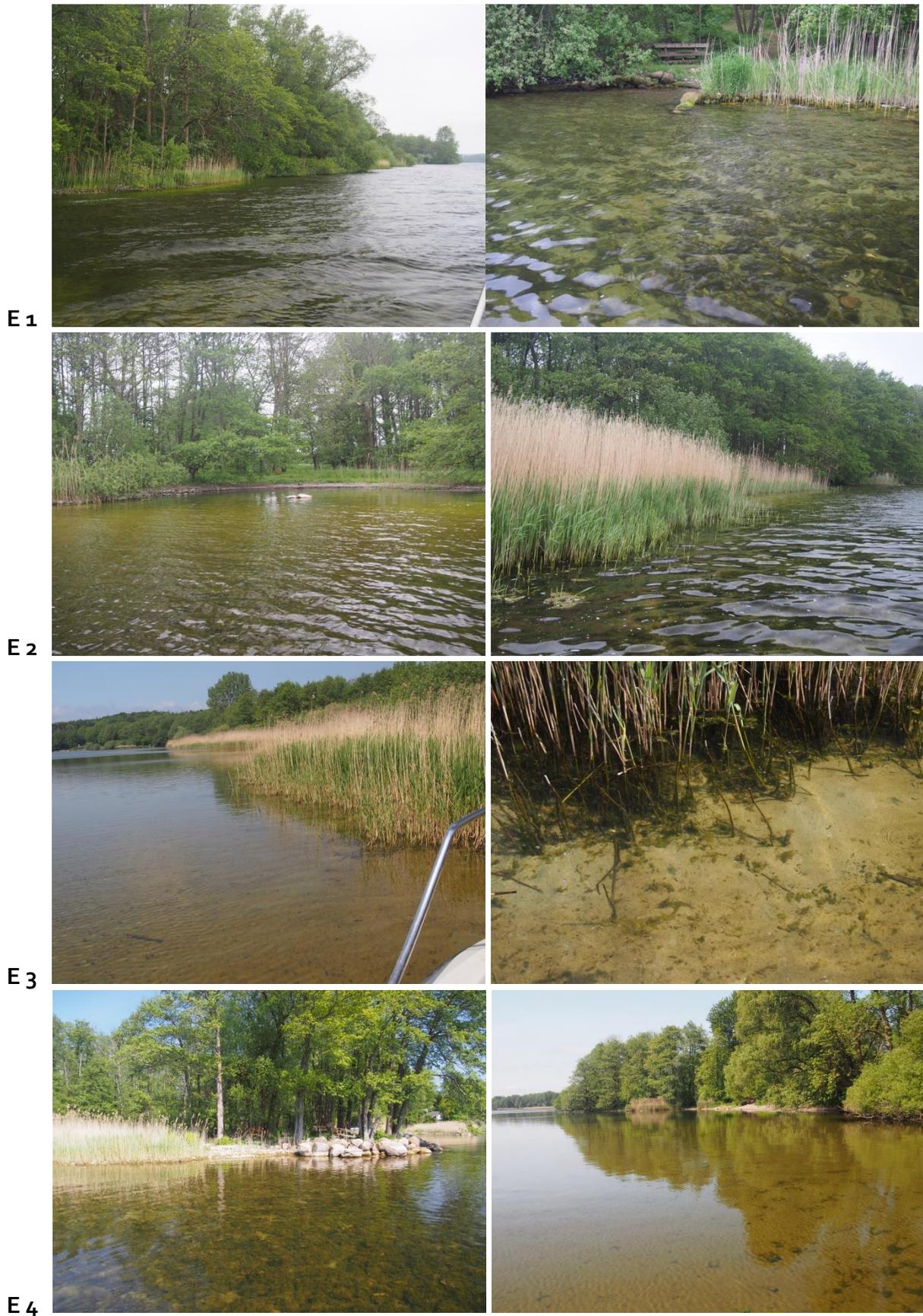


Abb. 3: Fotos zur Charakterisierung der elektrisch befischten Uferabschnitte E1 bis E4.



Abb. 4: Fotos zur Charakterisierung der elektrisch befisheten Uferabschnitte E5 bis E8.

Netzbefischungen

Der Fischbestand wurde mit benthischen Stellnetzen nach einem Europäischen Standardverfahren (EN 14757 2015) repräsentativ beprobt. Hierbei wurden normierte Multimaschennetze randomisiert in verschiedenen Tiefenbereichen des Sees gestellt. Die Anzahl der auszubringenden Netze richtete sich nach der Gewässerfläche und -tiefe. Die Netze haben eine Standardlänge von 30 m und eine Höhe von 1,5 m (die Fläche ist 45 m²). Die Netze bestehen aus 12 Netztüchern der Maschenweiten 43/19,5/6,25/10/55/8/12,5/24/15,5/5/35/29 mm. Jedes Netztuch hat eine Länge von 2,5 m. Bei der Probennahme des IfB kamen Netze der o.g. Spezifikation mit zusätzlichen Großmaschen zum Einsatz. Jedes Netz hatte zusätzlich vier Netztücher mit den Maschenweiten 70, 90, 110 und 135 mm. Nach den Vorgaben des EN 14757 werden die Fänge in den großen Maschenweiten gesondert aufgenommen und ausgewertet. Die Abschnitte werden nicht als Netzfläche bei der Berechnung der Einheitsfänge berücksichtigt. Da in den genannten Maschenweiten kein Fisch gefangen wurde, tauchen diese Netzteile in der nachfolgenden Auswertung nicht auf. Es wird mit einer Netzfläche von 45 m² gerechnet.

Es wurden auch pelagische Netze gestellt. Der EN-Standard umfasst keine eindeutigen Vorgaben zur Anzahl der pelagischen Netze. Empfohlen wird mindestens eine Netzsäule, die das gesamte Tiefenprofil an der tiefsten Stelle des Sees abdeckt. Gemäß Leistungsbeschreibung wurden drei pelagische Netzsäulen von 0 – 18 m Tiefe gestellt.

Pelagische Netze werden ebenfalls in den verschiedenen Tiefenzonen gestellt. Nach EN-Standard sollten die Netze vorzugsweise den beschriebenen benthischen Netzen gleichen, können aber höher sein. Das IfB nutzt 6 m hohe Netze ohne die Maschenweite 5 mm (EN 14757 2005). Die pelagischen Netze hatten zusätzlich ein großmaschiges Paneel mit einer Maschenweite von 70 mm. Auch dieses hätte gesondert ausgewertet werden müssen. Da hier ebenfalls keine Fische gefangen wurden, wird es im weiteren Bericht nicht berücksichtigt. Die Netzfläche eines pelagischen Netzes beträgt demnach 165 m² (11 Paneele zu je 2,5*6 m).

Die Anzahlen der in den verschiedenen Tiefenzonen gestellten benthischen und pelagischen Netze zeigt Tab. 4. Die Positionen der Netze wurden mit einem Garmin GPS Gerät Oregon 650 aufgenommen und ist in Abb. 2 dargestellt.

Tab. 4: Zahlen gestellter Netze in den einzelnen Tiefenbereichen für benthische und pelagische Netze, Durchführung exakt nach EN 14757 (2015).

Tiefenbereich [m] benthisch	Anzahl Netze 30*1,5 m	Tiefenbereich [m] pelagisch	Anzahl Netze 30*6 m
00-03	10	00-06	3
03-06	10		
06-12	10	06-12	3
12-20	10	12-18	
20-35	8	18-24	3
Gesamt	48		9

Der Fangzeitraum liegt für die Norddeutsche Tiefebene üblicherweise zwischen Anfang Mai und Ende Oktober. Die Netze werden 2-3 h vor der Abenddämmerung ausgebracht und 2-3 h nach der Morgendämmerung eingeholt. Somit sind die zwei Phasen größter Aktivität

der Fische eingeschlossen. Der einheitliche Zeitbezug ist eine „Netznacht einschließlich zweier Dämmerungsphasen“.

Von allen gefangenen Fischen wurde die Art bestimmt, die Totallänge in [mm] gemessen und die Masse auf ein [g] genau gewogen. Alle Fische wurden individuell vermessen, Massenfänge von Klein- oder Jungfischen kamen nicht vor.

Gemäß Standardvorgaben sollen die Netze bei epilimnischen Wassertemperaturen über 15°C ausgebracht werden. Durch außergewöhnlich kühle Temperaturen Ende April und im Mai 2019 lagen die Wassertemperaturen mit 13,6°C geringfügig unter dem Richtwert. Nach den Befischungsergebnissen hatten die Fischarten ihre Laichaktivitäten bereits weitgehend abgeschlossen. Zudem wurden alle zu erwartenden Arten in entsprechender Häufigkeit gefangen. Im Datensatz, der zur Entwicklung des DeLFI genutzt wurde, stammen 15% aus dem Monat Mai (ca. 1/6 von 6 Befischungsmonaten Mai bis Oktober). Die Befischungen lassen sich demnach als repräsentativ bezeichnen und sind für die Anwendung des DeLFI geeignet.

AUSWERTUNG

Längen-Häufigkeitsdiagramme

Im Vorhaben wurden Fische mit benthischen Netzen, pelagischen Netzen und Elektrofischerei gefangen. Für alle Fischarten, von denen über zehn Individuen gefangen wurden, wurden Längen-Häufigkeitsdiagramme erstellt.

Dabei werden alle Fanggeräte einbezogen. Die Klassenbreite der Diagramme wurde artspezifisch gewählt, sie richtete sich nach der Maximallänge der Fische im Fang (Tab. 5).

Tab. 5: Klassenbreiten der Längen-Häufigkeitsdiagramme und Erläuterungen.

Klassenbreite [cm]	Fischarten	Erklärung Klassenbreite	Maximallänge Abbildung [cm]
0,5	Dreistachliger Stichling, Steinbeißer	0,5 ist 0,3 - 0,7 1,0 ist 0,8 - 1,2 ...	10
1	Kaulbarsch, Kleine Maräne, Quappe Barsch, Plötze	1 ist 0,5 - 1,4 2 ist 1,5 - 2,4 ...	23 bzw. 33
4	Aal	4 ist 2,1 - 6,0 8 ist 6,1 - 10,0 ...	60

Anhand der Längen-Häufigkeitsverteilungen werden Kohorten identifiziert; diese entsprechen den Spitzen von Normalverteilungen in der Abbildung. Kohorten sind Fische vergleichbarer Längen und damit idealerweise einer Altersgruppe. Bei größeren Wachstumsunterschieden innerhalb einer Art, bei Kleinfischarten oder bei älteren Tieren sind Kohorten oft schwer identifizierbar. Zudem können Überlappungen der Kohorten zu Verteilungsspitzen führen. Die Identifikation der Kohorten wird durch die Altersschätzung anhand von Schuppen und mit Literaturangaben abgesichert und dann zur Einteilung der Entwicklungskategorien genutzt.

Altersschätzungen und Wachstumsrückberechnungen

Zur Prüfung von Wachstum und Populationsaufbau wurden an den drei Fischarten Barsch, Hecht und Kleine Maräne Altersschätzungen an Schuppen durchgeführt. Die Schuppen wurden oberhalb der Seitenlinie auf Höhe der Rückenflosse entnommen. Bei der Entnahme der Schuppen wurde darauf geachtet, Proben über das vorhandene Längenspektrum hinweg zu nehmen. Es sollten jeweils 30 Individuen untersucht werden; es wurde jedoch zwei Mal übersehen, die Probe in den Freilandprotokollen kenntlich zu machen.

Für die Kleine Maräne wurden 29 Schuppenproben entnommen, wobei 27 Tiere Längen im Bereich zwischen 17 und 20 cm hatten und nur zwei Größere gefangen wurden. Vom Barsch wurden ebenfalls 29 Schuppenproben entnommen. Für den Hecht wurde nur ein Exemplar in den Netzen gefangen. Daher wurden vom ansässigen Fischer die vier Tiere des Tagesfangs am 22.05.2019 vermessen und die Schuppen entnommen. Danach wurden während der Untersuchung keine weiteren Netze vom Fischer gestellt, sodass auch nicht mehr Hechte untersucht werden konnten.

Die Altersschätzungen erfolgten durch Auszählen der Jahresringe an einem Binokular mit Messokular. Zusätzlich zur Altersbestimmung wurden die Schuppenradien insgesamt sowie bis zu den einzelnen Altersringen vermessen. Gemessen wurde immer von der Kernzone bis zum Anfang der enger angelegten Winterringe (Annuli). Da die Schuppen nicht kreisrund sind, mussten die Radien immer in der gleichen Richtung gemessen werden. Die Messungen erfolgten in den Bereichen der besten Erkennbarkeit bzw. dem größten Radius der Schuppe: von der Kernzone horizontal in anteriore Richtung bei der Kleinen Maräne und beim Hecht bzw. von der Kernzone diagonal in anterior-ventrale Richtung beim Barsch. Die Annuli bei Hecht und Kleiner Maräne waren in der Regel erkennbar. Beim Barsch waren Zonen mit enger liegenden Ringen häufig schwer festzulegen.

Die Längenrückberechnung erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurde die Beziehung zwischen Gesamt-Schuppenradius und Körperlänge geprüft. Dann konnte anhand der ermittelten Beziehung für die Radien der Annuli zurückberechnet werden, wie lang ein Fisch bei der Anlage der Winterringe war.

Entwicklungskategorien

Die Fische wurden anhand der Längen-Häufigkeitsverteilungen, der Altersbestimmungen und der Wachstumsrückberechnungen in folgende Entwicklungskategorien eingeteilt:

- juvenil: Jungtiere aus dem Untersuchungsjahr 2019, synonym zu Alter 0+ bzw. young of the year
- präadult: Tiere mit einem Alter von Mindestens einem Jahr, die aber noch nicht geschlechtsreif sind
- adult (geschlechtsreif).

Die Längen-Obergrenze für juvenile Fische ist in der Regel anhand der Längen-Häufigkeitsdiagramme zu ermitteln. Die Längen-Untergrenze für adulte Fische wurde aus Literatur übernommen oder anhand des Alters bei Eintritt der Geschlechtsreife nach Kottelat and Freyhof (2007) aus Literaturangaben und aus den Längen-Häufigkeitsdiagrammen ermittelt. Als präadult wurden Individuen mit Längen zwischen der Längen-Obergrenze für Juvenile und der Längen-Untergrenze für Adulte charakterisiert. Diese Entwicklungskategorien werden in den Fangauswertungen dargestellt und dienen der Bewertung von eigenständiger Reproduktion und Jungfischauftreten.

Wachstumsgleichungen nach von Bertalanffy

Für Barsche wurde eine Wachstumsgleichungen nach von Bertalanffy ermittelt. Für die beiden anderen Fischarten konnte keine Regressionsfunktionen ermittelt werden; beim Hecht war das abgedeckte Längenspektrum zu gering, bei der Kleinen Maräne waren nur zwei Altersstufen vorhanden. Die Beziehung zwischen Länge und Alter nach von Bertalanffy folgt dabei der Gleichung:

$$LD = L_{\max} * (1 - e^{-K * (D - D_0)})$$

LD Die Länge für ein gegebenes Alter

L_{max} Die absolute Maximallänge, die ein Fisch erreichen kann

K Ein Maß für die Krümmung der Kurve

D₀ Ein hypothetisches Alter mit einer resultierenden Länge von 0

Die Konstanten L_{max}, K und D₀ wurden mit Hilfe des Excel-Add-Ins „Solver“ iterativ ermittelt. Dazu wird eine vorläufige Wachstumsgleichung festgelegt und die quadrierten Abweichungen der realen Länge von der vorläufig berechneten Länge ermittelt. Das Add-In Solver kann dann iterativ die Konstanten ändern, so dass die Summe der Abweichungen minimal wird.

Darstellung der Fangergebnisse

Die Fänge werden im Ergebnisteil nach Befischungsmethoden getrennt dargestellt. Die Tabellen enthalten die gefangenen Anzahlen bzw. Biomassen artspezifisch sowie summarisch als Anzahlen für alle Strecken eines Wasserkörpers. Die Anteile der Arten am Gesamtfang wurden berechnet. Es wird zudem artspezifisch nach den Entwicklungskategorien juvenil, präadult und adult unterschieden. Die Ermittlung der Längengrenzen für Entwicklungskategorien wird auf den Seiten 17 (Methodik) und 27 (Ergebnisse) beschrieben. Einheitsfänge errechnen sich für die Elektrofischerei als Anzahlen pro 100 Dips, für die Netzfischerei als Gesamtfang (Anzahl bzw. Masse) pro 100 m² Netzfläche. Im Ergebnisteil werden die Fänge für die einzelnen Methoden dargestellt. Für die Netzfänge finden sich entsprechende Tabellen mit einer weiteren Untersetzung nach Tiefenstufen im Anhang (Tab. 15 und Tab. 16 auf Seite 47).

Mortalitäten

Im Vorhaben sollten für die Arten mit Altersschätzungen (Barsch, Hecht, Kleine Maräne) Jahrgangsmortalitäten ermittelt werden. Mortalitäten werden im Grundsatz über die Verfolgung der Abundanzen von Kohorten über mehrere Jahre hinweg ermittelt.

Die Fänge von Elektrobefischungen und die Netzfänge lassen sich nicht miteinander zu einer Gesamtbestandsschätzung kombinieren. Die Mortalitäten müssen daher getrennt für Fänge mit der gleichen Methodik bestimmt werden. Bei der Elektrofischerei wurden kein Barsch, keine Kleine Maräne und nur zwei Hechte gefangen, eine Ermittlung von Mortalitäten ist nicht möglich.

Im vorliegenden Bericht werden die Fänge der Netzbefischung als repräsentativer Fang mehrerer Kohorten angesehen, der dem mehrjährigen Fang einzelner Kohorten entspricht. Auch hier ergeben sich Mängel der Aussagekraft durch geringe Anzahlen gefangener Individuen.

- Hecht: es wurde lediglich ein Hecht in den benthischen Netzen gefangen, eine Mortalität ist nicht bestimmbar.
- Kleine Maräne: in den pelagischen Netzen wurden die höchsten Fänge erzielt. Allerdings wurden nur zwei Individuen der Altersstufe 2+ gefangen, die restlichen Tiere wurden der Altersstufe 1+ zugeordnet. Damit kann nur eine Jahrgangsmortalität berechnet werden.
- Barsch: die Fänge mit benthischen Netzen werden zur Ermittlung der Mortalitäten genutzt.

Für die Ermittlung der Mortalitäten wurde allen Individuen der Arten Barsch und Kleine Maräne ein Alter zugeordnet. Anhand von Längen-Häufigkeitsverteilungen in Kombination mit der Altersbestimmung sowie mit Hilfe von Literaturangaben wurden Längengrenzen für jedes Alter festgelegt. Die festgelegten Längengrenzen überschneiden sich nicht.

Als Überblick werden die Fangzahlen in den jeweiligen Netzen ermittelt und die prozentuale Mortalität von Altersstufe zu Altersstufe berechnet. Anhand dieser Jahrgangsmortalität kann ein Überblick über die Daten und die Jahrgangsschwankungen gewonnen werden. Zusätzlich wurde die jährliche Gesamtmortalität berechnet. Sie wird als Z-Wert beschrieben, der sog. instantaneous mortality rate (unmittelbare Mortalitätsrate):

$$Z = -\ln \frac{N_t}{N_0}$$

Die Werte von Z wurden ermittelt, indem der natürliche Logarithmus der gefangenen Individuenzahl über dem Alter aufgetragen wurde. Z entspricht dann dem Absolutwert der Steigung der Regressionsgeraden. Aus der instantaneous mortality rate Z wiederum lässt sich die jährliche Mortalitätsrate A berechnen:

$$A = 1 - e^{-Z}$$

A ist eine dezimale Angabe der relativen jährlichen Mortalität, z. B. entspricht A = 0,3 einer mittleren jährlichen Mortalität von 30 %.

FISCHBASIERTE BEWERTUNG DES ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDES NACH DeLFI

Die Ergebnisse der Befischungskampagne wurden für eine fischbasierte Gewässerzustandsbewertung nach DeLFI durchgeführt (Ritterbusch & Brämick 2015). Der DeLFI umfasst zwei Module: das Typ-basierte Modul für Gewässer kleiner 1.000 ha Gewässerfläche und das gewässerspezifische Modul DeLFI-Site für Gewässer über 1.000 ha. Bei der Gewässerfläche des Wittensees von 990 ha wären beide Module zu vertreten und wurden daher geprüft. Zudem werden eine Plausibilitätsprüfung des Verfahrens und ein Vergleich der Module durchgeführt.

Nachfolgend wird eine Übersicht des Verfahrens geliefert, Details sind in Ritterbusch and Brämick (2015) und Ritterbusch (2017b) beschrieben. Im ersten Schritt im Verfahrens wird der Wittensee dem Gewässertyp STRAT zugeordnet: geschichteter See mit einer Maximaltiefe unter 30 m (Ritterbusch et al. 2014).

Beim gewässerspezifischen Modul DeLFI-Site werden Daten der Berufs- und Angelfischerei oder Literaturquellen genutzt und durch wissenschaftliche Datenerhebungen ergänzt. Anhand der Daten werden das aktuelle Fischarteninventar bestimmt und artspezifische Häufigkeiten festgelegt.

Zudem wird eine Referenzliste erstellt, die alle Fischarten des Gewässers in einem anthropogen unbeeinflussten Zustand mit artspezifischen, semiquantitativen Häufigkeitsangaben umfasst. Diese theoretische Referenz wird mit aktuellen Angaben verglichen, wodurch Metrics und eine Gesamtbewertung (EQR) erstellt werden können. Der Gesamtbewertung wird eine ökologische Zustandsklasse zugeordnet (sehr gut, gut, mäßig, unbefriedigend oder schlecht). Für den Wittensee liegt eine Referenzliste sowie eine Bewertung nach dem Site-Modul vor (Neumann 2013). Die Angaben von Neumann (2013) werden anhand der aktuellen Befischungsergebnisse geprüft. Die Häufigkeit aktuell vorkommender, aber nicht bei der Beprobung nachgewiesener Fischarten wurde in einem Gespräch mit dem fischereilichen Bewirtschafter ermittelt.

Beim typspezifischen Modul DeLFI-Type werden für den Seetyp bestimmte Metrics vorgegeben, d.h. bestimmte Merkmale der Fischgemeinschaft. Die Werte der Metrics basieren auf den Fängen mit benthischen Multimaschen-Stellnetzen nach EN 14757 (2015). Es werden alle Netze berücksichtigt. Fänge mit pelagischen Netzen oder mit Elektrofischerei werden nur hinsichtlich des Artenspektrums berücksichtigt. In Abhängigkeit von vorgegebenen typspezifischen Grenzwerten werden Punkte für die einzelnen Metrics vergeben, die dann zu einem Gesamtwert (EQR) verrechnet werden. Dieser wiederum beschreibt den ökologischen Zustand des Gewässers (sehr gut bis schlecht).

Das Arteninventar und die quantitativen Angaben zur Befüllung der Eingabemaske des DeLFI-Type konnten den Tabellen des Ergebnisteils entnommen werden. Die Medianwerte der individuellen Biomassen von Barschen ≥ 6 g und Plötzen ≥ 14 g wurden gesondert berechnet.

ERGEBNISSE

BEGLEITMESSUNGEN

Die Messungen am Wittensee wurden vormittags am 23.05.2019 durchgeführt. Der pH-Wert an der Oberfläche war mit 8,45 leicht alkalisch. Die Sichttiefe betrug 4,2 m, was für schwach mesotrophe Seen charakteristisch ist (LAWA 2013). Der See zeigte keine Temperaturschichtung und hatte hohe Sauerstoffgehalte bis zum Grund (Abb. 1).

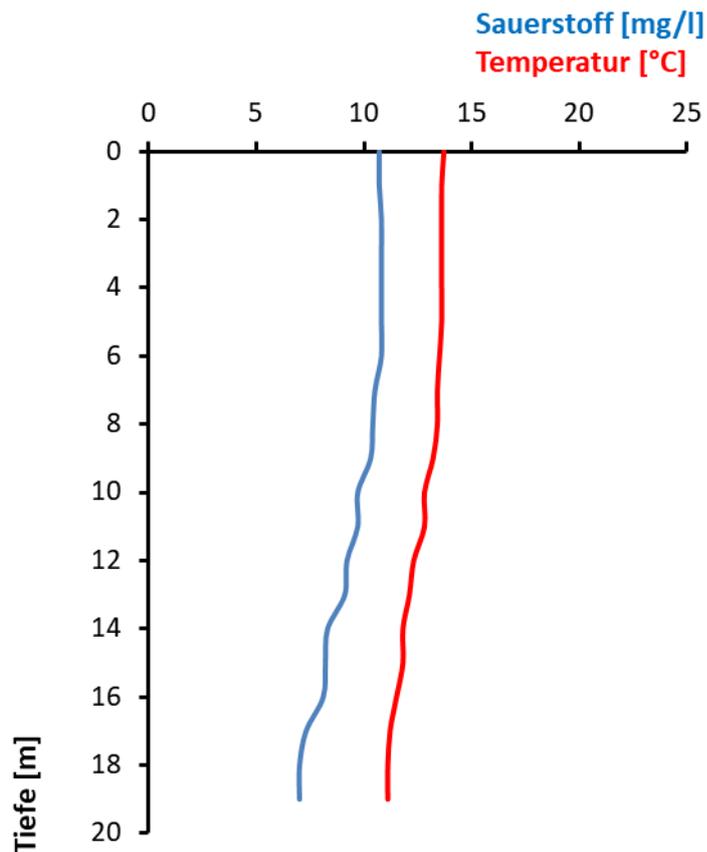


Abb. 5: Sauerstoff- und Temperatur-Tiefenprofil des Wittensees am 23.05.2019.

BEFRAGUNG DES FISCHERS

Der einzige Erwerbsfischer am Wittensee, Herr Arne Bening, wurde zum Fischbestand und zur Entwicklung des Wittensees befragt. Seine Angaben zum Fischbestand sind in Tab. 6 dargestellt.

Tab. 6: Fischgemeinschaft des Wittensees nach Angaben des Erwerbsfischers. Angabe aller vorhandenen Arten mit Häufigkeitsklassen: 1 – selten, 2 – regelmäßig, 3 – häufig.

Fischart	Häufigkeit	Bemerkung
Aal	2	Aus Besatz
Barsch	3	
Blei	2	Fast nur große Tiere mit 5 kg und mehr
Dreist. Stichling	1	
Große Maräne	1-2	Eine natürliche Reproduktion ist vorhanden. Besatz wird angestrebt, ist aber oft nicht verfügbar.
Gründling	1	
Karusche	1	Sehr selten
Karpfen	1	Fast nur sehr große Tiere (> 10 kg), Eigenaufkommen, kein Besatz.
Kaulbarsch	3	
Kleine Maräne	3	Besatz unregelmäßig und in unterschiedlichem Umfang. Natürliche Reproduktion ist vorhanden, der Bestand persistiert auch ohne Besatz. Besatzerfolg schwer abzuschätzen.
Hecht	3	Kein Besatz, sehr gut wachsend
Plötze	3	
Quappe	1	Fängt keine großen Tiere
Rotfeder	1	
Schleie	2	Kein Besatz, Bestand nimmt zu
Steinbeißer	2	
Zander	1	Eigenaufkommen, kein Besatz, sehr selten

Herr Bening beschreibt größere Änderungen des Wittensees in den letzten Jahrzehnten. Die früher durchgeführte Wadenfischerei konnte nicht mehr durchgeführt werden, da der See stark eutrophierte. Später war auch die Stellnetzfischerei kaum noch möglich, da sich die Netze durch hohe Algenaufkommen zu stark zusetzten. Die Fischerei musste häufig ausgesetzt werden (für 1995 – 2000 auch Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein (1999)). Die Berufsfischerei konzentrierte sich auf den Aalfang mit Langleinen. In jüngerer Zeit nahm der Nährstoffgehalt des Sees deutlich ab. Es sind weniger Algen und zunehmende, inzwischen sehr starke Makrophytenbestände zu beobachten. Als Ursache nennt Herr Bening den Bau einer Kanalisation und Verbesserungen bei industriellen Abwassereinleitungen. Aktuell sind nennenswerte Nährstoffeinträge nach Einschätzung des Berufsfischers vor allem aus der Landwirtschaft sowie durch Gänse anzunehmen.

Nach Angaben des Fischers sind am Wittensee regelmäßig 400-500 Kormorane vorhanden, maximal werden ca. 2.000 Tiere beobachtet. Negative Konsequenzen für Fischbestand und Fischerei sind vor allem bei der Kleinen Maräne zu verzeichnen, die sich nicht mehr in Schwärmen konzentriert und bei der zahlreiche Tiere Verletzungen aufweisen.

ALTERSSTUFEN UND POPULATIONSAUFBAU

Längen-Häufigkeitsdiagramme

Die Längen-Häufigkeitsdiagramme für die Fischarten des Wittensees im Mai 2019 zeigt Abb. 6. Juvenile Tiere (solche, die im Jahr 2019 geschlüpft sind) wurden nicht nachgewiesen.

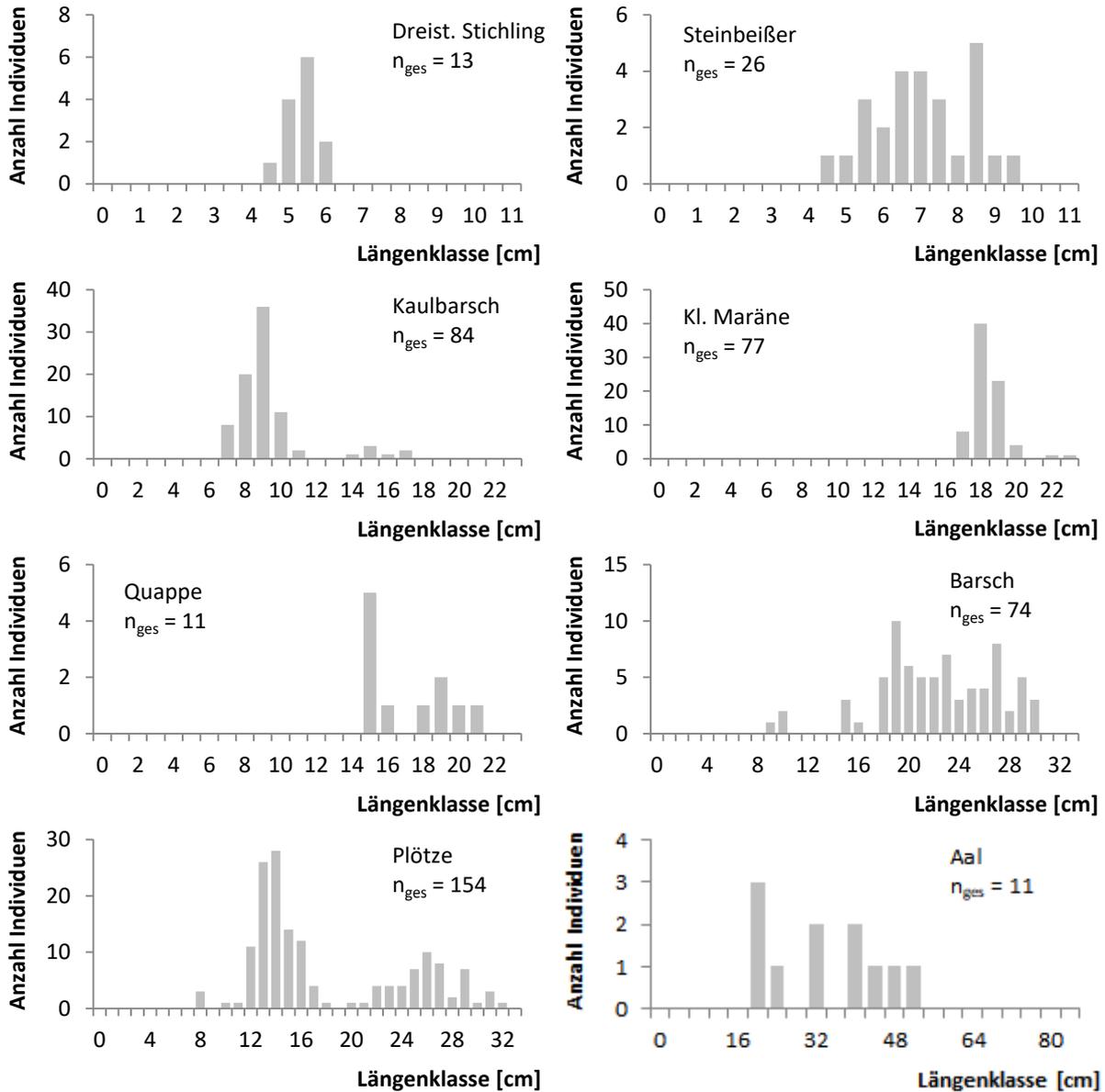


Abb. 6: Längen-Häufigkeitsdiagramme der Fischarten des Wittensees, die im Mai 2019 mit mindestens 10 Individuen nachgewiesen wurden (Fänge mit Multimaschen-Stellnetzen und Elektrofischerei kombiniert).

Für die jeweiligen Fischarten lassen sich folgende Aussagen bezüglich der Kohorten treffen:

- Dreistachliger Stichling: Es lässt sich eine Kohorte im Längenbereich von 4,5-6,5 cm erkennen. Aufgrund der geringen Maximallänge der Art ist damit zu rechnen, dass die Kohorte aus mehr als einer Altersklasse besteht.
- Steinbeißer: Es lassen sich zwei bis drei Kohorten erkennen, die durch Längenunterschiede aber nicht deutlich voneinander zu trennen sind.
- Kaulbarsch: Es lassen sich zwei Kohorten erkennen: 7-11 cm und 14-17 cm.
- Kleine Maräne: Der Großteil der Tiere gehört zu einer Kohorte (17-20 cm). Zwei Tiere von 22 bzw. 23 cm Länge gehören eventuell zu einer weiteren Kohorte.
- Quappe: Es lassen sich zwei Gruppen erkennen; Tiere mit 15-16 cm Länge und Tiere mit Längen zwischen 18 und 21 cm. Die nachgewiesenen Tiere sind jedoch alle der Altersklasse 1+ zuzuordnen (Hochleithner 2002; Müller 1960; Schaarschmidt et al. 2005).
- Barsch: Es lassen sich mehrere Kohorten erkennen: 9-10 cm, 15-16 cm und vermutlich drei Kohorten im Bereich 18-30 cm (18-24, 24-27, 26-30). Oberhalb von 18 cm sind die einzelnen Kohorten jedoch nicht eindeutig erkennbar. Auffällig ist bei der Längen-Häufigkeitsverteilung der sehr geringe Anteil kleiner Barsche (unter 18 cm Länge).
- Plötze: Es lassen sich drei bis vier Kohorten erkennen: 10-18 cm, 20-27 cm, 28-30 cm und (wahrscheinlich) 31-32 cm. Drei Tiere mit 8 cm Länge sind auffällig klein. Auch hier umfassen die erkennbaren Kohorten wahrscheinlich mehrere Altersjahrgänge.
- Aal: Kohorten lassen sich bei 1-3 Tieren pro Längenklasse nicht erkennen. Es wurde ein Längenspektrum von 19-52 cm nachgewiesen.

Altersschätzungen und Wachstumsrückberechnungen

Bei der Altersschätzung wurden keine Jungtiere aus dem Untersuchungsjahr festgestellt. Die Ergebnisse der Rückberechnungen zeigt Tab. 7, die für die Rückberechnungen genutzten Korrelationen finden sich im Anhang (S. 46). Die rückberechneten Längen sind insofern plausibel, als das sie für ein gegebenes Alter zum Zeitpunkt der Anlage der Winterringe (November-Dezember?) etwas unter den real gemessenen Längen für Mai liegen. Einzige Ausnahme sind die Barsche mit nur einem Annulus.

Tab. 7: Altersabhängige Längen von Barschen, Hechten und Kleinen Maränen aus dem Wittensee im Mai 2019. Links im Freiland gemessene Längen (Lreal) – rechts rückberechnete Längen bei Anlage der Annuli. Abkürzungen MW (Mittelwert), Min (Minimum), Max (Maximum) und n (Anzahl der untersuchten Schuppen mit entsprechendem Annulus). Die rechte Spalte zeigt Längenbereiche für Norddeutsche Gewässer nach Literaturangaben (Bauch 1966; Ritterbusch 2017a).

Art	Alter	Lreal				Lrück				Lit Bereich [cm]
		MW [cm]	Min [cm]	Max [cm]	n	MW [cm]	Min [cm]	Max [cm]	n	
Barsch	1	9,5	9,0	9,7	3	11,7	10,4	13,5	29	09-13
Barsch	2	15,1	15,0	15,2	2	14,6	12,2	17,2	26	10-16
Barsch	3	18,4	16,1	21,7	4	17,7	15,1	21,3	24	11-17
Barsch	4	21,2	18,5	24,6	7	20,5	17,2	25,2	20	12-20
Barsch	5	23,9	19,9	28,5	4	22,7	18,2	28,3	13	13-23
Barsch	6	27,2	25,1	29,2	5	24,5	19,3	28,1	9	15-27
Barsch	7	28,7	26,6	30,0	3	27,0	25,0	28,5	4	16-26
Barsch	8	30,4			1	30,0			1	18-32
Hecht	1	56,2			1	49,7	47,5	51,5	5	25-39
Hecht	2	60,3	58,6	62,3	3	56,4	55,1	57,5	4	-47
Hecht	3	65,0			1	61,4			1	-61
Kl. Maräne	1	18,3	17,2	19,6	27	17,1	16,2	18,1	29	14-22
Kl. Maräne	2	22,2	21,5	22,9	2	19,3	18,9	19,6	2	16-25

Für Barsche liegen die Mittelwerte der altersspezifischen Längen für die Altersstufen mit 1 und 2 Annuli im Bereich von Literaturangaben, danach jedoch darüber. Die jeweiligen Maximallängen für Barsche aus dem Wittensee liegen deutlich über dem Spektrum für andere Norddeutsche Gewässer.

Eine Alters-Längenbeziehung nach von Bertalanffy konnte für Barsche berechnet werden. Die Funktion ist in Abb. 7 dargestellt. Der Vergleich mit altersabhängigen Längen aus Ratzeburger See und Schaalsee zeigt für den Wittensee ein gutes Wachstum. Auch im Vergleich zu Angaben aus Bauch (1966) liegen die altersspezifischen Längen im oberen Bereich (Tab. 7).

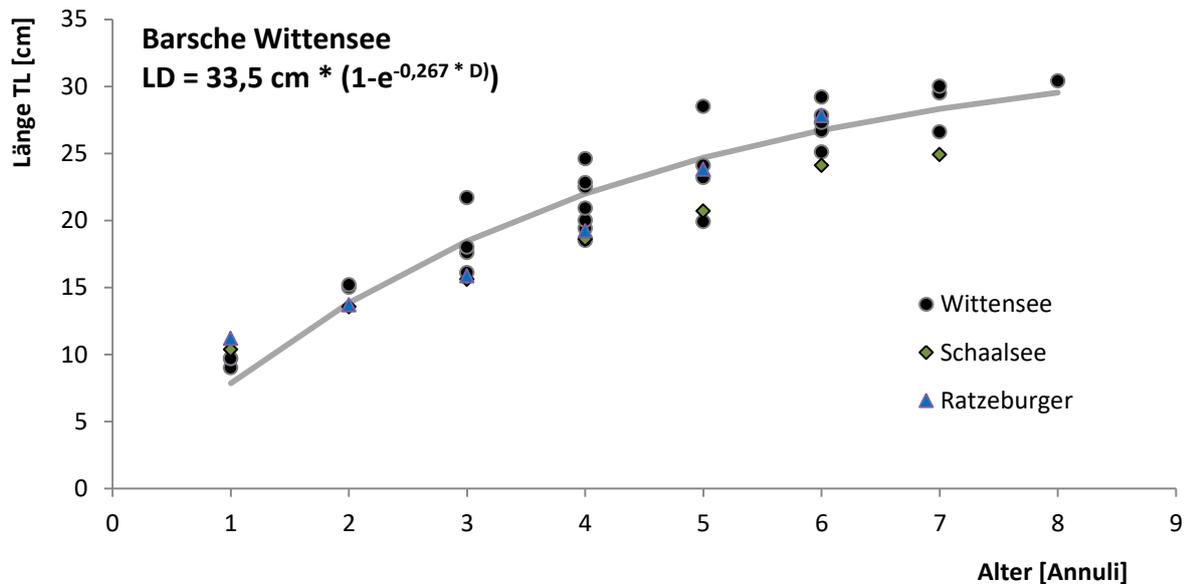


Abb. 7: Altersabhängige Längen von Barschen für den Wittensee mit Angabe der Wachstumsfunktion nach von Bertalanffy (graue Linie). Zudem Vergleichsdaten von Schaalsee und Ratzeburger See (Ritterbusch 2017a). Die Daten basieren auf gemessenen Längen (nicht auf rückberechneten).

Für die Kleine Maräne liegen die altersspezifischen Längen im mittleren bis oberen Bereich der Vergleichsdaten aus der Literatur. Es zeigt sich ein gutes, aber nicht außergewöhnliches Wachstum der Fischart im Wittensee. Eine Wachstumsrückberechnung wäre nur für die beiden Kleinen Maränen mit einem Alter von zwei Annuli möglich gewesen und wurde daher nicht durchgeführt.

Für Hechte liegen die altersspezifischen Längen so deutlich über Vergleichswerten aus der Literatur, dass sie nicht plausibel wirken. Daher wurden Altersbestimmungen durch zwei weitere Mitarbeiter des IfB durchgeführt (Tab. 8). Die Ergebnisse liegen weit auseinander, eine verlässliche Altersbestimmung für die Art anhand der Schuppen war nicht möglich. Bei den beiden Hechten mit maximal einem Jahr Abstand in der Altersbestimmung (He4 und He1) liegen die gemessenen Längen mit ca. 60 cm für Tiere mit zwei Winterringen deutlich über Maximallängen von 47-55 cm aus Literaturübersichten (Bauch 1966; Casselmann 1996). In Ausnahmefällen scheinen jedoch Längen von 79 cm für Hechte mit einem Alter von 2+ möglich zu sein (Hegermann 1964). Ein sehr gutes Wachstum der Hechte im Wittensee wird auch vom Erwerbsfischer konstatiert.

Tab. 8: Ergebnisse von drei unabhängigen Altersschätzungen an Hechten aus dem Wittensee

Hecht Nr	L ges	Alter 1	Alter 2	Alter 3
He3	56,2	1	1	3
He4	58,6	2	2	2
He5	59,9	2	1	3
He1	62,3	2	1	2
He2	65,0	3	5	4-5

Entwicklungskategorien

Juvenile Fische wurden bei der Untersuchungskampagne nicht gefangen. Abb. 6 zeigte die Längen-Häufigkeitsdiagramme für Fischarten mit mehr als 10 Individuen im Gesamtfang. Nachfolgend werden den Kohorten Altersstufen und Entwicklungskategorien zugeordnet. Für Fischarten mit weniger als 10 Individuen im Fang folgen Längenangaben und nähere Erläuterungen.

Aal: Alle gefangenen Tiere (18,7-51,7 cm) werden der Kategorie präadult zugeordnet. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch wanderungsbereite (adulte) Tiere gefangen wurden. Äußerliche Anzeichen des Blankaalstadiums (silberne Färbung, vergrößerte Augen) ließen sich aber nicht beobachten.

Amerikanische Flusskrebse reproduzieren im Herbst und werden im zweiten Jahr geschlechtsreif (Martin et al. 2008). Die gefangenen Tiere (5,5-11,5 cm) werden daher als adult bezeichnet.

Barsche werden im Alter von 1+ bzw. 2+, ab Längen von 9-10 cm geschlechtsreif (Bauch 1966; Ebel et al. 2006; Froese & Pauly 2019; Kottelat & Freyhof 2007; Schaarschmidt et al. 2005). Damit wären alle gefangenen Barsche als adult einzuschätzen (9,0-30,4 cm). Aufgrund des zu vermutenden sehr schnellen Wachstums werden jedoch drei Tiere mit 9-10 cm Länge als präadult charakterisiert.

Dreistachlige Stichlinge sind im Süßwasser mit einem Alter von 1+ bzw. ab Längen von 4,5-5,5 cm geschlechtsreif (Froese & Pauly 2019). Alle nachgewiesenen Dreistachligen Stichlinge (4,5-6,1 cm) werden als adult bezeichnet.

Hecht: Für Hechte liegen sehr unterschiedliche Angaben zum Erreichen der Geschlechtsreife vor. Für Männchen werden 2-3 Jahre und Längen von 20-30 cm angegeben, für Weibchen 3-4 Jahre und 25-40 cm (Bauch 1966; Kottelat & Freyhof 2007; Schaarschmidt et al. 2005). Die gefangenen und die vom Fischer erhaltenen Hechte hatten Längen von 33,7-65,0 cm und werden als adult kategorisiert.

Kaulbarsche: Für die Art liegen keine eindeutigen Angaben vor. Die Art reproduziert in einem Alter von 1-2 Jahren und mit Längen von 8-10 cm. Männchen werden früher geschlechtsreif (Ebel et al. 2006; Froese & Pauly 2019; Schaarschmidt et al. 2005). Alle gefangenen Kaulbarsche werden als adult charakterisiert.

Die Kleine Maräne wird zum Ende des 2. Lebensjahres geschlechtsreif (im zweiten Winter). In Abhängigkeit von der Herkunft können Tiere dieses Alters sehr unterschiedliche Längen haben: im Mittel 15-23 cm; Extremwerte liegen bei 12-26 cm (Bauch 1966; Kottelat & Freyhof 2007; Ritterbusch 2017a; Wanke 2018). Anhand der Altersbestimmung lassen sich die Hauptkohorte von 16-20 cm der Alterskategorie präadult und zwei größere Tiere als adult charakterisieren.

Neunstachlige Stichlinge können noch im ersten Lebensjahr (0+) laichen (Kottelat & Freyhof 2007). Alle drei gefangenen Tiere (5,2-5,8 cm) werden als adult bezeichnet.

Plötzen wurden über ein weites Längenspektrum gefangen. Sie erreichen die Geschlechtsreife nach 2-3 Wintern bei Längen von 10-12 cm (Bauch 1966; Kottelat & Freyhof 2007; Schaarschmidt et al. 2005). Die drei Tiere mit Längen im Bereich von 7 cm werden daher als präadult eingestuft; alle anderen als adult.

Quappen erreichen nach Literaturangaben für Männchen bzw. Weibchen die Geschlechtsreife in einem Alter von 2+ bzw. 3+ und bei Längen von 20 bzw. 25-30 cm (Bauch 1966; Kottelat & Freyhof 2007). Alle gefangenen Quappen werden als präadult kategorisiert.

Es wurde eine Schleie mit einer Länge von 4,9 cm gefangen. Schleien werden im zweiten bis dritten Lebensjahr und bei Längen von 12-20 cm geschlechtsreif (Bauch 1966; Kottelat & Freyhof 2007; Schaarschmidt et al. 2005). Das Tier wird als präadult eingestuft.

Steinbeißer werden im zweiten Lebensjahr ab Längen von 4,5-5 cm geschlechtsreif (Kottelat & Freyhof 2007; Schaarschmidt et al. 2005). Alle gefangenen Tiere werden daher als adult bezeichnet (Längen 4,7-9,3 cm).

ELEKTROBEFISCHUNGEN

Die elektrisch befischten Uferabschnitte ähnelten sich strukturell. Es handelte sich um flach abfallende Bereiche mit dementsprechend ufernah geringen Wassertiefen (meist < 30 cm). In Abschnitten waren spärlich ausgebildete Schilfröhrichte (*Phragmites australis*) von ein bis zwei Metern Mächtigkeit vorhanden, zudem überhängende Bäume oder Totholz. Diese Strukturen reichten aber nur in Tiefen von ca. 15 cm und waren damit für die meisten Fischarten nicht als Deckung oder Habitat geeignet. Der Gewässerboden war überwiegend steinig-kiesig, mehrere der Strecken hatten zudem ausgedehnte Sandböden. Steine und Holz im Wasser waren eher dicht, aber nicht flächendeckend mit fädigen Algen bewachsen (Abb. 3, Abb. 4), wahrscheinlich Grünalgen (Stuhr et al. 2016). Submerse Makrophyten fehlten zum Untersuchungszeitpunkt. Am Wittensee wurden insgesamt 8 Strecken mit einer Gesamtlänge von 3.208 m und mit einem Aufwand von 800 Dips befischt. In den strukturarmen, sehr flachen Uferbereichen wurden bei klarem Wasser außerordentlich geringe Individuenzahlen gefangen. Insbesondere die häufigen Fischarten Barsch und Plötze wurden kaum nachgewiesen. Mit Aal, Hecht, Quappe, Schleie, Steinbeißer sowie Dreistachligem und Neunstachligem Stichling wurden jedoch Arten nachgewiesen, die in den Multimaschennetzen nicht oder kaum gefangen wurden.

Tab. 9: Artspezifische Individuenzahlen und Anteile sowie Gesamteinheitsfänge für die Uferrandbefischungen am Wittensee (alle Strecken, 20.-24.05.2019).

Art	adult	präadult	Summe Art	Anteil Art [%]
Aal		11	11	17
Dreist. Stichling	13		13	20
Hecht	2		2	3
Neunst. Stichling	3		3	5
Plötze	1		1	2
Quappe		10	10	15
Schleie		1	1	2
Steinbeißer	25		25	38
		Summe Anzahl	66	
		Ef 1/100 Dips	8,3	
		Ef 1/100 m	2,1	

STELLNETZBEFISCHUNGEN BENTHISCH

Während der Befischungskampagne am Wittensee 2019 wurden 48 benthische Netze mit einer berücksichtigten Netzfläche von zusammen 2.160 m² gestellt. Die Fänge in den benthischen Netzen zeigt Tab. 10. Von der Masse her dominieren Barsch und Plötze, zahlenmäßig spielt auch der Kaulbarsch eine große Rolle. Mit Ausnahmen der Kleinen Maräne kamen andere Fischarten nur in Einzelfängen vor. Eine tabellarische Darstellung unter Berücksichtigung der Tiefenzonen findet sich im Anhang (Tab. 10).

Tab. 10: Artspezifische Individuenzahlen N und Massen W (absolut und anteilig am Gesamtfang) für die benthisch gestellten Multimaschenstellnetze am Wittensee (20.-24.05.2019).

Art	Präadult N	Adult N	gesamt N	Anteil N [%]	Präadult W [g]	Adult W [g]	Gesamt W [g]	Anteil W [%]
Barsch	3	71	74	24,3	28	11.782	11.810	41,4
Hecht		1	1	0,3		1.506	1.506	5,3
Kaulbarsch		84	84	27,5		953	953	3,3
Kl. Maräne	7		7	2,3	381		381	1,3
Plötze	1	136	137	44,9	5	13.789	13.794	48,4
Quappe	1		1	0,3	68		68	0,2
Steinbeißer		1	1	0,3		3	3	0,0
Summe	12	293	305		482	28.033	28.515	
EF [1/100 m²]			14,1				1.320,1	

STELLNETZBEFISCHUNGEN PELAGISCH

Während der Befischungskampagne am Wittensee 2019 wurden 9 pelagische Netze mit einer berücksichtigten Netzfläche von zusammen 1.485 m² gestellt. Die Fänge in den pelagischen Netzen zeigt Tab. 11. Es wurden nur zwei Arten gefangen, die Kleine Maräne dominierte die Fänge deutlich. Eine tabellarische Darstellung unter Berücksichtigung der Tiefenzonen findet sich im Anhang (Tab. 11).

Tab. 11: Artspezifische Individuenzahlen N und Massen W (absolut und anteilig am Gesamtfang) für die pelagisch gestellten Multimaschenstellnetze am Wittensee (20.-24.05.2019).

Art	Präadult N	Adult N	gesamt N	Anteil N [%]	Präadult W [g]	Adult W [g]	Gesamt W [g]	Anteil W [%]
Kl. Maräne	68	2	70	81,4	3.732	208	3.940	87,3
Plötze	2	14	16	18,6	11	564	575	12,7
Summe	70	16	86		3743	772	4.515	
EF [1/100 m²]			5,8				304,0	

MORTALITÄTEN

Zunächst wurden für alle Altersstufen der Fischarten Barsch und Kleine Maräne überschneidungsfreie altersspezifische Längengrenzen festgelegt. Sie sind mit den resultierenden altersabhängigen Fangzahlen und den prozentualen jährliche Mortalitäten in Tab. 12 dargestellt.

Tab. 12: Altersspezifische Längengrenzen für die Bestimmung der Mortalitäten im vorliegenden Bericht (Angabe immer als Untergrenze der entsprechenden Altersstufe). Weiterhin Angabe der methodenspezifischen Individuenzahlen und jährliche Mortalität als prozentualer Rückgang bezogen auf die vorhergehende Altersstufe.

Annuli	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Barsch									
Länge [cm] ist >		8,5	12,5	16,5	19,5	22,5	25,5	28,0	29,5
N benth. Netze		3	4	15	11	19	13	6	3
Mortalität			-33 %	-275 %	27 %	-73 %	32 %	54 %	50 %
Kl. Maräne									
Länge [cm] ist >		14,0	20,0						
N pela. Netze		68	2						
Mortalität			97 %						

Tab. 12 zeigt beim Barsch für die Altersstufen 2 und 3 deutlich negative Mortalitäten, d.h. eine Zunahme der altersspezifischen Individuenzahl. Für die Bestimmung der unmittelbaren Mortalitätsrate Z und der jährlichen Überlebensraten A werden daher die Altersstufen 3 bis 8 Jahre berücksichtigt (Abb. 8). Die Werte betragen:

$$Z_{\text{Barsch}_{3-8}}: 0,293$$

$$A_{\text{Barsch}_{3-8}}: 0,254$$

Für die Kleine Maräne wurden zwei Altersstufen nachgewiesen; die Mortalität ist sehr hoch. Die auf nur zwei Punkten beruhenden Mortalitätswerte sind (Abb. 8):

$$Z_{\text{KlMar}_{1/2}}: 3,526$$

$$A_{\text{KlMar}_{1/2}}: 0,971$$

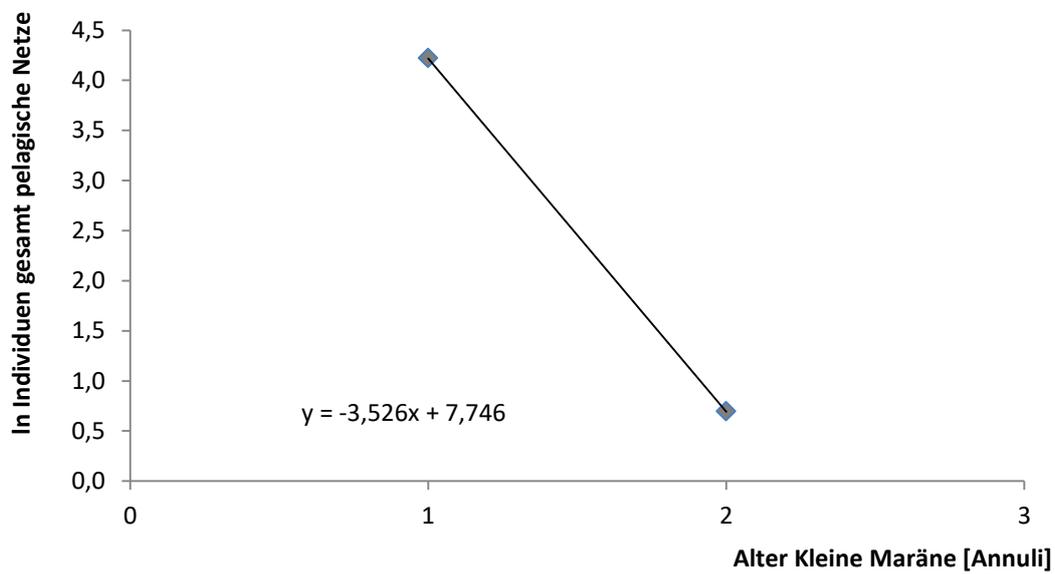
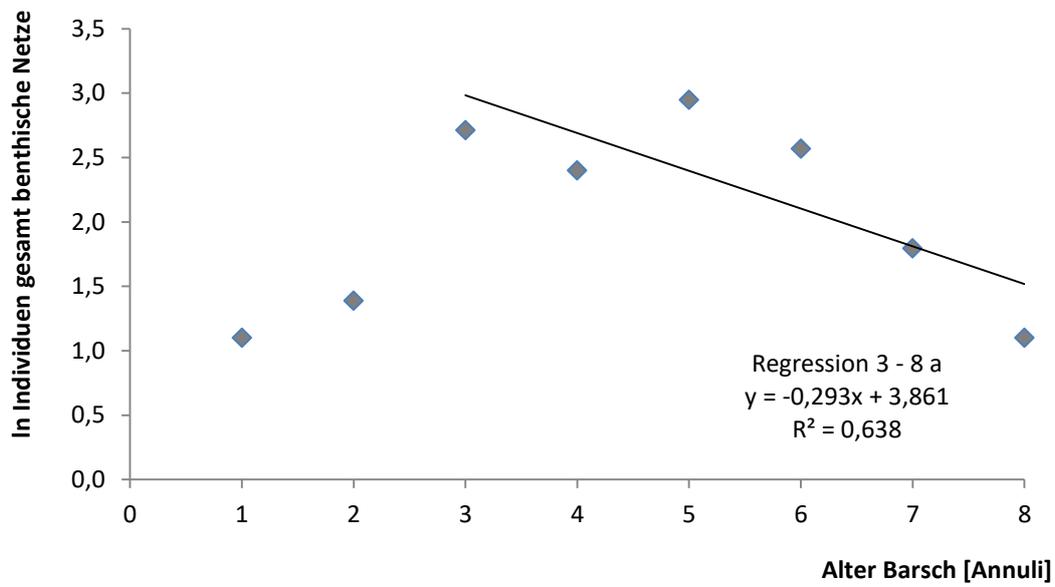


Abb. 8: Altersspezifische Fangkurven für Barsche in benthischen (oben) und Kleine Maränen in pelagischen Netzen (unten) als natürlicher Logarithmus der Fangzahlen. Z entspricht der Steigung der Regressionsgeraden.

FISCHBASIERTE GEWÄSSERZUSTANDBEWERTUNG NACH DELFI

Site

Der Referenzzustand für die Fischgemeinschaft des Wittensees wurde Neumann (2013) entnommen und geringfügig modifiziert (Tab. 13). Nach Neumann (2013) gibt es keinen Beleg für das Vorkommen des Moderlieschens, ein früheres Vorkommen ist aber nicht auszuschließen. Da es aktuell keinen Hinweis auf ein Vorkommen der Art gibt, wurde diese Art aus der Referenz ausgeschlossen. Die Kleine Maräne wird in Neumann (2013) als durch Besatz eingeschleppt und aktuell besatzabhängig bezeichnet. Da die Art vor 1940 etabliert wurde, wird sie in der Referenz berücksichtigt (Ritterbusch & Brämick 2015). Nach Angaben des Erwerbsfischers ist der Besatz unregelmäßig und es findet eine Reproduktion im Gewässer statt. Da die Anteile von Besatz und natürlicher Reproduktion nicht getrennt werden können, wird auf die Fangdaten zurückgegriffen und die Kategorie ‚häufig‘ zugeordnet. Die weitere Zuordnung von Häufigkeitskategorien entspricht den Angaben von Neumann (2013) für die Referenz bzw. den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung für den aktuellen Zustand (Tab. 13). Der Blei wurde aktuell in auf die Kategorie ‚selten‘ eingestuft. Die Art war in den Befischungen nicht nachweisbar, tritt aber laut Fischer regelmäßig auf.

Die fischbasierte Bewertung mit dem Site-Modul des DeLFI ergibt mit dem bestmöglichen EQR-Wert von 1,0 einen sehr guten ökologischen Zustand. Auch alle Einzelmetrics werden mit sehr gut bewertet (Anhang Abb. 10, Abb. 11).

Type

Die Type-Bewertung bei Berücksichtigung aller zu ermittelnden Metrics ergibt einen mäßigen ökologischen Zustand gemäß fischbasierter Zustandsbewertung (Anhang Abb. 12, Abb. 13). Dabei zeigen fünf Metrics zu Abundanz und Anteilen einen guten bis sehr guten Zustand. Der Größenmetric ‚Median der Masse von Barschen ≥ 6 g‘ wird jedoch mit schlecht bewertet und führt zur Gesamtbewertung mäßig.

Zu Testzwecken wurde in einer zweiten Bewertung der Größenmetric ausgeschlossen. In diesem Fall wird der ökologische Zustand des Wittensees anhand der Fische als ‚gut‘ bewertet (Anhang Abb. 14).

Tab. 13: Datengrundlage für die DeLFI-Bewertung mit dem SITE-Modul. Referenz 2013 und Bestand 2013 nach Neumann (2013). Referenz 2019 mit ggf. erforderlichen Modifikationen aufgrund neuer Erkenntnisse. Fischbestand aktuell 2019 nach den Ergebnissen der Befischungskampagne. Graue Felder zeigen Änderungen der Häufigkeitsklassen 2019 im Vergleich zu 2013. Bemerkungen MN Neumann (2013), Fischer (Tab. 6), EFisch (Elektrofischerei, Tab. 9), bentN (benthische Netze, Tab. 10) und pelaN (pelagische Netze, Tab. 11). Häufigkeitskategorien 0: fehlt, 1: selten, 2: regelmäßig und 3: häufig. Der Aal zählt nicht als Bestandteil der Referenz.

Fischart	Referenz 2013	Referenz 2019	Bestand 2013	Aktuell 2019	Bemerkung
Blei	2	2	2	1	Regelmäßig nach Fischer, aber kein Vorkommen in Befischung
Ukelei	0	0	0	0	Kein Beleg für Vorkommen (MN, Fischer, Befischung 2019)
Güster	1	1	1	0	Kein Beleg für Vorkommen (Fischer, Befischung 2019)
Steinbeißer	1	1	0	3	Aktuell häufig in EFisch
Kl. Maräne	1	1	3	3	Nach MN 1926 eingeschleppt und hoher Besatz, nach Fischer unregelmäßiger Besatz und eigene Reproduktion. Hohe Anteile in pelaN.
Hecht	2	2	3	2	Regelmäßig nach Fischer und EFisch
Kaulbarsch	2	2	2	3	Aktuell häufig in bentN
Moderlieschen	1	0	0	0	Nach MN ohne Beleg, Vorkommen nicht auszuschließen. Kein Nachweis (Fischer, EFisch).
Barsch	3	3	3	3	MN, Fischer, Befischung 2019
Bitterling	0	0	0	0	Kein Beleg für Vorkommen (MN, Fischer, Befischung 2019)
Plötze	3	3	3	3	MN, Fischer, Befischung 2019
Rotfeder	1	1	1	1	selten nach Fischer, kein Vorkommen in Befischung
Schleie	1	1	1	2	Regelmäßig nach Fischer, Einzelnachweis in EFisch
Aal	0	0	2	2	aus Besatz, aktuell regelmäßig (Fischer) bis häufig (EFisch)
Gr. Maräne	0	0	2	1	aktuell selten bis regelmäßig (Fischer), Nachweis bei Befischung durch Fischer
Dreist. Stichling	1	1	1	3	EFisch
Neunst. Stichling	-	1	-	1	Aktuell Nachweis in EFisch, für Referenz übernommen
Gründling	1	1	1	1	Selten gemäß Fischer, kein Nachweis bei Befischungen
Karausche	1	1	1	1	Sehr selten gemäß Fischer, kein Nachweis bei Befischungen
Karpfen	0	0	1	1	Kein Besatz, sehr geringes Eigenaufkommen (Fischer)
Quappe	1	1	1	3	Häufig in EFisch
Zander	1	1	1	1	Selten gemäß Fischer, kein Nachweis bei Befischungen

DISKUSSION

GEWÄSSER

Der Wittensee ist ein sehr großer See mit einer nahezu quadratischen Form und einer vergleichsweise geringen Maximaltiefe von ca. 20 m. Durch die große Windangriffsfläche ist das Gewässer spät geschichtet und hat über längere Zeiträume Sauerstoffgehalte in Bodennähe, die den Aufenthalt von Fischen ermöglichen. In den gestellten Netzen zeigte sich keine Abnahme der Fänge mit der Tiefe.

Der Wittensee hat hohe Nährstoffgehalte. Durch die große Fläche und geringe Tiefe ist der Wittensee jedoch lange durchmischt, was für die Ausbildung von Phytoplankton ungünstig ist (Arp 2005). Trotz der hohen Nährstoffgehalte hat der Wittensee daher hohe Sichttiefen und ausgeprägte Makrophytenaufkommen.

FÄNGE

Die Befischungen durch das IfB zeigten geringe Einheitsfänge bei Uferrandbefischungen und in den Netzen. Bei den Uferrandbefischungen kommen als Ursachen das bei fast allen Strecken sehr flache Wasser und fehlende bzw. durch die geringe Wassertiefe nicht nutzbare Strukturen in Frage. Die geringen Einheitsfänge in den Netzfängen deuten auf eine insgesamt eher geringe Fischhäufigkeit.

Die Artenzusammensetzung im Wittensee entspricht nur teilweise den Fischgemeinschaftsbeschreibungen für vergleichbaren norddeutschen Seetypen, z.B. für den LAWA-Seetyp 13 (Riedmüller et al. 2013) oder für den norddeutschen geschichteten Seen mit Maximaltiefen unter 30 m (Ritterbusch et al. 2014). Übereinstimmend mit den genannten Beschreibungen sind die hohen Anteile von Plötze und Barsch im Wittensee sowie das Vorkommen vom Hecht als bedeutende Raubfischart neben großen Barschen. Abweichend war im Wittensee jedoch das geringe Aufkommen oder Fehlen bestimmter Cyprinidenarten, die in vergleichbaren Gewässern üblicherweise häufig sind: Blei, Güster, Rotfeder und Ukelei. Ursachen dieser Besonderheit lassen sich nicht festlegen.

Nach Einschätzung des Fischers hat das Gewässer ein gutes Aufkommen einiger fischereilich bedeutsamer Arten. Am Wittensee gehören dazu die Kleine Maräne, der Hecht und der Barsch. Die typischen fischereilich bedeutsamen Arten nährstoffreicherer Gewässer wie Aal oder Zander sind im Wittensee selten.

REPRODUKTION, POPULATIONSAUFBAU UND WACHSTUM

Es ließen sich keine Defizite der Reproduktion einzelner Fischarten feststellen. Lediglich Kleine und Große Maräne werden in unregelmäßigen Abständen besetzt, reproduzieren nach Angaben des Fischers aber auch bei ausbleibendem Besatz. Da beide Arten anthropogen im Gewässer etabliert wurden, lassen evtl. geringe Aufkommen keinen Rückschluss auf ökologische Defizite des Gewässers zu.

Beim Barsch als häufige Fischarten mit einem größeren Längenspektrum lassen sich sehr geringe Aufkommen kleinerer Barsche mit Längen von 8,5-17,5 cm beobachten, was den Altersstufen 1+ und 2+ entspricht. Der Befund lässt sich nicht auf methodische Defizite zurückführen. Standard-Multimaschennetze unterschätzen die Anteile von Barschen nur

unterhalb von 4-5 cm Länge (Olin & Malinen 2003; Ravn et al. 2019). Barsche mittlerer Längen hingegen werden eher überproportional häufig gefangen (Jurvelius et al. 2011; Olin & Malinen 2003; Prchalová et al. 2008). Auch bei vergleichbaren Untersuchungen an Schaalsee und Ratzeburger See in Schleswig-Holstein hatten die genannten Größenklassen einen klar dominierenden Anteil an der Zusammensetzung der Barschbestände (Ritterbusch 2017a). Eine mögliche Ursache wäre die Bejagung durch Kormorane. Kormorane nehmen in Schleswig-Holstein seit 1982 zu, unter anderen gab (gibt?) es auch eine Kolonie am Wittensee (Kieckbusch & Koop 1996). Seit 2010 liegen die jährlichen Brutbestände in Schleswig-Holstein bei 2.200-2.700 Paaren (Deutscher Bundestag 2017). Am Wittensee erreichen die Kormorandichten 500-1.000, maximal 2.000 Vögel und ca. 100 Brutpaare. Diese halten sich aber nicht regelmäßig bzw. ganzjährig am See auf (Bericht¹ und A. Bening, pers. Mitt.). Zum Zeitpunkt der Befischung waren nur wenige Kormorane zu beobachten. Kormorane fressen überwiegend Fische mit Körperlängen von 10-20 cm (Britton et al. 2002; Rutschke 1998; Wziatek et al. 2003) und können auch in Seen zu massiven Einbrüchen von Fischpopulationen führen (Britton et al. 2002; Davies et al. 2003). Damit könnten sie die Auffälligkeiten der Größenverteilung bei Barschen verursachen. Verschiedene Argumente sprechen jedoch gegen den Kormoran als Ursache. Beispielsweise sind bei Plötze, Kleiner Maräne und beim Kaulbarsch Fische der genannten Größe häufig. Zudem fressen Kormorane zwar bevorzugt kleinere Fische, aber nur weil diese normalerweise im Gewässer deutlich häufiger sind. Die Jagd auf einzelne größere Fische ist physiologisch günstiger (Simon 2011; Voslamber et al. 1995). Als Nahrungsopportunisten entnehmen Kormorane bei geringen Beständen kleiner Individuen höhere Anteile größerer Tiere, so dass sich bei abnehmender Individuenzahl die Populationsstruktur der Beutefischart nicht ändert (Engström & Jonsson 2003). Es wurden keine Verletzungen an den gefangenen Fischen beobachtet.

Wahrscheinlicher ist es, dass im Wittensee große Barsche die kleinen reduziert haben. Die Art wechselt im Laufe der Ontogenie von einer planktischen über eine benthische zu einer piscivoren Ernährung. Auch wenn die Übergänge wahrscheinlich fließend sind, werden Fische ab Längen von 15-20 cm als piscivor beschrieben (Hjelm et al. 2000; Kahl & Radke 2006; Rezsü & Specziar 2006). Piscivore Barsche sind hochgradig kannibalistisch. Dadurch kann es zu alternierenden Zuständen ähnlich einer innerartlichen Räuber-Beute-Beziehung kommen: Phasen mit hohen Anteilen großer Barsche aber sehr wenig kleinen Barschen wechseln sich mit Phasen ab, in denen kleine Barsche dominieren und große Barsche selten sind (Persson et al. 2003). Eventuell hat ein solcher Mechanismus zum Fehlen der kleinen Barsche geführt, für einen Beleg wären aber mehrjährige Befischungen erforderlich.

Anthropogene Einflüsse als Ursache des geringen Aufkommens kleiner Barsche sind nicht wahrscheinlich. Eine gezielte und intensive Befischung der Größen ist auszuschließen und es gibt keine Belege, dass Eutrophierung, Verbau oder Nutzung zu Reproduktionsdefiziten dieser anspruchslosen Fischart führen. Der Populationsaufbau des Barsches ist demnach eine Besonderheit, aber nicht als Indikator für ökologische Defizite des Wittensees zu werten.

Die Reduktion der Beständen an kleinen Barschen kann zu einer hohen Abundanz an benthischen und zooplanktischen Organismen führen (Persson et al. 2003), von denen sich auch die meisten anderen Fischarten ernähren. In Verbindung mit der allgemein geringen Fischdichte (geringe Einheitsfänge) im Wittensee liegt eine sehr gute Nahrungsgrundlage vor. Die Untersuchungen an der Kleinen Maräne bestätigen ein schnelles Wachstum. Auch

¹ www.shz.de/lokales/landeszeitung/rudi-bening-fischerei-hat-keine-zukunft-id765596.html

die Barsche wuchsen sehr schnell. Hierbei ist zu beachten, dass große Barsche zwar piscivor sein können, aber auch benthische Organismen fressen. Ein Großteil der im Untersuchungszeitraum gefangenen Tiere hatte den Magen mit Benthosorganismen gefüllt (nach vor-Ort Bestimmung ohne Hilfsmittel Wasserasseln). Auch für den piscivoren Hecht ist ein sehr gutes Wachstum im Wittensee zu beobachten.

Für Fischarten, an denen keine Altersbestimmung durchgeführt wurde, sind Aussagen anhand der Längen-Häufigkeitsverteilungen abzuleiten. Beim Kaulbarsch wurden zwei Kohorten nachgewiesen: 7-11 cm und 14-17 cm. Die erste Kohorte lässt sich der Altersstufe 1+ zuordnen (Bauch 1966). Die Kohorte von 14-17 cm entspricht laut Literaturangaben der Altersstufe von 3 Jahren und älter. Wahrscheinlicher als das Fehlen einer Altersstufe ist jedoch ein überdurchschnittliches Wachstum und eine Altersklassifizierung als $\geq 2+$.

Für die Plötze sind den anhand der Längen-Häufigkeitsverteilung identifizierten Kohorten keine Altersstufen zuzuordnen. Die kleinste Längengruppe von 10-18 cm (Abb. 6) kann die Altersstufen 2+ bis 5+ umfassen. Eine zweite Kohorte im Längenbereich 20-27 cm wäre demnach zwischen 6+ und 11+ anzusiedeln. Diese Interpretation scheint unwahrscheinlich, insgesamt wären ältere Tiere zu häufig. Ohne Altersbestimmungen können keine weiteren Aussagen getroffen werden. Die Informationen zum Längenwachstum der Plötze stammen aus verschiedenen Quellen (Bauch 1966; Ebel et al. 2006; Froese & Pauly 2019; Kottelat & Freyhof 2007; Schaarschmidt et al. 2005).

Auftragsgemäß wurde allen Fische eine artspezifische, längenbasierte Entwicklungskategorie zugeordnet: juvenil, präadult oder adult. Die Einteilung erwies sich als wenig aussagekräftig. Juvenile Fische werden bei den Beprobungen deutlich unterrepräsentiert gefangen. Die Unterscheidung von präadult und adult ist aus zahlreichen Gründen nicht sinnvoll: a) die meisten Fischarten werden zumindest potenziell mit einem Alter von 1+ geschlechtsreif, b) fast alle Fischarten haben geschlechtsspezifische Größenunterschiede und/oder Altersunterschiede bei Eintritt der Geschlechtsreife, c) Literaturangaben zum Alter bei Erreichen der Geschlechtsreife haben eine Spannweite von zwei bis vier Jahren und d) durch Wachstumsunterschiede überlappen sich die altersabhängigen Fischlängen erheblich. Insgesamt lassen sich Längengrenzen für die Entwicklungskategorien präadult und adult nur auf Basis einer Expertenfestlegung zuordnen und ignorieren zahlreiche biologischen Gegebenheiten.

MORTALITÄT

Die Berechnung von Mortalitäten für die Fischarten Barsch, Hecht und Kleine Maräne erwies sich als problematisch. Dabei liegen die Ursachen nicht in biologischen Gegebenheiten, sondern in methodischen Unzulänglichkeiten bzw. an Besonderheiten des Fischbestandes im Wittensee. Zur Mortalitätsberechnung sollte der Anteil gefangener Fische eines bestimmten Alters im Fang proportional zu ihrem Anteil in der Population sein. In Multimaschen-Stellnetzbefischungen sind jedoch sowohl sehr kleine als auch sehr große Fische unterrepräsentiert (Olin & Malinen 2003; Prchalová et al. 2009; Šmejkal et al. 2015). Dementsprechend konnten einzelne Altersstufen nicht in die Auswertung einfließen. Eine Mortalitätsberechnung ist für Arten geeignet, für die viele Altersstufen gefangen werden können, d.h. eher nicht für die Kleine Maräne. Vorteilhaft ist auch, wenn sich die Längen der Altersstufen deutlich unterscheiden. Lewin and Brämick (2015) zeigen jedoch deutliche Überschneidungen bei altersspezifischen Längen der Kleinen Maräne aus dem Schaalsee. Auch bei Barschen entspricht eine überschneidungsfreie Festlegung von Größenklassen ab einem Alter von 3 Annuli nicht der Realität (Tab. 7).

Für den Hecht konnten keine Mortalitäten bestimmt werden. Für die Kleine Maräne wurden die Altersstufen 1+ und 2+ nachgewiesen, wobei das Verhältnis von 68:2 Individuen einer sehr hohen Mortalität von 97 % entspricht. Für den Barsch ergeben sich bei zahlreichen Altersstufen „negative“ Mortalitäten, d.h. eine bestimmte Altersstufe ist häufiger in den Fängen vertreten, als die vorhergehende. Damit muss die Grundannahme für die Berechnung der Mortalitäten abgelehnt werden, dass der Fang mehrerer Kohorten in einem Jahr der Entwicklung einer Kohorte über mehrere Jahre hinweg gleichgesetzt werden kann. Eine mögliche Erklärung dafür wurde auf S. 34 gegeben; es ist von sehr hohen Mortalitäten der Altersstufen mit 1-2 Annuli auszugehen. Eine Gesamtmortalität wurde überschlägig für die Altersgruppen 3-8 Annuli berechnet. Diese ist mit jährlich 25 % eher niedrig einzuschätzen.

FISCHBASIERTE BEWERTUNG DES ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDS DES WITTENSEES

Für die fischbasierte Bewertung des ökologischen Zustandes wurden die beiden Module Site und Type des DeLFI-Verfahrens geprüft.

Für die Nutzung des Site-Moduls lag mit der Bewertung durch Neumann (2013) eine gute Datengrundlage vor. Für die Referenzerstellung wurden in der genannten Arbeit die Autoren von dem Borne (1882) und Duncker (1960) berücksichtigt. Die aktuelle Fischgemeinschaft wurde auf der Basis von Mehner et al. (2004), speziellen Gutachten zum Wittensee sowie den Fangstatistiken des Berufsfischers für 2010 und 2011 ermittelt. Bei Anwendung des DeLFI-Site erzielte Neumann (2013) eine gute ökologische Bewertung. Eine Übertragung der Datengrundlage auf die aktuelle Vorlage des DeLFI-Site ergibt eine sehr gute Bewertung, die Unterschiede der Eingabe lassen sich nicht herleiten. Da der Wittensee eutroph ist und die Bewertung anderer biologischer Qualitätselemente ein mäßigen Zustand anzeigt, hält Neumann (2013) fachgutachterlich einen mäßigen Zustand für plausibler.

Mit den im Jahr 2019 erzielten Befischungsdaten und auf Basis einer geringfügig modifizierten Referenz wird bei Anwendung des DeLFI-Site aktuell ein sehr guter ökologischer Zustand des Sees angezeigt. Keiner der Metrics weicht aktuell vom Referenzzustand ab: Arteninventar, artspezifische Häufigkeiten sowie Anzahl und Häufigkeit der Gilden erzielen jeweils die bestmögliche Bewertung. Zwei Arten sind im Vergleich zum Referenzzustand aktuell seltener (Blei) oder fehlen (Güster). Im Referenzzustand wird diesen Arten die Häufigkeit regelmäßig bzw. selten zugeordnet, so dass es erst bei verringerten Häufigkeiten mehrerer Arten der entsprechenden Häufigkeitsklasse zu Abwertungen kommt. Daher wirken sich die Häufigkeitskategorien von Blei und Güster nicht auf die Bewertung aus.

Bei der Einschätzung des ökologischen Zustands anhand der Befischungsergebnisse mit dem Modul DeLFI-Type ergibt sich ein mäßiger Zustand. Die Metrics für Arteninventar, Einheitsfang und Anteile indizieren einen guten bis sehr guten Zustand. Der Größenmetric ‚Median der Masse‘ jedoch zeigt einen schlechten Zustand. Die Gesamtbewertung des ‚Median der Masse‘ ist die schlechteste Einzelbewertung. Dadurch beruht die Zustandsbewertung mit mäßig auf den Unregelmäßigkeiten im Populationsaufbau des Barsches, d.h. dem Fehlen kleiner Individuen. Wird der Metric ‚Median der Masse Barsch‘ nicht berücksichtigt, ergibt die fischbasierte ökologische Bewertung mit dem Type-Modul einen guten Zustand.

Ziel der Zustandsbewertung mit biologischen Qualitätselementen nach Wasser-Rahmenrichtlinie ist die Einschätzung der Auswirkungen anthropogener Effekte auf die Ökologie des Gewässers (WRRL (2000), Anhang V). Demzufolge sollte das Fehlen von Kohorten beim Barsch nur zu einer Abwertung von gut auf mäßig führen, wenn es auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen ist. Plausible Zusammenhänge zwischen dem art- und größenspezifischen Fehlen kleiner Barsche und anthropogenen Einflüssen wie Eutrophierung, Verbau oder Befischungen sind nicht herstellbar. Wahrscheinliche Ursache sind jedoch temporäre Effekte innerartlicher Wechselwirkungen und nicht ökologische Defizite (vergl. S. 34 ff.). Demzufolge wäre der ökologische Zustand anhand der fischbasierten Bewertung mit dem DeLFI-Type als gut einzuschätzen.

Insgesamt zeigt das fischbasierte Bewertungsverfahren einen guten bis sehr guten ökologischen Zustand des Wittensees. Die Fischgemeinschaft entsprach in Arteninventar und -zusammensetzung den typspezifischen Charakteristika des LAWA-Seetyps 13 (Riedmüller et al. 2013) bzw. von geschichteten norddeutschen Seen mit weniger als 30 m Tiefe im weitgehend unbeeinflussten Zustand (Ritterbusch et al. 2014). Da sich keine Defizite in der Fischgemeinschaft erkennen lassen, ist ein guter ökologischer Zustand plausibel.

TAUGLICHKEIT DES BEWERTUNGSVERFAHRENS DELFI ANHAND DER BISHER BEWERTETEN SEEN IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

Im Vergleich der Module zeigt das Site-Modul einen sehr guten ökologischen Zustand an und das Type-Modul einen guten. Ein guter ökologischer Zustand ist für den Wittensee plausibel. Da alle deutschen Seen aber in einem bestimmten Ausmaß anthropogen beeinflusst sind, sollte ein sehr guter Zustand als Bewertungsergebnis die Ausnahme bleiben. Bei aktuell vier untersuchten Seen in Schleswig-Holstein (Anhang Tab. 17) wurde der ökologische Zustand mit dem Site-Modul immer besser bewertet (gut-sehr gut) als mit dem Type-Modul (mäßig-gut).

Wie bei den vorhergehenden Untersuchungen erforderte die Bewertung mit dem DeLFI eine fachgutachterliche Endbewertung. Für den Wittensee war die Aussagekraft der Größenverteilung beim Barsch zu prüfen, in anderen Fällen das Fehlen einer wiederangesiedelten Fischart (Schaalseemaräne) oder ungewöhnlich hohe Fänge der Schleie.

Der DeLFI-Index zeigte in den bisher durchgeführten Untersuchungen bessere ökologische Zustände als Bewertungen mit Makrophyten und Diatomeen am Schaalsee (Grothe et al. 2015; Stuhr et al. 2015), mit Makrophyten und Diatomeen sowie mit Makrozoobenthos am Ratzeburger See (Otto et al. 2013; Stuhr et al. 2012) und Phytoplankton sowie Makrophyten/Phytobenthos am Wittensee (WaFIS 2019). Eine untereinander vergleichende „Eichung“ der Bewertungsergebnisse für verschiedene biologische Qualitätselemente ist nicht zulässig. Jedoch kann die Plausibilität anhand einer Bewertung der anthropogenen Belastungsintensität geprüft werden. Der DeLFI wurde auf europäischer Ebene interkalibriert. Die Intensität der Belastung muss also in einem europäischen Bezug betrachtet werden. Als Vergleich kann ein europäischer Belastungsindex TAPI² dienen, der für die Interkalibrierung der fischbasierten Bewertung entwickelt wurde. Als Grenzwerte für eine geringfügige Belastung, die sich in einem guten ökologischen Zustand niederschlagen sollte, gelten für geschichtete Seen (Poikane et al. 2017; Ritterbusch et al. 2017):

² Total anthropogenic pressure index

- Der Chlo-a Gehalt ist kleiner als 10 µg/l
- Die epilimnische Gesamtphosphorkonzentration (Sommer) ist kleiner als 30-40 µg/l
- Weniger als 30 % des Ufers sind anthropogen modifiziert
- Die natürliche Habitatvielfalt ist vorhanden
- Die Nutzungsintensität ist eher gering (Badebetrieb, Boote und Segelboote können vorhanden sein - Motorboote, Berufsschiffahrt oder Tauchsport sind gering ausgeprägt).

Im Wittensee werden die genannten Grenzwerte für Chlorophyll-a teilweise überschritten, die Phosphorkonzentrationen werden überschritten. Die Modifikation des Ufers, Habitatvielfalt und Nutzungsintensität lassen sich als charakteristisch für eine geringe Belastung beschreiben (Vergl. S. 8). Weitere Belastungen wie intensive Fischerei oder hohe Aufkommen von Fremdarten sind nicht erkennbar. Anhand der Intensität der Belastungen wäre im europäischen Vergleich eine mäßige bis gute Bewertung plausibel.

Dieses Ergebnis wird durch das Type-Modul des DeLFI auch erzielt. Es wurde bereits erwähnt, dass sich durch die Morphometrie des Wittensees trotz der relativ hohen Nährstoffgehalte ein klarer Wasserkörper und hohe Makrophytenaufkommen ausgebildet haben (S. 9, S. 34). Dementsprechend wurden Fischarten nachgewiesen, die eher charakteristisch für nährstoffärmere und strukturreiche Bedingungen sind (hohe Aufkommen an Barsch, zudem Hecht und Schleie). Typische Fischarten eutrophierter Gewässer fehlen jedoch (Blei, Güster) oder haben vergleichsweise geringe Aufkommen (Plötze, Kaulbarsch). Zu den Zusammenhängen zwischen Belastungsfaktoren und artspezifischen Aufkommen siehe Ritterbusch and Brämick (2015).

Bei der Bewertung der ökologischen Zustandsklasse ist zu berücksichtigen, dass der Wittensee in den letzten Jahren bis Jahrzehnten erhebliche Änderungen der anthropogenen Belastungsintensität erfahren hat, speziell die Nährstoffzufuhr hat abgenommen. Durch die Entwicklung des Wittensees kann nicht abgeschätzt werden, ob der für 2019 gut eingeschätzte ökologische Zustand dauerhaft ist. Es ist empfehlenswert, mit Hilfe des Berufsfischers die Entwicklung des Fischbestandes zu verfolgen. Sollten sich Änderungen abzeichnen, kann eine Neubewertung auf der Grundlage einer weiteren Befischung sinnvoll werden. Die Änderung der Belastungsintensitäten kann auch die Unterschiede in den Bewertungen mit verschiedenen biologischen Qualitätselementen verursachen. Unter Umständen reagiert die Fischgemeinschaft schneller auf reduzierte Trophie als Makrophyten, die im Sediment gespeicherte Nährstoffe über längere Zeit nutzen können.

QUELLEN

- Arp, W. (2005): Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons schleswig-holsteinischer Seen 2004. LimPlan, Berlin.
- Arp, W. & G. Maier (2017): Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons schleswig-holsteinischer Seen 2016 - Los 1: Behlendorfer See, Dobersdorfer See, Gr. Plöner See, Gr. Pönitzer See, Gr. Segeberger See, Schluensee, Wittensee. LimPlan, Berlin.
- Basecamp 4.7.0 (2013): Garmin Basecamp. Garmin Deutschland GmbH. Abrufbar unter <http://www.garmin.com/de-DE/shop/downloads/basecamp>, letzter eigener Zugriff am 20.10.2015.
- Bauch, G. (1966): Die einheimischen Süßwasserfische. Neumann Verlag.
- Britton, J. R., J. P. Harvey, I. G. Cowx, T. Holden, M. J. Feltham, B. R. Wilson & J. M. Davies (2002): Compensatory responses of fish populations in a shallow eutrophic lake to heavy depredation pressure by cormorants and the implications for management. In: I. G. Cowx (Ed.) Management and ecology of lake and reservoir fisheries, pp. 170-183. Blackwell Science, Oxford.
- Casselman, J. M. (1996): Age, growth and environmental requirements of pike. In: J. F. Craig (Ed.) Pike - Biology and exploitation, pp. 69-101. Chapman & Hall, London.
- Davies, J. M., T. Holden, M. J. Feltham, B. R. Wilson, J. R. Britton, J. P. Harvey & I. G. Cowx (2003): The use of a Monte Carlo simulation model to estimate the impact of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* at an inland fishery in England. Vogelwelt 124: 309-317.
- Deutscher Bundestag (2017): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Jan Korte, Caren Lay, Ulla Jelpke, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE – Drucksache 18/11147: Bestandsentwicklung der bundesrepublikanischen Kormoranpopulation und deren Auswirkung auf die Artenvielfalt in heimischen Gewässern vom 02.03.17. Deutscher Bundestag Drucksache 18/11360.
- Duncker, G. (1960): Die Fische der Nordmark. de Gruyter, Hamburg.
- Ebel, G., F. Fredrich, A. Gluch, C. Lecour & F. Wagner (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. BWK-Fachinformationen, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., Paul Parey, Sindelfingen.
- EN 14011 (2003): European Standard: Water quality - Sampling of fish with electricity vom 03.2003. ICS 13.060.70; 65.150.
- EN 14757 (2005): Europäische Norm: Wasserbeschaffenheit - Probennahme von Fisch mittels Multi-Maschen-Kiemennetzen vom 27.06.05. ICS 13.060.70; 65.150.
- EN 14757 (2015): European Standard: Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets vom 27.06.05. ICS 13.060.70; 65.150, in der Fassung vom 01.08.2015.
- Engström, H. & L. Jonsson (2003): Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* diet in relation to fish community structure in a freshwater lake. Vogelwelt 124: 187-196.
- Fell, H. & H. Fell (2016): Kartierung und Klassifizierung der Uferstruktur an 19 Seen in Schleswig-Holstein. I. GmbH.
- Froese, R. & D. Pauly (2019): FishBase. www.fishbase.org, abgerufen 29.06.2019.
- Google earth 7.3.2.5776 (2013): Google Earth Pro. Google Inc., . Abrufbar unter <https://www.google.de/intl/de/earth>, letzter eigener Zugriff am

- Grothe, M., B. Degen, P. Werner & V. Thiele (2015): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos für WRRL und FFH-RL in schleswig-holsteinischen Seen, 2014. biota, Kiel.
- Grothe, M., B. Degen, J. Niederstraßer, P. Werner & V. Thiele (2017): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos für WRRL und FFH-RL in schleswig-holsteinischen Seen, 2016 - Los 5 (Großer Plöner See, Schluensee, Wittensee). biota, Kiel.
- Hegermann, M. (1964): Der Hecht. Die neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg.
- Hjelm, J., L. Persson & B. Christensen (2000): Growth, morphological variation and ontogenetic niche shifts in perch (*Perca fluviatilis*) in relation to resource availability. *Oecologia* 122: 190-199.
- Hochleithner, M. (2002): Die Quappe (*Lota lota* Linnaeus, 1758) Biologie und Aquakultur. In: Fisch des Jahres 2002: Die Quappe (*Lota lota*), pp. 23-37. VDSF Verband Deutscher Sportfischer e. V.
- Jurvelius, J., I. Kolari & A. Leskelä (2011): Quality and status of fish stocks in lakes: gillnetting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods. *Hydrobiologia* 660: 29-36.
- Kahl, U. & R. J. Radke (2006): Habitat and food resource use of perch and roach in a deep mesotrophic reservoir: enough space to avoid competition? *Ecology of Freshwater Fish* 15: 48-56.
- Kieckbusch, J. J. & B. Koop (1996): Brutbestand, Rastverbreitung und Nahrungsökologie des Kormorans (*Phalacrocorax carbo sinensis*) in Schleswig-Holstein. *Corax* 16: 335-355.
- Kottelat, M. & J. Freyhof (2007): Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol.
- Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein (1995): Seenkurzprogramm 1991-1992. Berichte des Landesamtes Kiel.
- Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten Schleswig-Holstein (1999): Seenkurzprogramm 1998. Berichte des Landesamtes Kiel.
- LAWA (2013): Trophieklassifikation von Seen: Trophieindex nach LAWA - Handbuch -. LBH Freiberg & IGB Berlin.
- LAWA (2015): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring - Teil B Arbeitspapier II: Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch- chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- Lewin, C. & U. Brämick (2015): Die Entwicklung von Indikatoren zur Sicherung einer nachhaltigen Fischerei in Binnengewässern am Beispiel der Kleinen Maräne. Institut für Binnenfischerei e. V.
- Martin, P., M. Pfeiffer & G. Füllner (2008): Flusskrebse in Sachsen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Mathes, J., G. Plambeck & J. Schaumburg (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km² zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: R. Deneke & B. Nixdorf (Eds.), Implementierung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite, pp. 15-24. Eigenverlag der BTU Cottbus, Cottbus.
- Mehner, T., M. Diekmann, X.-F. Garcia, U. Brämick & R. Lemcke (2004): Ökologische Bewertung von Seen anhand der Fischfauna. Berichte des IGB 21: 202.

- MELUND (2019): Wasserkörper- und Nährstoffinformationen. <http://zebis.landsh.de/webauswertung/pages/home/welcome.xhtml>, abgerufen 28.06.19.
- Müller, W. (1960): Beiträge zur Biologie der Quappe nach Untersuchungen in den Gewässern zwischen Elbe und Oder. Zeitschrift für Fischerei 9: 1-72.
- Neumann, M. (2011): Fischbiologische Bewertung von 22 schleswig-holsteinischen Seen: Ein Vergleich verschiedener Bewertungsentwürfe. Büro Michael Neumann, Kiel.
- Neumann, M. (2013): Fischbiologische Bewertung von vier schleswig-holsteinischen Seen der Überblicksüberwachung nach dem SITE-Verfahrensentwurf (Modul 1). Büro Michael Neumann, Kiel.
- Olin, M. & T. Malinen (2003): Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. Hydrobiologia 506-509: 443-449.
- Otto, C., S. Speth, R. Brinkmann & H. Reusch (2013): Validierung des Bewertungsverfahrens für Makrozoobenthos in Seen gemäß WRRL. ohne Institution, Fahrenkrug.
- Persson, L., A. M. De Roos, D. Claessen, P. Byström, J. Lövgren, S. Sjögren, R. Svanbäck, E. Wahlström & E. Westman (2003): Gigantic cannibals driving a whole-lake trophic cascade. Proceedings of the National Academy of Sciences 100: 4035-4039.
- Poikane, S., D. Ritterbusch, C. Argillier, W. Białokoz, P. Blabolil, J. Breine, N. G. Jaarsma, T. Krause, J. Kubečka, T. L. Lauridsen, P. Nöges, G. Peirson & T. Virbickas (2017): Response of fish communities to multiple pressures: Development of a total anthropogenic pressure intensity index. Science of the Total Environment 586: 502-511.
- Prchalová, M., J. Kubečka, M. Říha, R. Litvín, M. Čech, J. Frouzová, M. Hladík, E. Hohausová, J. Peterka & M. Vašek (2008): Overestimation of percid fishes (Percidae) in gillnet sampling. Fisheries Research 91: 79-87.
- Prchalová, M., J. Kubečka, M. Říha, T. Mrkvicka, M. Vasek, T. Juza, M. Kratochvíl, J. Peterka, V. Drastík & J. Krížek (2009): Size selectivity of standardized multimesh gillnets in sampling coarse European species. Fisheries Research 96: 51-57.
- Ravn, H. D., T. L. Lauridsen, N. Jepsen, E. Jeppesen, P. G. Hansen, J. G. Hansen & S. Berg (2019): A comparative study of three different methods for assessing fish communities in a small eutrophic lake. Ecology of Freshwater Fish 28: 341-352.
- Rezsű, E. & A. Specziar (2006): Ontogenetic diet profiles and size-dependent diet partitioning of ruffe *Gymnocephalus cernuus*, perch *Perca fluviatilis* and pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in Lake Balaton. Ecology of Freshwater Fish 15: 339-349.
- Riedmüller, U., U. Mischke, T. Pottgiesser, J. Böhmer, R. Deneke, D. Ritterbusch, D. Stelzer & E. Hoehn (2013): Steckbriefe der deutschen Seetypen - Begleittext und Steckbriefe. Limnologie-Büro Hoehn.
- Ritterbusch, D. (2017a): Operatives und überblicksweises Fischmonitoring 2016 - WRRL Seemonitoring Schleswig-Holstein (Schaalsee, Ratzeburger See). Institut für Binnenfischerei e. V.
- Ritterbusch, D. (2017b): Informationsportal zur Bewertung der Oberflächengewässer gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie - Teilbereich fischbasierte Seebewertung. <http://gewaesser-bewertung.de/>, abgerufen 22.05.17.
- Ritterbusch, D. & U. Brämick (2015): Verfahrensvorschlag zur Bewertung des ökologischen Zustandes von Seen anhand der Fische. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e.V. 41: 69.

- Ritterbusch, D., U. Brämick & T. Mehner (2014): A typology for fish-based assessment of the ecological status of lowland lakes with description of the reference fish communities. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 49: 18-25.
- Ritterbusch, D., C. Argillier, J. Arle, W. Białokoz, J. Birzaks, P. Blabolil, J. Breine, H. Draszkiwicz-Mioduszewska, N. Jaarsma, I. Karottki, T. Krause, J. Kubečka, T. Lauridsen, M. Logez, A. Maire, A. Palm, G. Peirson, M. Říha, J. Szlakowski, T. Virbickas & S. Poikane (2017): Water Framework Directive Intercalibration: Central-Baltic Lake Fish fauna ecological assessment methods; Part B: Development of the intercalibration common metric and Part C: Intercalibration. JRC Technical Reports, Publications Office of the European Union.
- Rutschke, E. (1998): *Der Kormoran*. Paul Parey, Berlin.
- Schaarschmidt, T., H. H. Arzbach, R. Bock, I. Borkmann, U. Brämick, M. Brunke, R. Lemcke, M. Kämmerer, L. Meyer & L. Tappenbeck (2005): Die Fischfauna der kleinen Fließgewässer Nord- und Nordostdeutschlands - Leitbildentwicklung und typgerechte Anpassung des Bewertungsschemas nach EU-Wasserrahmenrichtlinie. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.
- Simon, J. (2011): Wenn Jäger zu Gejagten werden - Nahrungsuntersuchungen an Kormoranen in der Havel bei Potsdam. *Fischer und Teichwirt* 01: 6-9.
- Šmejkal, M., D. Ricard, M. Prchalová, M. Říha, M. Muška, P. Blabolil, M. Čech, M. Vašek, T. Jůza, A. M. Herreras, L. Encinad, J. Peterka & J. Kubečka (2015): Biomass and abundance biases in European standard gillnet sampling. *PLoS ONE* 10.
- Stuhr, J., K. v. d. Weyer, J. Bruinsma & S. Meis (2016): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten für die WRRL- und FFH-Richtlinie in schleswig-holsteinischen Seen. Vegetation des Behlendorfer Sees, des Großen Plöner Sees, des Großen Pönitzer Sees, des Großen Segeberger Sees, des Lankauer Sees, des Schluensees und des Wittensees. Büro BiA.
- Stuhr, J., K. v. d. Weyer, V. Krautkrämer, S. Meis & J. Bruinsma (2015): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten für die WRRL- und FFH-Richtlinie in schleswig-holsteinischen und mecklenburgischen Seen, 2014. Vegetation des Schaalsees (Bernstorffer Binnensee, Borgsee, Dutzower See, Lassahner See, Niendorfer Binnensee, Nordwestteil, Rethwiesentief, Techiner See, Zarrentiner Becken). Büro BiA.
- Stuhr, J., K. Jödicke, U. Holm, K. v. d. Weyer, V. Krautkrämer, S. Meis & T. Görlich (2012): Monitoring der Qualitätskomponente Makrophyten für die WRRL- und FFH-Richtlinie in schleswig-holsteinischen Seen. Vegetation des Behlendorfer Sees, des Großensees, des Großen Küchensees, des Großen Ratzeburger Sees (inkl. Domsee), des Schöhsees, des Selenter Sees, des Stocksees und des Suhrer Sees. Büro BiA.
- TOPO DE (2013): TOPO Deutschland V6 Pro. Karte Garmin Deutschland GmbH, Maßstab 1:25.000.
- von dem Borne, M. (1882): *Die Fischerei-Verhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns der Schweiz und Luxemburgs*. W. Moeser Hofbuchdruckerei Berlin.
- Voslamber, B., M. Platteeuw & M. R. van Eerden (1995): Solitary foraging in sand pits by breeding Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*: does specialised knowledge about fishing sites and fish behaviour pay off? *Ardea* 83: 213-222.
- WaFIS (2019): Wasserwirtschaftliches Fach-Informationssystem: Seen Schleswig-Holstein. <http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/seen/seenalle.php>, abgerufen 27.06.19.

- Wanke, T. (2018): Recruitment deficits in vendace (*Coregonus albula*) – early detection, remediation and preventive management. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin.
- Wesseler, E. (2017): Der Wittensee und seine Belastungen, Presentation.
- Wesseler, E. (2019): Retentionsbecken zur Entlastung schleswig-holsteinischer Seen - Konzeptionierung und Erfolgskontrolle, Presentation.
- WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23.10.2000. ABl. L 327.
- Wziatek, B., A. Martyniak, U. Szymanska, J. Kozlowski & D. Dostatni (2003): Composition of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* diet in the Drawien National Park, NW-Poland. Vogelwelt 124: 291-295.

ANHANG

WISSENSCHAFTLICHE ARTNAMEN

Tab. 14: Wissenschaftliche Namen der im Text deutsch bezeichneten Fischarten

Name deutsch	Name Latein
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>
Amerikanischer Flusskrebs	<i>Orconectes limosus</i>
Barsch	<i>Perca fluviatilis</i>
Bitterling	<i>Rhodeus amarus</i>
Blei	<i>Abramis brama</i>
Gründling	<i>Gobio gobio</i>
Güster	<i>Blicca bjoerkna</i>
Hecht	<i>Esox lucius</i>
Karassche	<i>Carassius carassius</i>
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>
Schaalseemaräne	<i>Coregonus holsatus</i>
Kleine Maräne	<i>Coregonus albula</i>
Moderlieschen	<i>Leucaspis delineatus</i>
Plötze	<i>Rutilus rutilus</i>
Quappe	<i>Lota lota</i>
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>
Schleie	<i>Tinca tinca</i>
Steinbeißer	<i>Cobitis taenia</i>
Dreistachliger Stichling (3st. Stichling)	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
Neunstachliger Stichling (9st. Stichling)	<i>Pungitius pungitius</i>
Ukelei	<i>Alburnus alburnus</i>
Zander	<i>Sander lucioperca</i>

KORRELATIONEN FÜR DIE WACHSTUMSRÜCKBERECHNUNGEN

Bei den Untersuchungen der Schuppen von Fischarten aus dem Wittensee zeigten sich eher geringe Korrelationen zwischen Schuppenradien und Gesamt-Körperlänge der jeweiligen Fische (Abb. 9). Ursachen dafür sind das geringe Längenspektrum bei der Kleinen Maräne und der geringe Stichprobenumfang beim Hecht. Für die Barsche wurden sehr unterschiedlich große Schuppen beobachtet, große Schuppen eines Tieres konnten den 1,5 bis 1,8fachen Durchmesser von kleinen Schuppen betragen, obwohl die Schuppen an der gleichen Stelle genommen wurden. Bei Untersuchungen am Ratzeburger See und am Schaalsee lagen die Korrelationskoeffizienten überwiegend bei 0,95-0,99, die Größenunterschiede der Schuppen traten nicht in dem genannten Ausmaß auf (Ritterbusch 2017a).

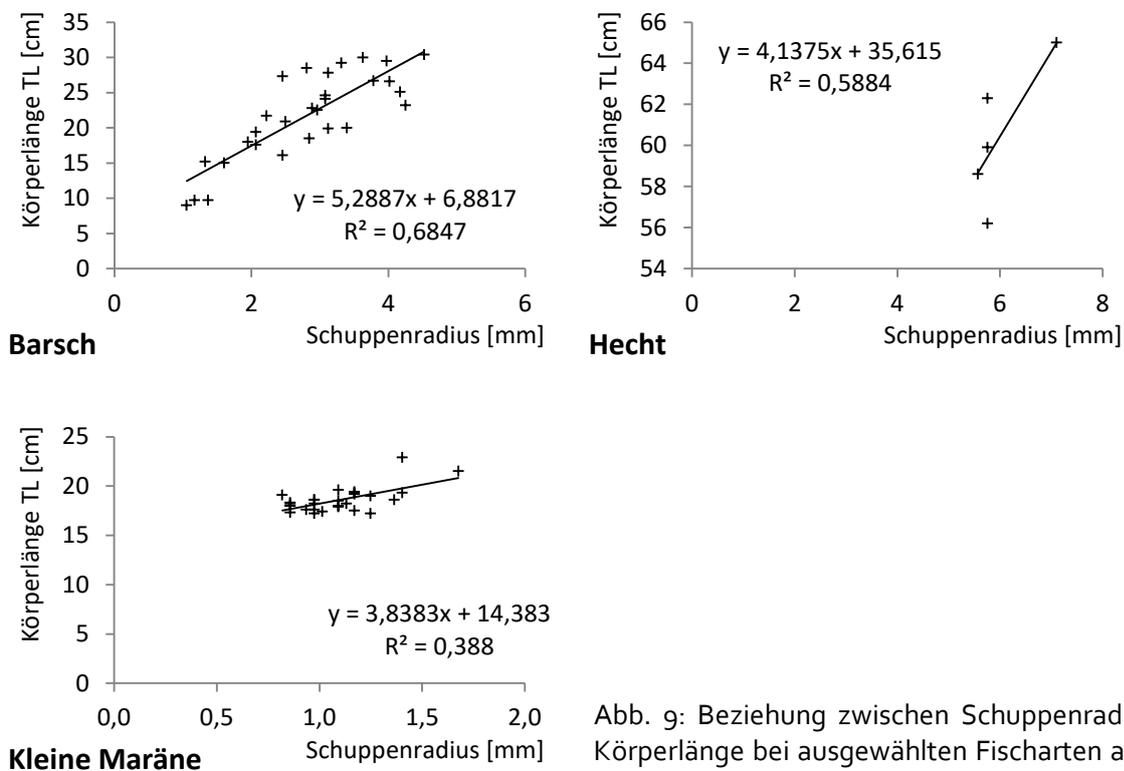


Abb. 9: Beziehung zwischen Schuppenradius und Körperlänge bei ausgewählten Fischarten aus dem Wittensee (Mai 2019).

NETZFÄNGE IM TIEFENPROFIL

Tab. 15: Artspezifische Individuenzahlen N und Massen W für die benthisch gestellten Multimaschenstellnetze am Wittensee (20.-24.05.2019) – Detailangabe nach Tiefenzone.

Tiefe	Fischart	Präadult N	Adult N	gesamt Art	Präadult W [g]	adult W [g]	Gesamt W [g]
00-03	Barsch		4	4		725	725
	Kaulbarsch		4	4		25	25
	Plötze		6	6		940	940
	Steinbeißer		1	1		3	3
03-06	Barsch	1	13	14	10	2.791	2.801
	Kaulbarsch		38	38		399	399
	Plötze		27	27		3.639	3.639
06-12	Barsch	2	34	36	18	4.831	4.849
	Hecht		1	1		1.506	1.506
	Kaulbarsch		26	26		219	219
	Kl. Maräne	1		1	60		60
	Plötze		39	39		5.262	5.262
12-20	Barsch		20	20		3.435	3.435
	Kaulbarsch		12	12		269	269
	Kl. Maräne	3		3	159		159
	Plötze		14	14		1.574	1.574
20-35	Kaulbarsch		4	4		41	41
	Kl. Maräne	3		3	162		162
	Plötze	1	50	51	5	2.374	2.379
	Quappe	1		1	68		68

Tab. 16: Artspezifische Individuenzahlen N und Massen W für die pelagisch gestellten Multimaschenstellnetze am Wittensee (20.-24.05.2019) – Detailangabe nach Tiefenzone.

Tiefe	Fischart	Präadult N	Adult N	gesamt Art	Präadult W [g]	adult W [g]	Gesamt W [g]
00-06	Kl. Maräne	18	1	19	977	98	1.075
06-12	Kl. Maräne	31		31	1.743		1.743
	Plötze	1	5	6	5	105	110
12-18	Kl. Maräne	19	1	20	1.012	110	1.122
	Plötze	1	9	10	6	459	465

See:	Wittensee			DeLFI-Site
Seetyp:	STRAT			V01_1504
Datum:	18.06.19			Druckseite 2/2
Bearbeiter:	Ritterbusch			
Verbindliche Metrics				
Metric	Referenz		Aktuell	Wert
sensible Arten				
häufige Arten	2	davon heute	2	5
regelmäßige Arten	3	davon heute	3	5
seltene Arten	11	davon heute	10	5
Anzahl Habitatgilden	3	davon heute	3	5
Anzahl Reproduktionsgilden	4	davon heute	4	5
Abundanzen				
Abundanz häufige Arten	2	davon heute	2	5
Abundanz Habitatgilden				
littoral	profundal	epilimnisch	hypolimnisch	kombiniert
4,3	na	5,0	na	5
Abundanz Reproduktionsgilden				
lithophil	phyto-lithophil	phytophil	psammophil	kombiniert
5,0	3,7	5,0	5,0	5
Reproduktion besetzter Arten				Metric berücksichtigen?
				Ja
Art	1 - Kontrolle	2 - Besetzt	3 - Reproduziert	Effekt
<i>Coregonus albula</i>	Ja	Ja	Ja	
<i>Coregonus phen. "lavaretus"</i>	Nein	Ja	Ja	
<i>Esox lucius</i>	Ja	Nein	Ja	
<i>Sander lucioperca</i>	Ja	Nein	Ja	
<i>Tinca tinca</i>	Ja	Nein	Ja	
Optionale Metrics				Metric nutzen? Klasse wählen
Maximalmasse Blei				Nein keine Angabe
				Wert
				na
Vernetzung				Metric nutzen?
Ist der See im Referenzzustand vernetzt?				Nein
				4
				na
Bewertung des ökologischen Zustandes des Sees				
Anzahl der Metrics:				8
Gesamtwert:				40
EQR:				1,00
Ökologische Statusklasse See:				sehr gut
Berücksichtigung optionaler Metrics				
Reproduktion:	berücksichtigt			
Maximalgewicht Brassen:	ausgeschlossen			
Anzahl Gastarten/Gruppen:	ausgeschlossen			

Abb. 11: Bewertungstemplate SITE-Modul des DeLFI – Teil 2: Einzelbewertung der Metrics und Gesamtbewertung.

DeLFI-Type

Seename	Wittensee	DeLFI 01_1504	
Datum Befischung	20.052.019	Druckseite 1/2	
Datum Bewertung	18.06.2019		
Bearbeiter	Ritterbusch		
Seetyp			
mittlere Tiefe [m]	10	Seetyp	STRAT
größte Tiefe [m]	21	Typ geändert?	Nein
Typenvorschlag	STRAT		
Bemerkungen:			
Dateneingabe			
WPUE		0,0132	[kg/m ²]
Art	vorhanden?	% Masse	% Anzahl
Abramis ballerus	fehlt (natürlich)	0	
Abramis brama	ja	0	0
Blicca bjoerkna	fehlt (natürlich)	0	
Carassius carassius	ja	0	
Carassius gibelio	fehlt (natürlich)	0	
Coregonus 'Whitefish'	ja	0	
Cyprinus carpio	ja	0	
Esox lucius	ja		
Gymnocephalus cern.	ja	3,3	27,5
Perca fluviatilis	ja	41,4	
Rutilus rutilus	ja	48,4	
Sander lucioperca	ja	0	
Scardinius erythro.	ja		
Tinca tinca	ja	0	
Aspius aspius	fehlt (natürlich)	x	x
Gasterosteus aculeatus	ja	x	x
Gobio gobio	ja	x	x
Leuciscus cephalus	fehlt (natürlich)	x	x
Leuciscus idus	fehlt (natürlich)	x	x
Leuciscus leuciscus	fehlt (natürlich)	x	x
Lota lota	ja	x	x
Osmerus eperlanus	fehlt (natürlich)	x	x
Median der Masse [g]			
Barsch ≥ 06 g	139,5		
Blei ≥ 10 g			
Plötze ≥ 14 g	35		

Abb. 12: Bewertungstemplate TYPE-Modul des DeLFI – Teil 1: Dateneingabe

Ausgabe und Bewertung			
Metric	Wert	Bewertung	Auswahl
obligatorische Arten	0 Arten fehlen	5	Ja
WPUE [kg/m ²]	0,0132	5	Ja
Abr. brama [% Anzahl]	0	n.a.	Ja
Gymn. cernua [% Masse]	3,3	4	Ja
benthisch [% Masse]	51,7	4	Ja
benthivor [% Masse]	3,3	5	Ja
Median der Masse [g]		1	Ja
Barsch ≥ 06 g	139,5	1	Ja
Blei ≥ 10 g	0	n.a.	Nein
Plötze ≥ 14 g	35	4	Ja
Modifikator Reproduktion besetzte Arten		Auswahl?	Ja
Art	1 - Kontrolle	2 - Besetzt	3 - Reproduziert
<i>Coregonus phen. "lavaretu</i>	Ja	Ja	Ja
<i>Esox lucius</i>	Ja	Nein	Ja
<i>Sander lucioperca</i>	Ja	Nein	Ja
<i>Tinca tinca</i>	Ja	Nein	Ja
Gesamtbewertung			
	Anzahl gewählter Metrics		6
	Punktezah für Auswahl:		24
	EQR für ausgewählte Metrics		0,75
	Ökologischer Zustand des Sees nach DeLFI-Type:		mäßig
Ausgeschlossene Standard-Metrics: 0			
Modifikator Reproduktion ausgewählt: Ja			

Abb. 13: Bewertungstemplate TYPE-Modul des DeLFI – Teil 2a: Bewertungsbogen mit Berücksichtigung des Größenmetrics „Median der Masse“

Seename	Wittensee		DeLFI 01_1504
			Page 2/3
Datum Befischung	#####		
Bearbeiter	Ritterbusch		
Ausgabe und Bewertung			
Metric	Wert	Bewertung	Auswahl
obligatorische Arten	0 Arten fehlen	5	Ja
WPUE [kg/m ²]	0,0132	5	Ja
Abr. brama [% Anzahl]	0	n.a.	Ja
Gymn. cernua [% Masse]	3,3	4	Ja
benthisch [% Masse]	51,7	4	Ja
benthivor [% Masse]	3,3	5	Ja
Median der Masse [g]		n.a.	Nein
Barsch ≥ 06 g	139,5	n.a.	Nein
Blei ≥ 10 g	0	n.a.	Nein
Plötze ≥ 14 g	35	n.a.	Nein
Modifikator Reproduktion besetzte Arten		Auswahl?	Ja
Art	1 - Kontrolle	2 - Besetzt	3 - Reproduziert
<i>Coregonus phen. "lavaretu</i>	Ja	Ja	Ja
<i>Esox lucius</i>	Ja	Nein	Ja
<i>Sander lucioperca</i>	Ja	Nein	Ja
<i>Tinca tinca</i>	Ja	Nein	Ja
Gesamtbewertung			
	Anzahl gewählter Metrics		5
	Punktezah für Auswahl:		23
	EQR für ausgewählte Metrics		0,90
	Ökologischer Zustand des Sees nach DeLFI-Type:		gut
Ausgeschlossene Standard-Metrics: 0			
Modifikator Reproduktion ausgewählt: Ja			

Abb. 14: Bewertungstemplate TYPE-Modul des DeLFI – Teil 2b: Bewertungsbogen ohne Berücksichtigung des Größenmetrics „Median der Masse“

VERGLEICHSTABELLE BEFISCHUNGEN IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

Tab. 17: Gegenüberstellung ausgewählter Ergebnisse der Befischung am Wittensee mit vergleichbaren Untersuchungen an Seen in Schleswig-Holstein (Ritterbusch 2017a)

Parameter	Einheit	Wittensee 2019	Schaalsee NW 2016	Schaalsee Niend. 2016	Ratzeburger See 2016
Artenzahl	-	11	15	16	11
EF Ufer N1	[1/100 Dips]	8	159	75	227
EF Ufer N2	[1/100 m]	2	35	17	43
EF benth. N	[n/100 m ²]	14	143	164	63
EF benth. W	[kg/100 m ²]	1,3	2,8	4,0	2,4
EF pela. N	[n/100 m ²]	6	5	40	68
EF pela. W	[kg/100 m ²]	0,3	0,1	0,6	0,4
Mortalität Kl. Maräne	[%]	97 (1-2)	15 (1-4)	-	64 (0-1)
Mortalität Barsch	[%]	25 (3-8)	52 (2-5)	58 (2-5)	21 (2-5)
DeLFI-Site	-	Sehr gut	Sehr gut	Gut	Gut
DeLFI-Type	-	Gut-mäßig	gut	mäßig	Gut